MANUAL DO PROFESSOR

SER PROTAGONISTA

CIÊNCIAS DA NATUREZA E SUAS TECNOLOGIAS

BIOLOGIA

Área do conhecimento:
Ciências da Natureza
e suas Tecnologias
Componente curricular:
Biologia

ENSINO MÉDIO

VOLUME ÚNICO

ELISA GARCIA CARVALHO
JOÃO BATISTA AGUILAR
TATIANA NAHAS

Editor responsável: **André Zamboni**
Organizadora: **SM Educação**

Obra coletiva concebida,
desenvolvida e produzida
por SM Educação.

sm

MANUAL DO PROFESSOR

SER PROTAGONISTA

CIÊNCIAS DA NATUREZA E SUAS TECNOLOGIAS

BIOLOGIA

Área do conhecimento:
Ciências da Natureza
e suas Tecnologias
Componente curricular:
Biologia

ENSINO MÉDIO

VOLUME ÚNICO

ELISA GARCIA CARVALHO

Licenciada em Ciências Biológicas pela Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo (USP).
Mestra em Ciências pela Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto da USP.
Doutora em Zootecnia pela Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias da Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (Unesp) – Jaboticabal.
Professora no Ensino Fundamental e no Ensino Médio.

JOÃO BATISTA AGUILAR

Bacharel e licenciado em Ciências Biológicas pela USP.
Mestre em Ecologia pela USP.
Doutor em Ciências pela USP.
Professor no Ensino Fundamental, no Ensino Médio e na Educação de Jovens e Adultos.

TATIANA NAHAS

Bacharela e licenciada em Ciências Biológicas pela USP.
Mestra em Ciências pela USP.
Professora no Ensino Médio.

Editor responsável:

ANDRÉ ZAMBONI

Licenciado em Ciências Biológicas pela Universidade Estadual de Campinas (Unicamp).
Especialista em Jornalismo Científico pela Unicamp.
Editor de livros didáticos.

Organizadora: **SM Educação**
Obra coletiva concebida, desenvolvida e produzida por SM Educação.
São Paulo, 1ª edição, 2024

sm

Ser Protagonista Ciências da Natureza e suas Tecnologias – Biologia

© SM Educação
Todos os direitos reservados

Direção editorial André Monteiro
Gerência editorial Lia Monguilhott Bezerra
Coordenação editorial André Zamboni
Edição executiva André Zamboni
Edição Carolina Mancini Vall Bastos (coord.), Tatiana Novaes Vetillo, Bruna Quintino de Morais, Cristiani Gifalli Iughetti
Colaboração técnico-pedagógica Izael Araújo Lima, Daniela Muramatsu, Nathália Fernandes de Azevedo, Aline Roberta Bariani Marcelino Biondo, Aline Crucello, Marco Silveira, Ariel Rodrigues Cardoso, Lilian Morato de Carvalho Martinelli, Zanith da Silva Prado Cook
Suporte editorial Camila Alves Batista, Fernanda de Araújo Fortunato
Coordenação de preparação e revisão Cláudia Rodrigues do Espírito Santo
Preparação: Beatriz Silva Pereira dos Santos, Berenice Baeder, Helaine Albuquerque, Vera Lúcia Rocha
Revisão: Fátima Valentina Cezare Pasculli, Luiza Emrich, Sheila Fabre
Apoio de equipe: Amanda Taioque Moreira, Camila Lamin Lessa, Lívia Taioque
Coordenação de *design* Gilciane Munhoz
***Design*:** Paula Maestro
Coordenação de arte Vitor Trevelin
Edição de arte: Vivian Dumelle
Assistência de arte: Renata Toscano
Assistência de produção: Júlia Stacciarini Teixeira
Coordenação de iconografia Josiane Laurentino
Pesquisa iconográfica: Adriana Neves
Tratamento de imagem: Marcelo Casaro, Robson Mereu
Capa APIS Design
Ilustração da capa: Davi Augusto
Projeto gráfico APIS Design
Editoração eletrônica Estação das Teclas Editorial
Pré-impressão Américo Jesus, Mauro Moreira
Fabricação Alexander Maeda
Impressão

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
(Câmara Brasileira do Livro, SP, Brasil)

Carvalho, Elisa Garcia
Ser protagonista ciências da natureza e suas tecnologias : biologia / Elisa Garcia Carvalho, João Batista Aguilar, Tatiana Nahas ; organizadora SM Educação ; obra coletiva concebida, desenvolvida e produzida por SM Educação ; editor responsável André Zamboni. -- 1. ed. -- São Paulo : Edições SM, 2024.

Componente curricular: Biologia.
Área do conhecimento: Ciências da natureza e suas tecnologias.
ISBN 978-85-418-3560-2 (aluno)
ISBN 978-85-418-3553-4 (professor)

1. Biologia (Ensino médio) I. Aguilar, João Batista. II. Nahas, Tatiana. III. Zamboni, André. IV. Título.

24-229712 CDD-570

Índices para catálogo sistemático:
1. Biologia : Ensino médio 570

Cibele Maria Dias - Bibliotecária - CRB-8/9427

1ª edição, 2024

SM Educação
Avenida Paulista, 1842 – 18º andar, cj. 185, 186 e 187 – Condomínio Cetenco Plaza
Bela Vista 01310-945 São Paulo SP Brasil
Tel. 11 2111-7400
atendimento@grupo-sm.com
www.grupo-sm.com/br

APRESENTAÇÃO

CARA ESTUDANTE, CARO ESTUDANTE,

Você já deve ter ouvido falar nas mídias e até mesmo discutido em rodas de conversa sobre temas como preservação e conservação ambiental, energia e suas aplicações no cotidiano, reações químicas, engenharia genética e tecnologias aplicadas ao estudo dos átomos. Esses são alguns temas do mundo contemporâneo relacionados às Ciências da Natureza, e conhecê-los nos possibilita compreender assuntos que fazem parte de nossa vida e refletir de modo mais consciente sobre o mundo em que vivemos.

Esta coleção traz os fascinantes conhecimentos da área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias em três volumes únicos: um volume de Biologia, um de Física e um de Química. Neste volume de Biologia, os conteúdos são apresentados de forma organizada, simples e direta, para fortalecer sua compreensão e ampliar sua visão de si e do mundo. Esperamos que esta obra colabore para aprimorar seu pensamento crítico e incentivar sua participação na sociedade, contribuindo para que se torne uma cidadã ou um cidadão mais consciente e atuante. Aproveite-a para questionar e questionar-se, aprofundando suas reflexões e motivando-se para a ação.

Acreditamos em seu protagonismo e em sua capacidade de buscar respostas e soluções para os desafios presentes e para os que ainda estão por vir. Temos confiança de que, por meio de sua atuação e de sua interação com o mundo, você desenvolverá as competências e as habilidades necessárias ao pleno exercício da cidadania no século XXI, seguindo caminhos coerentes com seu projeto de vida.

Bom trabalho!

Equipe editorial

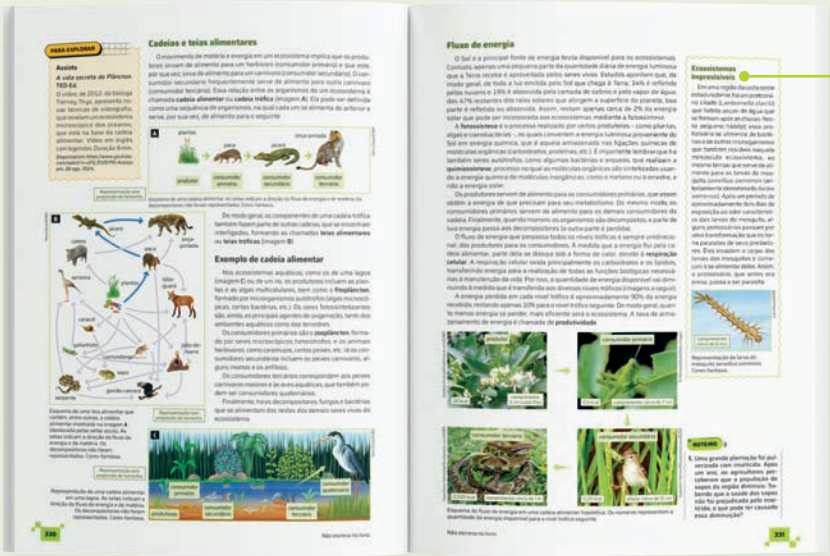
CONHEÇA SEU LIVRO

ABERTURAS

Abertura de capítulo
Um texto e uma imagem abrem o capítulo, acompanhados de questões sobre o tema em estudo.

Abertura de unidade
A partir de um pequeno texto, perguntas e uma imagem impactante, você vai começar a refletir sobre o assunto da unidade; além disso, vai conhecer os objetivos que serão desenvolvidos ao longo dos capítulos.

APRESENTAÇÃO DOS CONTEÚDOS E BOXES



Ampliação
Boxe com informações que ampliam ou complementam o assunto.

Objeto digital
O ícone indica um objeto digital presente no livro digital.

Conteúdo apresentado de maneira organizada. Ilustrações, esquemas, fotografias e eventuais glossário e atividades resolvidas facilitam a compreensão do conteúdo.

Não escreva no livro.

O texto principal é complementado por boxes especiais, que aprofundam ou contextualizam o conteúdo.

Ação e cidadania
Apresenta exemplos de aplicações da ciência que promovem melhorias na vida das pessoas e no ambiente ou que se relacionam a direitos e deveres dos cidadãos.

AÇÃO E CIDADANIA

A fenilcetonúria

A fenilcetonúria é uma doença causada por mutações no gene relacionado à produção de uma proteína que catalisa a conversão do aminoácido fenilalanina em tirosina, um outro aminoácido. Essas mutações provocam um acúmulo da fenilalanina no san-

PARA EXPLORAR

Leia

As vinte mil léguas de Charles Darwin: o caminho até *A origem das espécies*, de Leda Cartum e Sofia Nestrovski. São Paulo: Fósforo, 2022.

O livro, que teve origem nas pesquisas realizadas pelas autoras para um *podcast* de mesmo nome, reconstrói os caminhos que Charles Darwin

Para explorar
Traz indicações de *sites*, livros, filmes, entre outros, para você explorar o assunto.

Ciência se discute
Apresenta debates, conflitos e controvérsias na comunidade científica ou entre sociedade e ciência.

CIÊNCIA SE DISCUTE

Os suplementos de vitamina C são supervalorizados?

[...]

A vitamina C realmente ajuda a estimular o sistema imunológico e é parte essencial de uma dieta saudável, mas seus benefícios às vezes são exage

DE OLHO NO CONCEITO

Fenótipo: Conjunto de características detectáveis de um organismo.
Genótipo: Conjunto de todos os genes em um gameta ou zigoto.
Mutação: Alteração no material genético de um organismo.

De olho no conceito
Retoma e/ou define algum conceito importante para a compreensão do conteúdo.

Biologia e...
Explora tópicos que possibilitam um estudo interdisciplinar com os outros componentes das Ciências da Natureza e suas Tecnologias ou com os componentes curriculares de outras áreas do conhecimento.

BIOLOGIA E SOCIOLOGIA

O darwinismo social

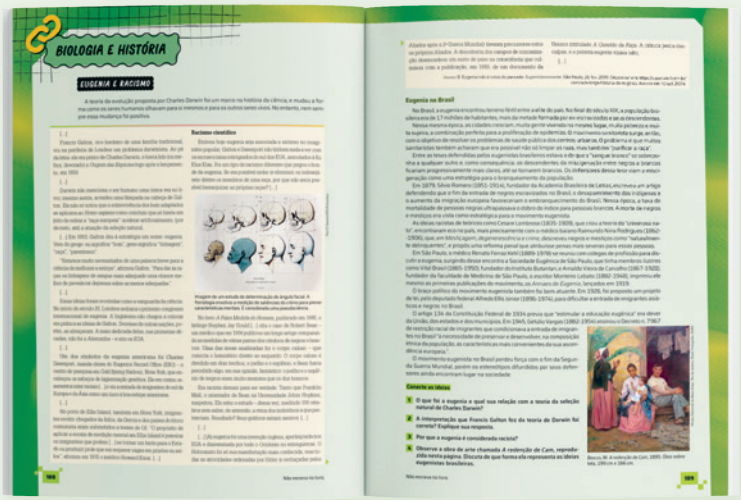
No século XIX, surgiu o darwinismo social, uma aplicação equivocada das ideias de Darwin no campo das Ciências Humanas. No Brasil, o darwinismo social foi particularmente forte no final do século XIX e meados do

ROTEIRO

4. Elabore, no caderno, um esquema para representar o processo de clonagem reprodutiva por divisão de embriões. Para isso, faça uma pesquisa em *sites* de instituições públicas de pesquisa e ensino.

Roteiro
Propõe, ao longo dos capítulos, atividades que trabalham os conteúdos estudados.

APRESENTAÇÃO DOS CONTEÚDOS E BOXES

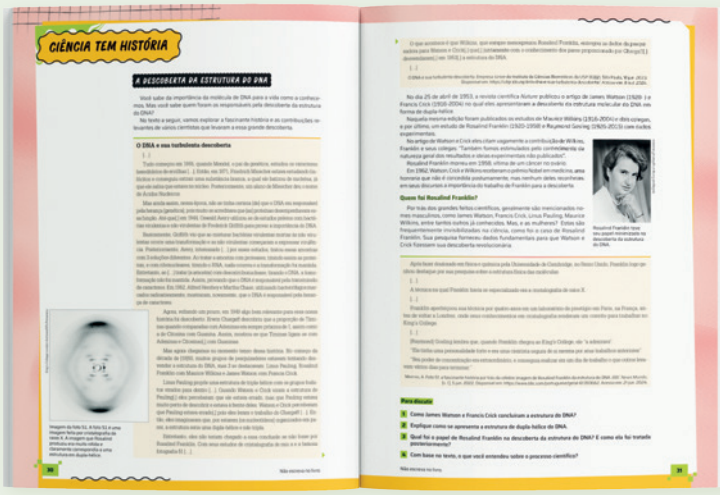


Biologia e...
Explora temas que possibilitam o estudo interdisciplinar com os outros componentes das Ciências da Natureza e suas Tecnologias ou com os componentes curriculares de outras áreas do conhecimento.

Ciência, tecnologia, sociedade e ambiente
Estimula a reflexão sobre ciência e tecnologia e suas implicações na sociedade e no ambiente.

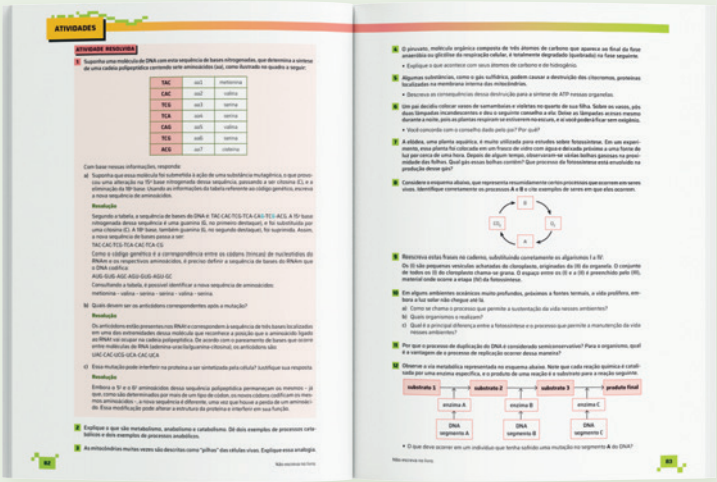
SEÇÕES DE CAPÍTULO

SEÇÕES DE CAPÍTULO



Ciência tem história

Apresenta e discute o contexto em que algumas ideias científicas foram construídas, estimulando a discussão e a reflexão.



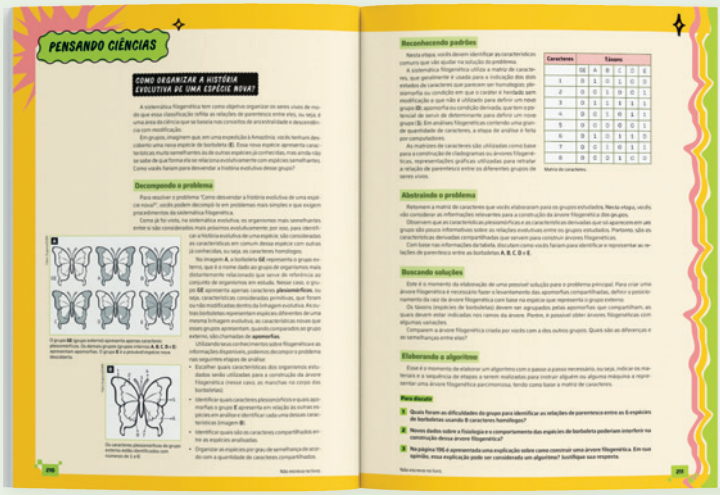
Atividades

Ao final dos capítulos, há um conjunto de atividades sobre os assuntos abordados. Pode incluir um exemplo de atividade resolvida.

Práticas de Ciências

Atividades práticas, experimentais e investigativas levam você a desenvolver as várias formas de investigação próprias da ciência.

SEÇÕES DE FECHAMENTO DA UNIDADE

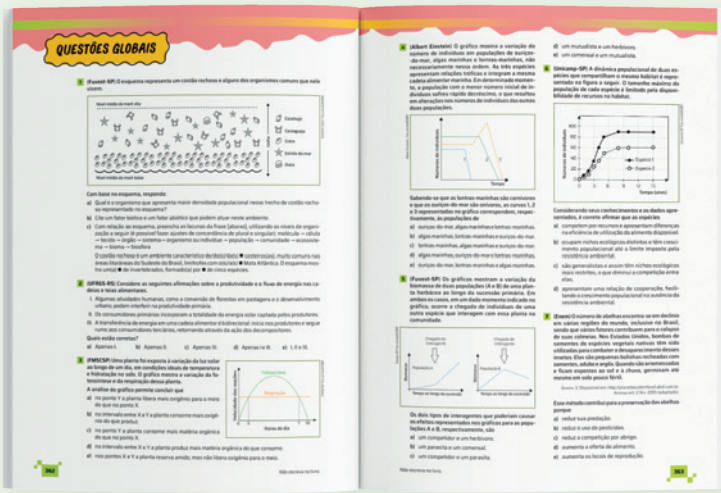


Pensando Ciências

Apresenta um problema/uma questão a ser solucionado(a) por meio da aplicação do pensamento computacional.

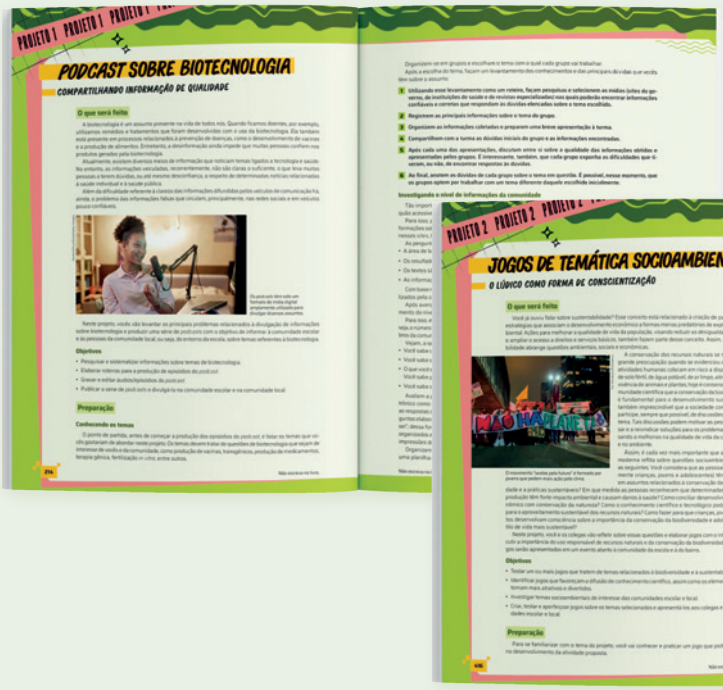
Não escreva no livro.

Estudo de caso
Texto narrativo em que uma personagem ou um narrador apresenta uma situação-problema, para que você e os colegas discutam e, em grupo, proponham uma solução e/ou interpretação para o caso.



Questões globais
Questões mais elaboradas e/ou atividades do Enem e de vestibulares do país para você se familiarizar com os exames de ingresso no Ensino Superior.

SEÇÕES DE FECHAMENTO DA UNIDADE



Projetos
Os projetos propõem a realização de atividades que envolvem a comunidade, em busca de um bem coletivo.

PROJETOS

SUMÁRIO

UNIDADE 1 — 12

BIOLOGIA: O ESTUDO DA VIDA

CAPÍTULO 1 **O que é Biologia?** 14
Características dos seres vivos 15
Objeto digital – Vídeo: O que todo ser vivo tem 15
Níveis de organização 16
A Biologia e a investigação científica 17
A Biologia e sua relação com outras áreas do conhecimento 18
Práticas de Ciências: O que há dentro da caixa? 19
Ciência, tecnologia, sociedade e ambiente: IPH coleta amostras do Guaíba para detectar a presença de patógenos e de resíduos químicos e físicos na água da enchente 20
Atividades 21

CAPÍTULO 2 **As bases químicas da vida** 22
Composição química dos seres vivos 22
Moléculas orgânicas das células vivas 23
Biologia e Química: Colesterol 24
Práticas de Ciências: Montando modelos de proteínas 28
Ciência tem história: A descoberta da estrutura do DNA 30
Água, sais minerais e vitaminas 32
Atividades 33

Pensando Ciências: Como sequenciar um genoma? 34
Questões globais 36

UNIDADE 2 — 38

CÉLULAS E TECIDOS

CAPÍTULO 1 **As células** 40
Introdução à citologia 40
Observações ao microscópio 41
Objeto digital – Carrossel de imagens: Tipos de microscopia 41
Ciência tem história: As contribuições de Robert Hooke 42
Biologia e Física: Instrumentos ópticos 44
A célula 46
Composição e estrutura da membrana plasmática 47
Citoplasma 50
Práticas de Ciências: Construção de modelos de células 52
O núcleo celular 54
Atividades 55

CAPÍTULO 2 **Metabolismo celular** 56
Metabolismo e energia 56
Metabolismo 57
Reações de oxirredução e metabolismo energético 58
Respiração celular aeróbia 60
Processos anaeróbios de obtenção de energia 64
Fotossíntese 65
As etapas da fotossíntese 66
Ciência tem história: Joseph Priestley e a fotossíntese 70
Quimiossíntese 72
Ciência, tecnologia, sociedade e ambiente: Cientistas criam carros "abastecidos" por fotossíntese artificial 73
O DNA e o metabolismo 74
Síntese de proteínas 75
Práticas de Ciências: Como as células fazem a regulação gênica? 81
Atividades 82

CAPÍTULO 3 **Ciclo celular e o estudo dos tecidos** 84
Células e tecidos 84
Ciclo celular 85
Mitose 85
Meiose 87
Objeto digital – Vídeo: Mitose e meiose 88
Tecidos celulares 89
Tecidos epiteliais 89
Tecido conjuntivo 91
Tecido muscular 94
Tecido nervoso 96
Práticas de Ciências: Análise de lâminas histológicas 98
Atividades 99

Estudo de caso: Mudanças de paradigma na ciência: o exemplo da produção de ATP 100
Questões globais 102

UNIDADE 3 — 104

GENÉTICA

CAPÍTULO 1 **Hereditariedade** 106
Diferenças e semelhanças 106
Primeiras ideias sobre hereditariedade 107
A herança cromossômica 108
Ciência tem história: McClung e a teoria cromossômica 110

Não escreva no livro.

Genética mendeliana 112
Noções de probabilidade 115
Práticas de Ciências: Probabilidade na prática 116
Padrões de dominância 117
Interação gênica 117
Alelos múltiplos 118
Padrões de herança influenciados pelo sexo 119
Ligação gênica 120
Alterações cromossômicas 122
Epigenética 124
Atividades 125

CAPÍTULO 2 **Biotecnologia** 127
O uso da natureza 127
O que é biotecnologia? 128
Biologia e História: A domesticação das plantas 129
Produção de vacinas 131
Produção de antibióticos 131
Tecnologia do DNA recombinante 132
Objeto digital – Infográfico clicável: Legislação sobre transgênicos 133
Sequenciamento de DNA 137
Clonagem 138
Células-tronco 139
Biotecnologia e ética 140
Ciência, tecnologia, sociedade e ambiente: Os desafios em sequenciar o DNA neandertal 141
Práticas de Ciências: Teste de paternidade 142
Atividades 143
Estudo de caso: Uma vacina de DNA contra zika 144
Questões globais 146

UNIDADE 4 **ORIGEM DA VIDA E DIVERSIDADE DOS SERES VIVOS** 148

CAPÍTULO 1 **A origem da vida** 150
Como surgiu a vida na Terra? 150
Os primeiros seres vivos 151
Primeiras ideias sobre a geração dos seres vivos 152
Ciência tem história: Os trabalhos de Pouchet e Pasteur 154
Teorias sobre a origem da vida na Terra 156
A teoria da evolução molecular da vida 157
Evolução do metabolismo energético 161
A origem das células, da multicelularidade e da diversidade celular 163
Práticas de Ciências: Astrobiologia 165
Atividades 166

CAPÍTULO 2 **Evolução** 167
A evolução biológica 167
O pensamento evolucionista 168
A evolução por seleção natural 172
Objeto digital – Infográfico clicável: A viagem do HMS Beagle 172
Ciência tem história: Robert Chambers e a transmutação dos seres vivos 174
Evidências da evolução 176
Seleção natural e adaptação 178
Seleção sexual e seleção artificial 179
Práticas de Ciências: Jogo da seleção natural 180
A teoria sintética da evolução 182
As bases genéticas da evolução 183
Biologia e História: Eugenia e racismo 188
Atividades 193

CAPÍTULO 3 **Taxonomia, sistemática e diversidade da vida** 194
Classificação dos seres vivos 194
Sistemática filogenética 195
Os grandes grupos de seres vivos 197
Vírus 198
Bactérias 198
Protozoários 199
Algas 199
Fungos 200
Plantas 200
Animais 201
As origens da humanidade 202
Ciência, tecnologia, sociedade e ambiente: Ancestralidade: genética, herança e identidade 206
Práticas de Ciências: A fita do tempo 208
Atividades 209
Pensando Ciências: Como organizar a história evolutiva de uma espécie nova? 210
Questões globais 212

PROJETO 1 214
***Podcast* sobre biotecnologia: compartilhando informação de qualidade**

UNIDADE 5 — 218
O ESTUDO DOS SERES VIVOS

CAPÍTULO 1 Nutrição e excreção **220**
Os seres se nutrem e excretam resíduos 220
Objeto digital – *Podcast*: Guia Alimentar para a População Brasileira 220
Nutrição 221
Ciência tem história: Experimentos sobre a digestão no início das ciências 225
A água e os seres vivos 228
Osmose e pressão osmótica 230
Práticas de Ciências: Osmose nas células vegetais 231
Osmorregulação e excreção 232
Plantas e o transporte da seiva mineral 235
Atividades **237**

CAPÍTULO 2 Circulação e trocas gasosas **239**
Os gases e os seres vivos 239
Composição da atmosfera 240
Biologia e Química: Os riscos à saúde associados às queimadas florestais 241
Trocas gasosas em animais 242
Circulação nos animais 244
Trocas gasosas e transpiração em plantas 247
Práticas de Ciências: Construção de modelo de fluxo por pressão no floema 249
Atividades **250**

CAPÍTULO 3 Coordenação e percepção do ambiente **251**
Introdução aos sistemas sensoriais 251
Células nervosas e condução de estímulos 252
Objeto digital – Carrossel de imagens: Células da glia 252
Sistema nervoso 254
Ciência, tecnologia, sociedade e ambiente: O que é biomimética? 256
Mecanismos e receptores sensoriais 257
Audição e equilíbrio humanos 259
Evolução da percepção visual 260
Biologia e Física: Lentes e visão 262
Práticas de Ciências: Ilusão de ótica 263
Hormônios 264
Atividades **265**

Estudo de caso: A vida no limite: os desafios da osmorregulação nos beija-flores **266**
Questões globais **268**

UNIDADE 6 — 270
SER HUMANO E SAÚDE

CAPÍTULO 1 Fisiologia humana **272**
Uma ciência antiga 272
Nutrição 273
Sistema digestório 274
Práticas de Ciências: Pesquisando enzimas proteolíticas em frutas 277
Sistema respiratório 278
Objeto digital – Infográfico clicável: Fisiologia do mergulho 279
Sistema circulatório 280
Ciência tem história: William Harvey e a circulação do sangue 282
Circulação da linfa 284
Sistema urinário 285
Sistema nervoso 287
Ciência, tecnologia, sociedade e ambiente: Contaminação por mercúrio afeta saúde de mulheres e crianças mundurukus 289
Sistema endócrino 290
O ciclo menstrual 292
Gestação 293
Parto 295
Aleitamento materno 295
Atividades **296**

CAPÍTULO 2 Saúde e tecnologia **298**
O que é saúde? 298
A evolução do conceito de saúde 299
A saúde pública no Brasil 300
O Sistema Único de Saúde 301
Doenças crônicas 302
Saúde sexual e saúde reprodutiva 303
Biologia e Sociologia: Gênero e sexualidade 304
Saúde mental 306
Práticas de Ciências: Redes sociais e autoimagem 308
Objeto digital – *Podcast*: *Bullying* virtual 308
Tecnologia e saúde 309
Atividades **311**

Pensando Ciências: Como a comunidade escolar pode contribuir para o controle da covid-19? **312**
Questões globais **314**

UNIDADE 7 316
ECOLOGIA

CAPÍTULO 1 Noções básicas de Ecologia 318
Introdução à Ecologia 318
A biosfera 319
Ecossistemas 319
Biomas 319
Práticas de Ciências: Biomas do mundo 320
Biodiversidade 321
Fatores abióticos em um ambiente 323
Nicho ecológico 325
Ciência tem história: O desenvolvimento do conceito de ecossistema 326
Atividades 328

CAPÍTULO 2 Energia e matéria nos ecossistemas 329
Relações tróficas nos ecossistemas 329
Biologia e Geografia: Revolução Verde 333
Biomassa e produtividade 334
Pirâmides tróficas 335
Fotossíntese 336
Práticas de Ciências: A influência do espectro luminoso na fotossíntese 340
Atividades 341

CAPÍTULO 3 Relações ecológicas e dinâmica de populações 342
Introdução às relações ecológicas 342
Relações intraespecíficas 343
Relações interespecíficas 345
Ciência, tecnologia, sociedade e ambiente: Uso da bactéria *Wolbachia* no combate à dengue 349
Dinâmica de populações 350
Práticas de Ciências: Estimativa de tamanho populacional 353
Objeto digital – Mapa clicável: Espécies exóticas invasoras 354
Sucessão ecológica 356
Atividades 358

Pensando Ciências: Como estimar a biodiversidade alimentar de sua comunidade? 360
Questões globais 362

UNIDADE 8 364
AMBIENTES E CONSERVAÇÃO

CAPÍTULO 1 As ações do ser humano no ambiente 366
A ação antrópica e os ambientes 366
O impacto humano sobre o ar 367
Biologia e Geografia: Deslocamentos climáticos 370
O impacto humano sobre a água 372
O impacto humano sobre o solo 375
Saneamento básico 378
Práticas de Ciências: De olho no saneamento básico 380
Atividades 381

CAPÍTULO 2 Ecossistemas brasileiros 382
Os ambientes brasileiros 382
Ecossistemas aquáticos 383
Práticas de Ciências: Derramamentos de óleo: consequências e enfrentamento 385
Mata Atlântica 386
Floresta Amazônica 388
Cerrado 390
Objeto digital – *Podcast*: Mulheres da terra: o Cerrado somos nós 391
Caatinga 392
Pantanal 394
Pampa 396
Ciência tem história: A viagem filosófica de Alexandre Rodrigues Ferreira 397
Atividades 398

CAPÍTULO 3 Conservação ambiental 400
O que é conservação ambiental 400
Desenvolvimento sustentável 401
Estratégias de conservação ambiental 403
Objeto digital – Vídeo: Aves e monitoramento ambiental 403
Ciência, tecnologia, sociedade e ambiente: Inovação e urgência no combate à emergência climática global 404
Unidades de Conservação 405
Acordos internacionais sobre meio ambiente 407
Tecnologia aplicada à conservação ambiental 408
Práticas de Ciências: Interpretação de imagens de sensoriamento remoto 410
Atividades 411

Estudo de caso: Mico-leão-dourado: um símbolo da luta pela conservação da diversidade biológica 412
Questões globais 414

PROJETO 2 416
Jogos de temática socioambiental: o lúdico como forma de conscientização

Respostas das atividades de cálculo 420
Transcrição dos áudios 421
Bibliografia comentada 424

Não escreva no livro.

1. Os estudantes podem mencionar que as plantas respiram, precisam de água e de alimento para sobreviver e interagem com os componentes do ambiente – como o solo (componente abiótico) e os animais (componentes bióticos).

BIOLOGIA: O ESTUDO DA VIDA

A vida é um fenômeno complexo e fascinante que os cientistas estudam há séculos. Diversos são seus significados dentro do campo científico, porém não há uma definição concreta.

Sabemos que a água, um elemento não vivo, é fundamental para a manutenção da vida e que ela faz parte da relação entre os seres vivos e não vivos na natureza.

A foto de abertura desta unidade mostra a vegetação da Caatinga brasileira durante o período de chuvas. Muitas das espécies vegetais que habitam essa região, como forma de proteção à falta de água, apresentam fases de seu ciclo de vida, como a floração, durante o período de chuvas, quando há mais água disponível no solo.

Nesta unidade, vamos estudar como os conhecimentos da Biologia podem nos ajudar a compreender melhor o fenômeno da vida.

OBJETIVOS

- Reconhecer a importância da Biologia.
- Conhecer as diferentes aplicações da Biologia.
- Identificar as características dos seres vivos.
- Identificar as moléculas orgânicas e inorgânicas presentes nos seres vivos.
- Compreender as funções das moléculas orgânicas dos seres vivos.

QUESTÕES PARA REFLETIR

1. Observe a imagem de abertura. Quais características dos organismos retratados permitem classificar cada um como um ser vivo, em contraste com os elementos não vivos presentes na mesma imagem?
2. Existem milhões de espécies de seres vivos na Terra, cada uma com suas particularidades. Que semelhanças existem entre elas para que todas possam ser consideradas espécies de seres vivos? Veja resposta em *Respostas e comentários* no Manual do Professor.
3. Biologia é a ciência que estuda a vida. De modo geral, como você percebe a ciência em seu cotidiano? Resposta pessoal. Os estudantes podem responder que a ciência está presente ao usar medicamentos, fazer exames, usar produtos tecnológicos, entre outros.

Parque Nacional da Serra das Confusões. Caracol (PI). Foto de 2024. ▸

Luciano Queiroz/Pulsar Imagens

UNIDADE 1

1 O que é Biologia?

2 As bases químicas da vida

1. Resposta variável. É esperado que os estudantes citem algumas características que definem os seres vivos, como capacidade de se alimentar e se reproduzir.

O QUE É BIOLOGIA?

PARA COMEÇAR

1. O que diferencia os seres vivos dos elementos não vivos?
2. Como os seres vivos se relacionam com o ambiente?
3. Como você definiria o conceito de vida?

2. Resposta variável. Os estudantes podem citar as trocas gasosas entre os seres vivos e o ambiente, a absorção de água e de nutrientes do solo pelas plantas, entre outros.

Biologia (do grego *bios*, "vida", e *logos*, "estudo") é o ramo das ciências naturais que estuda o fenômeno da vida e os seres vivos, ou seja, aqueles que manifestam a vida. O estudo da Biologia inclui a origem, a classificação e o comportamento dos seres vivos.

Existem evidências de que a vida surgiu no planeta Terra há mais de 3 bilhões de anos e de que os seres vivos e o ambiente terrestre eram bem diferentes no passado, comparados com os dias atuais. As transformações sofridas pelos seres vivos desde sua origem até hoje são objetos de estudo da **evolução biológica**.

Fazem parte do ambiente os seres vivos e os elementos não vivos, de modo que a manutenção da vida na Terra depende das interações que ocorrem entre eles. A **ecologia** (do grego *oikos*, "casa") é a especialidade da Biologia que investiga como os seres vivos se relacionam entre si e com o ambiente.

A **genética** estuda como determinadas características são armazenadas e transmitidas através das gerações. A **biologia celular** tem como objeto de estudo, a célula, a unidade básica dos seres vivos, e a **biotecnologia** aplica os conhecimentos de diversas áreas da Biologia no desenvolvimento de medicamentos, de terapias e da agricultura.

Um dos princípios que norteiam todas as áreas de estudo da Biologia é que todos os seres vivos, desde os mais simples aos mais complexos, apresentam características em comum, e são essas características que definem, em conjunto, o que é vida para a ciência.

3. Resposta pessoal. Espera-se que os estudantes tenham dimensão acerca da complexidade do fenômeno que denominamos vida e compreendam que, apesar dos diversos significados dentro do campo científico, não há uma definição concreta.

Macacos-guariba (*Alouatta guariba*) em Manaus (AM). Foto de 2020.

André Dib/Pulsar Imagens

Não escreva no livro.

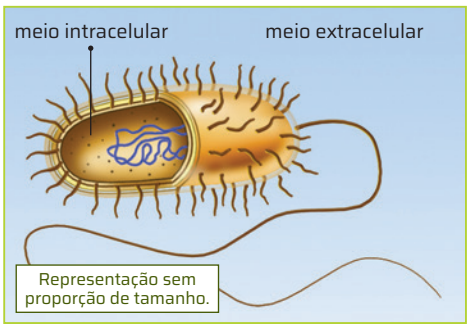
CARACTERÍSTICAS DOS SERES VIVOS

Os seres vivos distinguem-se dos seres não vivos em muitos aspectos, como veremos a seguir.

A **composição química da matéria orgânica** inclui substâncias formadas pela reunião de átomos de carbono (C), nitrogênio (N), hidrogênio (H), oxigênio (O), fósforo (F) e enxofre (S), entre muitos outros. Os átomos desses elementos combinam-se formando moléculas como os carboidratos ou açúcares, os lipídios ou óleos e gorduras, as proteínas, entre outras. Porém, a substância mais abundante no corpo da maioria dos seres vivos é a água.

As **células** são as unidades estruturais e funcionais do corpo dos seres vivos. São constituídas de uma membrana que separa seu meio interno, ou intracelular, do meio externo, ou extracelular. Essa separação faz do meio intracelular um ambiente propício para a ocorrência do **metabolismo**, o conjunto de transformações químicas que garante a vida da célula.

Luís Moura/ID/BR



A bactéria é um exemplo de ser vivo formado por apenas uma célula. Sua célula, representada no esquema em corte longitudinal, tem cerca de 0,002 mm de comprimento. O esquema mostra detalhes do meio intracelular, onde ocorre o metabolismo. Cores-fantasia.

É pela **nutrição** que os seres vivos obtêm compostos que lhes fornecem energia e matérias-primas para a produção de novas moléculas que constituirão suas células. Alguns seres, denominados **autótrofos**, produzem o próprio alimento a partir de substâncias inorgânicas; enquanto outros, chamados **heterótrofos**, consomem substâncias orgânicas retiradas do ambiente.

Para obter as substâncias de que necessitam e eliminar os subprodutos indesejados, os seres vivos estão em constante interação com o meio ambiente. Essa interação envolve a **reação a estímulos ambientais**, que resultam na manutenção do equilíbrio metabólico. As plantas, por exemplo, reagem à luz crescendo em sua direção.

Uma das mais notáveis características de um ser vivo é a **reprodução**, etapa do ciclo de vida em que novos indivíduos são produzidos. Os descendentes recebem dos genitores o material genético, geralmente constituído de ácido desoxirribonucleico (DNA). Com isso, os novos seres desenvolvem características semelhantes às de seus genitores, fenômeno conhecido por **hereditariedade**.

Contudo, visto que muitos seres são gerados pela união do material genético de dois indivíduos – masculino e feminino, no caso da reprodução sexuada –, os descendentes não são idênticos aos genitores. Além disso, durante o processo de cópia das moléculas do material genético, que é passado aos descendentes, podem ocorrer erros, conhecidos como mutações. Essas mutações ocorrem ao acaso e podem ser vantajosas, neutras ou prejudiciais em relação ao ambiente onde vivem os organismos. Assim, as características de uma espécie podem mudar ao longo das gerações, processo que recebe o nome de **evolução biológica**.

DE OLHO NO CONCEITO

As **moléculas orgânicas** sempre apresentam átomos de carbono, o que permite formar moléculas grandes e complexas, como proteínas, açúcares, gorduras e ácidos nucleicos. Certas substâncias inorgânicas, como o gás carbônico, também contêm carbono. Os elementos não vivos comumente possuem apenas substâncias inorgânicas.

O que todo ser vivo tem

ROTEIRO

1. Ao se observar um pedaço de madeira ao microscópio, pode-se notar que esse material tem estrutura celular, porém, a madeira não apresenta metabolismo. Como é possível explicar isso?

A madeira é derivada das árvores, que são seres vivos, e isso explica a estrutura celular desse material. Porém, a madeira é um tecido morto e, por isso, não apresenta mais metabolismo.

NÍVEIS DE ORGANIZAÇÃO

Uma maneira de conhecer e compreender a biologia é analisar os diferentes níveis de organização da matéria viva, que podem ser observados neste infográfico. A classificação desses níveis, do mais simples (átomo) ao mais complexo (biosfera), indica apenas o aumento progressivo do número de elementos e de suas interações, e não a importância de cada um deles.

Representação sem proporção de tamanho e em cores-fantasia.

Ilustração: Fabio Eugenio/ID/BR
Textura de fundo: Cepera/Shutterstock.com/ID/BR

Não escreva no livro.

2. Resposta pessoal. O estudante pode ressaltar as habilidades e competências desenvolvidas durante o estudo das Ciências Naturais: a precisão na descrição de fenômenos, a capacidade de formular hipóteses, a criatividade, a persistência, o planejamento, a reflexão e a cooperação envolvidas no trabalho entre cientistas. Outros argumentos incluem a importância de, como cidadão, desenvolver a capacidade de se posicionar de modo consciente sobre temas atuais, como aquecimento global e conservação do meio ambiente, por exemplo.

A BIOLOGIA E A INVESTIGAÇÃO CIENTÍFICA

A **ciência** é um modo de pensar e uma ferramenta para investigar o mundo em que vivemos. Os inúmeros métodos existentes para realizar pesquisas científicas não são infalíveis, e, como toda atividade humana, são influenciados pela cultura, pela política, pela economia e pelo momento histórico da sociedade.

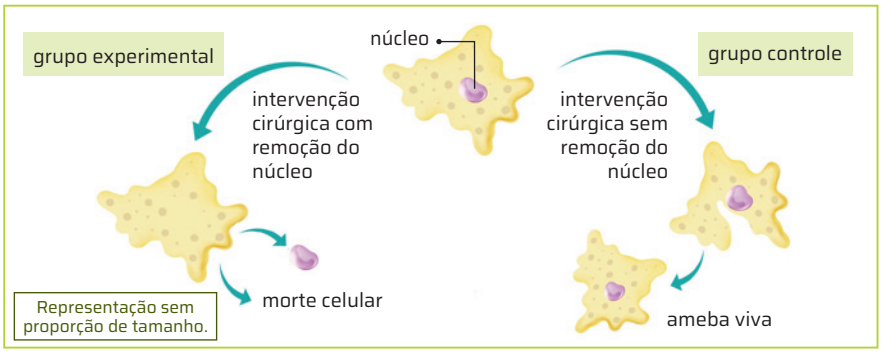
Hipóteses, leis e teorias

Hipótese é a tentativa de explicar algum fenômeno natural. Já o termo "lei" é usado para descrever fenômenos que apresentam padrões regulares, como as leis da genética. A teoria é um conjunto de conhecimentos que orienta a investigação científica em determinada área e inclui hipóteses, leis, evidências, etc. Por exemplo, a moderna teoria da evolução inclui as leis da genética e ajuda a explicar a biodiversidade atualmente observada na Terra.

Teste de hipóteses

Em Biologia, uma hipótese pode ser considerada válida se nenhuma evidência mostrar que ela é falsa. Então, mesmo uma hipótese amplamente aceita pode ser descartada caso novas pesquisas revelem evidências que a invalidem, levando à formulação de uma nova hipótese. É importante que os experimentos e as observações sejam controlados: neles, apenas uma variável é analisada por vez. Por exemplo, para testar a hipótese de que o núcleo seria fundamental para as funções celulares, os pesquisadores realizaram experimentos com dois grupos de amebas: no grupo experimental, a intervenção cirúrgica incluiu a remoção do núcleo, e no grupo controle, houve a cirurgia sem a remoção do núcleo. Observe o quadro a seguir.

Vagner Coelho/ID/BR



Representação de um experimento controlado com amebas para testar a importância do núcleo. Cores-fantasia.

A importância da observação

A história da penicilina ilustra bem como uma observação pode gerar novas hipóteses e novos experimentos.

Em 1928, o bacteriologista Alexander Fleming (1881-1955) pesquisava uma espécie de bactéria responsável por vários tipos de infecção, quando percebeu que uma de suas placas de cultivo estava embolorada.

Como não havia bactérias ao redor do local onde cresceu o bolor, Fleming formulou a hipótese de que o fungo em questão produzia uma substância bactericida. Após muitos testes, ele constatou que essa substância – a qual chamou de penicilina, em referência ao fungo que a produz, o *Penicillium* – matava vários tipos de bactérias.

Anos mais tarde, outros pesquisadores isolaram a penicilina para criar o primeiro antibiótico, que seria comercializado somente a partir de 1945.

A ciência na era digital

Os atuais meios de comunicação facilitam a comunicação entre os pesquisadores mediante videoconferências e publicação de trabalhos científicos em revistas eletrônicas especializadas, por exemplo. Redes de comunicação também são usadas na divulgação de notícias e de descobertas científicas para o público em geral. Entretanto, a divulgação de notícias falsas e a negação do conhecimento científico também são facilitadas pela comunicação digital. O pensamento crítico e o conhecimento sobre o modo de produção científico tornam-se imprescindíveis para o combate à desinformação.

Bioética

O estudo da biologia envolve ainda questões éticas. O uso de organismos transgênicos na produção de alimentos, a manipulação de embriões humanos para a obtenção de **células-tronco**, a clonagem de seres vivos e o uso de animais em experimentos são apenas algumas dessas questões. Tais discussões devem incluir não somente os cientistas, mas toda a sociedade.

célula-tronco: tipo celular que pode dar origem a outros tipos de célula.

ROTEIRO

2. Dois estudantes conversam após a aula e um deles questiona: "Não quero ser cientista, então por que devo estudar Biologia?". O outro estudante, por sua vez, tenta convencer o colega da importância dessa disciplina. Que argumentos ele poderia usar para defender a importância da Biologia?

A BIOLOGIA E SUA RELAÇÃO COM OUTRAS ÁREAS DO CONHECIMENTO

A busca pelo conhecimento fundamentado no racionalismo, e não na mitologia ou no senso comum, já estava presente no pensamento de filósofos da Antiguidade. Estes, movidos pela curiosidade acerca do funcionamento do mundo natural, dedicaram-se a observar e a classificar o que os rodeava. Pode-se considerar que a ciência moderna surgiu mais recentemente, com a delimitação dos objetos de estudo, o estabelecimento de métodos próprios de investigação e o uso da matemática na descrição de fenômenos e na formulação de conceitos.

Na Biologia, o objeto de estudo são os seres vivos, e seus métodos de estudo incluem a experimentação. Porém, isso não significa que essa ciência não se relaciona com outras ciências. Na verdade, cada vez mais verificamos a Biologia como ciência integradora e multidisciplinar, que se fundamenta em saberes de outras áreas do conhecimento.

Um exemplo disso é a teoria celular, formulada no século XIX, que afirma que todos os seres vivos são constituídos de células. A formulação dessa teoria só foi possível após observações feitas por inúmeros pesquisadores, que analisaram diversos materiais biológicos ao microscópio. Esse aparelho foi desenvolvido no século XVII por pesquisadores interessados não nos seres vivos, mas na produção de lentes de aumento – tema pertencente à óptica, um ramo da Física. A própria visualização adequada das células ao microscópio depende do uso de corantes especiais, os quais dependem de conhecimentos químicos para seu desenvolvimento.

IISD/ENB | Anastasia Rodopoulou

O Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC, na sigla em inglês) congrega, em suas reuniões, cientistas de várias áreas do conhecimento, além de representantes de governos e de entidades não governamentais, na busca de soluções para os problemas ambientais que atingem o planeta atualmente. IPCC 60. Istambul, Turquia. Foto de 2024.

O conceito de metabolismo – conjunto de transformações químicas que ocorrem na célula – torna ainda mais clara a relação entre Química e Biologia. A descrição de muitos aspectos do metabolismo, como a fotossíntese, inclui também princípios da Física, para saber, por exemplo, como e quais tipos de luz são absorvidos pela clorofila. A Biologia também fornece subsídios para o desenvolvimento da medicina e da agronomia, por meio do estudo da anatomia e fisiologia humanas e das plantas, respectivamente.

A natureza multidisciplinar da Biologia talvez seja mais evidente no campo das ciências ambientais. Essa importante esfera do conhecimento – fundamental em um mundo que sofre com a poluição, o desmatamento, a degradação de hábitats e a destruição continuada de recursos naturais – reúne profissionais de diferentes áreas da Biologia, como ecologistas, botânicos e zoólogos, mas também climatologistas, geógrafos e geólogos, entre outros.

CIÊNCIA SE DISCUTE

Homeopatia ainda divide opiniões sobre sua eficácia, mas é aceita no Brasil

[...]

O que é a homeopatia

A terapia, que existe há mais de 200 anos, diz que o homem, além do corpo físico, também tem um princípio vital, responsável por mecanismos reguladores dos processos internos e das respostas biológicas aos estímulos externos. Segundo uma cartilha do Ministério da Saúde, a homeopatia entende que uma pessoa só está saudável quando essa energia vital está em equilíbrio.

[...]

Falta de comprovação científica

Em 2015, uma revisão de 255 estudos feita pelo Conselho Nacional de Saúde e Pesquisa Médica da Austrália concluiu que a homeopatia não é eficiente para tratar qualquer tipo de doença. [...].

Dois anos depois, a Inglaterra bloqueou os reembolsos de tratamentos homeopáticos e cessou o financiamento dos hospitais do tipo. [...]

[...]

O apoio no Brasil

[...] Segundo a agência [Anvisa], os medicamentos homeopáticos estão no grupo próximo aos fitoterápicos e podem ter sua comprovação de eficácia demonstrada pelo próprio uso tradicional, pelo registro em Farmacopeia nacional ou em outros compêndios aceitos por agências reguladoras internacionais.

[...]

Ingrid, G. Homeopatia ainda divide opiniões sobre sua eficácia, mas é aceita no Brasil. *Viva Bem*, UOL, São Paulo, 10 fev. 2020. Disponível em: https://www.uol.com.br/vivabem/noticias/redacao/2020/02/10/homeopatia-ainda-divide-opinioes-sobre-sua-eficacia-mas-e-aceita-no-brasil.htm. Acesso em: 8 out. 2024.

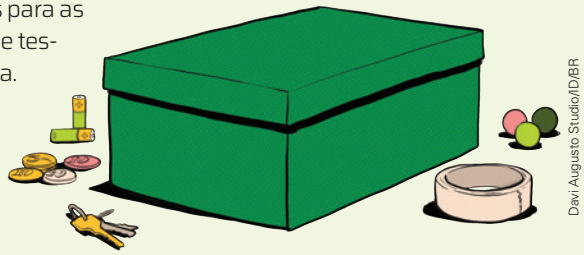
1. Realize uma pesquisa sobre a homeopatia e discuta com os colegas sobre as possíveis dificuldades encontradas pelos cientistas para comprovar ou refutar a sua eficácia no tratamento de doenças.

Resposta variável. Espera-se que os estudantes discutam sobre evidências científicas, os métodos usados em pesquisas, a participação da sociedade, etc.

Não escreva no livro.

O que há dentro da caixa?

Em um experimento científico, é possível obter respostas definitivas para as hipóteses formuladas? Nesta atividade, você e os colegas vão formular e testar hipóteses para descobrir quais objetos estão em uma caixa fechada.


Daví Augusto Studio/ID/BR

Representação da caixa e de alguns dos materiais que podem ser usados na atividade.

Material

- caixas de papelão com tampa (caixas de sapatos, de brinquedos, etc.)
- fita adesiva
- pequenos objetos como chaves, pilhas, clipes, parafusos, moedas, anéis, lápis, bolas de gude, borrachas, etc.

Como fazer

1. Formem grupos com quatro ou cinco estudantes. Cada grupo escolherá, sem que os demais grupos vejam, dois, três ou quatro objetos para serem colocados dentro da caixa, que deve ser fechada e lacrada com fita adesiva. A caixa de cada grupo deve ser identificada com o nome de seus integrantes e, em seguida, trocada com a de outro grupo.
2. Ao receber a caixa de outro grupo, os estudantes devem manipulá-la sem abri-la. Essa manipulação deve fornecer pistas (barulho produzido pelos objetos, peso, como se deslocam quando a caixa é virada, etc.) sobre quantos e que tipos de objeto estão na caixa, e suas propriedades (formato, tamanho, materiais de que são feitos, etc.).
3. Cada grupo deve conversar sobre as evidências obtidas, anotar as suposições sobre a natureza dos objetos que estão no interior da caixa e elaborar no caderno uma tabela, como a do modelo a seguir, para organizar as informações.
4. Com base nas evidências e suposições, cada grupo que receber a caixa fará perguntas, com respostas "sim" ou "não", ao grupo que montou a caixa. Se o objeto fizer barulho metálico e rolar quando a caixa for inclinada, poderá perguntar: "É usado para fixar ou prender outros objetos?"; "É feito de ferro?", etc. Perguntas que resolvam o problema, como "O objeto é um parafuso?", não devem ser formuladas.

Evidências	Suposições	Perguntas ao grupo que montou a caixa	Respostas
Ao virarmos a caixa, ouvimos um objeto rolando.	Um dos objetos tem formato esférico ou cilíndrico.	O objeto é usado para fixar outros objetos? O objeto é usado como brinquedo?	Sim/Não
Ao balançarmos a caixa, ouvimos ruídos metálicos.	Um dos objetos é de metal.	O objeto é de metal?	Sim/Não

5. Anotem as respostas na tabela e, com base nelas, tentem chegar a conclusões sobre estas questões: Quantos objetos estão na caixa? De que material cada um é feito? Quais são os objetos?

4. Respostas variáveis. Professor(a), se julgar conveniente, comente que, em ciências naturais, por mais que as evidências expliquem os fatos observados e as hipóteses sejam corroboradas pelos dados experimentais, estas não podem ser consideradas a verdade, pois estão sujeitas à reformulação diante de novas evidências. Nesse sentido, pode ser interessante não abrir a caixa ao final da atividade.

2. A coluna "Suposições" corresponde às hipóteses iniciais, com base nas evidências; a coluna "Perguntas ao grupo que montou a caixa" corresponde aos experimentos, e a coluna "Respostas", aos resultados, que podem levar à formulação de novas hipóteses, ou conclusões, sobre quais objetos estão na caixa.

Para concluir

1 **Cada grupo deve comunicar suas conclusões aos demais grupos, descrevendo os objetos e citando as evidências que levaram a essas conclusões.** Respostas variáveis. Espera-se que os estudantes citem as evidências que encontraram para chegar às conclusões sobre os materiais.

2 **Na tabela, qual coluna corresponde à elaboração de hipóteses? Qual coluna corresponde à realização de experimentos?**

3 **Na opinião de vocês, as conclusões sobre quais objetos estão dentro da caixa podem ser consideradas definitivas? Expliquem.**

4 **Em um experimento científico, é possível "abrir a caixa"? Por quê?**

3. Resposta variável. Se julgar conveniente, comente que não é possível ter certeza sobre os objetos, a não ser que a caixa seja aberta. Complete a analogia, explicando que as teorias científicas são constantemente avaliadas, refeitas ou descartadas e substituídas por outras.

Não escreva no livro.

CIÊNCIA, TECNOLOGIA, SOCIEDADE E AMBIENTE

IPH COLETA AMOSTRAS DO GUAÍBA PARA DETECTAR A PRESENÇA DE PATÓGENOS E DE RESÍDUOS QUÍMICOS E FÍSICOS NA ÁGUA DA ENCHENTE

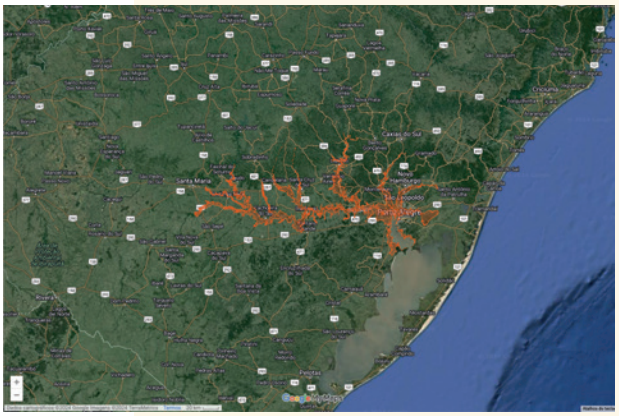
Professores, técnicos e estudantes do Instituto de Pesquisas Hidráulicas (IPH) da UFRGS trabalham intensamente na coleta e no processamento de amostras de diversos pontos do [rio] Guaíba. Juntamente com outros laboratórios da Universidade, estão formando uma rede de parceiros para viabilizar análises físico-químicas e de compostos orgânicos e patogênicos para a caracterização da água da enchente.

Os resultados serão disponibilizados no mapa feito pelos alunos no Google Maps e que já contém a mancha de inundação e o levantamento do sistema de proteção, com indicações de locais como abrigos, casas de bombas e estações de abastecimento. "É um esforço coletivo de trabalho intenso, integrado e conjunto para conseguirmos dar respostas rápidas", explica o professor do IPH Maurício Paixão. Juntam-se à rede de laboratórios o Instituto de Ciências Básicas da Saúde (ICBS) e pesquisadores do Instituto de Química. A iniciativa aguarda o retorno do Centro Estadual de Vigilância em Saúde (CEVS), que pode se somar aos esforços.

[...] Cada ponto de coleta é marcado com GPS. Quando as amostras chegam ao IPH, são recebidas por uma equipe formada por estudantes do Programa de Pós-graduação em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental (PPGRHSA).

[...]

[...] As análises das amostras visam detectar a presença de patógenos das principais doenças de transmissão hídrica, como cólera, febre tifoide, febre paratifoide, amebíase, esquistossomose, ancilostomose, hepatite infecciosa, poliomielite, enterovírus, metrovírus e leptospirose, e de contaminantes emergentes, como agrotóxicos, produtos farmacêuticos e metais como chumbo, cromo e mercúrio.



Universidade Federal do Rio Grande do Sul/Instituto de Pesquisas Hidráulicas - IPH/Google Imagens/TerraMetrics

Mapeamento preliminar das áreas potencialmente atingidas pelas enchentes no Rio Grande do Sul, na bacia do rio Guaíba, sobre imagens de satélite. Imagem de julho de 2024.

A partir de um vasto conjunto de dados, que incluem aqueles relativos às enchentes de 1941, 1967 e 2023, estudantes, técnicos e professores trabalham no Laboratório de Hidrometria com modelos de bacias hidrográficas e também com dados meteorológicos para simular as condições hidrológicas (relativas ao ciclo da água) e hidrodinâmicas (relativas ao movimento da água). Levam em conta vários cenários: com ou sem vento, com ou sem precipitação de chuva. Também são feitas comparações com modelos americanos e europeus.

[...] Com os recursos da atual tecnologia, a qualidade está sendo aprimorada. "Não há registro com esta quantidade de dados das inundações como o que estamos obtendo em 2024. Nosso objetivo é fornecer dados para pesquisas diversas e fomentar políticas públicas. A ciência é para a sociedade, ela precisa servir a todo mundo", ressalta o professor Maurício Paixão.

MIGLIORANZA, C. IPH coleta amostras do Guaíba para detectar a presença de patógenos e de resíduos químicos e físicos na água da enchente. *Jornal da Universidade*, UFGRS, Porto Alegre, 15 maio 2024. Disponível em: https://www.ufrgs.br/jornal/iph-coleta-amostras-do-guaiba-para-detectar-a-presenca-de-patogenos-e-de-residuos-quimicos-e-fisicos-na-agua-da-enchente/. Acesso em: 8 out. 2024.

Para discutir

1. Resposta variável. Oriente os estudantes a compreender a importância do desenvolvimento científico e tecnológico para solucionar eventuais problemas socioambientais.

2. Resposta variável. Espera-se que os estudantes respondam que podem ser criadas diretrizes para o órgão de saúde pública orientar a população sobre os riscos ao inalar, ingerir ou ter contato com água contaminada, como no caso das águas das enchentes no Rio Grande do Sul. Políticas públicas podem ser realizadas, como a da vacinação.

1 Quais são os benefícios para a população resultantes do trabalho feito pelo IPH?

2 Qual poderá ser o próximo passo dessa pesquisa, caso sejam encontrados patógenos nas amostras coletadas do Guaíba?

3 Discuta com os colegas sobre a imagem que vocês têm de um cientista e sobre como, na opinião de vocês, é o trabalho científico na prática. Resposta variável. A partir das respostas dadas pelos estudantes, oriente-os na definição de um cientista e de seu trabalho.

Não escreva no livro.

3. b) Ar, água, partículas minerais, bactérias, formigas, minhocas, raízes: ecossistema. Se julgar necessário, enfatize que, na caracterização dos ecossistemas, é fundamental a ocorrência de interações entre seus componentes.

1 Observe esta imagem.

Fagner Martins/Shutterstock.com/ID/BR

Paisagem com musgos e rochas. Parque Nacional da Serra dos Órgãos. Guapimirim (RJ). Foto de 2023.

Apresente argumentos que permitam caracterizar os musgos como seres vivos e as rochas como elementos não vivos. Como um microscópio poderia ajudar a fornecer argumentos para resolver essa questão?

1. Alguns argumentos que os estudantes podem utilizar são: os musgos crescem, se reproduzem, realizam fotossíntese, o que os caracteriza como seres vivos; já as rochas não apresentam essas características. O uso do microscópio pode revelar a estrutura celular dos musgos.

O texto a seguir será usado na resolução das atividades 2 e 3.

No solo, ou terra, encontram-se partículas minerais (grãos de terra ou areia), **matéria orgânica** decomposta ou em processo de decomposição, **água** em maior ou menor quantidade, **ar** proveniente da atmosfera (ocupando o espaço entre as partículas nas camadas mais superficiais), além de **raízes** de plantas e uma vasta coleção de seres como **bactérias**, fungos, **formigas**, minhocas, entre muitos outros.

Kelly Marken/Shutterstock.com/ID/BR

Nódulos em uma raiz de soja.

2 Copie os termos destacados e, em seguida, classifique cada um deles dentro do sistema de níveis de organização apresentado neste capítulo.

Veja resposta em *Respostas e comentários* no Manual do Professor.

3 Considere, agora, os conjuntos de termos listados a seguir. Classifique cada conjunto dentro do sistema de níveis de organização apresentado neste capítulo.

a) Bactérias, fungos e formigas. Bactérias, fungos e formigas: comunidade.

b) Ar, água, partículas minerais, bactérias, formigas, minhocas e raízes.

4 O texto a seguir descreve uma situação comum no dia a dia de qualquer pessoa. Leia-o e desenvolva a atividade proposta.

Ao entrar em um quarto e acionar o interruptor, você nota que a lâmpada não acende. Seu primeiro pensamento é: o fornecimento de energia elétrica foi interrompido. Você tenta acender a lâmpada da sala e verifica que ela funciona. Você, então, pensa que a lâmpada do quarto pode estar com algum defeito. Em seguida, você retira a lâmpada do quarto e a instala em um abajur; para sua surpresa, a lâmpada funciona!

Situações como essa guardam relação com o modo como os cientistas resolvem problemas: a partir da observação de fenômenos, elaboração de hipóteses, experimentação e reelaboração das hipóteses iniciais.

a) Copie no caderno o quadro a seguir, e preencha as células vazias de modo a relacionar corretamente os elementos das duas colunas.

Veja resposta em *Respostas e comentários* no Manual do Professor.

Reflexão sobre o problema ou ação realizada	Etapa do método científico
////////////////////////////////	Primeira observação
Supor que o fornecimento de energia foi interrompido.	//////////////////////////////// ////////////////////////////////
////////////////////////////////	////////////////////////////////
////////////////////////////////	////////////////////////////////
////////////////////////////////	////////////////////////////////
////////////////////////////////	////////////////////////////////
////////////////////////////////	////////////////////////////////

b) Com base na observação de que a lâmpada do quarto acendeu quando instalada no abajur, formule uma hipótese para explicar por que ela não funcionou quando acionada no quarto.

Veja resposta em *Respostas e comentários* no Manual do Professor.

5 A **biopirataria** está relacionada ao tráfico de animais e plantas. Envolve a exploração de espécies ameaçadas e a utilização não autorizada desses recursos naturais. No caso das plantas, refere-se à exploração destas como fonte de substâncias químicas de interesse farmacêutico e/ou industrial. As plantas traficadas não são escolhidas ao acaso, mas selecionadas segundo o conhecimento tradicional de indígenas e demais povos das florestas. Devido ao caráter clandestino dessa prática, evitam-se o reconhecimento de sua origem e a consequente divisão dos lucros provenientes dos produtos desenvolvidos.

a) Em que medida a biopirataria, como descrita no enunciado, representa uma forma de reconhecimento do valor dos saberes tradicionais?

Porque se utiliza dos conhecimentos tradicionais para a seleção das espécies.

b) Quais problemas éticos estão envolvidos na biopirataria? A exploração clandestina e ilegal de plantas, animais e de outros recursos; o não reconhecimento dos direitos intelectuais e materiais dos detentores originais desses saberes.

6 Joaquim resolveu fazer um bolo. Escolheu a receita, separou os ingredientes, mediu cuidadosamente todos eles de acordo com as instruções, misturou tudo seguindo as indicações e colocou para assar. Infelizmente, o resultado não foi o esperado. Joaquim não desistiu. Com base na mesma receita, fez algumas modificações: colocou mais fermento, bateu as claras em neve antes de acrescentá-las à massa e elevou a temperatura e o tempo de permanência do bolo no forno. Dessa vez o resultado foi satisfatório. Pode-se dizer que os procedimentos adotados por Joaquim guardam tanto semelhanças quanto diferenças em relação à investigação científica? Justifique.

6. Sim. Entre as semelhanças, pode ser citado o cuidado de Joaquim ao medir os ingredientes, além do fato de ele experimentar uma receita e, ao não obter o resultado esperado, introduzir modificações, testando novos procedimentos. Quanto às diferenças, pode-se dizer que as modificações introduzidas na receita não constituem um experimento controlado, pois muitas variáveis foram modificadas simultaneamente.

CAPÍTULO 2

AS BASES QUÍMICAS DA VIDA

1. A maioria dos organismos vivos consiste em compostos de carbono ligados aos átomos de hidrogênio, oxigênio e nitrogênio.

2. Os seres vivos são formados por uma grande variedade de moléculas orgânicas. Essas moléculas têm o carbono como elemento comum.

3. Respostas pessoais. Promova com a turma uma discussão sobre como eles se alimentam no dia a dia, auxiliando-os na identificação dos alimentos saudáveis.

PARA COMEÇAR

1. Quais são os elementos químicos essenciais da matéria viva?
2. Que tipos de molécula compõem os seres vivos? O que essas moléculas têm em comum?
3. Você acha que sua dieta alimentar lhe fornece as quantidades adequadas de nutrientes?

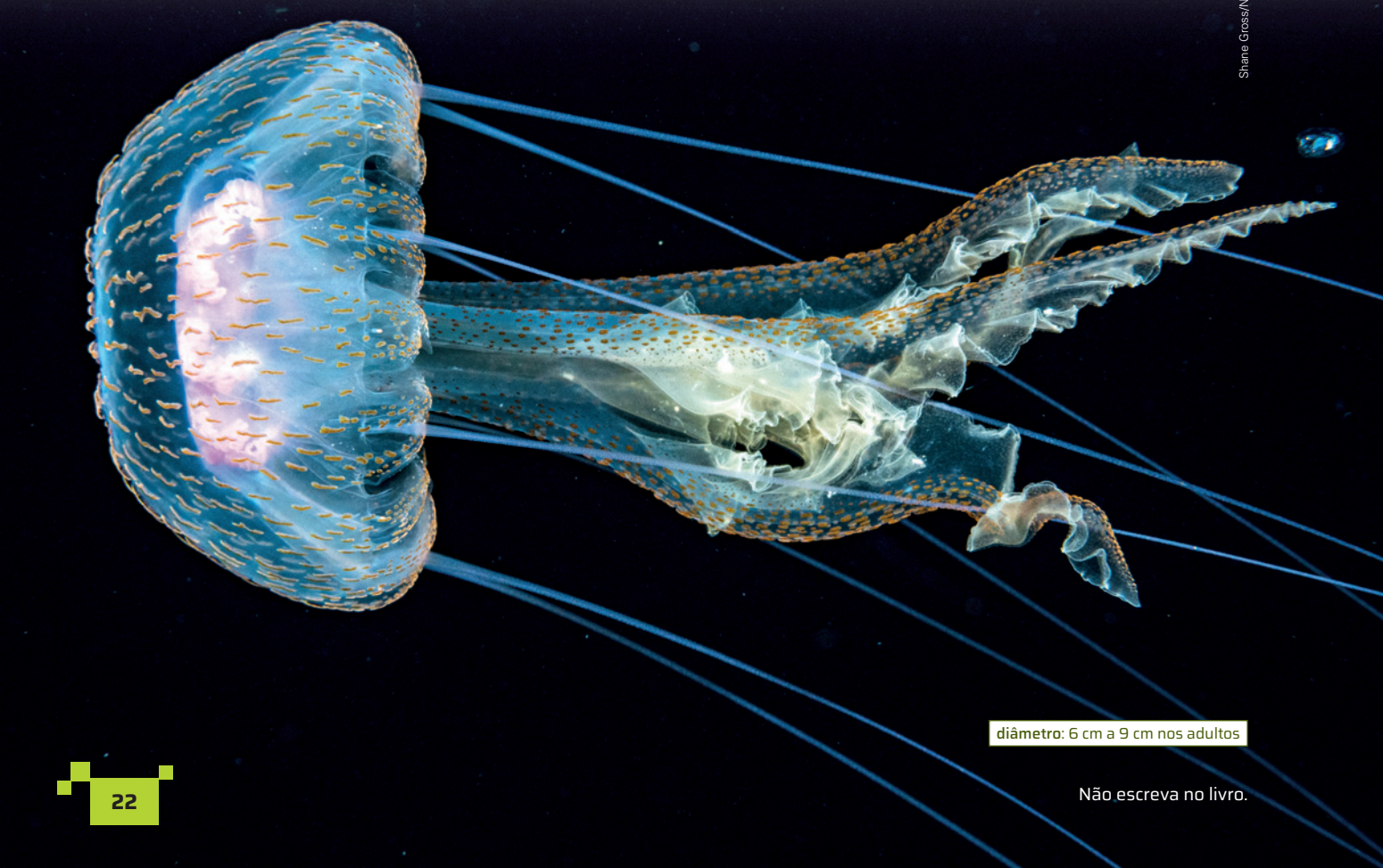
COMPOSIÇÃO QUÍMICA DOS SERES VIVOS

Há muita semelhança na composição química dos diferentes seres vivos. Os elementos químicos constituintes de um organismo unicelular (como a ameba) ou de uma árvore, por exemplo, são majoritariamente os mesmos: carbono (C), hidrogênio (H), oxigênio (O), nitrogênio (N), enxofre (S) e fósforo (P).

Água e sais minerais são exemplos de compostos inorgânicos encontrados nas células. Entre os compostos orgânicos, destacam-se os lipídios, os carboidratos, as proteínas e os ácidos nucleicos. As proporções em que essas substâncias estão presentes nos seres vivos variam consideravelmente, dependendo da espécie, do tipo celular e do estado fisiológico da célula. No entanto, de forma geral, a água é a substância mais abundante.

Neste capítulo, você vai estudar as estruturas e as funções das moléculas orgânicas nas células. Também vai conhecer a importância da água e dos sais minerais para os seres vivos.

A composição química de um ser vivo difere da composição do seu ambiente físico. A água está presente tanto nos ambientes aquáticos quanto no corpo dos seres vivos, como nessa água-viva (*Pelagia noctilua*), encontrada no oceano Atlântico. Foto de 2020.



Shane Gross/Nature PL/Fotoarena

diâmetro: 6 cm a 9 cm nos adultos

Não escreva no livro.

MOLÉCULAS ORGÂNICAS DAS CÉLULAS VIVAS

As moléculas orgânicas das células vivas são, em sua maioria, de quatro tipos: lipídios, carboidratos, proteínas e ácidos nucleicos. Elas são essenciais para a manutenção da vida e desempenham funções específicas nas células.

As moléculas orgânicas são compostas de unidades moleculares – os monômeros –, unidas entre si por ligações covalentes. Já o tamanho das moléculas orgânicas varia bastante.

Os carboidratos, como a glicose, a frutose e a sacarose, e os lipídios são moléculas relativamente pequenas, pois são formadas por um ou poucos monômeros. Entre as moléculas grandes, formadas pela união de muitas unidades de monômeros, estão: as proteínas, como as que constituem nossos músculos; os carboidratos grandes como a celulose; e os ácidos nucleicos, que formam o material genético dos seres vivos.

A união de duas ou mais unidades de monômeros para formar uma molécula maior – a macromolécula – chama-se polimerização, e a molécula formada, polímero.

Lipídios

As moléculas de lipídios são formadas por carbono, hidrogênio e oxigênio. Os lipídios podem ser encontrados em associação com o fósforo, o enxofre e o nitrogênio. Estão presentes na composição de membranas celulares, hormônios, ceras e vitaminas, além de desempenhar a função de reserva energética.

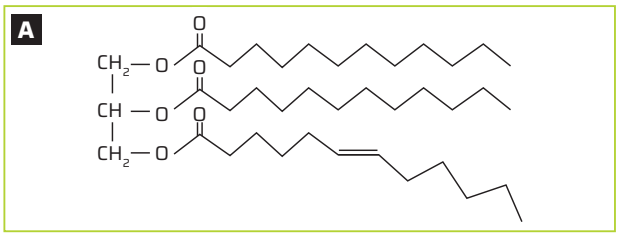
Gorduras e óleos são exemplos de lipídios. Os lipídios possuem muitas ligações covalentes apolares, o que resulta em sua baixa solubilidade em água. Entretanto, quando associados a certas substâncias, podem formar moléculas com porções polares, como os fosfolipídios.

Ácidos graxos são moléculas formadas por cadeias de átomos de carbono, em cuja extremidade existe um grupo carboxila (COOH). Dependendo da quantidade de ligações duplas entre os carbonos da cadeia, os ácidos graxos têm diferentes propriedades.

Os ácidos graxos **insaturados** apresentam uma ou mais ligações duplas entre os carbonos da cadeia. Se houver somente um carbono com ligação dupla, diz-se que a molécula é **monoinsaturada**. Caso haja mais de uma ligação dupla, diz-se que a molécula é **poli-insaturada**. Nas cadeias lipídicas **saturadas**, nenhum dos átomos de carbono apresenta ligação dupla entre si.

A presença de insaturações está relacionada às propriedades físico-químicas de óleos e de gorduras. As insaturações presentes nas cadeias carbônicas produzem dobras nas moléculas, ocasionando menor interação entre elas.

As **gorduras** são formadas pela junção de uma molécula de glicerol – um álcool de três átomos de carbono – com uma, duas ou três moléculas de ácido graxo. O tipo mais comum e abundante de gordura é o formado pela união do glicerol com três ácidos graxos; por isso, é denominado triacilglicerol ou triglicéride (imagem **A**).



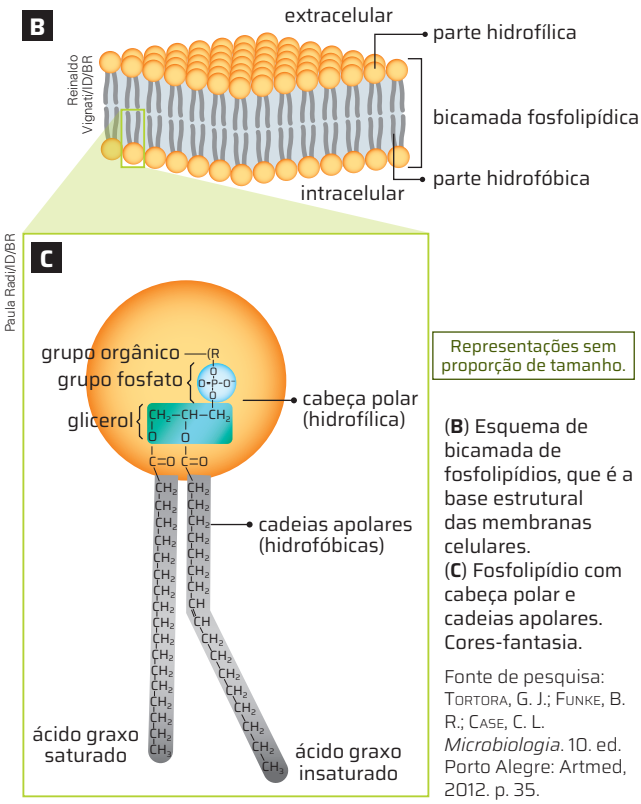
(**A**) Molécula de triacilglicerol.

Gorduras ricas em cadeias de ácidos graxos insaturados são líquidas à temperatura ambiente. As gorduras líquidas, denominadas óleos, são comuns em vegetais, como os óleos de soja, de milho, de girassol, e também em peixes de águas frias, como o óleo extraído da sardinha e o óleo de fígado de bacalhau.

Gorduras ricas em cadeias saturadas de ácidos graxos tendem a se solidificar à temperatura ambiente e são comuns em animais.

A combinação de lipídios com grupos derivados do ácido fosfórico dá origem aos **fosfolipídios**, importantes componentes das membranas plasmáticas (imagem **B**).

A extremidade fosfórica é polar, e as cadeias lipídicas são apolares. Assim, as moléculas de fosfolipídios têm uma porção hidrofílica, que se combina com a molécula de água, e outra hidrofóbica, que se repele com a molécula de água (imagem **C**). Devido a essa combinação entre parte polar e parte apolar, as moléculas de fosfolipídios se organizam de maneira orientada na membrana plasmática: as porções polares ficam expostas, enquanto as apolares ficam isoladas do contato com a água.



Representações sem proporção de tamanho.

(**B**) Esquema de bicamada de fosfolipídios, que é a base estrutural das membranas celulares.
(**C**) Fosfolipídio com cabeça polar e cadeias apolares. Cores-fantasia.

Fonte de pesquisa: Tortora, G. J.; Funke, B. R.; Case, C. L. *Microbiologia*. 10. ed. Porto Alegre: Artmed, 2012. p. 35.

BIOLOGIA E QUÍMICA

COLESTEROL

O colesterol é uma das moléculas mais famosas e premiadas na Biologia. Treze prêmios Nobel foram dados a cientistas que se dedicaram a estudar essa molécula. Ele foi descoberto em 1784, quando foi isolado a partir de cálculos biliares; seu nome vem do grego *chole*, "biliar", e *stereo*, "sólido".

O colesterol é um álcool, ou seja, apresenta um grupo OH ligado ao carbono saturado, e sua longa cadeia é composta, principalmente, de átomos de carbono e de hidrogênio, o que o torna uma molécula apolar.

A maior parte do colesterol endógeno é sintetizado no fígado – por ser uma molécula apolar, o colesterol não é solúvel em água, por isso, não pode ser transportado dissolvido no plasma sanguíneo. Seu transporte pelo sangue é feito na forma de lipoproteínas.

As lipoproteínas são macromoléculas formadas por fosfolipídios e proteínas. São partículas cuja parte hidrofílica fica voltada para fora, enquanto a parte hidrofóbica está protegida na parte interna. É nesse interior hidrofóbico que o colesterol e os triglicerídeos são transportados pelo sangue.

Existem cinco tipos de lipoproteínas no nosso sangue, mas só três estão diretamente relacionadas ao transporte de colesterol: as lipoproteínas de alta densidade (HDL, na sigla em inglês), as lipoproteínas de baixa densidade (LDL, na sigla em inglês) e as lipoproteínas de muito baixa densidade (VLDL, na sigla em inglês).

O HDL transporta o colesterol dos tecidos para o fígado. Parte desse colesterol será utilizada na síntese de hormônios, e o restante é excretado – por isso, é denominado colesterol bom.

O LDL transporta o colesterol do fígado para os tecidos e está diretamente associado ao risco de doenças coronarianas – é o colesterol ruim.

O VLDL atua da mesma forma que o LDL, mas transporta uma quantidade maior de triglicérides do que de colesterol.

Apesar da sua má fama, o colesterol desempenha importantes funções no nosso organismo.

O colesterol e sua importância para a vida

1. É um componente fundamental das membranas celulares dos animais (as células vegetais têm moléculas de função análoga chamadas sitoesterol e estigmaesterol). Ele atua regulando a fluidez destas membranas [...] controlando o *sim, você entra* e o *não, você não entra* [...] no citoplasma celular.
2. É a molécula a partir da qual se sintetizam os hormônios sexuais. Seus estimados estrogênios e/ou sua valorizada testosterona não são mais que derivados do lípido esteroide formado a partir do ciclopentanoperhidrofenantreno, "esterano" para os amigos. Sem o colesterol, não seríamos mais que seres assexuados no que se refere aos caracteres sexuais secundários.
3. O colesterol é também precursor do cortisol (hormônio envolvido na elevação da glicemia) e da aldosterona (hormônio elevador da pressão sanguínea). Falando claramente: sem eles teríamos muito reduzida a capacidade de reação rápida ante uma situação de perigo ou estresse biológico.
4. O colesterol é básico no metabolismo do cálcio ao ser o precursor da vitamina D (por isso esta vitamina se chama colecalciferol). Sem colesterol, teríamos um esqueleto claramente ineficaz e com osteoporose [...].
5. O colesterol também é o substrato bioquímico para a formação dos sais biliares, substâncias que nossa vesícula biliar secreta e nos permitem emulsionar as gorduras que ingerimos.
6. Em áreas concretas das membranas (especialmente das membranas neuronais), e segundo estudos recentes, o colesterol (associado a glucolipídeos e esfingolipídeos) formaria microdomínios moleculares fortemente impermeáveis e envolvidos no rechaço de patógenos como bactérias ou vírus.

[...]

Fernández, A. V. A. Colesterol: imprescindível para a vida ou causa de morte? *The Conversation*, [*s. l.*], 14 ago. 2023. Disponível em: https://theconversation.com/colesterol-imprescindivel-para-a-vida-ou-causa-de-morte-210951. Acesso em: 24 jun. 2024.

1. O colesterol é componente das membranas celulares; é precursor dos hormônios sexuais, da vitamina D, do cortisol, da aldosterona e dos sais biliares.

2. O colesterol é uma molécula hidrofóbica, que precisa circular no sangue, que é um ambiente aquoso. Dessa forma, as lipoproteínas fornecem um ambiente estável para as moléculas hidrofóbicas circularem em meio aquoso.

3. As lipoproteínas de alta densidade (HDL) transportam e retiram o colesterol da corrente sanguínea e levam para o fígado – por isso, níveis altos de HDL protegem contra doenças cardíacas.

Conecte as ideias

1 Qual a importância do colesterol para o corpo humano?

2 Explique como as lipoproteínas atuam no transporte do colesterol.

3 Os exames de sangue costumam medir as frações de colesterol LDL e HDL. Explique por que níveis altos de HDL estão associados a menor risco de desenvolver doenças cardíacas.

Não escreva no livro.

Carboidratos

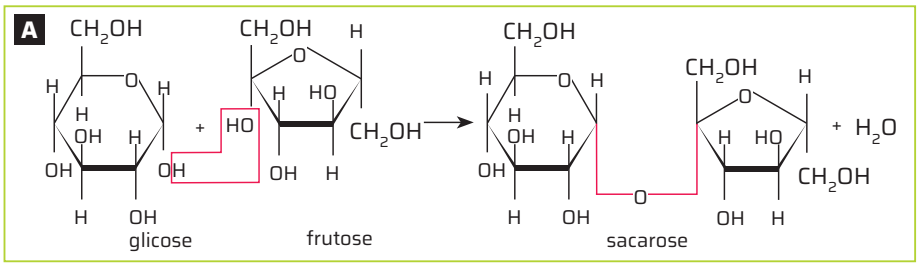
Os carboidratos, também chamados glicídios ou açúcares, são moléculas formadas por átomos de carbono (C), hidrogênio (H) e oxigênio (O). A fórmula molecular de um carboidrato geralmente é dada por $(CH_2O)_n$, que indica a proporção relativa entre esses átomos em cada molécula. Os carboidratos podem ser classificados de acordo com o número de átomos de carbono da molécula. Assim, o açúcar glicose ($C_6H_{12}O_6$) é uma hexose, e o açúcar ribose ($C_5H_{10}O_5$), uma pentose.

Os carboidratos constituem a principal fonte de energia química para os organismos vivos. Por meio da fotossíntese, as plantas produzem a glicose, que pode ser usada imediatamente ou armazenada na forma de amido ou em outros açúcares, como a sacarose. Grãos, como o arroz, o feijão, o milho e o trigo, as farinhas derivadas desses grãos, a batata e a mandioca são exemplos de alimentos ricos em amido. Já o caldo da cana-de-açúcar e a beterraba são ricos em sacarose (imagem **B**).

Os **monossacarídios**, como a glicose ou a frutose, são o tipo mais simples de carboidrato. A ribose e a desoxirribose são monossacarídios que fazem parte dos ácidos nucleicos, os quais compõem o material genético dos seres vivos. A ribose também está presente na molécula do composto trifosfato de adenosina, o ATP, importante molécula envolvida no metabolismo energético de todos os seres vivos.

A combinação de dois monossacarídios forma um **dissacarídio** (imagem **A**).

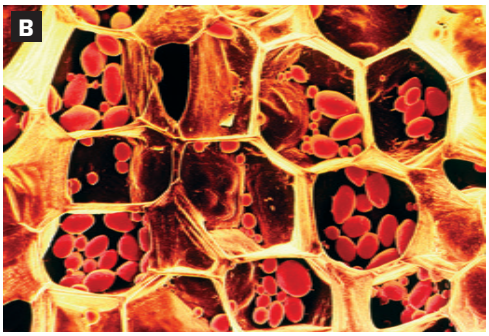
ID/BR



A sacarose, ou açúcar de cozinha, é um exemplo de dissacarídio. Note que, no modelo da estrutura da molécula, ela é composta de duas unidades de monossacarídios (glicose e frutose).

Os **polissacarídios** são moléculas de carboidratos formadas por mais de vinte monossacarídios, podendo chegar a centenas ou milhares de unidades. Eles se unem formando cadeias lineares, sem ramificações, como a celulose – importante componente estrutural da parede celular de plantas e algas. Já o glicogênio, com a função de reserva energética em animais, tem cadeia ramificada.

Muitos carboidratos associam-se a outros compostos formando moléculas híbridas. A junção de carboidratos e proteínas formam as **glicoproteínas**, encontradas nas paredes celulares de bactérias. E a associação de carboidratos com lipídios resulta nos chamados **glicolipídios**, que são encontrados, basicamente, nas membranas celulares.



Dr Jeremy Burgess/SPL/Fotoarena

Micrografia eletrônica de um corte de uma batata (*Solanum tuberosum*) em que é possível ver os grãos de amidos (amiloplastos) em vermelho, dentro de seus compartimentos celulares. Aumento de 108 vezes.

AÇÃO E CIDADANIA

1. Resposta pessoal. É possível que alguns estudantes respondam que não concordam que o Estado defina o que ele pode ou não comer. Outros podem concordar, reforçando o aspecto da saúde coletiva. Caso isso ocorra, explore o tema e incentive o debate, ressaltando a importância do respeito às opiniões dos colegas.

Merenda escolar saudável

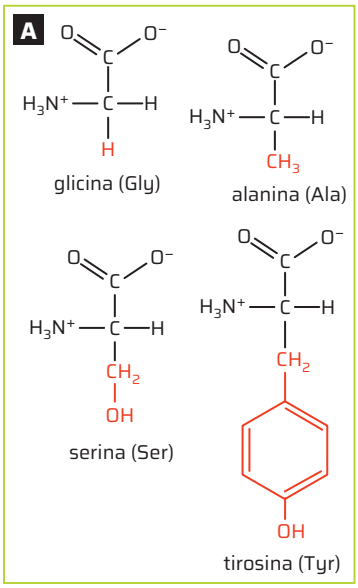
Em muitos países do mundo, organizações não governamentais e instituições públicas vêm lutando para que as lanchonetes das escolas de ensino básico deixem de oferecer produtos industrializados ou considerados pouco saudáveis.

Em Brasília (DF), por exemplo, desde 2015, o Decreto n. 36 900/2015 proíbe a venda, nas escolas do município, de produtos ultraprocessados como balas, refrigerantes, biscoitos recheados e frituras, entre outros. O decreto também se estende para a região próxima à escola: estabelecimentos comerciais situados a até 50 m da escola estão proibidos não apenas de vender esses produtos como também de expor publicidade relacionada a eles.

1. Qual é sua opinião sobre esse tipo de proibição?

2. A escola em que você estuda tem lanchonete ou oferece merenda? Que tipos de alimento são oferecidos no local? Respostas variáveis. Discuta com os estudantes se a alimentação oferecida é saudável ou se deveria melhorar. Ressalte a importância de estimular o consumo de alimentos saudáveis para promover a educação alimentar e nutricional.

ID/BR



É o radical (em vermelho) que diferencia quimicamente os aminoácidos.

Fonte de pesquisa: Reece, J. B. *et al.* *Biologia de Campbell*. 10. ed. Porto Alegre: Artmed, 2015. p. 77.

Proteínas

As proteínas são as moléculas orgânicas mais numerosas, correspondendo à grande parte da massa de uma célula, descontando-se a água. Além disso, a diversidade de proteínas é enorme e elas são encontradas em todas as partes do organismo.

As proteínas são fundamentais para a formação e a manutenção do corpo dos seres vivos. Na alimentação, são encontradas em carnes, ovos, laticínios, soja, feijões, entre outros alimentos.

As proteínas são sintetizadas pelas células a partir de moléculas menores, os **aminoácidos**. Sua combinação em diferentes sequências e números resulta em uma enorme variedade de moléculas de proteína com propriedades e características muito diversas.

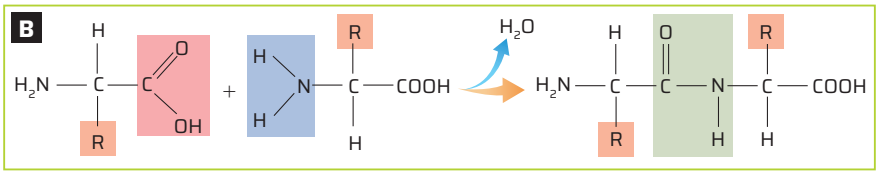
Aminoácidos são compostos orgânicos formados por carbono, hidrogênio, oxigênio e nitrogênio; alguns contêm, ainda, enxofre. São caracterizados por apresentar um **grupo carboxila** (COOH), um **grupo amina** (NH_2) e um **radical** (R), todos eles unidos a um mesmo átomo de carbono (imagem **A**).

Existem vinte tipos de aminoácido nos seres vivos, diferenciados pelo grupo R, que confere propriedades específicas a cada um deles.

A união entre dois aminoácidos ocorre por **ligação peptídica** (imagem **B**). Esse tipo de ligação acontece entre o grupo amina de um aminoácido e o grupo carboxila de outro. A terminação amina perde um hidrogênio (H), e a terminação carboxila perde uma hidroxila (OH). Dessa maneira, os dois aminoácidos ficam unidos e há a liberação de uma molécula de água.

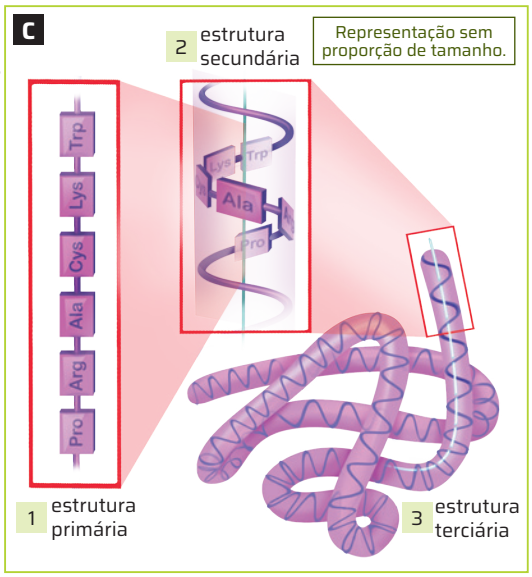
Esquema de uma ligação peptídica entre dois aminoácidos. Note que ocorre a liberação de uma molécula de água (H_2O).

Fonte de pesquisa: Reece, J. B. *et al.* *Biologia de Campbell*. 10. ed. Porto Alegre: Artmed, 2015. p. 78.



ID/BR

Fabio Eugenio/ID/BR



(**1**) Estrutura primária de uma proteína, dada pela sequência de seus aminoácidos. (**2**) Estrutura secundária de uma proteína, em sua conformação helicoidal. (**3**) Estrutura terciária de uma proteína. Observe o dobramento espacial da cadeia. Representação em cores-fantasia.

Voet, D; Voet, G. J. *Bioquímica*. 3 ed. Porto Alegre: Artmed. 2006. p. 162.

Uma cadeia de diversos aminoácidos ligados é chamada de **polipeptídio**. Uma proteína é formada por um ou mais polipeptídios organizados em uma estrutura tridimensional (imagem **C**). Essa estrutura é definida pela sequência dos aminoácidos presentes no polipeptídio.

A **estrutura primária** de uma proteína é a sequência de seus aminoácidos, unidos por ligações peptídicas. Os aminoácidos que compõem essa estrutura interagem entre si e, assim, surgem forças de repulsão e de atração entre os aminoácidos vizinhos e também entre eles e outras moléculas no meio circundante, principalmente as de água. Essas forças, associadas a outros tipos de interação química, atribuem à proteína sua **estrutura secundária**.

As proteínas em estrutura secundária podem sofrer dobras e torções sobre si mesmas, e formar uma estrutura tridimensional, chamada **estrutura terciária** (imagem **C**). Quando uma proteína é formada pela união de duas ou mais cadeias polipeptídicas com estrutura terciária, diz-se que há uma **estrutura quaternária**. A hemoglobina, por exemplo, é formada pela união de quatro subunidades.

Funções das proteínas

Os seres vivos apresentam milhares de proteínas diferentes, que desempenham diversas funções. Os principais tipos de proteínas, de acordo com suas funções, são mencionados a seguir.

- **Transportadoras:** são proteínas que se ligam a outras substâncias e facilitam seu transporte dentro do organismo ou da membrana celular. Por exemplo, a hemoglobina liga-se ao oxigênio e realiza seu transporte na corrente sanguínea.

Não escreva no livro.

- **De movimento:** têm a capacidade de se contrair, e estão ligadas à geração de movimento nas células. Por exemplo, a actina e a miosina, presentes nas células musculares.
- **Estruturais:** auxiliam na sustentação. Por exemplo, o colágeno, presente na derme e em ossos e cartilagens.
- **De defesa:** estão relacionadas ao sistema imunitário. As mais conhecidas são as imunoglobulinas, também denominadas anticorpos.
- **Reguladoras:** atuam estabelecendo sinais químicos entre diferentes partes de um organismo, como o hormônio de crescimento.
- **Catalíticas:** aumentam a velocidade das reações químicas – são as enzimas.

Ação enzimática

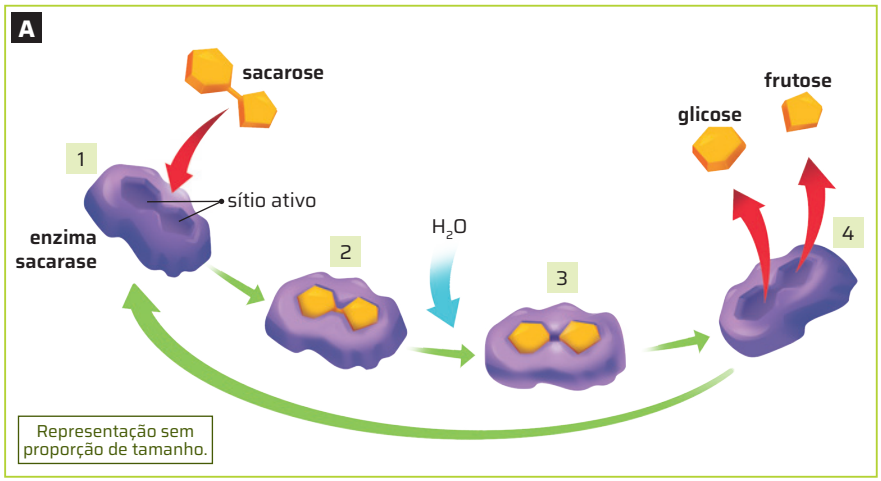
Algumas reações químicas são muito rápidas, por exemplo, a queima de combustíveis como o etanol ou a gasolina. Já as reações do metabolismo em geral são comparativamente muito mais lentas. Porém, a manutenção dos processos fisiológicos requer uma velocidade muito mais elevada. Por isso, as enzimas são fundamentais para acelerar as reações do metabolismo.

As enzimas são altamente **específicas**, ou seja, agem apenas sobre determinado substrato. Em parte, essa especificidade se deve à forma espacial das proteínas – suas estruturas terciária e quaternária. Como os diversos compostos têm diferentes formas, para que a reação ocorra é necessário que haja um encaixe entre a enzima e o substrato, como uma chave em uma fechadura (imagem **A**).

DE OLHO NO CONCEITO

Substrato é o nome que se dá às substâncias sobre as quais uma enzima age. Já o nome da enzima, em geral, corresponde ao nome do substrato combinado ao sufixo *ase*. Por exemplo, a enzima amilase atua sobre o amido. Quando a enzima se liga ao seu substrato específico forma-se o complexo **enzima-substrato**. A região da enzima onde ocorre essa ligação denomina-se **sítio ativo**.

Fabio Eugenio/ID/BR

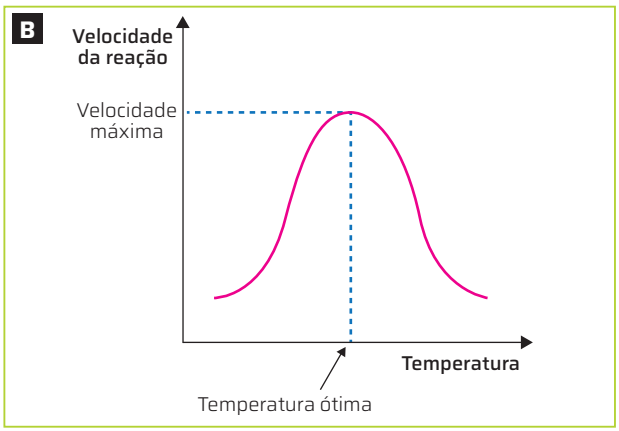


Exemplo de enzima catalisando uma reação de quebra da molécula de sacarose. (1) Uma molécula de sacarose e a enzima sacarase; (2) A sacarose se encaixa em uma região da enzima (sítio ativo); (3) Combinação com uma molécula de água; (4) Os produtos (glicose e frutose) são liberados, e a enzima pode agir novamente. Representação em cores-fantasia.

MERIDIAN TECHNICAL CHARTER HIGH SCHOOL. Chapter 5: concept 5.5. Online Textbook. [*S. l.*], [20--]. Disponível em: https://bodell.mtchs.org/OnlineBio/BIOCD/text/chapter5/concept5.5.html. Acesso em: 6 set. 2024.

A ação enzimática está sujeita a uma série de fatores, dentre os quais podemos citar a temperatura, a salinidade e a acidez do meio. Em geral, as enzimas apresentam máxima atividade em valores específicos de cada um desses fatores, acima ou abaixo dos quais a enzima perde eficiência (imagem **B**). Isso ocorre porque variações nas condições ideais de ação podem provocar mudanças nas estruturas terciária e quaternária. Esse processo é chamado **desnaturação proteica**. Em geral, pequenas variações de temperatura ou de acidez não são capazes de destruir a enzima ou o substrato. Há casos, porém, em que o processo de desnaturação é irreversível. Por exemplo, o calor elevado provoca a desnaturação da proteína albumina da clara do ovo; em consequência, a clara torna-se sólida, não sendo possível retornar ao estado anterior.

ID/BR



O gráfico mostra a relação entre a ação enzimática e a temperatura. Acima ou abaixo da temperatura ótima, a velocidade da reação diminui e pode até cessar. As curvas observadas para fatores como salinidade e acidez são semelhantes.

Montando modelos de proteínas

Como montar um modelo de uma macromolécula? Nesta atividade, você e os colegas vão montar um modelo tridimensional da molécula de proteína. Para isso, formem grupos de três ou quatro estudantes.

Davi Augusto Studio/ID/BR

Material

- 50 tampas de garrafas PET de cores variadas
- 1 metro de arame flexível com 1 mm ou 2 mm de espessura
- bastões de silicone de 11 mm de espessura
- pistola para cola quente

Modo de fazer

1. Apoiem uma tampa sobre a mesa ou bancada, com a parte rosqueada para baixo.
2. Sobre a superfície lisa da tampa, apoiem uma das extremidades do arame.
3. Aproximem a pistola de silicone, previamente aquecida, da tampa, e depositem uma gota de cola, suficiente para cobrir o arame e soldá-lo à tampa.
4. Repitam o procedimento com as outras tampas ao longo do arame, escolhidas aleatoriamente, deixando um pequeno espaço entre as tampas (5 mm a 10 mm, no máximo).
5. Depois de colar as tampas em toda a extensão do arame, torçam o arame em forma de mola, formando uma espiral.
6. Enovelem a espiral, seguindo um padrão previamente estabelecido: por exemplo, tampas verdes serão coladas a tampas azuis; o mesmo padrão deve ser seguido por todos os grupos.
7. Usando a pistola de cola quente, colem as tampas conforme o padrão estabelecido para estabilizar a estrutura.

ATENÇÃO!
Cuidado ao manusear a pistola de cola quente. Pode causar queimaduras.

Para concluir

2. Respostas variáveis. A sequência de tampinhas não é a mesma, e isso interfere nas dobras do enovelamento, afetando a forma final. Eventualmente, os fios de arame também podem ter comprimentos distintos.

Após a finalização da montagem, os modelos podem ficar expostos para que toda a turma veja os resultados dos demais grupos.

1 **O modelo de seu grupo ficou igual aos modelos montados pelos outros grupos? Quais as semelhanças e diferenças observadas?** É pouco provável que os modelos fiquem iguais. Comente sobre a ampla diversidade de proteínas de valor biológico encontradas nos seres vivos, e que suas funções estão relacionadas à forma das moléculas.

2 **Como vocês explicam as diferenças observadas entre os modelos?**

3 **Considerando que o objetivo é montar um modelo de proteína, as tampas representam quais componentes das proteínas?** As tampas representam os aminoácidos.

4 **A colagem das tampas no arame representam que estrutura das proteínas?** A colagem das tampas representam as ligações peptídicas entre os aminoácidos.

5 **Em quais etapas do procedimento ficam evidenciadas as estruturas primária, secundária e terciária das proteínas?** A estrutura primária corresponde à sequência de tampinhas ao longo do arame; a estrutura secundária corresponde à dobra em espiral, e a estrutura terciária ao enovelamento.

6 **O que seria necessário fazer para montar um modelo de proteína com estrutura quaternária?** Seria necessário unir modelos de dois ou mais grupos em um único conjunto.

7 **Os modelos são amplamente utilizados nas Ciências da Natureza para representar os mais diversos fenômenos, mas não são os fenômenos em si. Nesse sentido, aponte uma vantagem e uma limitação do modelo montado nessa atividade.** Resposta variável. A vantagem mais evidente é que o modelo permite a visualização da molécula, facilitando a compreensão de sua estrutura. Entre as limitações, pode ser citado o fato de que o modelo, não sendo uma proteína de verdade, não vai interagir quimicamente com outros modelos.

Não escreva no livro.

1. Quanto ao carboidrato (pentose): no DNA é a desoxirribose, enquanto no RNA é a ribose. A molécula de DNA é formada por duas cadeias de polinucleotídios, e a molécula de RNA, por apenas uma cadeia polinucleotídica. Quanto às bases nitrogenadas: o DNA apresenta adenina (A) e guanina (G), citosina (C) e timina (T) (os pares de bases são A-T e C-G); o RNA apresenta uracila (U) em vez de timina (os pares de bases são A-U e C-G).

Ácidos nucleicos

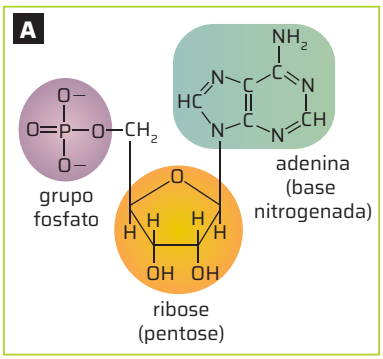
O termo ácido nucleico deriva do caráter ácido dessas moléculas e por elas terem sido isoladas, primeiro, a partir de material do núcleo celular. Os ácidos nucleicos são polímeros relacionados principalmente à síntese de proteínas e ao armazenamento e à transmissão de informações hereditárias.

São encontrados dois tipos de ácido nucleico nas células: o **ácido desoxirribonucleico**, ou **DNA**, e o **ácido ribonucleico**, ou **RNA**.

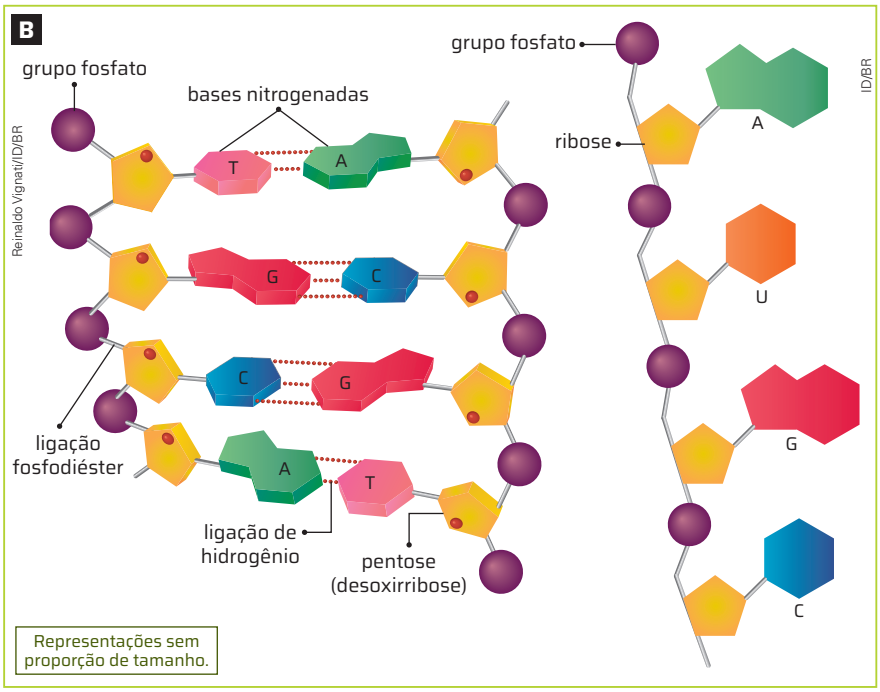
Os monômeros constituintes dos ácidos nucleicos são chamados **nucleotídios** (imagem **A**). Cada nucleotídio é constituído de uma **base nitrogenada**, uma **pentose** (carboidrato com cinco átomos de carbono) e um **grupo fosfato**.

As bases nitrogenadas podem ser **pirimídicas** (formadas por um anel) ou **púricas** (formadas por dois anéis). As bases pirimídicas são a **citosina** (C), a **timina** (T) e a **uracila** (U). No grupo das bases púricas, estão a **adenina** (A) e a **guanina** (G). Adenina, guanina e citosina estão presentes tanto no DNA como no RNA. A timina ocorre apenas no DNA, enquanto a uracila só ocorre no RNA (imagem **B**).

A pentose presente em cada tipo de ácido nucleico também é diferente. No RNA, a pentose é a **ribose**, enquanto no DNA a pentose tem um átomo de oxigênio a menos e é chamada **desoxirribose**.



Representação da estrutura molecular de um nucleotídio, com sua base nitrogenada (verde), pentose (laranja) e grupo fosfato (lilás). Cores-fantasia.



ROTEIRO

1. Quais são as principais diferenças entre DNA e RNA?

À esquerda, esquema de molécula de DNA conforme o modelo de dupla-hélice. Note as pentoses, ligadas entre si pelo grupo fosfato, e, no centro, as bases nitrogenadas, unidas por ligações de hidrogênio. À direita, esquema de molécula de RNA, formada por uma fita simples. Representações em cores-fantasia.

Fonte de pesquisa: Reece, J. B. *et al. Biologia de Campbell*. 10. ed. Porto Alegre: Artmed, 2015. p. 85.

Estrutura espacial do RNA e do DNA

Os nucleotídios são unidos por ligações entre as pentoses e os grupos fosfatos, chamadas fosfodiéster, formando cadeias polinucleotídicas.

O RNA é formado por uma única cadeia polinucleotídica. Por sua vez, o DNA é formado por duas cadeias polinucleotídicas.

A sequência de nucleotídios corresponde à estrutura primária da molécula de DNA. A estrutura secundária corresponde ao enrolamento das fitas em uma disposição helicoidal chamada **dupla-hélice**.

A estrutura de dupla-hélice ocorre por meio do pareamento específico das bases nitrogenadas. A adenina se liga à timina, enquanto a citosina se liga à guanina. Dessa maneira, ocorre o **pareamento de bases complementares**, que leva à formação dos pares AT e GC entre as fitas.

O RNA também pode se unir ao DNA mediante o pareamento de bases. Nesse caso, o pareamento ocorre entre uracila e adenina e entre citosina e guanina.

PARA EXPLORAR

Leia

***Watson & Crick*: a história da descoberta da estrutura do DNA, de Ricardo Ferreira. São Paulo: Odysseus, 2003 (Coleção Imortais da Ciência).**

O livro mostra como os estudos do biólogo James Watson e do físico Francis Crick levaram à descoberta do DNA.

CIÊNCIA TEM HISTÓRIA

A DESCOBERTA DA ESTRUTURA DO DNA

Você sabe da importância da molécula de DNA para a vida como a conhecemos. Mas você sabe quem foram os responsáveis pela descoberta da estrutura do DNA?

No texto a seguir, vamos explorar a fascinante história e as contribuições relevantes de vários cientistas que levaram a essa grande descoberta.

O DNA e sua turbulenta descoberta

[...]

Tudo começou em 1865, quando Mendel, o pai da genética, estudou os caracteres hereditários de ervilhas [...]. Então, em 1871, Friedrich Miescher estava estudando linfócitos e conseguiu extrair uma substância branca, a qual ele batizou de nucleína, já que ele sabia que estava no núcleo. Posteriormente, um aluno de Miescher deu o nome de Ácidos Nucleicos.

Mas ainda assim, nessa época, não se tinha certeza [de] que o DNA era responsável pela herança [genética], pois muito se acreditava que [as] proteínas desempenhavam essa função. Até que[,] em 1944, Oswald Avery utilizou-se de estudos prévios com bactérias virulentas e não virulentas de Frederick Griffith para provar a importância do DNA.

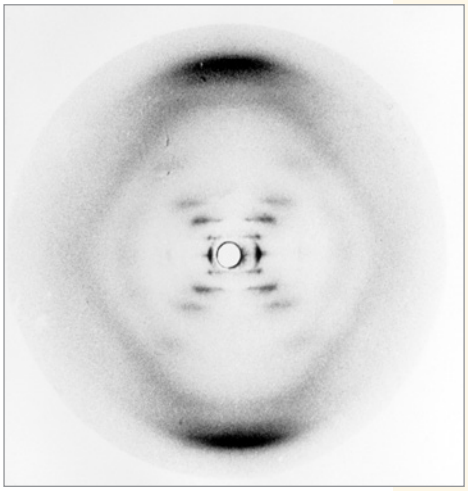
Basicamente, Griffith viu que ao misturar bactérias virulentas mortas às não virulentas ocorre uma transformação e as não virulentas começaram a expressar virulência. Posteriormente, Avery, interessado [...] por esses estudos, tratou essas amostras com 3 soluções diferentes. Ao tratar a amostra com proteases, tirando assim as proteínas, e com ribonucleases, tirando o RNA, nada ocorreu e a transformação foi mantida. Entretanto, ao [...] tratar [a amostra] com desoxirribonuclease, tirando o DNA, a transformação não foi mantida. Assim, provando que o DNA é responsável pela transmissão de caracteres. Em 1952, Alfred Hershey e Martha Chase, utilizando bacteriófagos marcados radioativamente, mostraram, novamente, que o DNA é responsável pela herança de caracteres.

Agora, voltando um pouco, em 1949 algo bem relevante para essa nossa história foi descoberto. Erwin Chargaff descobriu que a proporção de Timinas quando comparadas com Adeninas era sempre próxima de 1, assim como a de Citosina com Guanina. Assim, mostrou-se que Timinas ligam-se com Adeninas e Citosinas[,] com Guaninas.

Mas agora chegamos no momento tenso dessa história. No começo da década de [19]50, muitos grupos de pesquisadores estavam tentando desvendar a estrutura do DNA, mas 3 se destacavam: Linus Pauling, Rosalind Franklin com Maurice Wilkins e James Watson com Francis Crick.

Linus Pauling propôs uma estrutura de tripla-hélice com os grupos fosfatos virados para dentro [...]. Quando Watson e Crick viram a estrutura de Pauling[,] eles perceberam que ele estava errado, mas que Pauling estava muito perto de descobrir e estava à frente deles. Watson e Crick perceberam que Pauling estava errado[,] pois eles leram o trabalho do Chargaff [...]. Então, eles imaginaram que, por estarem [os nucleotídeos] organizados em pares, a estrutura seria uma dupla-hélice e não tripla.

Entretanto, eles não teriam chegado a essa conclusão se não fosse por Rosalind Franklin. Com seus estudos de cristalografia de raio x e a famosa fotografia 51 [...].



King's College London Archives/SPL/Fotoarena

Imagem da foto 51. A foto 51 é uma imagem feita por cristalografia de raios X. A imagem que Rosalind produziu era muito nítida e claramente correspondia a uma estrutura em dupla-hélice.

Não escreva no livro.

O que acontece é que Wilkins, que sempre menosprezou Rosalind Franklin, entregou os dados da pesquisadora para Watson e Crick[,] que[,] juntamente com o conhecimento dos pares proporcionado por Chargaff[,] desvendaram[,] em 1953[,] a estrutura do DNA.

[...]

O DNA e sua turbulenta descoberta. Empresa Júnior do Instituto de Ciências Biomédicas da USP (ICBjr), São Paulo, 16 jun. 2023. Disponível em: https://icbjr.icb.usp.br/o-dna-e-sua-turbulenta-descoberta/. Acesso em: 8 out. 2024.

No dia 25 de abril de 1953, a revista científica *Nature* publicou o artigo de James Watson (1928-) e Francis Crick (1916-2004) no qual eles apresentaram a descoberta da estrutura molecular do DNA em forma de dupla-hélice.

Naquela mesma edição foram publicados os estudos de Maurice Wilkins (1916-2004) e dois colegas, e por último, um estudo de Rosalind Franklin (1920-1958) e Raymond Gosling (1926-2015) com dados experimentais.

No artigo de Watson e Crick eles citam vagamente a contribuição de Wilkins, Franklin e seus colegas: "Também fomos estimulados pelo conhecimento da natureza geral dos resultados e ideias experimentais não publicados".

Rosalind Franklin morreu em 1958, vítima de um câncer no ovário.

Em 1962, Watson, Crick e Wilkins receberam o prêmio Nobel em medicina, uma honraria que não é concedida postumamente, mas nenhum deles reconheceu em seus discursos a importância do trabalho de Franklin para a descoberta.

IanDagnall Computing/Alamy/Fotoarena

Rosalind Franklin teve seu papel minimizado na descoberta da estrutura do DNA.

Quem foi Rosalind Franklin?

Por trás dos grandes feitos científicos, geralmente são mencionados nomes masculinos, como James Watson, Francis Crick, Linus Pauling, Maurice Wilkins, entre tantos outros já conhecidos. Mas, e as mulheres? Estas são frequentemente invisibilizadas na ciência, como foi o caso de Rosalind Franklin. Sua pesquisa forneceu dados fundamentais para que Watson e Crick fizessem sua descoberta revolucionária.

Após fazer doutorado em física e química pela Universidade de Cambridge, no Reino Unido, Franklin logo ganhou destaque por sua pesquisa sobre a estrutura física das moléculas.

[...]

A técnica na qual Franklin havia se especializado era a cristalografia de raios X.

[...]

Franklin aperfeiçoou sua técnica por quatro anos em um laboratório de prestígio em Paris, na França, antes de voltar a Londres, onde seus conhecimentos em cristalografia renderam um convite para trabalhar no King's College.

[...]

[Raymond] Gosling lembra que, quando Franklin chegou ao King's College, ele "a admirava".

"Ela tinha uma personalidade forte e era uma cientista segura de si mesma por seus trabalhos anteriores".

"Seu poder de concentração era extraordinário, e conseguia realizar em um dia de trabalho o que outros levavam vários dias para terminar."

Martins, A. Foto 51: a fascinante história por trás da célebre imagem de Rosalind Franklin da estrutura do DNA. *BBC News Mundo*, [*s. l.*], 5 jun. 2022. Disponível em: https://www.bbc.com/portuguese/geral-61393662. Acesso em: 21 jun. 2024.

Para discutir

1. James Watson e Francis Crick perceberam que a proposta de Linus Pauling para a estrutura de tripla-hélice com os grupos fosfatos virados para dentro estava errada, após terem lido o trabalho do Chargaff. Eles imaginaram que, pelos nucleotídeos estarem organizados em pares, a estrutura seria uma dupla-hélice e não tripla. Porém, eles não teriam chegado a essa conclusão se não fosse pelo trabalho de Rosalind Franklin e seus estudos de cristalografia de raio X.

1 **Como James Watson e Francis Crick concluíram a estrutura do DNA?**

2 **Explique como se apresenta a estrutura de dupla-hélice do DNA.**

2. A estrutura de dupla-hélice do DNA são duas cadeias de nucleotídeos que se enrolam uma ao redor da outra, formando uma espiral. As bases nitrogenadas dos nucleotídeos formam pares: adenina (A) com timina (T) e citosina (C) com guanina (G). Essas bases estão ligadas por ligações de hidrogênio, enquanto a espinha da hélice é formada por grupos fosfato e açúcares (desoxirribose), que se alternam.

3 **Qual foi o papel de Rosalind Franklin na descoberta da estrutura do DNA? E como ela foi tratada posteriormente?** Rosalind Franklin foi crucial na descoberta da estrutura do DNA, graças à fotografia 51, que mostrou uma conformação helicoidal e ajudou a concluir que se tratava de uma dupla-hélice.

4 **Com base no texto, o que você entendeu sobre o processo científico?** Respostas variáveis. Com a leitura do texto, fica evidente que a ciência não é feita individualmente, e sim com a contribuição de diversos pesquisadores para que se possa concluir um estudo.

ÁGUA, SAIS MINERAIS E VITAMINAS

A **água** é a substância mais abundante nos seres vivos e desempenha papel fundamental na manutenção da vida.

A molécula da água é formada por dois átomos de hidrogênio e um átomo de oxigênio (H_2O). A disposição espacial dos átomos da molécula estabelece uma zona positiva de um lado da molécula e uma zona negativa do lado oposto. Por isso, a água é uma molécula polar.

A força de atração entre cargas elétricas opostas favorece a interação entre as moléculas de água, de modo que um átomo de hidrogênio de uma molécula se ligue ao átomo de oxigênio de outra molécula, formando **ligações de hidrogênio**.

As moléculas da água são fortemente unidas, e essa força de atração é denominada **coesão**. A coesão entre as moléculas de água no estado líquido é responsável pela sua alta **tensão superficial**.

É a tensão superficial que mantém as gotas de água unidas quando uma torneira está pingando, por exemplo.

Outra propriedade importante da água é sua tendência a se unir a outras moléculas polares, processo denominado de **adesão**. O grande poder de **dissolução** da água está relacionado a sua capacidade de adesão. Quando moléculas polares entram em contato com a água, elas são envolvidas e separadas pelas moléculas da água. A água também é um ótimo solvente para os sais minerais.

Entretanto, a água não adere às moléculas apolares, como gorduras, óleos e ceras, não sendo capaz de dissolvê-las.

Sais minerais desempenham funções relacionadas à estrutura do organismo e/ou a processos metabólicos diversos. Embora presentes em pequena quantidade, são essenciais para a manutenção do equilíbrio metabólico das células.

Os sais minerais dissolvidos encontram-se na forma de íons, átomos e moléculas carregados eletricamente. O sódio, o cloro, o fósforo, o cálcio e o potássio são exemplos de íons presentes em grande quantidade nos organismos; ferro, iodo e magnésio, entre outros, estão presentes em quantidades bem menores.

Os sais minerais são ingeridos com a água e os alimentos.

Vitaminas são moléculas orgânicas necessárias em pequenas quantidades e que não são sintetizadas pelo organismo. Não formam uma classe homogênea quimicamente, pois são substâncias com diferentes origens. Elas atuam em vários processos metabólicos. Muitas atuam como facilitadoras da ação de enzimas e recebem o nome de cofatores.

Podem ser classificadas como hidrossolúveis ou lipossolúveis, dependendo de sua solubilidade em água ou em lipídios, respectivamente. As vitaminas do complexo B e C são hidrossolúveis, e as vitaminas A, D, E e K são lipossolúveis.

A falta de vitaminas provoca doenças conhecidas como avitaminoses, porém, a ingestão em excesso, ou hipervitaminose, também pode ser prejudicial à saúde.

As necessidades diárias de vitaminas são supridas por meio de uma alimentação que priorize alimentos frescos e variados.

CIÊNCIA SE DISCUTE

Os suplementos de vitamina C são supervalorizados?

[...]

A vitamina C realmente ajuda a estimular o sistema imunológico e é parte essencial de uma dieta saudável, mas seus benefícios às vezes são exagerados. Isso faz com que muitos tomem doses excessivas do nutriente, o que, embora não seja perigoso, pode ser um desperdício de tempo e dinheiro.

A reputação de "superpotência" da vitamina C realmente ganhou força na década de 1970 com o químico Linus Pauling. O respeitado ganhador de dois Prêmios Nobel promoveu a ideia equivocada de que megadoses de vitamina C – cerca de 3 000 mg por dia – eram o segredo para eliminar o resfriado comum e combater doenças mais graves [...]

"Não há evidências científicas consistentes que apoiem a ideia de que a megadose de vitamina C na profilaxia e no tratamento do resfriado comum seja eficaz", explica Stefan Pasiakos, diretor do *NIH Office of Dietary Supplements*.

[...]

HANDWERK, B. Os suplementos de vitamina C são supervalorizados? *National Geographic*, [*s. l.*], 11 out. 2023. Disponível em: https://www.nationalgeographicbrasil.com/ciencia/2023/10/os-suplementos-de-vitamina-c-sao-supervalorizados. Acesso em: 1º jul. 2024.

1. A vitamina C é amplamente obtida pela alimentação. Pesquise quais alimentos são ricos em vitamina C.

Alguns alimentos ricos em vitamina C são: laranja, acerola, mamão, brócolis, couve, pimentão-amarelo, caju e goiaba.

BIOLOGIA E HISTÓRIA

Descoberta das vitaminas

Ao longo dos séculos das Grandes Navegações (entre o século XV e o início do século XVII), notou-se que os marinheiros que ficavam extensos períodos longe da terra sofriam de sangramento de mucosas — o escorbuto.

Mais tarde, descobriu-se que o problema podia ser revertido ou evitado se a pessoa ingerisse frutas cítricas. As caravelas passaram então a levar estoques de limão ou outras frutas cítricas para consumo a bordo.

Hoje, sabemos que o escorbuto decorre da carência da vitamina C, presente nesse tipo de fruta.

1. Pesquise qual a função da vitamina C no organismo humano.

A vitamina C atua na síntese de colágeno e age como antioxidante.

Não escreva no livro.

3. a) A temperatura de reação de síntese de DNA na PCR é de 72 °C, por isso, é necessário uma enzima resistente ao calor que não desnature a essa temperatura.

ATIVIDADE RESOLVIDA

1 **Quando moléculas anfifílicas (moléculas que contêm uma porção polar e uma porção apolar em sua estrutura) são colocadas na água, elas se organizam de maneira a diminuir o contato da sua parte apolar com a água, formando agregados moleculares conhecidos como micelas.**

- Com base nessas informações, explique de que maneira os detergentes agem no processo de limpeza.

2. c) O azeite é um lipídio, o sal é um composto iônico e o açúcar é um carboidrato. Lipídios são moléculas apolares e, portanto, não são solúveis em água. Os carboidratos e o NACℓ são moléculas polares, portanto, solúveis em água.

Resolução

A gordura interage mais com a parte apolar do detergente do que com a água (substância polar). Com isso, as moléculas de gordura ficam "aprisionadas" dentro das micelas, quando estas se formam. A água utilizada no enxágue interage com a parte externa da micela, que é constituída das extremidades polares das moléculas de sabão. Assim, a micela se dispersa na água e é arrastada por ela e, desse modo, as substâncias apolares são removidas com mais facilidade.

2 **Ao se misturar um pouco de sal de cozinha (NaCℓ) em um copo com água, o sal "desaparece". O mesmo ocorre com o açúcar. Entretanto, se tentarmos fazer isso com um pouco de azeite, continuamos a ver, claramente, gotículas de azeite na água. Ou seja, o azeite não "desaparece".**

a) Como se explicam esses diferentes comportamentos das substâncias?
O sal e o açúcar são solúveis em água e o azeite não é.

b) Qual propriedade da água está relacionada a esse comportamento? A propriedade é a solubilidade.

c) Que tipo de moléculas são o azeite, o sal e o açúcar? Qual a relação entre o tipo de molécula e a solubilidade em água?

3 **A reação em cadeia da polimerase (PCR) é uma técnica de biologia molecular que permite ampliar uma pequena quantidade de DNA.**

A reação em cadeia da polimerase (PCR) tem diferentes temperaturas em suas etapas, que variam de acordo com o objetivo da reação:

Desnaturação

A temperatura é elevada a cerca de 95 °C por cerca de 30 segundos para separar as duas fitas de DNA.

Anelamento

A temperatura varia entre 50 °C e 65 °C, dependendo do comprimento e da sequência dos *primers*. Os *primers* são iniciadores que se ligam às extremidades da sequência-alvo, marcando onde o DNA será amplificado.

Extensão ou polimerização

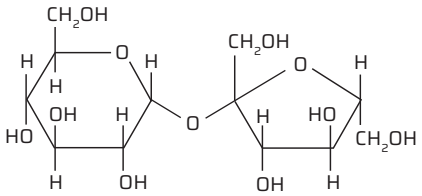
A temperatura é de no máximo 72 °C, para que a enzima polimerase adicione as bases nitrogenadas e reproduza uma nova molécula.

A enzima Taq polimerase é a mais utilizada na PCR. A Taq polimerase foi isolada pela primeira vez da bactéria *Thermus aquaticus*, que vive em fontes termais.

a) Explique por que na reação de PCR utiliza-se uma enzima de uma bactéria que vive em fontes termais.

b) O que aconteceria se em vez da enzima Taq polimerase, fosse adicionada à reação de PCR uma enzima polimerase humana? Justifique sua resposta. Uma enzima humana sofreria desnaturação se fosse adicionada a uma temperatura de 72 °C. A maioria das enzimas humanas tem temperatura ótima ao redor de 38 °C.

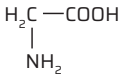
4 **A figura a seguir representa uma molécula de carboidrato. Analise a imagem e responda:**



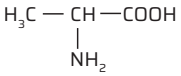
a) A figura representa um monossacarídio, um dissacarídio ou um polissacarídio? Justifique.
Dissacarídio, pois a molécula é formada por dois monômeros (dois açúcares simples).

b) Quais funções orgânicas podem ser associadas aos carboidratos? Cite exemplos que ilustrem sua resposta. Função de fornecimento de energia, reserva energética, estrutural (no caso da celulose).

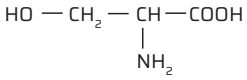
5 **Resolva os itens a e b com base nas fórmulas estruturais dos aminoácidos indicadas a seguir.**

I. 

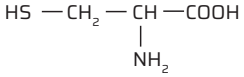
glicina (Gli)

II. 

alanina (Ala)

III. 

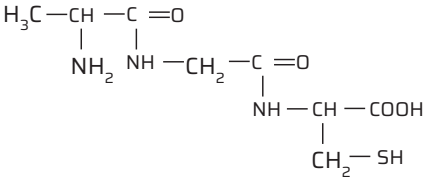
serina (Ser)

IV. 

cisteína (Cis)

a) Monte um fragmento de proteína formado pela sequência: Gli – Cis – Ala – Ser.

b) Dado o tripeptídio de fórmula estrutural abaixo, indique os aminoácidos formados em sua hidrólise.



5. a) e **b)** Veja resposta em *Respostas e comentários* no Manual do Professor.

6 **A análise de uma molécula de DNA indicou a presença de 28% de base nitrogenada adenina (A). É possível saber as porcentagens das demais bases nessa molécula? E se fosse uma molécula de RNA? Justifique.**

6. Sim. Adenina – 28%; timina – 28%; citosina – 22%; guanina – 22%. No caso do RNA, não é possível saber as proporções dos demais nucleotídios, pois a molécula de RNA é uma fita simples e, por isso, não é possível usar o princípio das relações de complementaridade entre as bases nitrogenadas na resolução do problema.

PENSANDO CIÊNCIAS

COMO SEQUENCIAR UM GENOMA?

Genoma é toda informação hereditária de determinada espécie, codificada em uma sequência de nucleotídios de DNA. Como os nucleotídios diferem entre si pela base nitrogenada de sua estrutura, o sequenciamento de um genoma de uma espécie consiste em identificar a sequência de bases nitrogenadas contidas em seu DNA.

O Projeto do Genoma Humano foi lançado em 1990 e tinha um objetivo ambicioso para a época: identificar todos os 3,2 bilhões de pares de bases que formam o DNA dos seres humanos. Em 2003, foi anunciado o sequenciamento de 92% do genoma humano, e os 8% do genoma que não puderam ser sequenciados naquele momento eram de sequências repetitivas, que a tecnologia disponível na época não conseguia ler. Apenas em 2021, com o aperfeiçoamento tecnológico, a leitura dos 8% restantes pôde ser divulgada.

Em novembro de 1999, um grupo de pesquisadores brasileiros anunciou o primeiro sequenciamento completo de um fitopatógeno (organismo causador de uma doença em uma planta de importância econômica), o genoma da bactéria *Xylella fastidiosa*, causadora da doença do amarelinho que atinge os laranjais.

Ao longo desses vinte anos, os genomas de milhares de espécies foram sequenciados. Atualmente, existe um projeto para sequenciar o genoma completo de todas as espécies animais.

Mas, como é feito o sequenciamento de um genoma?

Decompondo o problema

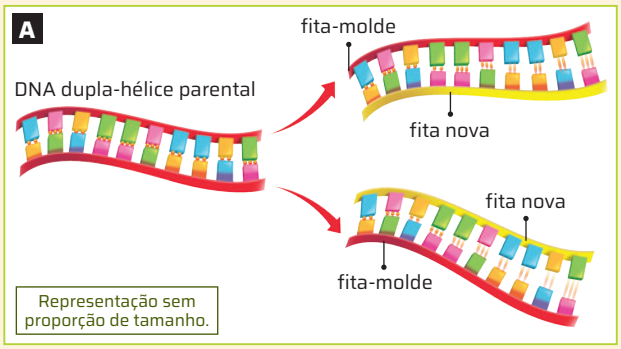
Quando temos um problema complexo, uma estratégia é a decomposição desse problema, ou seja, dividi-lo em etapas que podem ser resolvidas uma de cada vez, até que ele esteja completamente resolvido.

O DNA é uma molécula de grande dimensão, por isso, ela precisa ser fragmentada mediante processos bioquímicos, os quais permitem que sequências menores da molécula de DNA sejam lidas.

Outro aspecto importante, no início do processo, é fazer cópias da molécula (amplificação do DNA) para garantir que nenhum trecho da sequência seja perdido (imagem **A**).

Em relação ao sequenciamento de DNA, pesquise as questões a seguir.

- Como a quantidade de DNA extraído de células ou de tecidos é amplificada?
- De que forma a molécula de DNA é fragmentada em moléculas menores?
- Como os nucleotídios que compõem a molécula de DNA são lidos?



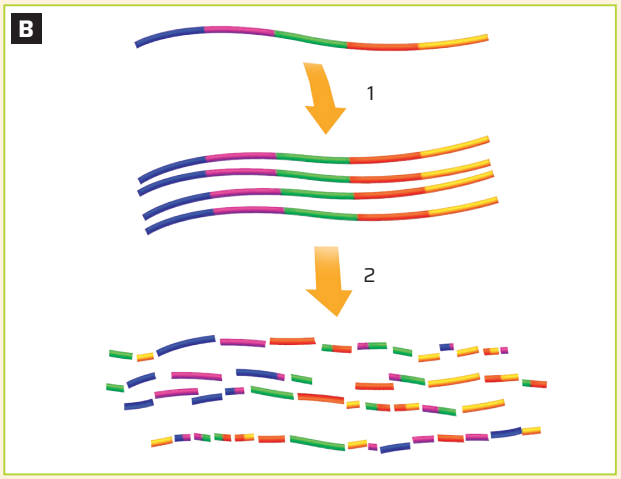
Fabio Eugenio/D/BR

O sequenciamento baseia-se na replicação natural do DNA: a partir de uma fita simples (fita-molde), uma nova fita complementar é sintetizada. Cores-fantasia.

Fonte de pesquisa: Sequenciamento de DNA. Biovera, [*s. l.*], [20--]. Disponível em: https://www.biovera.com.br/sequenciamento-de-dna/#:~:text=O%20sequenciamento%20baseia%2Dse%20na,de%20uma%20fita%2Dmolde%20parental. Acesso em: 27 ago. 2024.

Reconhecendo padrões

Identificar padrões significa buscar por similaridades que ajudem a resolver o problema. Após formarem pequenos grupos, observem, a seguir, a representação esquemática do sequenciamento de um genoma (imagem **B**).



Fabio Eugenio/D/BR

1. Na etapa de amplificação do DNA são produzidos milhares de cópias da sequência de DNA que se quer sequenciar. 2. Essas moléculas de DNA são, então, fragmentadas em sequências menores de diferentes tamanhos. Os fragmentos da molécula original de DNA são sequenciados e depois precisam ser reordenados, para que a sequência de nucleotídios da molécula completa seja conhecida.

Em uma situação real, cada padrão de cor dos fragmentos mostrados na imagem **B** representa uma sequência específica de nucleotídios. O conjunto desses fragmentos, encadeados, forma o genoma da espécie.

Não escreva no livro.

- Usando como referência a cor, identifiquem a posição de cada fragmento no genoma. É possível identificar a posição exata de todos os fragmentos? Comentem.
- Em casos em que o genoma da espécie já foi sequenciado para ser usado como referência, é mais fácil reordenar corretamente os fragmentos de DNA. Como é possível reordenar esses fragmentos, quando o genoma da espécie ainda não é conhecido?

Abstraindo o problema

Nessa etapa, as informações irrelevantes à resolução do problema devem ser descartadas, e o foco é dado a uma parte específica do problema.

Observem as sequências de nucleotídios a seguir.

ATGACGGA	ATCAGCCG	AGCCGCAA	CGGATCAG	GCAAGCGG

Considerem que essas sequências fazem parte de uma sequência única de DNA e que vocês precisam remontar a sequência de DNA original. Nesse caso, o genoma ainda não é conhecido.

- Copiem cada trecho em tiras de papel estreitas, usando o mesmo padrão de cores, e alinhem os fragmentos por meio da sobreposição de sequências semelhantes.
- Considerem que essas sequências fazem parte de uma sequência única de DNA. Vocês precisam identificar as sequências de nucleotídios que podem ser utilizadas como referência para alinhar esses fragmentos e, assim, remontar a sequência de DNA original. Ao final, indiquem a sequência de nucleotídios obtida.

Buscando soluções

Esse é o momento para elaborar a solução do problema. Descrevam todas as etapas necessárias para sequenciar um genoma.

Caso haja questões ainda não respondidas sobre o processo, listem as dúvidas e realizem pesquisas para resolvê-las.

Elaborando o algoritmo

Agora é o momento de elaborar um **algoritmo**, que é um passo a passo detalhado e sequencial a fim de instruir uma pessoa ou uma máquina a como resolver um problema ou realizar uma tarefa. Foquem no que é essencial para a correta execução do que está sendo instruído, especialmente na etapa de ordenar os fragmentos de DNA.

Atualmente, há programas usados para procurar e comparar as sequências de DNA obtidas, por isso, considerem as instruções a serem dadas a essas máquinas para que realizem tal tarefa.

Para discutir

1 **Vocês conseguiram encontrar uma forma de organizar os fragmentos de DNA? Explique a estratégia utilizada aos colegas.** Resposta pessoal. Espera-se que os estudantes troquem estratégias para a resolução do problema proposto.

2 **A bioinformática é uma área interdisciplinar da biologia e da computação que se desenvolveu, principalmente, durante o Projeto do Genoma Humano, quando surgiu a necessidade de analisar as milhões de sequências geradas. Toda a informação genética gerada não só no sequenciamento do genoma humano, mas em todos os outros sequenciamentos totais ou parciais de genomas de diferentes espécies, foi sendo armazenada em bancos de dados públicos. Esses dados estão disponíveis para consulta e pesquisa, como uma biblioteca genética.**

- Considerando essa informação, discuta com os colegas sobre como um pesquisador, na atualidade, realiza o trabalho de identificar e montar sequências desconhecidas de DNA.

2. Espera-se que os estudantes reconheçam que os pesquisadores utilizam as informações disponíveis nos bancos de dados como referência para identificar e montar as sequências desconhecidas de DNA.

3 **Atualmente, o sequenciamento do genoma de uma pessoa pode ser feito em cerca de uma semana, e tem sido utilizado para diferentes finalidades, como testes de ancestralidade e de identificação de doenças genéticas raras.**

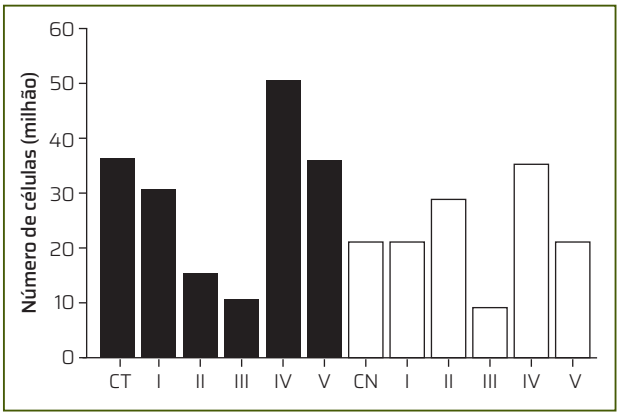
- Em sua opinião, o desenvolvimento tecnológico tem relação com a ampliação do uso dessa técnica para outras finalidades, que não só os da pesquisa científica?

Resposta pessoal. Espera-se que os estudantes reconheçam que o desenvolvimento tecnológico torna o procedimento mais acessível, ampliando seu uso para além dos fins científicos.

Não escreva no livro.

QUESTÕES GLOBAIS

1 (**Enem**) Em uma pesquisa estão sendo testados cinco quimioterápicos quanto à sua capacidade antitumoral. No entanto, para o tratamento de pacientes, sabe-se que é necessário verificar também o quanto cada composto agride células normais. Para o experimento, partiu-se de cultivos de células tumorais (colunas escuras na figura) e células normais (colunas claras) com o mesmo número de células iniciais. Dois grupos-controle não receberam quimioterápicos: controle de células tumorais (CT) e de células normais (CN). As colunas I, II, III, IV e V correspondem aos grupos tratados com os cinco compostos. O número de células viáveis após os tratamentos está representado pelas colunas.



Enem. Fac-símile: ID/BR

Qual quimioterápico deve ser escolhido para tratamento desse tipo de tumor? Alternativa **b**.

a) I
b) II
c) III
d) IV
e) V

2 (**Enem**) Em uma aula prática de bioquímica, para medir a atividade catalítica da enzima catalase, foram realizados seis ensaios independentes, nas mesmas condições, variando-se apenas a temperatura. A catalase decompõe o peróxido de hidrogênio (H_2O_2), produzindo água e oxigênio. Os resultados dos ensaios estão apresentados no quadro.

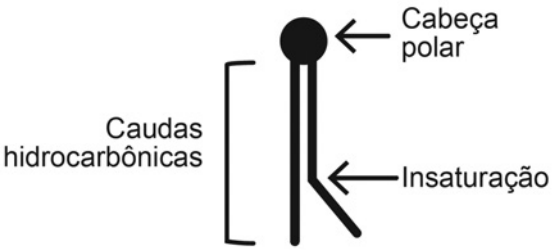
Ensaio	Temperatura (ºC)	Resultado
		Decomposição de H_2O_2 $\left(\frac{10^{-12}\,mol}{min}\right)$
1	10	8,0
2	15	10,5
3	20	9,5
4	25	5,0
5	30	3,6
6	35	3,1

Os diferentes resultados dos ensaios justificam-se pelo(a) Alternativa **e**.

a) variação do pH do meio.
b) aumento da energia de ativação.
c) consumo da enzima durante o ensaio.
d) diminuição da concentração do substrato.
e) modificação da estrutura tridimensional da enzima.

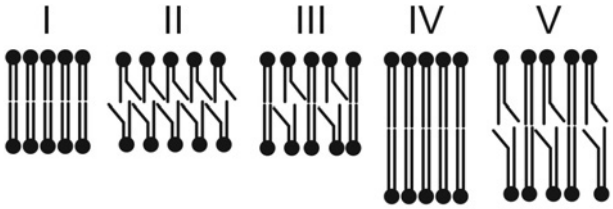
3 (**Enem**) A fluidez da membrana celular é caracterizada pela capacidade de movimento das moléculas componentes dessa estrutura. Os seres vivos mantêm essa propriedade de duas formas: controlando a temperatura e/ou alterando a composição lipídica da membrana. Neste último aspecto, o tamanho e o grau de insaturação das caudas hidrocarbônicas dos fosfolipídios, conforme representados na figura, influenciam significativamente a fluidez. Isso porque quanto maior for a magnitude das interações entre os fosfolipídios, menor será a fluidez da membrana.

Representação simplificada da estrutura de um fosfolipídio



Ilustrações: Enem, 2019. Fac-símile: ID/BR

Assim, existem bicamadas lipídicas com diferentes composições de fosfolipídios, como as mostradas de I a V.



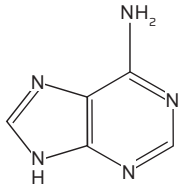
Qual das bicamadas lipídicas apresentadas possui maior fluidez? Alternativa **b**.

a) I
b) II
c) III
d) IV
e) V

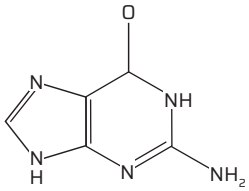
Não escreva no livro.

5. As enzimas que convertem a glicose em amido são desnaturadas pela fervura e impedidas de renaturar pelo congelamento.

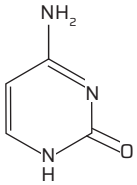
4 (**Unesp**) Para responder às questões 70 e 71, analise as fórmulas estruturais de bases nitrogenadas que compõem o DNA e os símbolos empregados para representá-las.



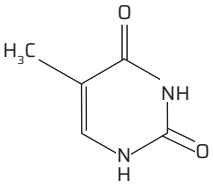
adenina (A)



guanina (G)



citosina (C)

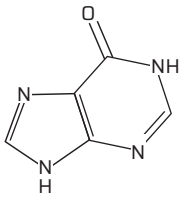


timina (T)

Questão 70 – Os pareamentos das bases na dupla-hélice da molécula de DNA ocorrem por meio de

a) ligações covalentes simples. Alternativa **c**.
b) ligações covalentes duplas.
c) ligações de hidrogênio.
d) ligações iônicas.
e) forças de London.

Questão 71 – Os nitritos de sódio e de potássio são aditivos utilizados como conservadores na fabricação de salames, presuntos e outros frios e, também, para conferir a cor característica desses produtos. Os nitritos são considerados mutagênicos. Sua hidrólise produz ácido nitroso (HNO_2), que reage com bases nitrogenadas do DNA. A reação desse ácido com a adenina (A) produz hipoxantina (H), cuja estrutura molecular está representada a seguir.



hipoxantina (H)

Como a hipoxantina (H) apresenta estrutura molecular semelhante à da /////////, ocorre um erro de pareamento entre bases, que passa a ser /////////// em vez de A-T. As lacunas do texto são preenchidas por

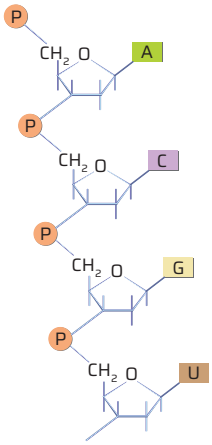
a) guanina e H-T. Alternativa **d**.
b) adenina e H-C.
c) timina e A-G.
d) guanina e H-C.
e) timina e T-G.

5 (**UFRJ**) Logo após a colheita, os grãos de milho apresentam sabor adocicado, devido à presença de grandes quantidades de açúcar em seu interior. O milho estocado e vendido nos mercados não tem mais esse sabor, pois cerca de metade do açúcar já foi convertida em amido por meio de reações enzimáticas. No entanto, se o milho for, logo após a colheita, mergulhado em água fervente, resfriado e mantido num congelador, o sabor adocicado é preservado. Por que esse procedimento preserva o sabor adocicado dos grãos de milho?

6 (**Enem**) Os mais antigos cozinhavam o feijão na panela de ferro a fim de acabar com a palidez de seus filhos. Alguns chegavam até a colocar um prego enferrujado nesse cozimento para liberar o ferro contido nele. Sabe-se que esse elemento pode ser encontrado na sua forma metálica ou iônica, sendo essencial para a manutenção da vida humana. As estratégias citadas eram utilizadas com objetivo de

a) tratar a diarreia. Alternativa **b**.
b) prevenir a anemia.
c) evitar as verminoses.
d) remediar o raquitismo.
e) combater a febre amarela.

7 Observe a imagem a seguir e faça o que se pede.



Reinaldo Vignati/ID/BR

a) Que tipo de molécula é representado por esse modelo? Ácido ribonucleico ou RNA.
b) Qual é o nome de cada unidade constituinte dessa molécula? Nucleotídio ou ribonucleotídio.
c) De que elementos são compostas essas unidades

8 A análise de uma amostra de ácido nucleico revelou a seguinte composição:

13% de adenina, 27% de citocina, 25% timina e 35% de guanina.

Sobre essa amostra, assinale a alternativa correta.

a) É uma fita simples de RNA. Alternativa **b**.
b) É uma fita simples de DNA.
c) É uma fita dupla de DNA.
d) É uma fita dupla de RNA.
e) Não é possível determinar.

7. c) São compostas de hidrogênio, oxigênio, nitrogênio, fósforo, carbono e oxigênio. Esses elementos formam moléculas específicas: bases nitrogenadas, ribose e grupo fosfato.

Não escreva no livro.

CÉLULAS E TECIDOS

A célula é a unidade estrutural e funcional de qualquer ser vivo.

Enquanto um organismo unicelular é capaz de uma existência independente, em um ser vivo multicelular as células podem estar organizadas de modo a formar tecidos, órgãos e sistemas, compondo o organismo. As plantas e os animais são os seres vivos em que o nível de organização é mais complexo. Vejamos como exemplo o sistema nervoso humano, responsável pela coordenação do corpo, entre outras funções. Os órgãos desse sistema são formados por tecido nervoso, o qual é composto de bilhões de células especializadas conectadas entre si, formando uma extensa rede, que se comunica por meio de substâncias químicas e de impulsos elétricos.

Além das células e dos tecidos, nesta unidade você vai estudar o metabolismo dos seres vivos.

OBJETIVOS

- Identificar as estruturas celulares.
- Conhecer o ciclo de vida das células.
- Identificar os processos do metabolismo celular.
- Reconhecer os tecidos celulares.
- Compreender a função do DNA no metabolismo celular.

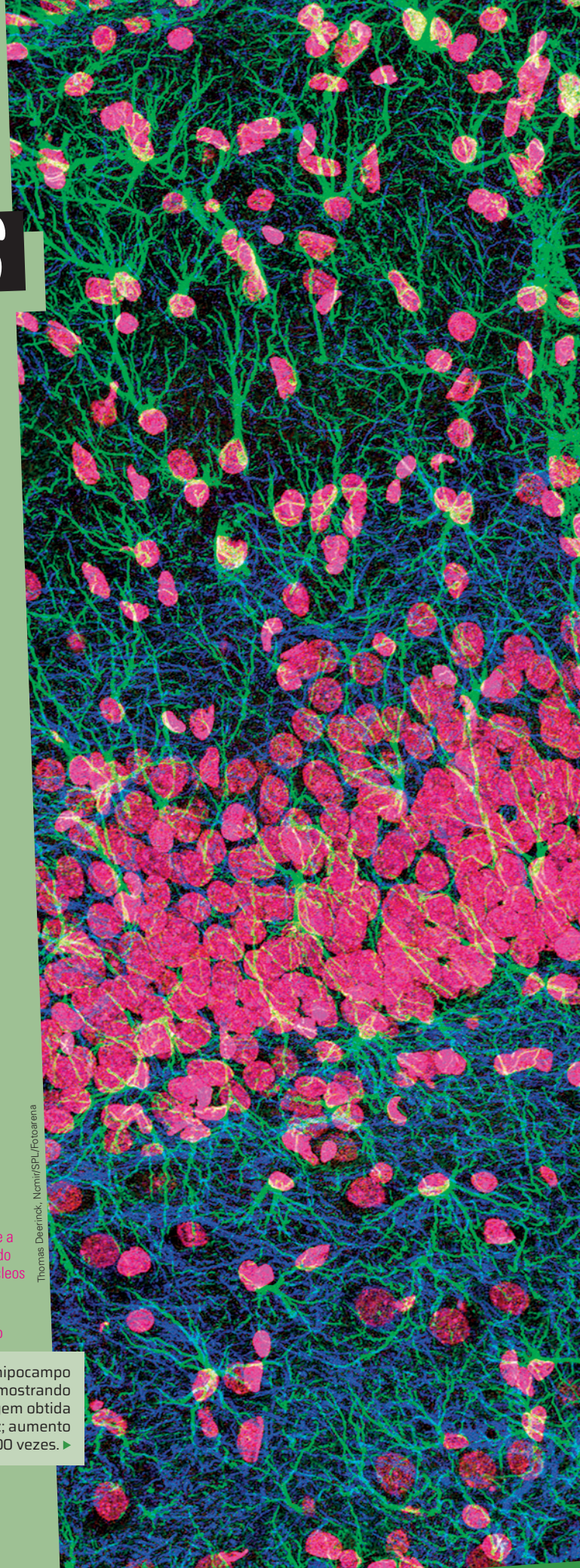
QUESTÕES PARA REFLETIR

1. **Observe a imagem. Que elementos dela mais chamaram sua atenção? Por quê?**
2. **Observe o campo rosa. Que elementos o constituem? Em sua opinião, o que são esses elementos?**
3. **De que forma imagens como essa podem colaborar para o estudo do sistema nervoso?**

1. Veja resposta em *Respostas e comentários* no Manual do Professor.

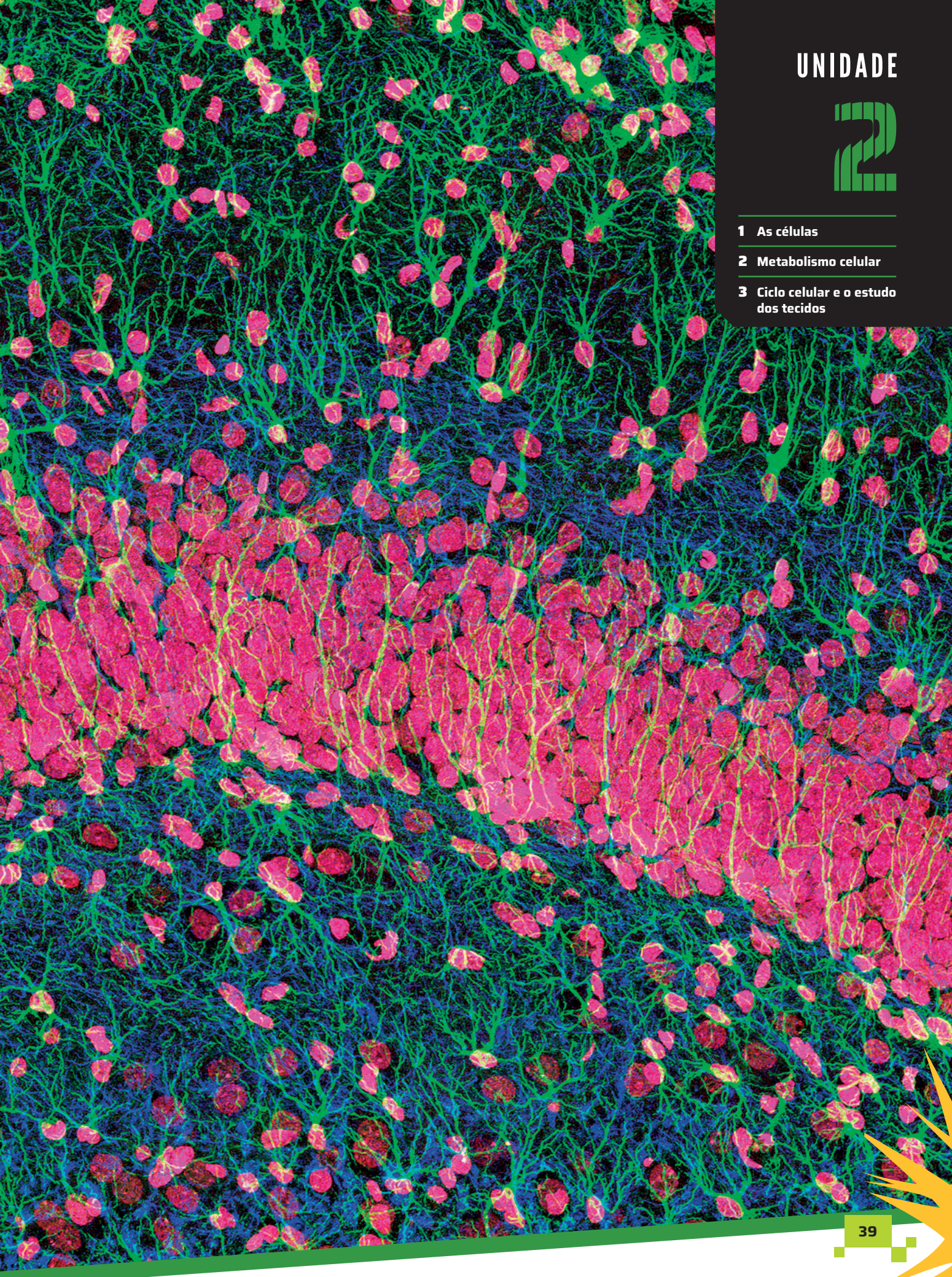
2. Não se espera que os estudantes respondam corretamente. Aproveite a questão para levantar os conhecimentos que eles têm sobre as células do sistema nervoso. Explique à turma que a faixa marcada em rosa são núcleos de células nervosas.

3. Respostas variáveis. Comente com a turma que, por meio de imagens obtidas por microscopia, como a apresentada, é possível a compreensão da estrutura dos tecidos, da transmissão de informações de uma célula a outra, do funcionamento de neurotransmissores, etc.



Thomas Deerinck, Nomir/SPL/Fotoarena

Corte (vista lateral) do hipocampo do cérebro humano, mostrando células nervosas. Imagem obtida por microscopia de luz; aumento de cerca de 600 vezes. ▶



UNIDADE 2

1 As células

2 Metabolismo celular

3 Ciclo celular e o estudo dos tecidos

CAPÍTULO 1

AS CÉLULAS

PARA COMEÇAR

1. O que é célula?
2. Todas as células são iguais?
3. Que tipos de célula você conhece?

1. Espera-se que os estudantes identifiquem a célula como a estrutura funcional elementar dos seres vivos e que recordem suas estruturas fundamentais: membrana, citoplasma e material genético.

2. Não. A célula procarionte não tem núcleo nem organelas membranosas e seu material genético está disperso no citoplasma. Na célula eucarionte, o material genético está contido no núcleo e existem organelas citoplasmáticas membranosas. Os estudantes podem mencionar que todos os seres vivos possuem membrana plasmática, citoplasma e material genético.

3. Resposta pessoal. É possível que os estudantes lembrem de células como espermatozoide, óvulo, neurônios, etc.

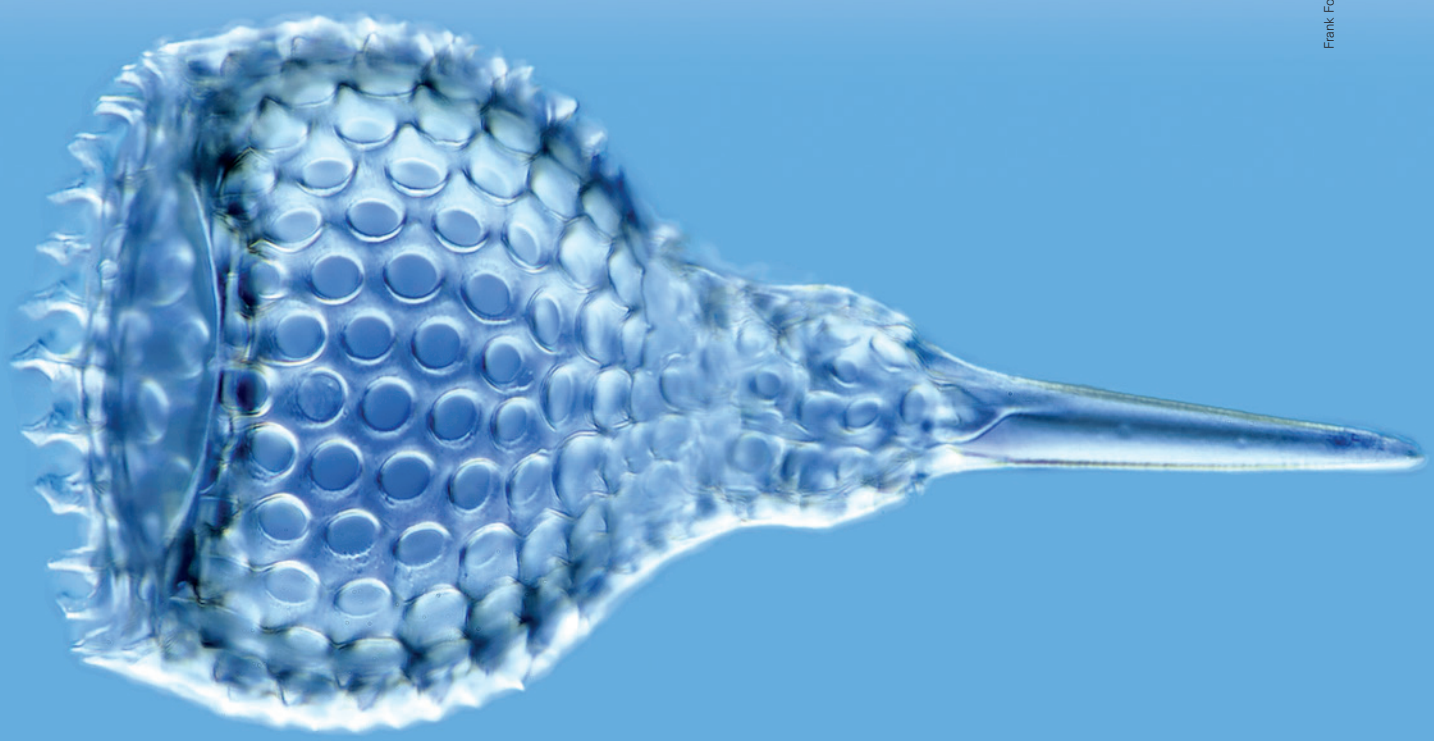
INTRODUÇÃO À CITOLOGIA

O avanço da ciência muitas vezes está associado ao desenvolvimento de novas técnicas e instrumentos. Cada novo recurso científico permite conhecer mais detalhes sobre o objeto de estudo e, em certos casos, abrir as portas para o aparecimento de um novo campo do conhecimento.

O desenvolvimento da citologia – o estudo das células – foi possível graças à construção, no final do século XVI, de um dos primeiros instrumentos ópticos para ampliação de objetos. Esse instrumento, fabricado pela família Janssen na Holanda, levou à criação e ao aperfeiçoamento do microscópio, ferramenta que permitiu um dos mais importantes avanços na Biologia: a observação da célula.

O desenvolvimento do microscópio eletrônico no século XX possibilitou, graças a seu enorme poder de aumento das imagens, descobrir, no interior das células, a existência de uma grande variedade de estruturas, especializadas nas mais diversas funções.

Neste capítulo, estudaremos as células, sua estrutura e suas organelas.



Os radiolários encontrados no plâncton marinho são organismos unicelulares eucariontes. Somente com o aperfeiçoamento das técnicas de microscopia foi possível identificar estruturas celulares comuns a todos os seres vivos. Microscopia de contraste de interferência diferencial; aumento de cerca de 620 vezes.

Frank Fox/SPL/Fotoarena

Não escreva no livro.

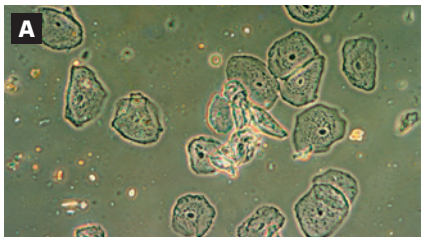
OBSERVAÇÕES AO MICROSCÓPIO

Tipos de microscopia

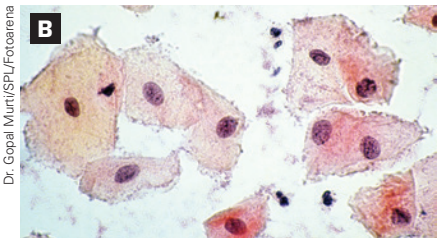
Para serem observadas ao microscópio, as células podem ou não estar vivas. Quando estão vivas, a observação é chamada exame a fresco (imagem **A**), que permite perceber fenômenos como a locomoção de organismos unicelulares, mas não revela muitos detalhes.

Observações mais detalhadas são feitas com material corado (imagem **B**).

Claude Nuridsany & Marie Perennou/SPL/Fotoarena



Dr. Gopal Murti/SPL/Fotoarena



(**A**) Células da mucosa bucal vistas ao microscópio de luz, sem coloração. Aumento de cerca de 157 vezes. (**B**) Células da mucosa bucal vistas com o uso de corantes. Aumento de cerca de 1 570 vezes. Note os grânulos espalhados pelo citoplasma, evidência de que existem nele inúmeras estruturas. Observe também o núcleo, ligeiramente ovalado e com coloração mais escura.

A fim de preservar o máximo possível as características das células, é preciso submetê-las a dois processos básicos:

- **Fixação:** consiste em mergulhar o material a ser estudado em um líquido fixador, como o álcool etílico, o formol ou o ácido acético, entre outros. O fixador interrompe o metabolismo da célula quase instantaneamente e preserva sua estrutura.
- **Coloração:** trata-se de aplicar um ou mais corantes, a fim de tornar mais evidentes determinadas partes da célula. Para ser observada em microscópios de luz, entretanto, a célula deve ser atravessada por um feixe luminoso, então, a coloração deve preservar ao máximo a transparência do material a ser observado. Existem diversos tipos de corante, cada um apropriado para evidenciar determinadas estruturas celulares.

Para garantir a transparência do material a ser observado, ele deve ser cortado em fatias muito finas, em um aparelho chamado micrótomo. Essas fatias são colocadas sobre uma lâmina de vidro e cobertas por outra lâmina, muito fina, chamada lamínula. Amostras líquidas ou compostas de células isoladas são espalhadas na lâmina, enquanto outros materiais são esmagados.

PARA EXPLORAR

Acesse

Crie um microscópio com seu celular

Esse artigo publicado em 2016 na revista *Superinteressante* mostra como montar um microscópio com aumento de 175 vezes com a câmera do celular e a lente de um apontador a *laser*.

Disponível em: https://super.abril.com.br/tecnologia/crie-um-microscopio-com-seu-celular/. Acesso em: 30 set. 2024.

Novas descobertas

No século XIX, os corantes e os microscópios já eram suficientemente desenvolvidos para permitir importantes descobertas.

Uma delas é que toda célula tem um limite bem definido, responsável pela contenção de tudo que está em seu interior. Isso foi percebido porque alguns corantes, após a lavagem da amostra, permaneciam presos dentro da célula, enquanto o restante do campo visual ficava limpo e transparente.

Embora não conseguissem ver a estrutura que delimitava a célula, os cientistas se basearam nessa observação para prever a existência da membrana celular, também chamada de membrana plasmática.

A outra descoberta é que as células apresentam inúmeras estruturas espalhadas por todo seu interior. Os citologistas rapidamente perceberam que o interior das células era constituído de uma substância de aspecto viscoso, que foi chamada de citoplasma e preenchia todo o interior da célula. Descobriu-se também a existência de inúmeras estruturas imersas no citoplasma.

O aspecto do citoplasma podia variar de um tipo celular para outro, mas parecia haver uma estrutura em seu interior, quase sempre esférica ou ovalada, que ficava bastante evidente em alguns processos de coloração. Em 1833, o pesquisador escocês Robert Brown (1773-1858) propôs a ideia de que essa estrutura seria parte fundamental de todas as células, dando-lhe o nome de núcleo.

A partir dessa época, passou-se a aceitar que as células eram constituídas de três partes fundamentais: a membrana, o citoplasma e o núcleo.

ROTEIRO

1. O movimento browniano é um fenômeno observado no interior das células. Esse termo faz menção a Robert Brown, a quem se atribui a primeira observação desse fenômeno. Faça uma pesquisa em livros ou na internet e explique o que é o movimento browniano.

1. O movimento browniano é um movimento aleatório causado por colisões entre um grande número de moléculas de água e os grãos em suspensão no líquido em que ele é observado.

Não escreva no livro.

CIÊNCIA TEM HISTÓRIA

AS CONTRIBUIÇÕES DE ROBERT HOOKE

A

World History Archive/Alamy/Fotoarena

(**A**) Ilustração de uma mosca, presente no livro *Micrographia* (1665), de Robert Hooke.

O filósofo natural inglês Robert Hooke (1635-1703) dedicou-se a estudos em diversas áreas das ciências naturais e deixou contribuições importantes no campo da Física. Contudo, sua obra mais conhecida é aquela em que relatou observações realizadas ao microscópio – o livro *Micrographia*, publicado em 1665.

O volume apresenta relatos de observações microscópicas e ilustrações de uma grande variedade de objetos, como a ponta de uma agulha, grãos de areia e tecidos. Também descreve as observações de diferentes organismos e de suas partes, como mosca (imagem **A**), formiga, mofos e cogumelos, algas marinhas, fio de cabelo, ferrão de abelha, penas de aves, ovos de bichos-da-seda e superfície de algumas folhas, além da famosa descrição e discussão sobre a cortiça, material obtido a partir da casca de certas árvores.

A obra inclui, ainda, três capítulos relacionados a visualizações com telescópio, descrevendo a Lua e pequenas estrelas até então desconhecidas, bem como uma discussão teórica e experimental sobre a natureza do ar, trazendo implicações ao modo como os corpos celestes deveriam ser observados.

A leitura desse livro permite reconhecer que suas descrições e seus desenhos têm grande precisão. Mas, além disso, Hooke se dedicou a compreender e a explicar as funções de cada parte observada. Foi assim com a cortiça: além de descrever sua estrutura, ele procurou compreender as propriedades físicas desse material, como a leveza, a elasticidade e a facilidade de flutuar. Leia o trecho a seguir.

> Eu peguei um bom pedaço limpo de cortiça e, com um canivete tão afiado quanto uma navalha, cortei um pedaço dele, deixando a sua superfície bem lisa. Examinando-o então diligentemente com um microscópio, pensei que conseguia perceber que parecia um pouco poroso. [...] Com o mesmo canivete afiado, cortei a partir daquela mesma superfície lisa uma fatia extraordinariamente fina [...] pude perceber muito claramente que ela era toda perfurada e porosa, muito semelhante a um favo de mel [...].
>
> Primeiro, se eu perguntasse: por que esse corpo é tão leve? Meu microscópio poderia agora me informar que havia aqui a mesma razão evidente que é encontrada na leveza da espuma, de um favo de mel vazio, de lã, de uma esponja, de uma pedra-pomes, ou coisas desse tipo: a saber, uma quantidade muito pequena de corpo sólido, estendida em enormes dimensões.
>
> Segundo, nada me parecia mais difícil do que dar uma razão inteligível do porquê de a cortiça ser um corpo tão inapto a absorver água e embeber-se dela e, consequentemente, preservar-se flutuando na superfície da água [...]. Pois [...] o microscópio nos informa que a substância da cortiça é toda preenchida por ar e que esse ar está perfeitamente confinado em pequenas caixas ou células distintas entre si; [...] e, consequentemente, por que pedaços de cortiça se tornaram tão bons flutuadores para redes [de pesca], e tampas para vidros ou outros recipientes fechados.
>
> E em terceiro lugar [...] como ela pode sofrer tão grandes compressões, [...] e contudo, quando se permite que ela volte, encontra-se que ela volta a se estender pelo mesmo espaço? Nosso microscópio facilmente nos informará que toda a sua massa consiste de uma infinidade de pequenas caixas ou bexigas de ar, que é uma substância de natureza elástica e que sofrerá uma compressão considerável [...]; e que, além disso, parece muito provável que aquelas películas ou lados dos poros também possuem uma qualidade elástica, como possuem quase todos os outros tipos de substâncias vegetais que lhes ajudam a voltar à sua posição inicial.
>
> Hooke, R. *Micrographia*. [1766]. Citado por: Araújo, J. P. F. T. *et al.* Observação 18, da *Micrographia*, de Robert Hooke. *Boletim de História e Filosofia da Biologia*, v. 8, n. 4, p. 10-11, dez. 2014.

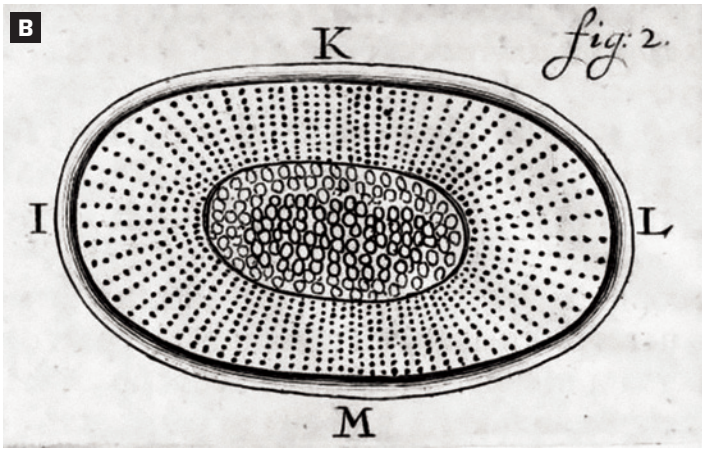
Não escreva no livro.

O trecho citado mostra que Hooke observou estruturas preenchidas de ar, que hoje sabemos representar as paredes celulares de um tecido vegetal morto, como ocorre na casca de árvores. Mostra ainda que o pesquisador chamou de "célula" a estrutura observada na cortiça, mas empregou também outros termos, como "caixas", "balões" e "poros". O mesmo ocorreu nas obras do médico e botânico britânico Nehemiah Grew (1641-1712) e do médico e anatomista italiano Marcello Malpighi (1628-1694), que se referiram àquelas estruturas com nomes variados, como "bolhas" e "bexigas", além de "poros" e "célula". Apenas mais tarde o termo técnico foi consolidado com a palavra célula.

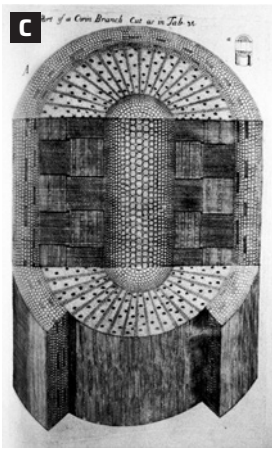
Embora Hooke tenha observado essa mesma estrutura em outras plantas, ele não generalizou sua presença para todos os vegetais, muito menos a estendeu para os animais. Por essas razões, não se pode atribuir a Robert Hooke a descoberta da célula ou o início do estudo das células, a citologia. Isso seria um equívoco que os historiadores das ciências denominam anacronismo, isto é, um juízo sobre o passado com base nos conhecimentos atuais.

De todo modo, seu livro teve um grande impacto na época, atraindo a atenção de outros estudiosos. O cientista holandês Antonie van Leeuwenhoek (1632-1723) confirmou a presença de cavidades microscópicas em seções transversais de sementes (imagem **B**) e de caules de mudas de carvalho. Marcello Malpighi desenvolveu a metodologia da microanatomia em animais e vegetais e descreveu numerosas estruturas celulares e intracelulares desses seres – algumas delas foram nomeadas em sua homenagem, como os túbulos de Malpighi, que são os órgãos excretores dos insetos. Nehemiah Grew cunhou o termo parênquima para se referir a tecidos vegetais (imagem **C**).

Herzog August Bibliothek, Wolfenbüttel. Fotografia: ID/BR



Duke University, Durham, EUA. Fotografia: ID/BR



(**B**) Ilustração produzida por Antonie van Leeuwenhoek mostrando cavidades no interior de uma semente. (**C**) Ilustração presente na obra *Anatomia das plantas* (1682), de Nehemiah Grew, mostrando um corte transversal de uma árvore.

Por um século e meio, as descrições microanatômicas de Grew e Malpighi permaneceram incontestadas, sem que muita coisa nova fosse acrescentada. Assim, no final do século XVIII, quase todo botânico considerava que os tecidos vegetais eram compostos de células.

Para discutir

1 **Observe a ilustração retirada do livro *Anatomia das plantas*, de Grew, e procure discernir, com base no conhecimento científico atual, as estruturas ali representadas.** Veja resposta em *Respostas e comentários* no Manual do Professor.

2 **Embora muitas vezes se costume atribuir conceitos, leis, teorias e instrumentos das ciências a um único estudioso e a datas precisas, a história mostra que as realizações científicas são graduais e fruto do trabalho de diversos pesquisadores, envolvendo colaboradores e auxiliares. Releia o conteúdo do texto desta seção. Anote os nomes dos estudiosos citados. Faça uma breve pesquisa na internet sobre as principais contribuições à ciência de outros investigadores dedicados aos estudos de organismos microscópicos.** Veja resposta em *Respostas e comentários* no Manual do Professor.

BIOLOGIA E FÍSICA

INSTRUMENTOS ÓPTICOS

Após as contribuições de Robert Hooke com a construção de um microscópio composto, constituído de duas lentes, foi possível ver com aumento diversos seres microscópicos. Ao longo do tempo, esse equipamento foi se aperfeiçoando para hoje conseguirmos visualizar esses seres com aumento de até 1500 vezes.

O **microscópio simples** é constituído de uma lente convergente com capacidade de aumentar em até 20 vezes objetos que não poderiam ser vistos a olho nu.

O **microscópio óptico composto**, ou **microscópio de luz**, é constituído de dois conjuntos de lentes convergentes: a ocular, que fica próximo do olho do observador, e a objetiva, próxima do objeto a ser observado.

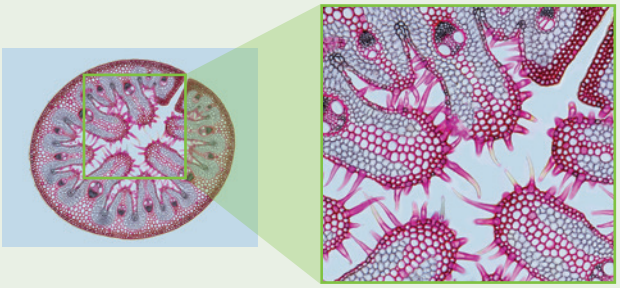
Nesse tipo de microscópio, a luz (vinda do ambiente ou de uma lâmpada) precisa atravessar o material a ser observado, razão pela qual o objeto não pode ser muito espesso e deve apresentar alguma transparência. Para intensificar a luz que atravessa o objeto, existe o condensador, que é uma lente que concentra os feixes de luz antes de chegarem ao objeto. É possível regular a passagem da luz por meio do diafragma.

A objetiva produz uma imagem bastante aumentada do objeto. As objetivas comumente encontradas em microscópios de luz têm aumento de 10, 40 e 100 vezes. A imagem produzida pela objetiva é então captada e ampliada pela ocular antes de chegar ao observador. As oculares mais comuns aumentam a imagem entre 5 e 20 vezes.

Uma das características mais importantes de um microscópio é seu poder de resolução. Dela depende a capacidade de um microscópio de mostrar detalhes com nitidez. A resolução pode ser entendida como a capacidade de distinguir dois pontos muito próximos no campo visual, permitindo vê-los como imagens distintas. O limite de resolução para o olho humano é de 0,1 mm, ou seja, dois pontos que estejam a uma distância menor que essa são vistos como um único ponto. Os microscópios de luz têm um limite de resolução próximo de 0,0002 mm, o que permite ver somente as estruturas celulares de maior tamanho, como o núcleo.

O aumento final (também chamado de aumento nominal) alcançado por um microscópio composto é resultado da multiplicação dos aumentos proporcionados pela objetiva e pela ocular. Por exemplo, se um objeto é observado com uma objetiva que aumenta 40 vezes, e a ocular amplia 20 vezes essa imagem, o aumento nominal será de 800 vezes ($20 \times 40 = 800$).

Os raios de luz atravessam o objeto e a lente objetiva forma uma imagem invertida. A lente ocular amplia mais uma vez o objeto, atuando como uma lupa, aumentando ainda mais a imagem final, permitindo ao observador ver uma imagem mais detalhada do objeto original.



Fotografias: Gerd Guenther/SPL/Fotoarena

À esquerda, células vegetais coradas observadas ao microscópio de luz. À direita, as mesmas células vistas em detalhe, com aumento de cerca de 100 vezes.

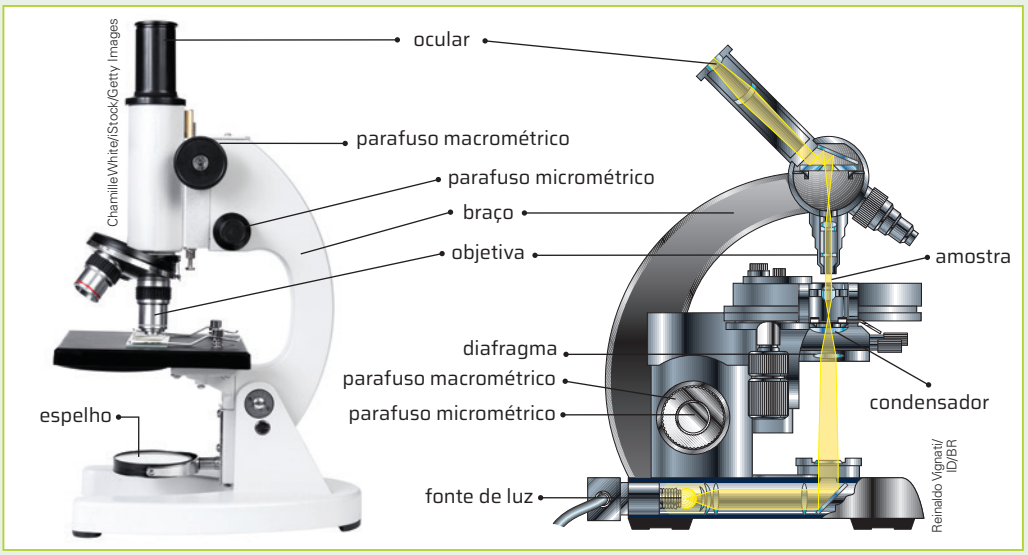


Foto (à esquerda) e esquema (à direita) de microscópios de luz.

Não escreva no livro.

2. Os raios de luz atravessam o objeto e a lente objetiva forma uma imagem invertida. A lente ocular amplia mais uma vez o objeto, atuando como uma lupa, aumentando ainda mais a imagem final, permitindo ao observador ver uma imagem mais detalhada do objeto original.

Microscópio eletrônico

O surgimento do microscópio eletrônico representou, para a Biologia, uma revolução na compreensão da estrutura e do funcionamento da célula. Enquanto os microscópios de luz permitem aumentos máximos de 1 500 vezes, o microscópio eletrônico supera facilmente a barreira de 100 mil vezes. Aumentos dessa ordem possibilitam visualizar as membranas e ver detalhadamente a chamada ultraestrutura interna da célula.

O microscópio eletrônico, desenvolvido no início dos anos 1930 pelos cientistas alemães Max Knoll (1897-1969) e Ernst Ruska (1906-1988), utiliza um feixe de elétrons em vez de luz. Ímãs direcionam os elétrons até uma tela fluorescente ou um filme fotográfico para criar uma imagem, sempre em preto e branco. Para destacar algumas estruturas, as imagens podem ser coloridas artificialmente.

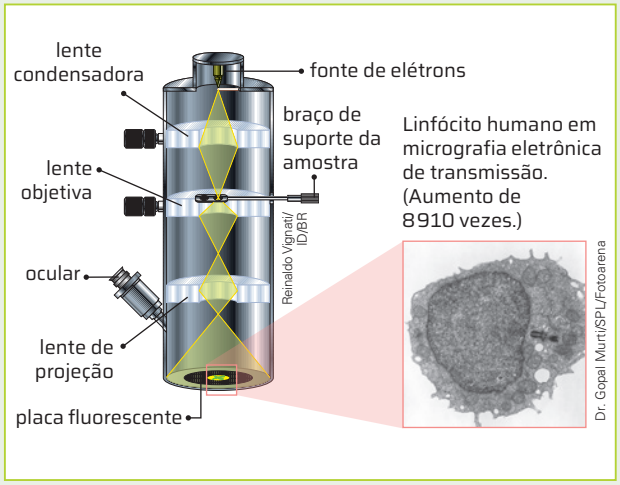
Os aparelhos desse tipo mais utilizados são o microscópio eletrônico de transmissão e o microscópio eletrônico de varredura.

Microscópio eletrônico de transmissão (MET)

Nesse tipo de microscópio, o feixe de elétrons atravessa a amostra. O material a ser observado deve estar preparado na forma de fatias muito finas, entre 50 nm e 70 nm de espessura (um nanômetro, ou nm, corresponde a um milionésimo de milímetro).

Aplica-se sobre as finas fatias de material sais de metais pesados, como o ósmio, que aderem às superfícies membranosas e bloqueiam o feixe de elétrons nessas regiões. Os elétrons que atravessam a estrutura observada atingem uma placa, na base do tubo, revestida com um material fluorescente, isto é, um material capaz de emitir luz quando atingido pelos elétrons. Produz-se, assim, uma imagem da amostra.

Uma superfície fotossensível (filme, papel fotográfico ou sensor digital) pode ser colocada na base para a produção de uma imagem fotográfica (micrografia).



Esquema de funcionamento do microscópio eletrônico de transmissão. Cores-fantasia.

Fonte de pesquisa: Tortora, G. J. *et al. Microbiologia*. 10. ed. Porto Alegre: Artmed, 2012. p. 56.

Microscópio eletrônico de varredura (MEV)

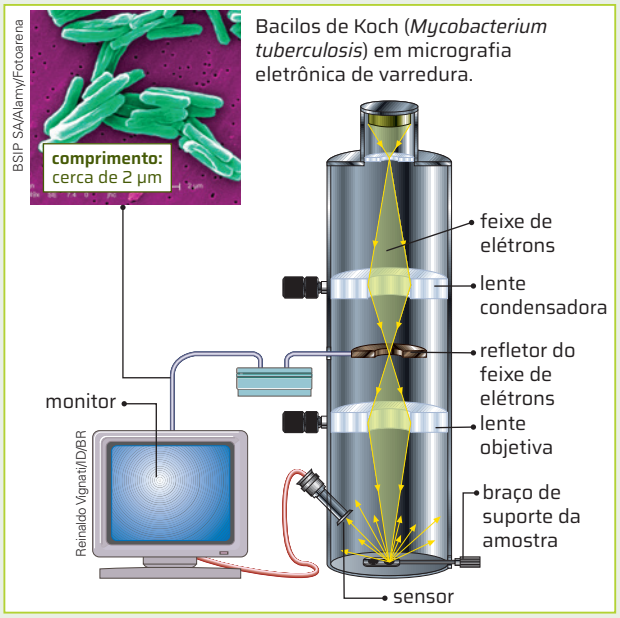
Na década de 1950, foi desenvolvido o primeiro microscópio eletrônico de varredura, que permite observar a superfície dos objetos com grande nitidez. As imagens, tridimensionais, são ricas em detalhes do relevo superficial.

Seu funcionamento se dá por meio de sensores que captam os elétrons refletidos pela superfície da amostra, que, para isso, deve ser capaz de conduzir eletricidade.

Por essa razão, as amostras devem ser preparadas em uma câmara de vácuo, onde são pulverizadas com uma fina camada de metal (ouro ou tungstênio, por exemplo).

O objeto não é visto diretamente; a corrente elétrica que atinge os sensores é conduzida a um dispositivo de imagem, como um monitor de tevê, ou a um sistema digital de processamento computadorizado.

A nomenclatura "varredura" advém do fato de o feixe de elétrons "varrer", em frequência muito alta, o objeto a ser observado.



Esquema de microscópio eletrônico de varredura. Cores-fantasia.

Fonte de pesquisa: Tortora, G. J. et al. *Microbiologia*. 10. ed. Porto Alegre: Artmed, 2012, p. 59-60.

Conecte as ideias

1 **Uma escola recebeu verba para adquirir um microscópio para seu laboratório de Biologia. O modelo escolhido veio com duas oculares, uma de 5 vezes e outra de 15 vezes, e três objetivas: uma de 10 vezes, outra de 40 vezes e outra de 100 vezes.** Responda às seguintes questões:

a) Qual é o menor aumento que pode ser obtido com esse microscópio e quais lentes devem ser utilizadas para obtê-lo?

b) Usando-se a ocular de 15 vezes e a objetiva de 40 vezes, uma amostra que seja observada nesse microscópio aparecerá aumentada quantas vezes?

2 **Explique como funciona um microscópio óptico composto.**

1. a) O menor aumento é de 50 vezes, obtido com a ocular de 5 vezes e a objetiva de 10 vezes (5 × 10 = 50).

1. b) A amostra aparecerá aumentada 600 vezes, ou seja, 15 (ocular) × 40 (objetiva) = 600.

Não escreva no livro.

ROTEIRO

2. Apesar da enorme diversidade de células, os biólogos costumam reconhecer a existência de três tipos básicos: as procariontes, as eucariontes vegetais e as eucariontes animais.

a) Cite ao menos três elementos comuns entre as células procariontes, as eucariontes animais e as vegetais.

b) Cite elementos presentes na célula vegetal típica que possam ajudar na diferenciação desta quando comparada com as células animais.

2. a) Todas as células têm membrana plasmática, citoplasma e citosol, ribossomos e material genético.
2. b) As células vegetais típicas têm vacúolo, cloroplastos e parede celular.

A CÉLULA

Todas as células apresentam três elementos essenciais: a **membrana plasmática**, uma membrana externa que separa o conteúdo celular do ambiente externo; o **citoplasma**, um conjunto formado por uma substância gelatinosa que preenche todo o interior da célula, o citosol, e pelas estruturas nele contidas; e o **material genético**, constituído das moléculas de DNA e RNA.

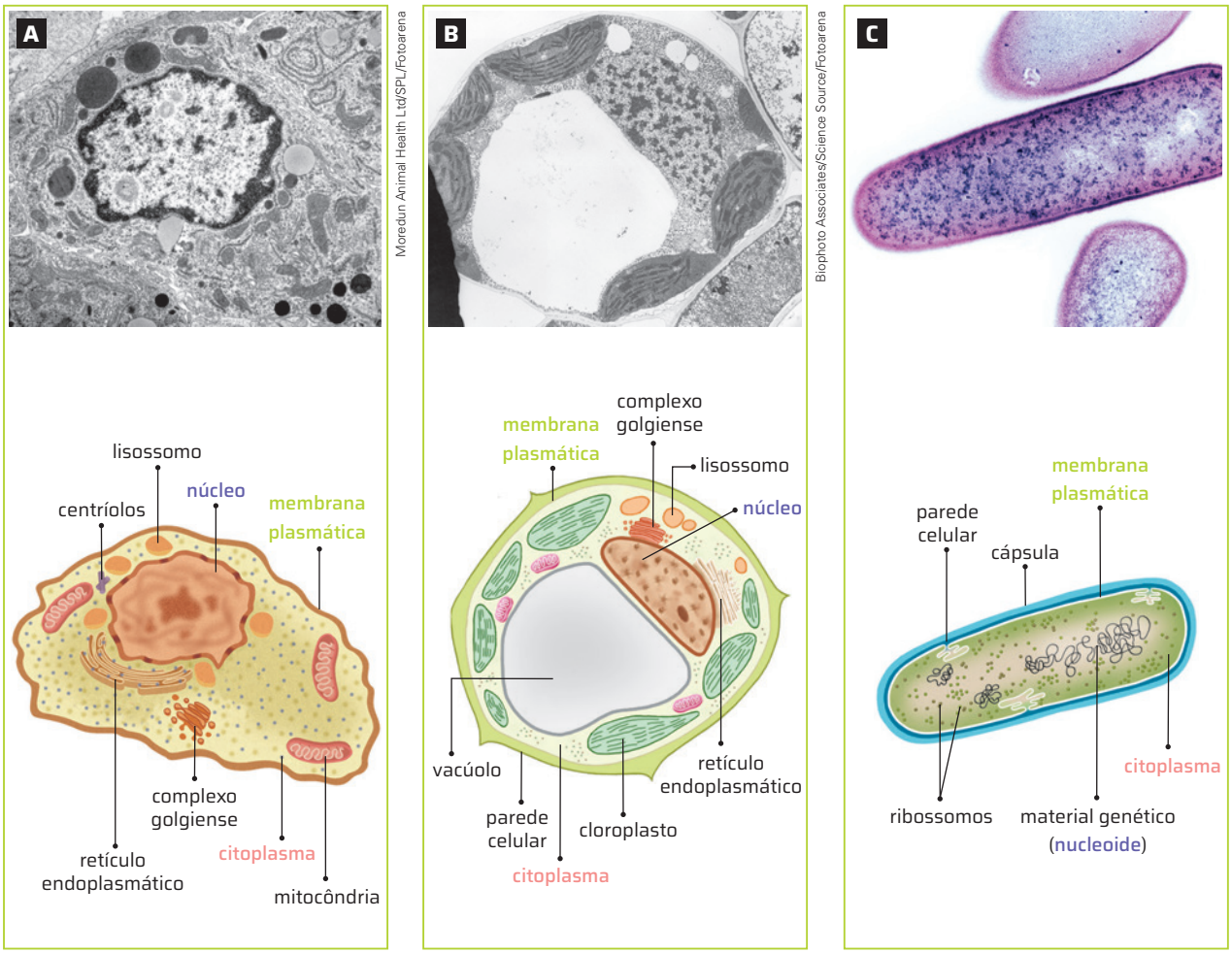
As células podem ser classificadas em dois grandes grupos: eucariontes e procariontes.

Nas **células eucariontes** (imagens **A** e **B**), o material genético está envolto em uma membrana dupla, a **carioteca**, que delimita o **núcleo**. Nas **células procariontes** (imagem **C**), não se observa a carioteca e a maior parte do DNA está localizado em uma região chamada **nucleoide**.

As células eucariontes possuem diferenças que permitem classificá-las, por exemplo em célula animal e célula vegetal. A **célula vegetal típica** (imagem **B**) apresenta um ou mais **vacúolos** ocupando a maior parte do citoplasma; um grande número de **cloroplastos**, organela relacionada à fotossíntese; e uma parede espessa exterior à membrana, a **parede celular**, constituída de materiais resistentes, como a celulose, que confere rigidez e sustentação à célula.

Por sua vez, a **célula animal** (imagem **A**) não apresenta vacúolos, parede celular ou cloroplastos, porém tem um par de **centríolos**, uma estrutura relacionada à divisão celular e à formação de estruturas como os flagelos.

Representações sem proporção de tamanho.



(**A**) Célula eucarionte animal. Aumento de cerca de 10 400 vezes. (**B**) Célula eucarionte vegetal. Aumento de cerca de 6 360 vezes. (**C**) Célula procarionte de bactéria. Imagem colorizada; aumento de cerca de 20 600 vezes. Note a ausência de núcleo e da maioria das organelas nesta última. Fotos ao microscópio eletrônico de transmissão; ilustrações produzidas com base nas fotos. Representações em cores-fantasia.

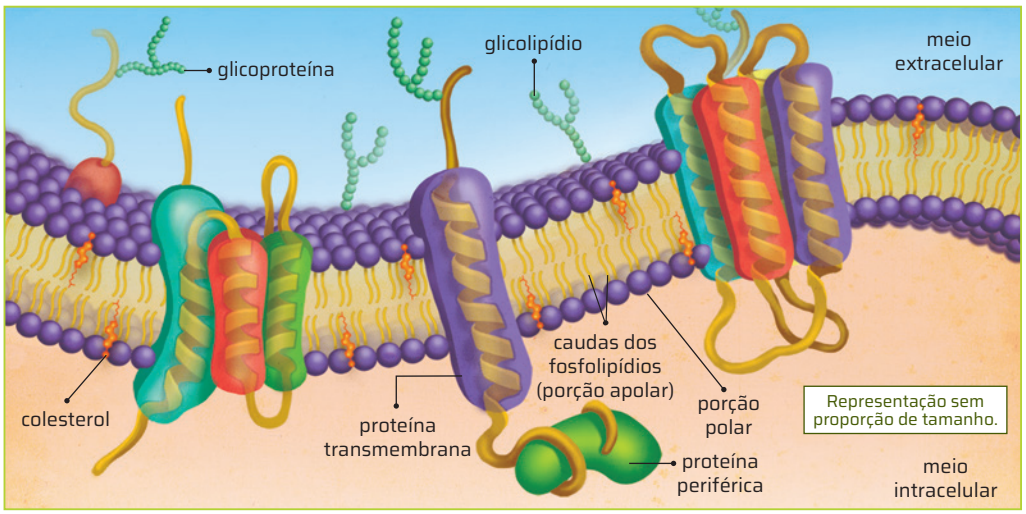
Não escreva no livro.

COMPOSIÇÃO E ESTRUTURA DA MEMBRANA PLASMÁTICA

A membrana plasmática é composta de lipídios e proteínas. Os lipídios são principalmente fosfolipídios, mas, além deles, estão presentes, em menor proporção, colesterol e **glicolipídios**, moléculas de carboidrato ligadas aos lipídios da membrana. Também é comum a presença de **glicoproteínas**, moléculas de carboidrato associadas às proteínas da membrana.

O modelo de membrana aceito atualmente é chamado de **mosaico fluido** (imagem a seguir), devido à grande mobilidade dos componentes da membrana.

Fabio Eugenio/ID/BR



Representação da membrana plasmática, vista em corte transversal, de acordo com o modelo de mosaico fluido. Cores-fantasia.

Fonte de pesquisa: Reece, J. B. *et al. Biologia de Campbell*. 10. ed. Porto Alegre: Artmed, 2015. p. 125.

Lipídios da membrana

Segundo o modelo de mosaico fluido, a membrana plasmática é formada por duas camadas de moléculas de fosfolipídios. A conformação dessas moléculas, com uma porção polar, hidrofílica, e uma cauda apolar, hidrofóbica, favorece sua organização orientada na constituição da membrana, isto é, as caudas apolares, que não têm afinidade pela água, ficam voltadas para o interior da membrana, em contato umas com as outras, e as porções polares, que têm afinidade pela água, ficam em contato com o citoplasma e com o meio extracelular, ambos contendo água.

Proteínas da membrana

As moléculas de proteína estão inseridas na bicamada lipídica e podem deslocar-se horizontalmente ao longo dessa superfície ou, ainda, da face interna para a externa e vice-versa.

De acordo com a posição em relação à camada lipídica, as proteínas podem ser:

- **Proteínas transmembranas:** atravessam a bicamada lipídica de lado a lado.
- **Proteínas periféricas:** não atravessam a bicamada lipídica; despontam apenas de um dos lados, interno ou externo, da membrana plasmática.

Carboidratos da membrana

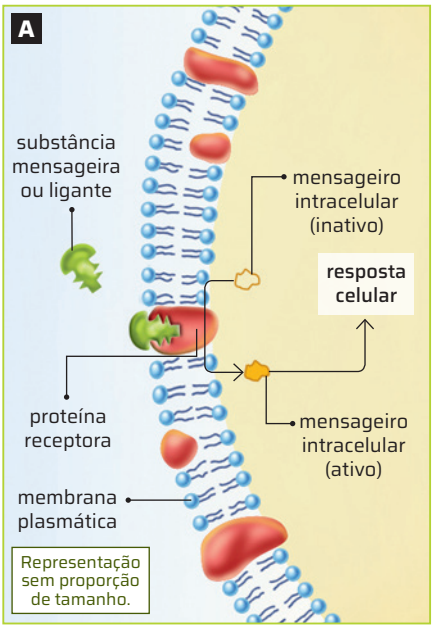
Os carboidratos da membrana podem estar associados a lipídios e proteínas. A composição, a quantidade e a disposição dos glicolipídeos e das glicoproteínas são características de cada tipo celular. Isso possibilita que células que não pertençam ao organismo sejam reconhecidas e eliminadas pelo sistema imunitário. Entretanto, essas moléculas também podem provocar rejeição, por exemplo, em transplantes de órgãos e em transfusões entre tipos não compatíveis de sangue. Os tipos sanguíneos (A, B, AB e O) são definidos de acordo com os tipos de glicolipídios e de glicoproteínas presentes na membrana celular das hemácias, células vermelhas do sangue.

O modelo de mosaico fluido foi apresentado em 1972 pelos cientistas estadunidenses S. J. Singer (1924-2017) e G. Nicholson (1943-). Por explicar adequadamente as propriedades fundamentais da membrana plasmática, é aceito até hoje.

Funções da membrana plasmática

A membrana celular desempenha diversas funções, entre as quais se destacam o reconhecimento e o transporte de substâncias.

Reconhecimento de substâncias



Luis Moura/ID/BR

Esquema da interação entre receptores da membrana e moléculas mensageiras. Cores-fantasia.

Fonte de pesquisa: McGraw Hill Education. *BSCS Biology*: a molecular approach. 9. ed. Columbus: Glencoe/McGraw Hill, 2006. p. 84.

Na membrana plasmática, existem **proteínas receptoras**, que reconhecem a presença de determinadas substâncias no meio extracelular. Essas substâncias, chamadas **mensageiras** ou **ligantes**, atuam como estímulo, ou seja, como um sinal ao qual a célula responde, modificando seu funcionamento. Em alguns casos, pequenas moléculas presentes no meio intracelular, denominadas **mensageiros intracelulares**, também participam da resposta da célula (imagem **A**).

Existem muitos tipos de receptores na membrana. Cada um deles interage com ligantes diferentes, de forma específica. Assim, uma molécula mensageira só poderá interagir com uma célula que tenha, em sua membrana, os receptores correspondentes. Por exemplo, um hormônio que estimula a glândula tireoide não se liga às células do ovário, uma vez que elas não apresentam receptores para esse hormônio.

Transporte de substâncias

A célula troca substâncias com o meio continuamente. Substâncias fundamentais para sua sobrevivência, como gás oxigênio, aminoácidos e glicose, devem passar do meio externo para o interno. Da mesma maneira, a célula produz substâncias que devem ser eliminadas, como o gás carbônico.

Permeabilidade seletiva

Algumas substâncias atravessam livremente a membrana plasmática, enquanto outras têm sua passagem controlada ou até mesmo bloqueada. Por ser permeável a algumas substâncias e impermeável a outras, a membrana plasmática é considerada uma membrana **semipermeável**. A propriedade da membrana de selecionar algumas das substâncias que a atravessam é chamada **permeabilidade seletiva**.

Transporte passivo e transporte ativo

Existem diferentes processos envolvidos no transporte de substâncias através da membrana.

Algumas substâncias, por exemplo, entram nas células ou saem delas sem gasto de energia, por **difusão simples**. Para que isso ocorra, é necessária a existência de um gradiente de concentração entre célula e ambiente e que a membrana plasmática seja permeável ao soluto. A difusão ocorre da região onde há maior concentração de soluto em direção à região de menor concentração, ou seja, ela ocorre a favor do gradiente de concentração, até atingir uma distribuição homogênea.

Certas substâncias, por sua vez, só atravessam a membrana plasmática por meio de proteínas específicas da própria membrana. Esse outro exemplo de **transporte passivo** mediado por proteínas é denominado **difusão facilitada**.

Quando duas soluções estão separadas por uma membrana semipermeável, ou seja, permeável apenas ao solvente, este se desloca do meio com menor concentração de soluto para o meio de maior concentração, em um fenômeno chamado de **osmose**, que também ocorre sem gasto de energia.

Há também substâncias transportadas ativamente, isto é, que se deslocam contra um gradiente de concentração e com gasto de energia. Essa diferença de concentração tenderia a diminuir espontaneamente pelo transporte de íons por difusão facilitada, mas proteínas específicas da membrana transportam esses íons ativamente, o que caracteriza o **transporte ativo**.

ROTEIRO

3. Como as proteínas receptoras da membrana plasmática reconhecem a presença de determinadas substâncias no meio extracelular?

As proteínas receptoras da membrana plasmática interagem de forma específica com determinadas substâncias do meio extracelular, os ligantes ou mensageiros. Essa interação é possível devido a estrutura terciária e quaternária das proteínas.

Não escreva no livro.

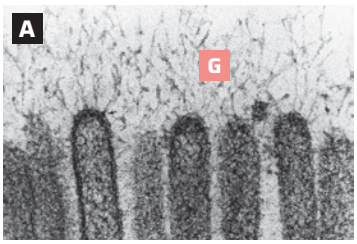
Envoltórios externos à membrana

A maioria das células apresenta algum tipo de envoltório, localizado externamente à membrana plasmática e aderido a ela. Esses envoltórios geralmente estão associados à proteção da membrana, ao reconhecimento celular e às trocas de substâncias entre a célula e o meio.

Glicocálix

O **glicocálix** (imagem **A**) é uma cobertura presente nas células de animais e de alguns protozoários. É composto de glicolipídios e glicoproteínas produzidos pela própria célula, que são constantemente renovados.

O glicocálix desempenha diversas funções: envolve a célula, fazendo o papel de proteção mecânica; constitui um microambiente específico da célula, retendo substâncias que conferem acidez e salinidade específicas; e atua no reconhecimento celular, seja entre células do mesmo organismo seja de células invasoras, realizado pelo sistema imunitário.



Don W. Fawcett/Science Source/Fotoarena

Detalhe da membrana de uma célula (área mais escura) do epitélio do intestino delgado de um morcego. A estrutura que confere à célula um aspecto "felpudo" (identificada pela letra G) é o glicocálix. Foto ao microscópio eletrônico de transmissão; aumento de cerca de 960 vezes.

Paredes celulares

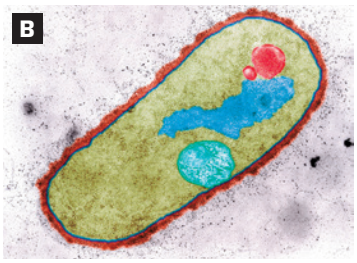
A **parede celula**r é um envoltório presente em células de bactérias, plantas, algas e fungos. A constituição das paredes celulares inclui vários tipos de composto: nos fungos, por exemplo, ocorre quitina, enquanto nas algas e plantas predomina a celulose.

Parede celular bacteriana

As células de quase todas as bactérias são envolvidas externamente por uma estrutura rígida e porosa, constituída de um carboidrato complexo denominado **peptidoglicano** (imagem **B**).

Mesmo sendo muito resistente, a parede celular bacteriana é permeável à água e permite a passagem de nutrientes e de outras moléculas. Entre as principais funções da parede celular estão: conferir o formato característico da célula, impedir o rompimento desta por absorção excessiva de água e protegê-la.

Muitos antibióticos atuam sobre a parede celular bacteriana, fragilizando sua estrutura ou mesmo promovendo sua dissolução. Dessa maneira, as bactérias não encontram condições de sobrevivência no organismo, sendo mais facilmente combatidas pelo sistema imunitário.



Ralph Slepecky/Visuals Unlimited, Inc./Imageplus

Célula bacteriana. A parede celular aparece em vermelho. Foto ao microscópio eletrônico de transmissão; imagem colorizada; aumento de cerca de 36 100 vezes.

Parede celulósica

A parede celular das células vegetais é também chamada parede celulósica por conter grande quantidade de **celulose**, um tipo de carboidrato.

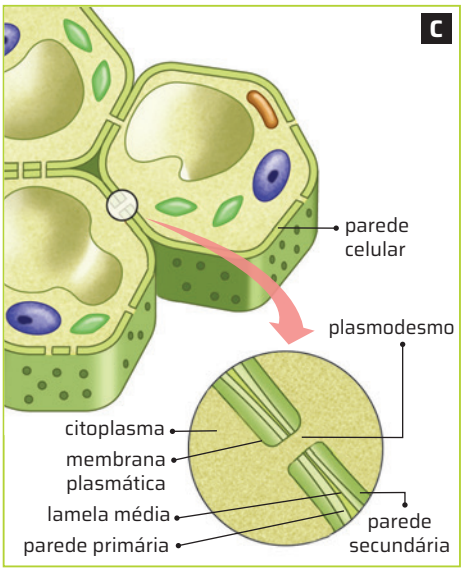
Nas células vegetais jovens, recém-formadas, a parede celulósica é constituída de duas camadas: a **parede primária** e a **lamela média**. Quando a célula atinge seu tamanho definitivo, forma-se a **parede secundária**, situada entre a membrana plasmática e a parede primária. Essas barreiras são atravessadas por estruturas denominadas **plasmodesmos**, verdadeiros canais de comunicação entre os citoplasmas de células vizinhas.

A parede secundária (imagem **C**) é mais espessa e mais rígida que a parede primária. Sua composição química inclui principalmente microfibrilas de celulose organizadas em várias camadas sobrepostas, formando uma malha altamente resistente.

Em alguns casos, a parede secundária também contém lignina, substância que confere extrema rigidez e dureza a alguns tecidos vegetais, como os que formam a madeira. Em tecidos vegetais de revestimento, é comum o acúmulo, na parede secundária, de suberina, um composto ceroso que impede a passagem de água.

Entre as funções da parede celulósica podem ser citadas: proteção à célula e manutenção de seu formato; adesão e comunicação entre células vizinhas; proteção contra a entrada excessiva de água e manutenção da postura ereta da planta.

Representação sem proporção de tamanho.



Paulo César Pereira/D/BR

Esquema da disposição e estrutura da parede celulósica e ampliação de um plasmodesmo. Cores-fantasia.

Fonte de pesquisa: Reece, J. B. *et al. Biologia de Campbell*. 10. ed. Porto Alegre: Artmed, 2015. p. 118.

CITOPLASMA

O interior de toda célula viva é preenchido por uma substância gelatinosa, o citosol, e o conjunto formado pelo citosol e pelas estruturas nele contidas recebe o nome de citoplasma.

Imersas no citosol, podem estar presentes diversas estruturas, membranosas ou não. As transformações químicas que ocorrem no interior da célula estão associadas, em maior ou menor grau, a essas estruturas, denominadas **organelas citoplasmáticas**.

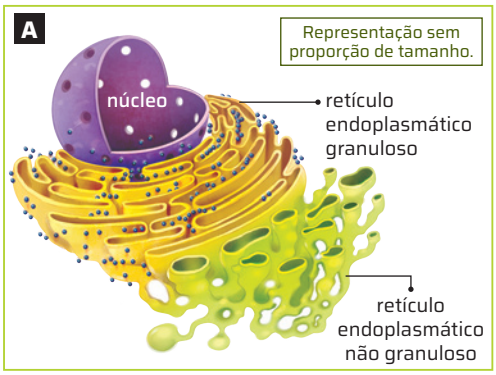
Além das organelas, o citoplasma apresenta uma rede de túbulos e filamentos de proteínas que sustentam e dão mobilidade aos demais componentes celulares e substâncias de reserva energética, como carboidratos, óleos e gorduras.

Organelas derivadas da membrana plasmática

As organelas citoplasmáticas derivadas da membrana plasmática estão presentes somente nas células eucariontes e realizam diversas funções, como síntese e transporte de proteínas, digestão intracelular, síntese e transporte de lipídios, entre outras.

Retículo endoplasmático

O retículo endoplasmático (RE) consiste em uma rede de túbulos e cisternas que se estende por todo o citoplasma. O RE apresenta duas regiões distintas: o RE granuloso e o RE não granuloso.



Fabio Eugenio/ID/BR

Representação da transição entre o REG e o RENG. Cores-fantasia.

Fonte de pesquisa: Reece, J. B. *et al. Biologia de Campbell*. 10. ed. Porto Alegre: Artmed, 2015. p. 103.

O **retículo endoplasmático granuloso** (**REG**) tem ribossomos aderidos à sua superfície, enquanto o **retículo endoplasmático não granuloso** (**RENG**) não apresenta ribossomos (imagem **A**).

O RENG participa de diversos processos metabólicos, que variam de acordo com o tipo celular. Esses processos incluem a síntese de lipídios, como fosfolipídios, esteroides, colesterol e outros lipídios de membranas; o metabolismo de carboidratos; a desintoxicação de drogas; e o armazenamento de íons cálcio, que nas células musculares são liberados durante o processo de contração muscular.

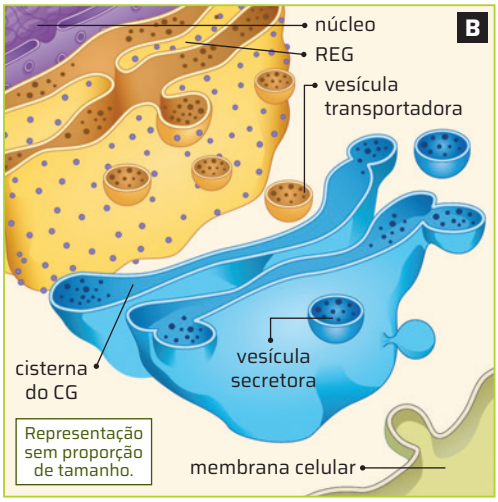
A principal função do REG é a síntese de proteínas que serão secretadas e de proteínas que farão parte da membrana plasmática. Os ribossomos aderidos à sua membrana sintetizam as proteínas de exportação, que deixam o RE em vesículas de transporte. O REG também sintetiza fosfolipídios a partir de precursores no citosol.

Complexo golgiense

O **complexo golgiense** (**CG**) consiste em um conjunto de bolsas achatadas, ou cisternas (imagem **B**). Ele é especialmente extenso nas células especializadas em secreção.

As proteínas de exportação sintetizadas no REG são transportadas para o complexo golgiense por meio de **vesículas transportadoras**. No CG, essas proteínas são modificadas, armazenadas e enviadas para outros destinos em **vesículas de secreção**.

Substâncias produzidas no RE são normalmente modificadas durante seu trajeto pelo CG. As glicoproteínas, por exemplo, podem ter seus carboidratos modificados, e os fosfolipídios também sofrem alterações.



Reinaldo Vignati/ID/BR

Representação das relações entre o RE e o CG. Note que o complexo golgiense é formado por bolsas. Cores-fantasia.

Fonte de pesquisa: Reece, J. B. *et al. Biologia de Campbell*. 10. ed. Porto Alegre: Artmed, 2015. p. 105-106.

Peroxissomos

Os **peroxissomos** são vesículas cujo interior apresenta oxidases, enzimas que decompõem moléculas orgânicas, como aminoácidos e lipídios, dando origem ao peróxido de hidrogênio (H_2O_2). O peróxido de hidrogênio é utilizado na neutralização de substâncias tóxicas, como o álcool, principalmente nas células do fígado e dos rins.

O peróxido de hidrogênio, porém, é tóxico para a célula, sendo rapidamente convertido em água e gás oxigênio por outra enzima, a catalase.

Não escreva no livro.

Lisossomos

Os **lisossomos** são vesículas repletas de enzimas digestivas, produzidas pelo REG e transferidas para o CG, onde são processadas.

A principal função dos lisossomos é a digestão intracelular. Diversas células eucariontes realizam o processo de **fagocitose**, durante o qual organismos menores ou partículas de alimento são englobados por prolongamentos da membrana plasmática, formando uma vesícula de fagocitose. Os lisossomos fundem-se às vesículas de fagocitose, formando os **vacúolos digestivos**.

Os lisossomos também digerem componentes citoplasmáticos. Esse processo é chamado autofagia.

Vacúolos

Os **vacúolos** são vesículas delimitadas por membrana e, em geral, ocupam grande parte do volume celular. Eles são mais abundantes nas células vegetais, exercendo funções variadas, como controle da quantidade de água no citoplasma, digestão intracelular e armazenamento de substâncias.

Mitocôndrias

As mitocôndrias são organelas delimitadas por duas membranas e estão presentes apenas nas células eucariontes aeróbias (imagem **A**). A membrana mitocondrial externa tem estrutura e composição semelhantes às da membrana de outras organelas, e a membrana interna apresenta dobras que se projetam para o interior da organela, denominadas **cristas mitocondriais**. O espaço interno da mitocôndria é preenchido por uma substância semelhante ao citosol, onde se encontram DNA e RNA, além de enzimas e ribossomos.

A principal função das mitocôndrias é a **respiração celular**. Nesse processo, a energia química presente em moléculas de glicose, por exemplo, é convertida em energia para uso nas células, com a participação do gás oxigênio (O_2).

Em geral, as mitocôndrias são mais numerosas nas células com maior atividade metabólica, como as células do fígado, as musculares e as nervosas.

Cloroplastos

Os **cloroplastos** (imagem **B**) estão presentes somente nas células vegetais e, assim como as mitocôndrias, são delimitados por duas membranas.

Essas organelas contêm clorofila, pigmento verde envolvido na fotossíntese, e em seu interior também são encontrados ribossomos, enzimas e material genético – DNA e RNA.

Estruturas celulares sem membrana

Algumas estruturas celulares não apresentam envoltório membranoso e são constituídas de proteínas globulares, filamentosas ou tubulares. É o caso dos ribossomos e do citoesqueleto.

Ribossomos

Os ribossomos são aglomerados complexos de RNA e de proteínas, importantes na síntese proteica. Podem estar livres no citosol, aderidos à membrana do RE e também no interior de algumas organelas, como as mitocôndrias. Embora presentes em quase todas as células, os ribossomos são escassos nas hemácias e ausentes nos espermatozoides maduros.

Citoesqueleto

O **citoesqueleto** é composto de proteínas que se agrupam formando tubos e filamentos, que entrelaçados compõem uma rede que permeia todo citoplasma (imagem **C**). Ele é importante para os movimentos celulares, na divisão celular e na manutenção da estrutura celular.

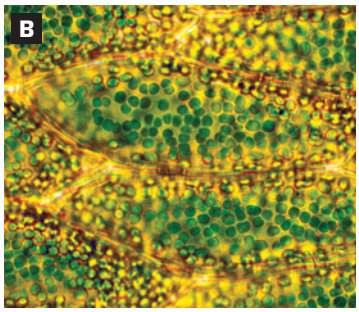
4. Veja resposta em *Respostas e comentários* no Manual do Professor.

ROTEIRO

4. Descreva o caminho que um hormônio proteico percorre desde sua síntese até atingir a célula-alvo.

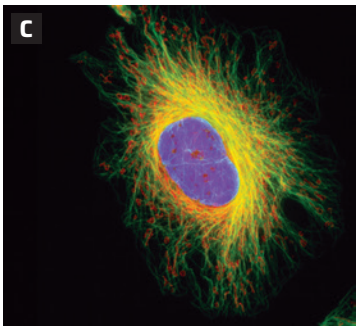
CNRI/SPL/Fotoarena

Mitocôndria. Foto ao microscópio eletrônico de transmissão; imagem colorizada; aumento de cerca de 43 300 vezes.



Dr. Keith Wheeler/SPL/Fotoarena

Cloroplastos (em verde) em células vegetais. Foto ao microscópio de luz; aumento de cerca de 210 vezes.



Dr. Gopal Murti/SPL/Fotoarena

Célula com núcleo e filamentos do citoesqueleto em evidência. Foto ao microscópio de fluorescência; imagem colorizada; aumento de 630 vezes.

Construção de modelos de células

Com raras exceções, as células não podem ser vistas a olho nu. Então, como é possível entender as relações entre as partes de uma célula sem o uso de um microscópio?

Nesta atividade, você e os colegas vão responder a essa pergunta construindo um modelo de célula.

Material

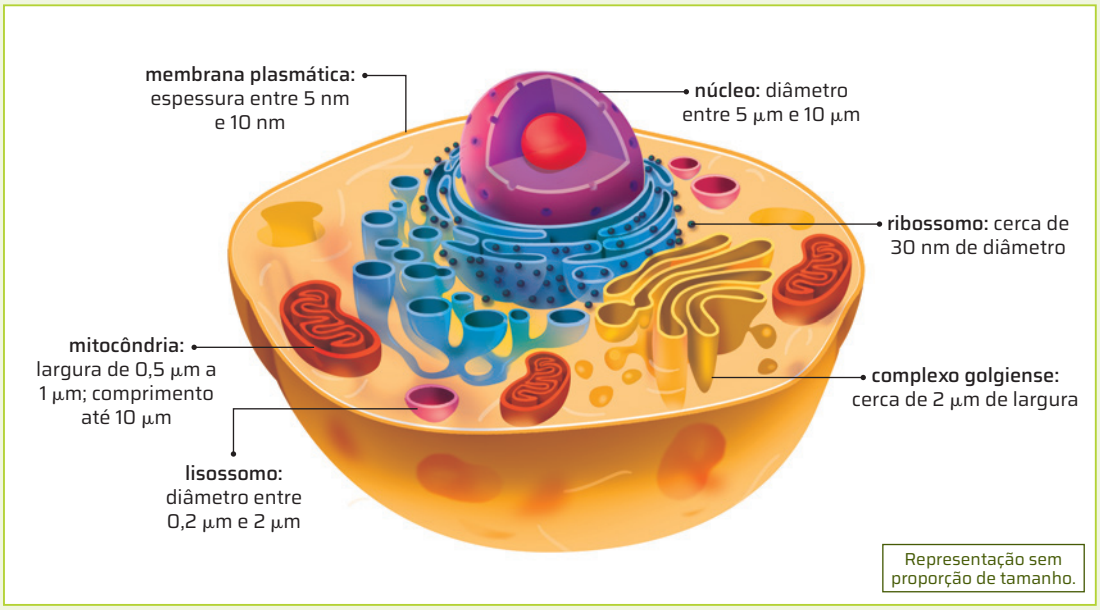
- recipiente plástico ou de vidro (pote de sorvete, vidro grande de compota com boca larga, etc.)
- panela ou recipiente de vidro térmico
- gel incolor
- gel fixador (colorido) de cabelo
- massa de modelar de cores variadas
- fitas coloridas ou fios de lã coloridos
- outros materiais, diferentes e variados, escolhidos a critério de cada grupo
- 1 saco plástico pequeno
- 1 colher ou espátula

Como fazer

Esta atividade tem duas partes: a elaboração do projeto do modelo de estrutura celular e a construção desse modelo.

Parte I – Elaboração do projeto

1. Elaborem um projeto coletivo, com o objetivo de construir um modelo de célula eucarionte animal. Após a definição do modelo a ser feito, pesquisem as características da célula a ser modelada (forma, dimensões, organelas existentes, entre outras).
2. Organizem-se em grupos. Cada grupo vai ficar responsável pela construção de uma organela. A ideia é que a união das organelas componha um único modelo de célula.
3. Conversem com os demais grupos e estabeleçam informações importantes, como o tamanho de cada organela. Vejam, na figura a seguir, as dimensões aproximadas de algumas das estruturas e organelas celulares.



Fabio Eugenio/ID/BR

Representação em cores-fantasia.

Não escreva no livro.

4. Desenhem uma escala do projeto com base nas relações reais de proporção. Por exemplo, as mitocôndrias devem ser menores que o núcleo da célula – a largura de uma dessas organelas é cerca de dez vezes menor que o diâmetro do núcleo.
5. Atenção para o formato de cada organela, pois é muito importante que, ao final do projeto, as organelas possam ser identificadas por todos.

Parte II – Construção do modelo

1. Devem ser usados, de preferência, materiais recicláveis – por exemplo, uma estrutura de arame ou de papelão envolta em plásticos pode ser a base para a construção da membrana plasmática.
2. Cada grupo vai ficar responsável pela construção de uma das seguintes estruturas:
   - membrana plasmática
   - núcleo
   - ribossomos
   - lisossomos
   - retículo endoplasmático
   - mitocôndria
   - complexo golgiense
3. Quando todas as organelas estiverem prontas, os grupos vão se organizar para montar a célula.
4. Lembrem-se de que as organelas devem ficar distribuídas dentro do envoltório da célula, como se estivessem mergulhadas no citoplasma, e não concentradas em uma única região. Podem ser utilizados materiais como fitas adesivas, palitos de churrasco e arame para prender cada organela em uma posição definida no citoplasma da célula. Sejam criativos!

Fabiola Bovo Mendonça/ID/BR

Exemplo de modelo de célula construído com materiais recicláveis.

Para concluir

1 **Qual foi sua principal dificuldade durante a construção desse modelo?**
Veja resposta em *Respostas e comentários* no Manual do Professor.

2 **A utilização de modelos é comum no meio científico. Por meio deles, os cientistas buscam reproduzir estruturas ou processos da natureza.**

a) Quais são as vantagens do uso de modelos como o elaborado nesta atividade? Veja resposta em *Respostas e comentários* no Manual do Professor.

b) Você saberia apontar alguma limitação desse modelo, isto é, alguma parte ou característica da célula que não foi representada como na célula original? Veja resposta em *Respostas e comentários* no Manual do Professor.

3 **Depois de confeccionado o modelo, cada grupo fará uma pequena apresentação sobre a estrutura ou a organela que construiu e sua função na célula.** Veja resposta em *Respostas e comentários* no Manual do Professor.

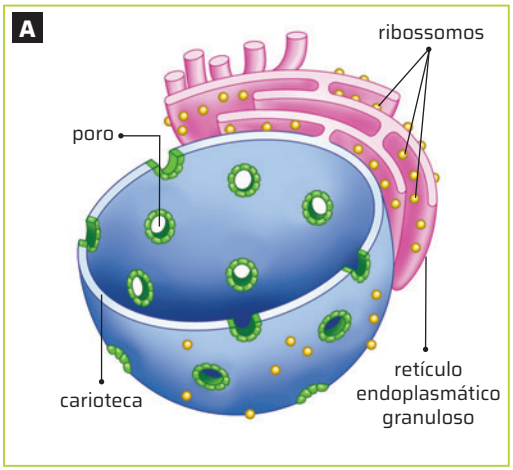
O NÚCLEO CELULAR

No interior do núcleo celular, estrutura presente apenas em células eucariontes, encontram-se material genético e proteínas específicas, que têm função estrutural e regulatória, e outras com função de síntese e de transporte de substâncias diversas e de regulação.

A membrana do núcleo é dupla e separa seu conteúdo do citoplasma. Entretanto, a membrana nuclear não isola completamente os dois meios, pois conta com poros e canais que permitem a comunicação e a troca de substâncias entre o núcleo e o citoplasma.

O núcleo é constituído de um envoltório, a **carioteca**, do nucleoplasma, onde se encontra mergulhada a **cromatina**, e de um **nucléolo**.

Representação sem proporção de tamanho.



Paulo César Pereira/ID/BR

Esquema mostrando a carioteca e sua relação com o retículo endoplasmático. Representação em cores-fantasia.

Fonte de pesquisa: Reece, J. B. *et al. Biologia de Campbell*. 10. ed. Porto Alegre: Artmed, 2015. p. 105.

Carioteca

A carioteca é uma membrana dupla. A membrana externa, voltada para o citosol, está ligada ao retículo endoplasmático, como se fosse sua continuação (imagem **A**). Podem existir ribossomos aderidos a ela, como no retículo endoplasmático granuloso. Por sua vez, a membrana interna tem proteínas especiais que auxiliam no ancoramento da cromatina e na manutenção da estrutura e da forma do núcleo.

Em vários pontos da carioteca, as duas membranas unem-se e formam poros, que permitem a comunicação do núcleo com o citoplasma. Cada poro é uma estrutura complexa, constituída de proteínas que controlam a entrada e a saída de substâncias.

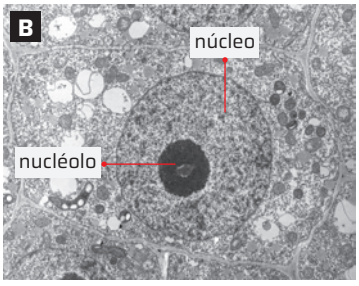
Cromatina

A cromatina é composta de um emaranhado de filamentos muito finos chamados cromossomos. Durante o período em que a célula não está se dividindo, cada filamento de cromatina apresenta-se disperso no núcleo.

O filamento de cromatina é uma única e longa molécula de DNA (ácido desoxirribonucleico), enrolada em proteínas chamadas **histonas**, formando estruturas globulares, os **nucleossomos**. Cada filamento dobra-se sobre si mesmo, reduzindo seu comprimento e permitindo que caiba no núcleo.

Quando a célula não está se dividindo, não é possível distinguir cada filamento de cromatina, porém, quando a célula se prepara para se dividir, a cromatina passa a se enrolar cada vez mais, tornando-se espessa o suficiente para que seus filamentos sejam vistos como estruturas distintas ao microscópio. Ao chegar a esse alto nível de compactação, passamos a chamar as fitas de DNA de **cromossomos**.

Cada espécie eucarionte tem um determinado número de cromossomos. Os seres humanos, por exemplo, têm 46 cromossomos.



Dr. Jeremy Burgess/SPL/Fotoarena

Núcleo de uma célula, com destaque para o nucléolo em seu interior. Foto ao microscópio eletrônico de transmissão; aumento de cerca de 5 520 vezes.

Nucléolo

No interior do núcleo encontra-se o nucléolo, uma região mais corada e não limitada por membrana (imagem **B**). Formado por RNA (ácido ribonucleico) e algumas proteínas, ele aparece bastante desenvolvido em células que apresentam intensa síntese proteica.

É no nucléolo que ocorre a síntese do **RNA ribossômico** (**RNAr**); esse tipo de RNA faz parte da estrutura do ribossomo. É no nucléolo que acontece a junção entre o RNAr e as proteínas, que são sintetizadas no citoplasma, e que entram no núcleo por meio dos poros na carioteca, formando as subunidades grande e pequena do ribossomo. Essas subunidades deixam o núcleo através dos poros e podem se unir no citoplasma, formando um ribossomo.

O ambiente interno do núcleo, onde estão mergulhados os filamentos da cromatina e as estruturas que constituem o nucléolo, é chamado **nucleoplasma**.

ROTEIRO

5. **Nas células eucariontes, a informação genética fica contida no núcleo. De que forma o restante da célula tem acesso a essas informações?**

O restante da célula tem acesso indireto às informações genéticas contidas no núcleo. Isso é possível por meio da síntese de moléculas de RNA no interior do núcleo, que saem pelos poros e atuam no citoplasma, na produção de proteínas.

Não escreva no livro.

ATIVIDADES

5. a) Resposta variável. Devido aos carboidratos associados ao lado interno da membrana, as enzimas do interior dos lisossomos são impedidas de romper a própria membrana, prevenindo o processo de digestão celular.

ATIVIDADE RESOLVIDA

1 **A tabela a seguir traz informações sobre células de três organismos diferentes.**

Estrutura celular	X	Y	Z
Membrana celular	Presente	Presente	Presente
Núcleo organizado	Presente	Ausente	Presente
Vacúolo central	Ausente	Ausente	Presente
Cloroplasto	Ausente	Ausente	Presente
Parede celulósica	Ausente	Ausente	Presente

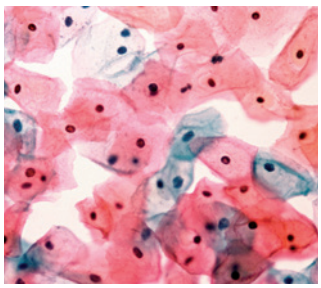
- De acordo com as informações da tabela, a qual das colunas (**X**, **Y** ou **Z**) corresponde cada um dos seres vivos a seguir?

jabuticabeira jacaré bactéria do leite

Resolução

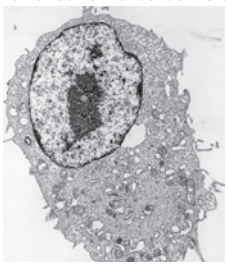
Todos os organismos apresentam membrana celular. O organismo **X** é formado por células eucariontes não fotossintetizantes, portanto suas células têm núcleo organizado (jacaré). O organismo **Z** é formado por células eucariontes fotossintetizantes, pois apresentam vacúolo central, cloroplasto e parede celulósica (jabuticabeira). Já o organismo **Y** é um ser procariótico, pois não apresenta núcleo organizado nem organelas membranosas (bactéria do leite).

2 **Observe atentamente as duas micrografias mostradas a seguir. Uma delas foi feita com microscópio de luz, e a outra foi obtida por meio de um microscópio eletrônico. Qual delas foi feita com um microscópio de luz? Qual foi obtida por meio de um microscópio eletrônico? Que aspectos das células você observou para justificar sua resposta?** Veja resposta em *Respostas e comentários* no Manual do Professor.



Dr. E. Walker/SPL/Fotoarena

Aumento de cerca de 516 vezes.



Dr. Gopal Murti/SPL/Fotoarena

Aumento de cerca de 1 680 vezes.

3 **Leia as alternativas a seguir. Identifique as afirmações incorretas e reescreva-as em seu caderno, corrigindo-as.** Veja resposta em *Respostas e comentários* no Manual do Professor.

a) As bactérias são procariontes e, como tais, não apresentam núcleo nem membrana celular.

b) Robert Hooke observou células animais mortas ao colocar uma fatia fina de cortiça em seu microscópio.

c) Os seres eucariontes se distinguem dos procariontes porque têm organelas no citoplasma.

d) O núcleo das células só pode ser observado quando se dispõe de um microscópio eletrônico.

e) A presença de cloroplastos é um dos aspectos que diferenciam células vegetais de células animais.

f) Paredes celulares são estruturas encontradas exclusivamente em células animais.

4 **Sobre a membrana celular ou plasmática, responda:**

a) Qual é sua composição química? Fosfolipídios, proteínas e carboidratos.

b) De acordo com o modelo do mosaico fluido, como os componentes da membrana celular estão organizados? Veja resposta em *Respostas e comentários* no Manual do Professor.

5 **Os lisossomos são organelas celulares que acumulam grande quantidade de enzimas digestivas. Sobre eles, faça o que se pede.**

a) Elabore uma hipótese para explicar por que os lisossomos não destroem a própria célula, apesar de seu conteúdo enzimático.

b) Quais poderiam ser as consequências do extravasamento inadequado do conteúdo lisossomal? Veja resposta em *Respostas e comentários* no Manual do Professor.

6 **A diapedese consiste na migração de glóbulos brancos (leucócitos) do sangue através de poros das paredes capilares para os tecidos circundantes. Esse fenômeno está associado, geralmente, a processos inflamatórios ou infecciosos, nos quais os leucócitos fagocitam bactérias invasoras.**

a) A capacidade de o leucócito realizar os movimentos de diapedese e fagocitose se relaciona a quais componentes celulares? Veja resposta em *Respostas e comentários* no Manual do Professor.

b) Após a fagocitose, as vesículas formadas podem se fundir aos lisossomos. Qual é a importância desse processo? Veja resposta em *Respostas e comentários* no Manual do Professor.

7 **As hemácias do sangue originam-se na medula óssea vermelha a partir da modificação dos eritroblastos, células nucleadas e dotadas de organelas. Nesse processo, o núcleo da célula é expelido, a hemoglobina (proteína que transporta os gases respiratórios) é sintetizada e os demais componentes celulares são destruídos. E a hemácia madura finalmente penetra na corrente sanguínea. Responda:**

a) Quais organelas são responsáveis pela destruição dos demais componentes celulares? Os lisossomos.

b) A eliminação das organelas poderia ser a primeira etapa da maturação da hemácia? Veja resposta em *Respostas e comentários* no Manual do Professor.

8 **Alguns antibióticos combatem as infecções inibindo a ação dos ribossomos bacterianos. Responda:**

a) Por que a inibição da atividade ribossomal ajuda a controlar as infecções bacterianas? Veja resposta em *Respostas e comentários* no Manual do Professor.

b) Elabore uma hipótese para explicar por que os antibióticos não inibem a ação dos ribossomos humanos? Veja resposta em *Respostas e comentários* no Manual do Professor.

CAPÍTULO 2 CAPÍTULO 2 CAPÍTULO 2 CAPÍTULO

1. Espera-se que os estudantes reconheçam que os alimentos são a principal fonte de energia para o metabolismo dos seres vivos.

METABOLISMO CELULAR

PARA COMEÇAR

1. Como as células obtêm a energia necessária para seu metabolismo?
2. Quais substâncias fornecem energia para as células? Como essas substâncias podem ser obtidas pelos seres vivos?
3. Qual é a importância das proteínas para as células?

2. Respostas variáveis. Os estudantes podem citar açúcares, gorduras e outras moléculas orgânicas que fornecem energia às células. Alguns seres vivos, os autótrofos, são capazes de produzir as moléculas orgânicas que lhes servem de energia. Outros seres precisam obter essas moléculas por meio da alimentação.

METABOLISMO E ENERGIA

Toda atividade realizada pelos seres vivos – e, portanto, por suas células – depende de fornecimento constante de energia. Os físicos consideram **energia** a capacidade que um corpo, uma substância ou um sistema físico têm de realizar trabalho (produzir movimento, de modo geral). A energia pode ser transferida de um corpo a outro e também ser convertida de um tipo em outro. O calor, a luz e o som, por exemplo, são diferentes tipos de energia.

Toda matéria é formada por substâncias, que, por sua vez, são constituídas de moléculas e átomos. Os átomos estão ligados uns aos outros por ligações químicas que contêm energia armazenada. As moléculas presentes em um pedaço de madeira, por exemplo, contêm energia química na ligação entre seus átomos. Quando ocorre a combustão (queima) da madeira, a energia química desse material se transforma em energia luminosa e térmica.

O tipo de energia utilizado pelas células é a energia química. É ela que permite às jogadoras de futebol retratadas na foto desta página realizar movimentos e ações, como visualizar a bola, mover o corpo, saltar e manter o equilíbrio, localizar as outras jogadoras, decidir qual é a melhor jogada e, ao mesmo tempo, manter as funções vitais do organismo. Todas essas atividades requerem a conversão da energia química dos alimentos em outras formas de energia.

Além da demanda por energia, a atividade celular depende de inúmeras proteínas, moléculas que participam de praticamente todas as reações químicas vitais. As proteínas são sintetizadas pelas próprias células por meio de um processo que envolve a formação de uma cadeia de aminoácidos com base em informações contidas no DNA.

Neste capítulo, você vai estudar os processos e as reações que garantem a transformação da energia contida nos alimentos em energia utilizável no metabolismo celular, bem como os mecanismos de síntese de proteínas e de regulação gênica.

3. As proteínas participam das reações bioquímicas inerentes à formação, ao crescimento, à manutenção e à reprodução dos organismos. Essas moléculas desempenham diversas funções, entre as quais se destacam as funções catalítica, transportadora, de movimento, estrutural, de defesa e reguladora.

Seleções femininas de futebol do Brasil e do Japão, em partida disputada nas Olimpíadas de Paris. Foto de 2024.

Michael Steele/ Getty Images

Não escreva no livro.

METABOLISMO

Toda célula contém um conjunto de substâncias que participam das reações químicas vitais. Algumas dessas substâncias são utilizadas na transferência de energia empregada em diversos processos orgânicos. Outras substâncias são desmontadas, e seus componentes, utilizados na produção das moléculas necessárias ao funcionamento e ao crescimento do organismo.

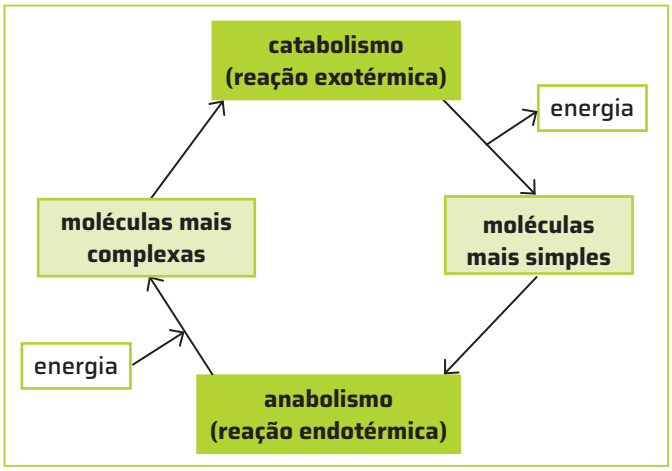
Toda essa atividade de transformação química constitui o metabolismo celular. Em outras palavras, o metabolismo (do grego *metábole*, "mudança", "transformação") pode ser definido como um conjunto de reações químicas que ocorre em organismos vivos. Grande parte dessas reações é mediada por **enzimas**.

As reações que constituem o metabolismo podem ser classificadas em dois grupos:

- **Catabolismo** ou reações de **degradação e quebra**, em que ocorre a decomposição, o desmonte de moléculas, com liberação de energia.
- **Anabolismo** ou reações de **síntese e produção**, em que moléculas complexas são formadas por outras mais simples, com absorção de energia.

Assim, o catabolismo é um conjunto de reações exotérmicas que transforma moléculas em compostos menores e mais simples; por sua vez, o anabolismo é um conjunto de reações endotérmicas que produz compostos mais complexos utilizando moléculas simples.

Anabolismo e catabolismo acontecem simultaneamente no interior das células. Um exemplo de catabolismo que ocorre no interior das células humanas e de todos os seres vivos é a quebra de moléculas de glicose em moléculas menores. A energia liberada nesse processo pode ser direcionada para a síntese de outras substâncias (anabolismo). Um exemplo de anabolismo é a síntese de proteínas nas células musculares, com aumento da massa muscular, em resposta à atividade física.



Esquema representando o metabolismo celular.

BIOLOGIA E QUÍMICA

Reações endotérmicas e reações exotérmicas

Algumas reações precisam receber energia para ocorrer. São as **reações endotérmicas** (do grego *éndon*, "dentro", e *thermós*, "temperatura"). Nelas, os reagentes contêm menos energia do que os produtos. Um exemplo é a reação de decomposição do bicarbonato de sódio (fermento químico) quando se faz um bolo:

bicarbonato de sódio (s) + energia → carbonato de sódio (s) + água (g) + CO_2 (g)

Outras reações liberam energia e são chamadas **exotérmicas** (do grego *ékso*, "fora", e *thermós*, "temperatura"). Nelas, parte da energia presente nos reagentes pode ser liberada durante a reação. Na queima do gás de cozinha (butano), por exemplo, o calor desprendido pela chama do forno é a energia necessária para a transformação das substâncias que compõem o alimento que está sendo assado.

gás butano + O_2 (g) → CO_2 (g) + água (g) + energia

A degradação da glicose em organismos vivos é outro exemplo. Ao fim de um conjunto de reações, a energia química da molécula de glicose pode transformar-se em outros tipos de energia – por exemplo, na energia térmica que aquece o organismo e na energia mecânica envolvida na contração muscular.

1. **Os chamados animais endotérmicos mantêm a temperatura corporal interna constante. Essa temperatura depende do equilíbrio entre o calor gerado pelo organismo e o calor trocado com o ambiente.**

• De que forma os animais endotérmicos, como os seres humanos, geram calor?

Os animais endotérmicos geram calor por meio do metabolismo, especialmente pela degradação da glicose.

Não escreva no livro.

REAÇÕES DE OXIRREDUÇÃO E METABOLISMO ENERGÉTICO

Devido à entrada e à saída contínuas de substâncias e à transformação dessas substâncias no interior das células, os seres vivos se mantêm em atividade, permanecendo em estado de equilíbrio dinâmico.

No metabolismo energético celular, ocorrem sucessivas reações de oxirredução, nas quais elétrons ou íons de hidrogênio (H^+) são transferidos de uma molécula para outra. Elétrons ou íons de hidrogênio liberados nas reações de oxidação são acompanhados de grande quantidade de energia, que estava armazenada nas moléculas das quais faziam parte.

O aproveitamento da energia química pelos seres vivos pode ser realizado por acoplamento energético, ou seja, pelo armazenamento de energia nas ligações químicas de moléculas chamadas **ATP** ou **trifosfato de adenosina**.

Diversas transformações moleculares nas quais ocorre liberação de energia, como os processos catabólicos, são de oxidação. Nesses processos, há a degradação oxidativa das moléculas dos nutrientes, o que implica a redução de outras moléculas. Assim, a célula deve dispor de um **aceptor**, uma molécula que receba os elétrons ou os íons de hidrogênio liberados, desprendidos nas reações de oxidação. De acordo com a natureza do aceptor, essas reações podem ser classificadas em **aeróbias**, se a molécula que recebe elétrons ou íons de hidrogênio for o gás oxigênio, ou em **anaeróbias**, se o agente oxidante for outra substância, como um nitrato ou um sulfato.

O **catabolismo aeróbio** é formado por várias reações químicas que conduzem finalmente à obtenção de moléculas de ATP, que poderão ser utilizadas em outros processos que necessitam de energia – as rotas de anabolismo. A energia que não for armazenada é dissipada na forma de calor (imagem **A**).

ROTEIRO

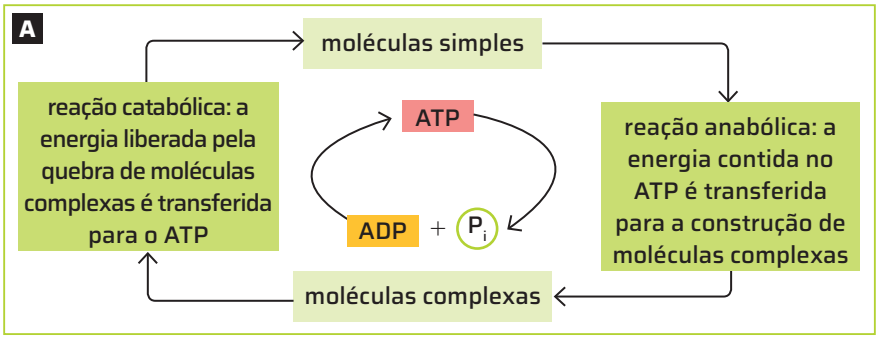
1. Comente estas frases:

a) A energia dos alimentos é obtida por oxidação.

b) A única função dos alimentos é fornecer energia.

1. a) Por meio de sucessivas reações de oxirredução, nas quais elétrons ou íons hidrogênio (H_1) são transferidos de uma molécula para outra, ocorre a liberação de grande quantidade de energia. A oxidação biológica consiste na retirada de hidrogênio (H) do substrato. Assim, uma parte da energia derivada da oxidação de alimentos é usada para sintetizar um composto rico em energia (ATP).

1. b) A função dos alimentos é fornecer energia e micronutrientes necessários para o correto funcionamento das vias metabólicas, bem como matéria-prima para a síntese dos tecidos biológicos.



Ilustrações: ID/BR

Esquema simplificado de processos anabólicos e catabólicos na célula.

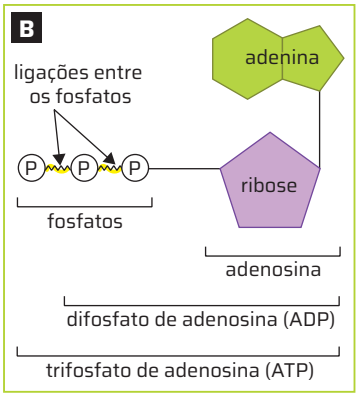
As moléculas de ATP e de ADP

Uma das substâncias que armazenam energia é o trifosfato de adenosina (ATP). A molécula de ATP (imagem **B**) é formada pela união de uma molécula de adenina (base nitrogenada) com uma molécula de ribose (pentose) e três grupos fosfato (P). Nas células, é comum a presença de íons fosfato livres (P_i), isto é, que não estão ligados a moléculas orgânicas e que, por isso, são chamados **fosfatos inorgânicos**. A adenina e a ribose formam a adenosina, a qual, ligada aos três fosfatos, forma o trifosfato de adenosina (ATP).

A remoção de um íon fosfato da molécula de ATP, por meio de uma reação de hidrólise, provoca a liberação de grande quantidade de energia (que poderá ser utilizada em outras reações) e a formação de uma molécula de **difosfato de adenosina (ADP)** com liberação de um fosfato inorgânico. A molécula de ADP é muito parecida com a molécula de ATP. Porém, ela tem apenas dois fosfatos; logo, a molécula de ADP tem menor quantidade de energia que a molécula de ATP.

Tanto a molécula de ATP como a de ADP são solúveis e se difundem por toda a célula.

ID/BR



Esquema de moléculas de ADP e ATP. Cores-fantasia.

Fonte de pesquisa: Alberts, B. *et al.* *Fundamentos da biologia celular*. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2011. p. 57.

Não escreva no livro.

O papel do ATP

Em condições normais, as células recebem um suprimento constante de energia, proveniente da degradação das moléculas de nutrientes (reações exotérmicas). Uma parte dessa energia é perdida sob a forma de calor, e a outra parte é utilizada em reações endotérmicas do metabolismo. Isso é possível graças a um mecanismo conhecido como **acoplamento de reações**, no qual algumas substâncias armazenam temporariamente a energia que depois será transferida a outras substâncias.

Um exemplo de acoplamento de reações é justamente a síntese do ATP (imagem **A**), que ocorre com a adição de um fosfato inorgânico ao ADP (fosforilação do ADP).

Durante a reação ADP + P_i → ATP, há o consumo da energia (reação endotérmica) que fica armazenada na molécula de ATP. Logo, o produto da reação (ATP) acumula mais energia do que os reagentes (ADP + P_i). Quando o metabolismo celular necessita de energia, o ATP é hidrolisado em ADP e P_i (ATP → → ADP + P_i) e a energia liberada é utilizada pela célula.

Isso significa que o ATP funciona como uma espécie de reserva energética, que pode ser gasta pela célula sempre que necessário. De fato, a cada instante e em cada célula, milhares de moléculas de ATP se decompõem em ADP e P_i, liberando energia. A recarga dos ADPs ocorre rapidamente toda vez que houver liberação de energia.

A importância das reações acopladas nas células e da função do ATP pode ser mais bem compreendida se compararmos a liberação de energia na célula a um tipo de liberação de energia muito comum no dia a dia: a combustão do gás de cozinha.

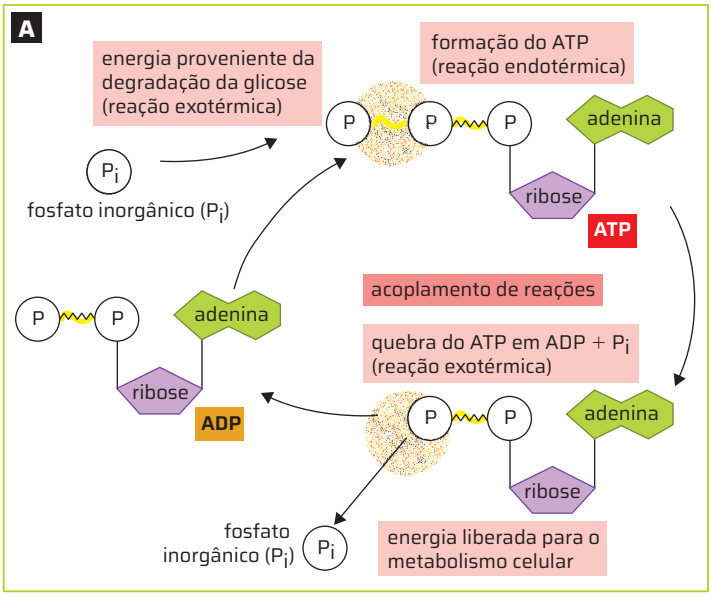
Nessa reação, toda a energia do gás é liberada de uma só vez, sob a forma de calor e de luz. Se a energia da glicose fosse liberada do mesmo modo, o calor seria tão intenso que destruiria as proteínas e interromperia todas as reações metabólicas, matando a célula. Mas não é assim que ocorre.

A energia armazenada nas ligações químicas da molécula de glicose é liberada gradativamente, em uma cadeia de reações que sintetizam moléculas de ATP. Depois, de acordo com as necessidades da célula, o ATP é hidrolisado, e a energia liberada por meio do desligamento de grupos fosfato é utilizada nas diversas reações metabólicas realizadas pelas células.

Quando o ATP perde um fosfato, este pode se transferir para outra molécula (substrato), que, por sua vez, torna-se fosforilada (imagem **B**). A fosforilação da molécula requer energia, a qual é conseguida por meio da quebra do ATP. A fosforilação de moléculas pode alterar a sua atividade biológica. Por exemplo, as proteínas das células musculares só conseguem promover a contração muscular depois de serem fosforiladas.

O processo inverso também ocorre, ou seja, a molécula orgânica ligada ao fosfato (substrato fosforilado) sofre desfosforilação, e o fosfato que foi desligado pode ser usado na reconstituição do ATP por meio do ADP. Entretanto, isso só acontecerá se houver uma fonte de energia disponível, como carboidratos ou lipídios.

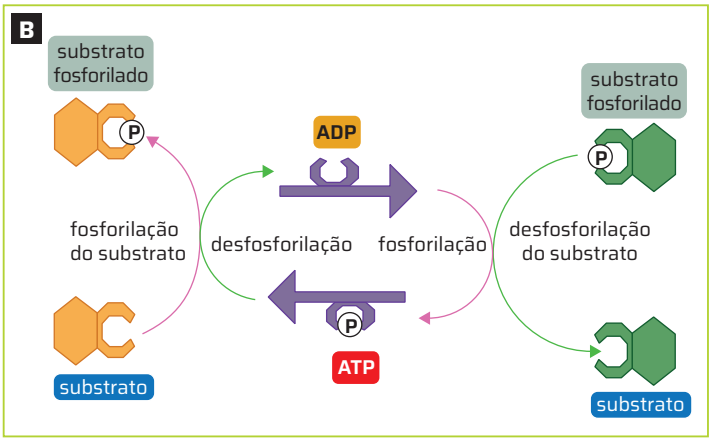
As reações de síntese de inúmeras moléculas orgânicas também usam a energia proveniente de moléculas de ATP.



Ilustrações: ID/BR

Esquema que representa o acoplamento de reações, com o ATP como reserva energética das células. Cores-fantasia.

Fonte de pesquisa: Alberts, B. *et al. Fundamentos da biologia celular*. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2011. p. 57.



Esquema que representa o papel do ATP como transportador de energia. Cores-fantasia.

Fonte de pesquisa: Alberts, B. *et al. Fundamentos da biologia celular*. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2011. p. 435.

RESPIRAÇÃO CELULAR AERÓBIA

A maioria das espécies de seres vivos atuais é aeróbia, isto é, são organismos que obtêm a energia de que necessitam para a manutenção de seus processos vitais por meio da **respiração celular aeróbia**, assim chamada por utilizar o gás oxigênio.

Nesse processo, que ocorre em uma série de etapas, substâncias orgânicas, como a glicose, são degradadas com a participação do gás oxigênio, produzindo água (H_2O) e gás carbônico (CO_2) e liberando energia. Uma parte dessa energia é armazenada em moléculas de ATP e será utilizada nos processos celulares; a outra parte se perde como calor.

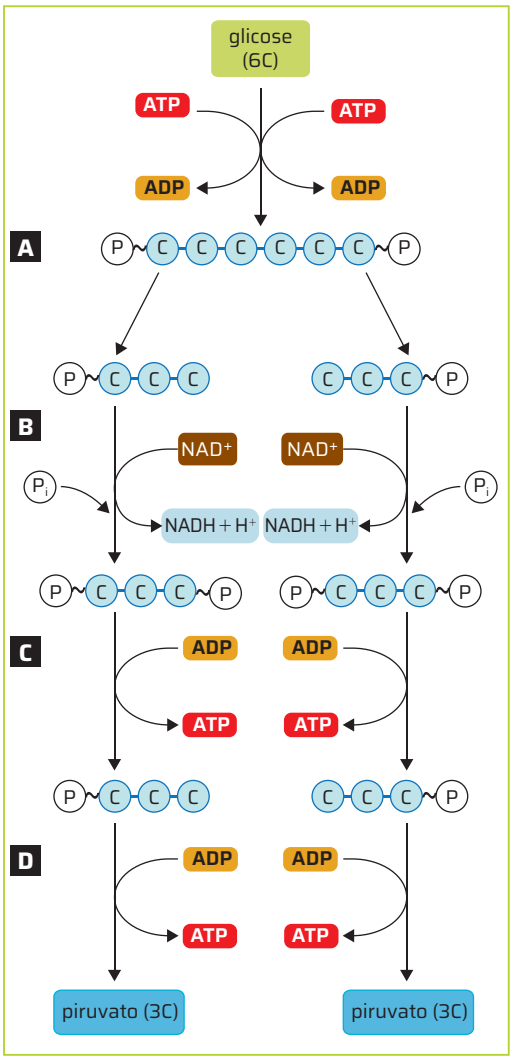
Desconsiderando as etapas intermediárias do processo, a respiração pode ser resumida nesta equação geral:

$$C_6H_{12}O_6 + 6\,O_2 \rightarrow 6\,CO_2 + 6\,H_2O$$

As reações da respiração celular aeróbia podem ser divididas em duas fases.

- **Fase anaeróbia** ou **glicólise**: acontece no citosol, sem a participação do gás oxigênio. É o início do catabolismo da glicose.
- **Fase aeróbia**: acontece obrigatoriamente na presença do gás oxigênio. Nos seres eucariontes, ela ocorre nas mitocôndrias; nos procariontes, ocorre no citosol, em interação com as enzimas da membrana.

ID/BR



Esquema simplificado da glicólise. Cores-fantasia.

Fonte de pesquisa: Alberts, B. *et al. Fundamentos da biologia celular*. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2011. p. 429.

Fase anaeróbia

Na fase anaeróbia ou glicólise (do grego *glykýs*, "açúcar", e *lysis*, "quebra"), a glicose, uma molécula relativamente simples, formada por seis átomos de carbono, é degradada por meio de uma série de reações das quais resultam duas moléculas de piruvato, com três átomos de carbono cada. O esquema ao lado representa, de forma simplificada, as etapas (**A**, **B**, **C** e **D**) dessa fase. Acompanhe a explicação a seguir com o auxílio desse esquema.

A glicólise é um processo exotérmico. Mas, para que ela se inicie, são necessárias duas moléculas de ATP (etapa **A**). A energia liberada ao longo dessa fase permite a formação de quatro moléculas de ATP ao final do processo. Se considerarmos que duas delas repõem as duas inicialmente utilizadas, o saldo final da glicólise é de duas moléculas de ATP.

Durante o processo de formação do piruvato, há a incorporação e a perda de fosfato pelas moléculas participantes das reações. Inicialmente, dois fosfatos presentes nas duas moléculas de ATP (chamadas moléculas de ativação) são incorporados (etapa **A**). Dois fosfatos inorgânicos (P_i) são incorporados posteriormente (etapa **B**). Por convenção, as ligações envolvendo os fosfatos – cujo desligamento da molécula implica liberação de grande quantidade de energia – são representadas pelo símbolo ~.

Durante a degradação da glicose, quatro íons de hidrogênio são liberados. Eles são captados e presos em duas moléculas transportadoras de hidrogênio, chamadas **nicotinamida-adenina-dinucleotídio** (**NAD^+**). Cada uma se torna, então, **NADH + H^+** (etapa **B**). Em seguida, quatro moléculas de ADP incorporam os fosfatos, formando as quatro moléculas de ATP (etapas **C** e **D**).

O processo de glicólise libera apenas uma parte da energia disponível na molécula de glicose; a parte restante continua armazenada nas moléculas de piruvato e será liberada nas etapas posteriores.

Não escreva no livro.

Fase aeróbia

Essa fase da respiração acontece apenas na presença do gás oxigênio, por isso é chamada aeróbia. Em seres eucariontes, ela ocorre no interior das mitocôndrias, onde se forma a maioria das moléculas de ATP.

As mitocôndrias (imagem **A**) são formadas por uma dupla membrana, a externa e a interna. A membrana interna apresenta uma série de dobras ou cristas mitocondriais. As membranas delimitam uma região chamada espaço intermembrana. O volume interno da mitocôndria é preenchido por um fluido viscoso, a matriz mitocondrial.

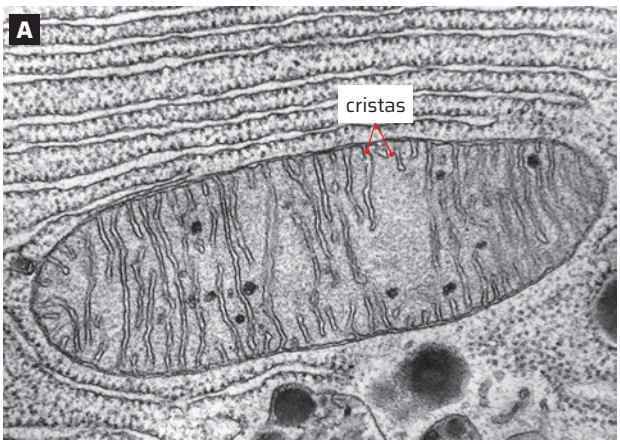
A fase aeróbia é dividida em duas sequências de reações: o ciclo de Krebs, que ocorre na matriz mitocondrial, e a cadeia respiratória, nas cristas mitocondriais.

Na fase aeróbia, o piruvato é degradado; seus átomos de carbono são eliminados em forma de dióxido de carbono (CO_2) e seus íons de hidrogênio são captados pelos carreadores NAD^+ e **FAD** (**flavina-adenina-dinucleotídio**), formando, respectivamente, NADH + H^+ e $FADH_2$.

Os íons de hidrogênio captados pelos carreadores são transferidos para o gás oxigênio, que chega às células por difusão, pelo meio extracelular. Dessa união entre o gás oxigênio e os íons de hidrogênio, formam-se moléculas de água, enquanto as moléculas carreadoras voltam à forma inicial (NAD^+ e FAD). Apesar de o gás oxigênio participar apenas da última etapa da cadeia respiratória, em sua ausência as demais reações dessa fase não ocorrem.

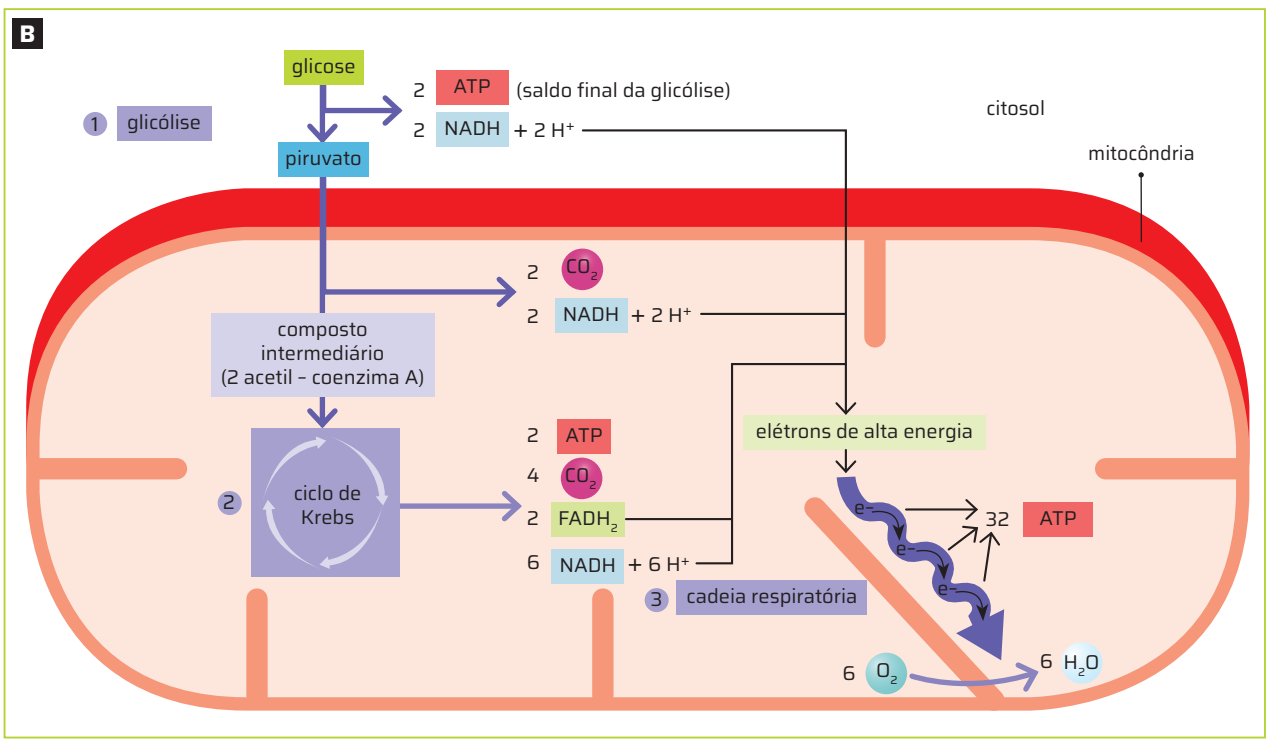
Ao final da fase aeróbia, uma grande quantidade de energia fica armazenada nas moléculas de ATP e pode ser utilizada posteriormente pela célula. Isso acontece porque elétrons passam sucessivamente por uma série de moléculas transportadoras – a cadeia respiratória – e, ao longo dessa etapa, liberam energia gradualmente por meio de reações de oxirredução.

A imagem **B** resume o que ocorre nas células durante a respiração celular.



Keith R. Porter/Science Source/Fotoarena

Mitocôndria em corte longitudinal (no sentido do maior comprimento), mostrando as cristas mitocondriais. Foto ao microscópio eletrônico de transmissão; aumento de cerca de 30 mil vezes.



ID/BR

Esquema geral da respiração aeróbia. As duas moléculas de piruvato, produto final da glicólise, são degradadas ao longo da fase aeróbia. Cores-fantasia.

Fonte de pesquisa: Alberts, B. *et al. Fundamentos da biologia celular*. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2011. p. 459.

O ciclo de Krebs

O **ciclo de Krebs** ou **ciclo do ácido cítrico** é uma sequência de reações exotérmicas e endotérmicas. O esquema desta página ilustra, de maneira simplificada, suas etapas (de **A** até **G**).

Ao entrar na mitocôndria, cada molécula de piruvato dá origem a uma molécula de gás carbônico, uma de NADH + H^+ e a um grupamento acetil, que é justamente o que dará início ao ciclo (etapa **A**).

O acetil incorpora uma molécula de **coenzima A**, formando o **acetil-CoA** (etapa **B**). Este se combina com um composto de quatro átomos de carbono, o ácido oxalacético, liberando a coenzima A. Forma-se, assim, o **ácido cítrico** (etapa **C**).

Ao longo do ciclo, o ácido cítrico e seus derivados perdem dois carbonos na forma de CO_2 (etapa **D**) e íons de hidrogênio, que são captados por NAD^+ e FAD (etapa **E**). Note que também ocorre a formação do ATP resultante da união de um fosfato inorgânico com o ADP (etapa **F**). Ao final, forma-se novamente o ácido oxalacético (etapa **G**), que se unirá a outro acetil-CoA, reiniciando o ciclo.

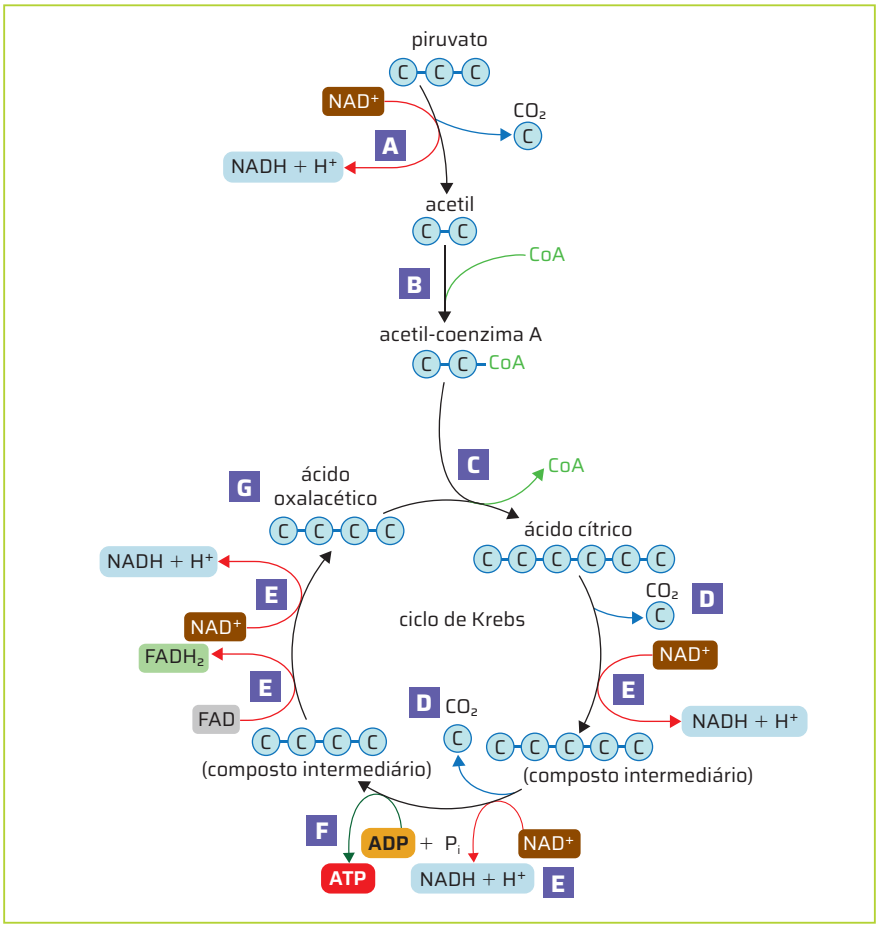
Os produtos finais da formação do acetil-CoA e do ciclo de Krebs são, portanto, três moléculas de gás carbônico (CO_2) e uma molécula de ATP, além de elétrons energizados e íons H^+. Estes são imediatamente captados por moléculas de NAD^+, que se transformam em NADH + H^+, e por moléculas de FAD, que se transformam em $FADH_2$. Ambos, o NADH e o $FADH_2$, participarão da cadeia respiratória, na qual serão usados para a produção significativamente maior de moléculas de ATP.

Os produtos de degradação tanto dos lipídios como dos glicídios entram no ciclo de Krebs sob a forma de acetil-coenzima A. Eventualmente, também podem entrar nesse ciclo os produtos da degradação de proteínas. Assim, o ciclo de Krebs aproveita os produtos intermediários do metabolismo e constitui um ponto de partida para a síntese de novos compostos.

ROTEIRO

2. Organismos autótrofos são capazes de produzir carboidratos. Esses organismos realizam respiração celular? Justifique sua resposta.

A denominação autótrofo ou heterótrofo define apenas a maneira como o ser obtém alimento. Uma vez obtido, a segunda etapa consiste na quebra desse alimento e na liberação da energia armazenada nas ligações químicas entre os átomos das moléculas. Assim, uma boa parte dos autótrofos realiza a respiração celular aeróbia para liberar essa energia.



ID/BR

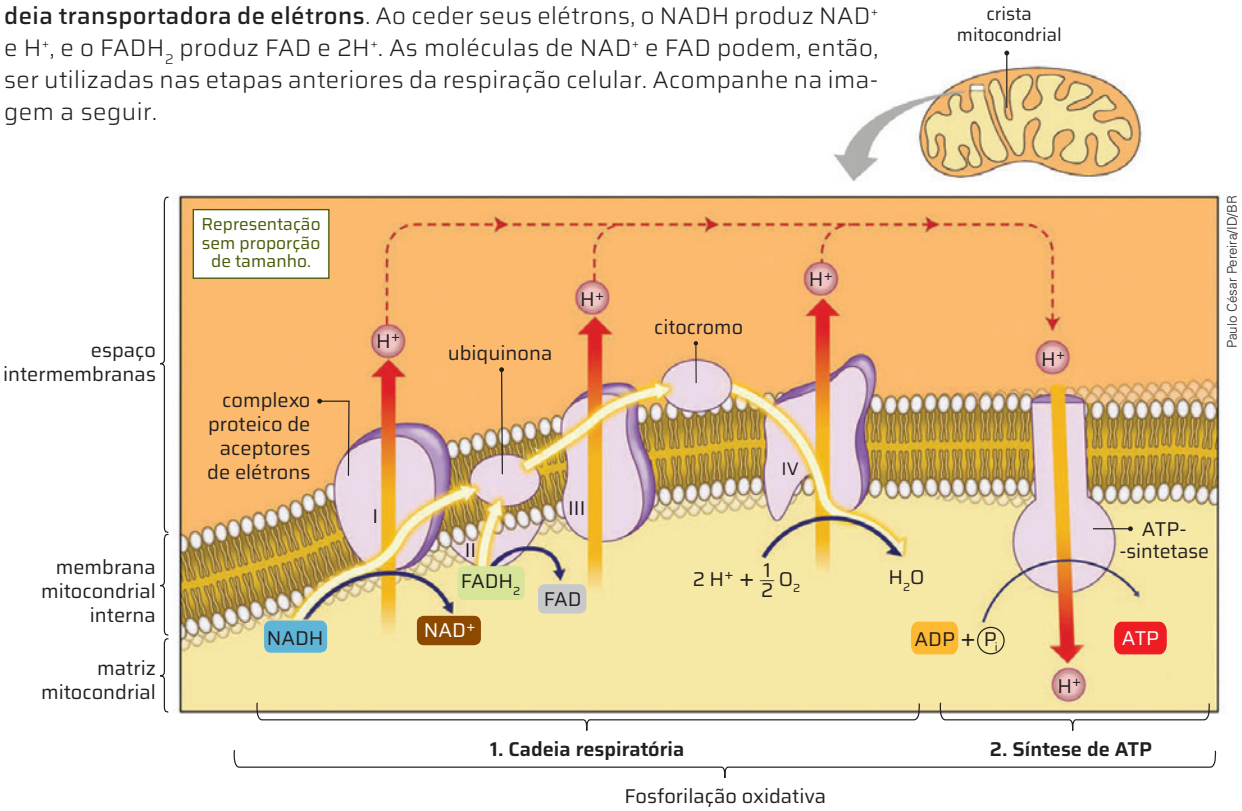
Esquema simplificado do ciclo de Krebs. Cores-fantasia.

Fonte de pesquisa: Alberts, B. *et al.* *Fundamentos da biologia celular*. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2011. p. 442.

Não escreva no livro.

Cadeia respiratória

As moléculas de NADH e $FADH_2$, produzidas nas etapas anteriores, cedem seus elétrons para moléculas oxidantes organizadas em uma cadeia na membrana mitocondrial interna. Essa cadeia é chamada **cadeia respiratória** ou **cadeia transportadora de elétrons**. Ao ceder seus elétrons, o NADH produz NAD^+ e H^+, e o $FADH_2$ produz FAD e $2H^+$. As moléculas de NAD^+ e FAD podem, então, ser utilizadas nas etapas anteriores da respiração celular. Acompanhe na imagem a seguir.



Paulo César Pereira/ID/BR

Esquema da cadeia respiratória. Cores-fantasia.

Fonte de pesquisa: Reece, J. B. *et al. Campbell Biology*. 10. ed. [*S. l.*]: Pearson, 2014. p. 174.

A cadeia respiratória é formada por aceptores de elétrons (numerados de I a IV) dispostos de maneira organizada na membrana interna da mitocôndria. Esses aceptores são complexos proteicos que recebem elétrons das moléculas NADH e $FADH_2$. Ao ceder elétrons aos aceptores, essas moléculas carreadoras passam, respectivamente, a NAD^+ e FAD, liberando íons H^+.

Os elétrons são transferidos de um aceptor a outro (setas amarelas) por meio de aceptores intermediários, a **ubiquinona** e os **citocromos**, perdendo energia gradualmente ao longo dessa transferência. A energia liberada pelo transporte de elétrons é usada pelos aceptores de elétrons para bombear íons H^+ da matriz mitocondrial para o espaço entre membranas.

O último elemento oxidante da cadeia respiratória, portanto, o aceptor final de elétrons, é o gás oxigênio proveniente do meio extracelular, que, ao receber os íons hidrogênio, forma moléculas de água (H_2O).

Com o acúmulo de íons hidrogênio (H^+) no espaço entre as membranas mitocondriais, por conta do bombeamento ativo de H^+, forma-se um gradiente de concentração entre esse espaço (com maior concentração de íons H^+) e a matriz mitocondrial (com menor concentração de íons H^+). Assim, esses íons tendem a voltar para a matriz, mas só podem fazê-lo se atravessarem um conjunto específico de proteínas denominado **ATP-sintetase** (seta vermelha apontada para baixo).

Esse conjunto gira quando os íons H^+ fluem por ele. Assim, nesse processo há conversão de energia mecânica (rotação da ATP-sintetase) em energia química, que é utilizada na fosforilação de moléculas de ADP, isto é, na ligação de um fosfato inorgânico (P_i) ao ADP, com a formação de ATP.

A sequência de reações da cadeia respiratória mais a síntese de ATP formam um conjunto chamado **fosforilação oxidativa**.

ROTEIRO

3. Considerando que, durante a etapa da cadeia respiratória, cada molécula de $FADH_2$ é responsável pela reconstituição de duas moléculas de ATP e que cada molécula de NADH forma três moléculas de ATP, estime o rendimento energético total da respiração celular aeróbia. Apresente os produtos de cada etapa da respiração e o saldo energético total em uma tabela.

Veja resposta em *Respostas e comentários* no Manual do Professor.

Não escreva no livro.

PROCESSOS ANAERÓBIOS DE OBTENÇÃO DE ENERGIA

Organismos que realizam apenas respiração aeróbia são chamados **aeróbios obrigatórios**.

Alguns microrganismos que fazem respiração celular aeróbia também podem realizar processos anaeróbios em caso de diminuição ou de ausência de gás oxigênio no ambiente onde se encontram. Esses organismos são chamados **anaeróbios facultativos**.

Outros microrganismos não são capazes de utilizar gás oxigênio – são os chamados **anaeróbios obrigatórios**; para eles, o gás oxigênio é prejudicial.

A respiração anaeróbia e a fermentação são os dois processos anaeróbios realizados por organismos anaeróbios facultativos e obrigatórios.

Respiração anaeróbia

Realizada por alguns tipos de bactéria, a **respiração anaeróbia** ocorre no citosol das células em interação com enzimas presentes na membrana plasmática.

Nesse processo, acontecem as mesmas etapas da respiração celular aeróbia, porém o aceptor final de elétrons na cadeia respiratória não é o gás oxigênio, mas são substâncias como nitritos, nitratos, sulfatos ou carbonatos. Certas bactérias que vivem no solo, por exemplo, realizam a respiração anaeróbia, resumida nesta equação:

$$\text{glicose} + \text{nitrato} + \text{ADP} + P_i \rightarrow CO_2 + \text{água} + N_2\ (\text{gasoso}) + \text{ATP}$$

4. Tanto na glicólise quanto na fermentação, a molécula de glicose é degradada em duas moléculas de piruvato, sem o consumo de gás oxigênio, e esse processo ocorre no citosol das células. Porém, como na fermentação uma boa parte da energia contida inicialmente na glicose continua associada a seus produtos, o rendimento energético é pequeno: duas moléculas de ATP por molécula de glicose. Na respiração, os produtos da glicólise passam para a mitocôndria, onde continuam a ser oxidados, gerando um rendimento energético muito maior (38 ATPs).

ROTEIRO

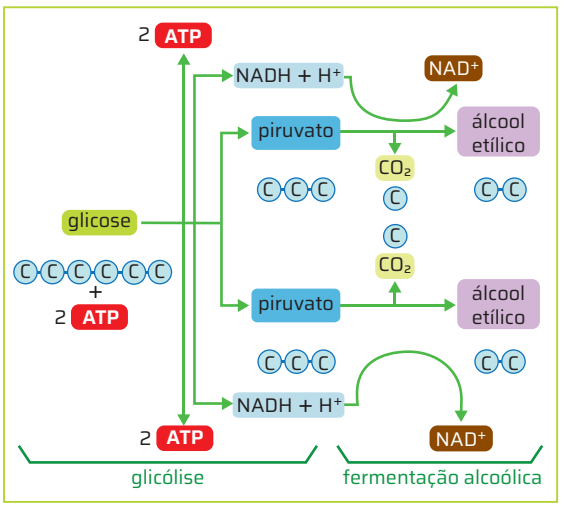
4. Compare a fase anaeróbia da respiração com o processo de fermentação.

Fermentação

A **fermentação** é outro processo de liberação de energia que ocorre sem a participação do gás oxigênio.

As reações químicas da fermentação envolvem a degradação parcial da glicose (glicólise) com liberação de piruvato. Entretanto, ao final dessas reações, são produzidas outras substâncias cujas moléculas são maiores do que as de H_2O e CO_2 produzidas na respiração celular. Como boa parte da energia contida inicialmente na glicose continua associada a seus produtos, ao final da fermentação o rendimento energético é pequeno: duas moléculas de ATP por molécula de glicose. Esse processo é considerado, em termos evolutivos, o mecanismo mais antigo de obtenção de energia.

ID/BR



Esquema simplificado da fermentação alcoólica. Cores-fantasia.

Fonte de pesquisa: Alberts, B. *et al. Fundamentos da biologia celular*. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2011. p. 432.

A fermentação ocorre no citosol das células. Inicialmente, a molécula de glicose é degradada em duas moléculas de piruvato. A partir daí, dependendo do tipo de organismo, o processo de reações químicas prossegue e pode formar álcool etílico (**fermentação alcoólica**), ácido acético (**fermentação acética**) ou, ainda, ácido lático (**fermentação lática**).

A fermentação lática, por exemplo, é um processo anaeróbio de obtenção de energia, realizado por vários organismos (como bactérias, protozoários, fungos) e tecidos animais em geral – por exemplo, o tecido muscular esquelético.

Bactérias anaeróbias produtoras de ácido lático são amplamente utilizadas na produção industrial de iogurtes, coalhadas, queijos, manteigas e outros derivados do leite. A elevação da acidez proveniente da produção de ácido lático causa a alteração das proteínas do leite, que coagulam, e isso cria a consistência característica da coalhada. Esses microrganismos também são usados na produção de carnes curadas, como salame e outros embutidos, de conservas do tipo picles e chucrute ou de azeitonas. A acidez que se desenvolve nesse tipo de conserva inibe o crescimento de outros microrganismos, contribuindo para sua preservação.

Não escreva no livro.

FOTOSSÍNTESE

A **fotossíntese** é um fenômeno biológico que ocorre nos cloroplastos de seres eucariontes ou em sistemas de membranas presentes no citoplasma de seres procariontes fotossintetizantes.

O fenômeno envolve dois reagentes (uma fonte de carbono – o gás carbônico, CO_2 – e uma fonte de hidrogênio – a água, H_2O), uma fonte luminosa e pigmentos sensíveis à luz.

A fonte primária de energia luminosa da fotossíntese é o Sol, mas o fenômeno também ocorre na presença de fontes artificiais de energia, como as lâmpadas.

O rearranjo das moléculas de gás carbônico e água forma três produtos distintos – carboidrato, água e gás oxigênio (O_2) – após uma série de reações.

Desconsiderando, neste momento, todas as reações bioquímicas envolvidas, a fotossíntese pode ser genericamente representada pela equação:

$$2\,H_2O + CO_2 \xrightarrow{\text{luz}} (CH_2O) + H_2O + O_2$$

Nessa equação, (CH_2O) é a fórmula geral dos carboidratos.

É comum encontrar glicose, composto orgânico com seis carbonos, representada nessa equação, embora ela não seja o único carboidrato produzido nesse processo:

$$12\,H_2O + 6\,CO_2 \rightarrow C_6H_{12}O_6 + 6\,H_2O + 6\,O_2$$

Os primeiros seres fotossintetizantes

Evidências indicam que os primeiros organismos capazes de realizar a fotossíntese eram similares às atuais cianobactérias e viveram há cerca de 3,5 bilhões de anos. Por volta de 2 bilhões de anos atrás, a proliferação desses organismos unicelulares acarretou uma mudança considerável na atmosfera primitiva da Terra: com o aumento da taxa de fotossíntese, a quantidade de gás oxigênio aumentou gradativamente, tornando possível a evolução de seres aeróbios aquáticos e terrestres. Posteriormente, novas espécies de organismos fotossintetizantes e heterótrofos apareceram, ampliando significativamente a biodiversidade em nosso planeta.

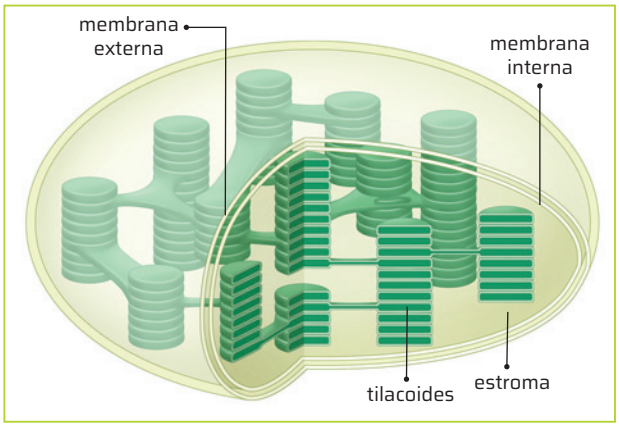
Cloroplasto

Um cloroplasto tem três componentes principais: envoltório, tilacoide e estroma.

O **envoltório**, parte externa da organela, é formado por uma membrana dupla, composta de membrana externa e membrana interna. As moléculas de clorofila estão localizadas na membrana interna. Nos cloroplastos maduros, a membrana interna forma vesículas com o formato de discos achatados, denominados **tilacoides**, onde ocorre a etapa fotoquímica da fotossíntese.

Os tilacoides podem organizar-se em pilhas, cada uma delas chamada *granum* ("grão", em latim). A totalidade dessas pilhas em um cloroplasto recebe o nome *grana* (plural de *granum*).

No espaço entre o envoltório e os tilacoides, encontra-se uma substância gelatinosa, o **estroma**, que contém ribossomos, DNA e RNA, responsáveis pela síntese de certas proteínas do cloroplasto. No estroma, ocorre a etapa química da fotossíntese.

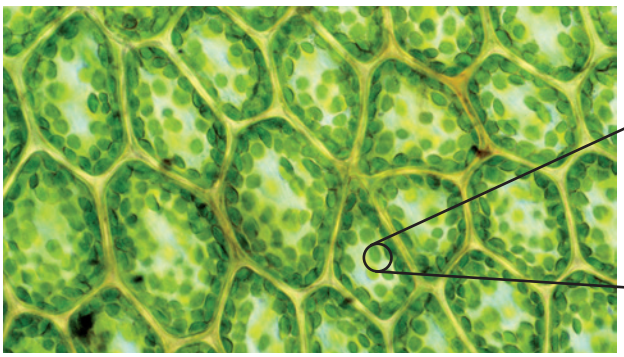


Reinaldo Vignati/ID/BR

Representação de um cloroplasto cortado. Cores-fantasia.

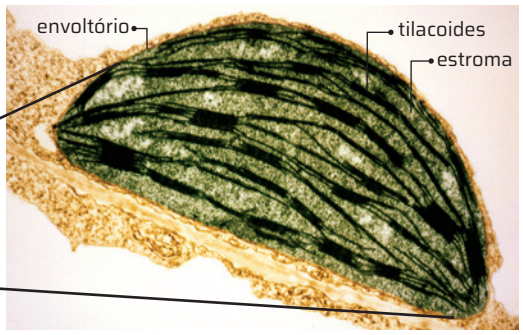
Representação sem proporção de tamanho.

Fonte de pesquisa: Reece, J. B. *et al. Campbell Biology*. 10. ed. [*S. l.*]: Pearson, 2014. p. 111.



John Durham/SPL/Fotoarena

Células vegetais com grande quantidade de cloroplastos. Foto ao microscópio de luz; aumento de cerca de 570 vezes.



Dr. Jeremy Burgess/SPL/Fotoarena

Corte transversal de cloroplasto. Foto ao microscópio eletrônico de transmissão; imagem colorizada; aumento de cerca de 12 mil vezes.

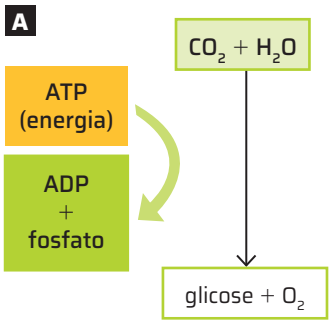
AS ETAPAS DA FOTOSSÍNTESE

A fotossíntese é um fenômeno endotérmico, isto é, certa quantidade de energia é absorvida durante o processo. Assim, ao final da fotossíntese, a energia química presente nos produtos é maior do que a energia química presente nos reagentes.

A energia luminosa é captada pelos pigmentos fotossensíveis e utilizada na geração de moléculas de ATP. As moléculas de ATP produzidas fornecerão energia aos reagentes durante a fotossíntese (imagem **A**).

Entretanto, embora a luz seja essencial, uma parte do processo pode ocorrer no escuro, pois a fotossíntese envolve duas etapas distintas, ainda que interdependentes: a **etapa fotoquímica** e a **etapa química**. Cada uma delas tem características diferentes e ocorre em locais distintos do cloroplasto.

A



Moléculas de ATP transferem energia da luz para os carboidratos produzidos na fotossíntese.

A etapa fotoquímica

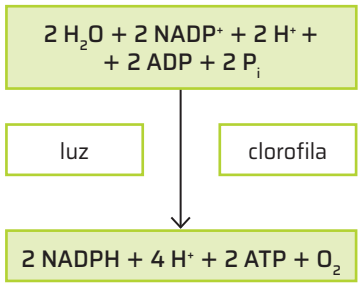
Essa etapa da fotossíntese, também denominada **fase clara** ou **luminosa**, compreende um conjunto de reações que dependem diretamente da luz.

O processo ocorre nos tilacoides dos cloroplastos, na presença de clorofilas e carotenoides, e tem início quando a luz incide sobre as moléculas desses pigmentos fotossensíveis e as excita, ou seja, quando a luz transfere energia a seus elétrons. Estes se desprendem das moléculas e são transportados ao longo de uma cadeia com liberação de energia. Essa energia é utilizada na formação de ATP por meio de ADP e de fosfato inorgânico. Dessa forma, a energia luminosa é transformada em energia química, que, por sua vez, é armazenada no ATP.

Devido à ação da luz, ocorre uma reação denominada **fotólise da água**, em que a molécula de água é quebrada. Os átomos de oxigênio produzidos formam gás oxigênio, que é liberado para o ambiente. A quebra da água também produz íons H^+, que ajudam a formar um gradiente de concentração de íons H^+ através da membrana dos tilacoides, contribuindo para a síntese de ATP. Essas sínteses acontecem por meio de diversos processos na membrana dos tilacoides.

A imagem **B** apresenta a equação geral da etapa fotoquímica.

B



Equação geral da etapa luminosa da fotossíntese. P_i representa fosfato inorgânico.

CIÊNCIA SE DISCUTE

De onde provém o gás oxigênio

De acordo com o modelo científico atual, o gás oxigênio liberado na fotossíntese provém da molécula de água. No entanto, foram necessários muitos anos de pesquisas, discussão e confronto de ideias para chegar às evidências que permitiram a elaboração desse conceito.

No século XVIII, o médico holandês Jan Ingenhousz (1730-1799) sugeriu que o CO_2 seria quebrado na fotossíntese, originando carbono e gás oxigênio. O carbono e a água formariam, então, o carboidrato. Durante muitos anos essa ideia foi aceita. No século XX, porém, o cientista holandês Cornelis B. van Niel (1897-1985) propôs que a água seria a fonte de gás oxigênio na fotossíntese. Essa hipótese de Van Niel surgiu quando ele pesquisou alguns tipos de bactérias fotossintetizantes (as sulfobactérias púrpuras), verificando que elas utilizam o gás sulfídrico (H_2S) em vez da água para produzir carboidrato durante a fotossíntese. Essas bactérias acumulam enxofre (S) nas células. Com base nisso, Van Niel afirmou que a fotossíntese poderia ser genericamente representada da seguinte forma:

$$CO_2 + 2\,H_2A \rightarrow CH_2O + H_2O + 2\,A$$

H_2A, nesse caso, pode ser água (H_2O) ou gás sulfídrico (H_2S). Se for gás sulfídrico, ocorre a produção de enxofre; se for água, produz-se o gás oxigênio.

Em 1941, os cientistas estadunidenses Martin Kamen (1913-2002) e Samuel Ruben (1913-1943), da Universidade de Berkeley (EUA), e colaboradores realizaram experimentos corroborando a hipótese de Van Niel. Esses experimentos utilizavam isótopos radioativos de oxigênio, o isótopo ^{18}O. A radioatividade emitida pelos átomos de ^{18}O permite que eles sejam rastreados; assim, foi possível descobrir de que reações químicas eles participam.

1. Copie no caderno uma passagem do texto acima que mostre características típicas da atividade científica.

2. Com base nas evidências obtidas pelos cientistas citados, observe as seguintes situações experimentais e indique os isótopos que cada molécula obtida no processo da fotossíntese deve apresentar:

a) uma planta regada com água que contém isótopo ^{18}O.

b) uma planta regada com água comum (água formada pelo isótopo ^{16}O) na presença de gás carbônico composto de oxigênio radioativo ($^{18}CO_2$).

2. a) A planta regada com água que contém isótopo ^{18}O libera gás oxigênio com o isótopo ^{18}O, indicando que o gás oxigênio é proveniente da água e não do dióxido do carbono.

O gás oxigênio liberado é $^{18}O_2$, novamente indicando que o gás oxigênio é proveniente da água e não do dióxido do carbono. O isótopo ^{18}O deve ser identificado nas moléculas de carboidratos sintetizadas durante a fotossíntese.

1. [...] foram necessários muitos anos de pesquisas, discussão e confronto de ideias para chegar às evidencias que permitiram a elaboração desse conceito. [...].

Não escreva no livro.

Captação de energia luminosa

As moléculas de clorofila e as de outros pigmentos agrupam-se com proteínas em conjuntos de centenas de unidades na membrana dos tilacoides, constituindo complexos denominados **complexos antena**, pois funcionam como captadores de luz.

A energia luminosa captada pelas moléculas de pigmentos é conduzida às moléculas vizinhas até o **centro de reação**, onde existe um par de moléculas especiais de clorofila. O conjunto formado pelo centro de reação e pelos complexos antena é chamado **fotossistema**.

Há dois tipos de fotossistema, **PS-I** e **PS-II**, que diferem quanto ao comprimento de onda da luz que absorvem e quanto à posição que ocupam nas membranas dos tilacoides (veja imagem a seguir).

A energia proveniente das "antenas" excita os elétrons das moléculas de clorofila *a* do centro de reação de ambos os fotossistemas. O centro de reação PS-I corresponde a um par especial de clorofila *a* chamado P_{700}, enquanto o centro de reação PS-II corresponde a um par especial de clorofila *a* chamado P_{680}. Os elétrons excitados atingem um nível de energia mais alto e são captados por um aceptor de elétrons. As moléculas de clorofila que perdem elétrons ficam carregadas positivamente e podem atrair novos elétrons.

Os elétrons perdidos pelo PS-II são repostos por elétrons provenientes da quebra da molécula de água (fotólise da água), enquanto os elétrons perdidos pelo PS-I são repostos por elétrons que fluem através da cadeia que teve início no PS-II.

Fotofosforilação

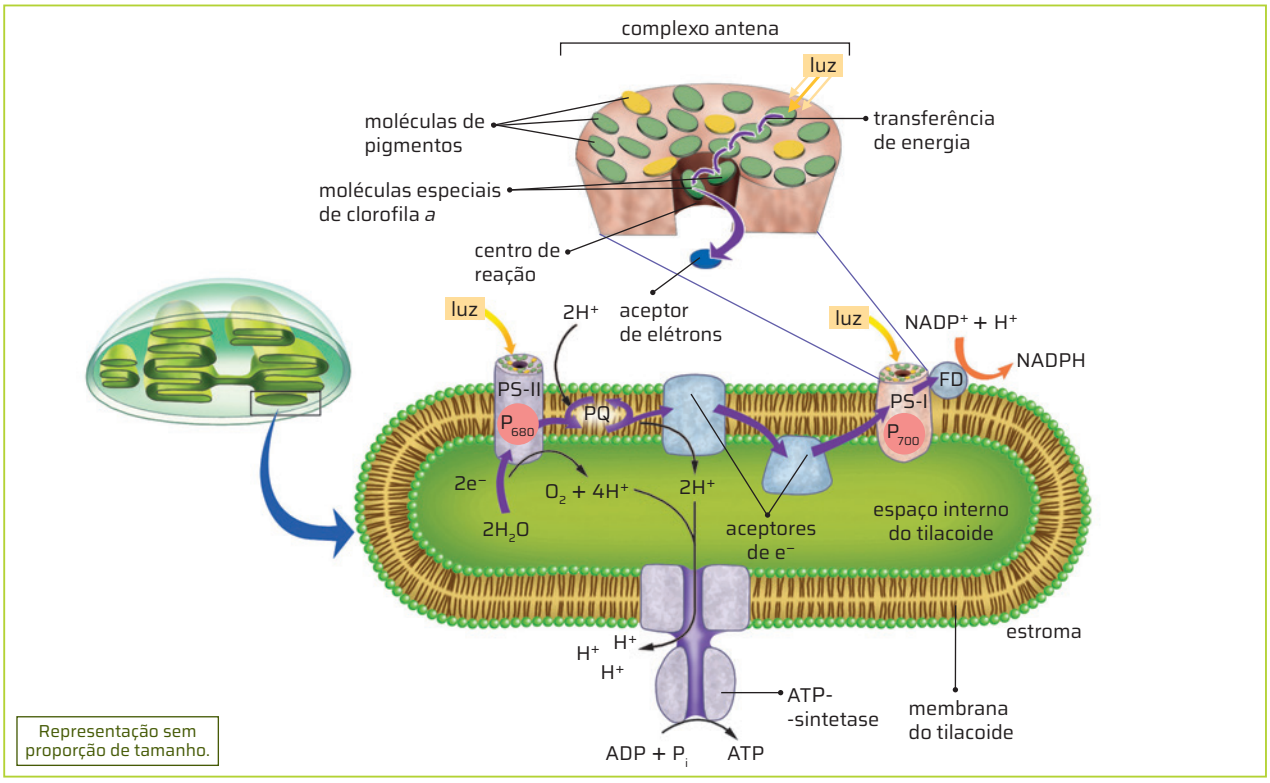
É a etapa da fotossíntese que ocorre nos tilacoides com a participação do fotossistema I e do fotossistema II.

Observe a imagem a seguir. Ao serem excitados pela luz, os elétrons do par P_{680} escapam da molécula e são recebidos pela **plastoquinona** (PQ), molécula que funciona como um aceptor primário de elétrons. Esses elétrons perdem energia, que será utilizada na produção de moléculas de ATP. Nesse caso, a formação do ATP é denominada **fotofosforilação**, pois ocorre a fosforilação, que é a adição de um fosfato ao ADP, em presença de luz.

Da plastoquinona, os elétrons passam para a P_{700} por meio de transportadores. Ao serem ativados pela luz, os elétrons da clorofila do PS-I escapam da molécula e são recebidos por outro aceptor, a **ferredoxina** (FD). Esses elétrons são transferidos ao final da cadeia para o último aceptor de elétrons, o $NADP^+$, formando NADPH. Os elétrons perdidos da P_{680} são repostos pela fotólise da água, enquanto os elétrons perdidos da P_{700} são repostos pelos oriundos da P_{680}.

Resumindo: nessa etapa do processo fotossintético, a energia luminosa é transformada em energia química, que é armazenada em moléculas de ATP, e ocorre a produção de NADPH. Ambos serão fundamentais na etapa seguinte da fotossíntese: a síntese de carboidrato.

A denominação **fotofosforilação acíclica**, atribuída a essa etapa do processo, está relacionada ao destino dos elétrons perdidos pelas moléculas de clorofila: eles não retornam à molécula original, ou seja, não completam um ciclo.



Luís Moura/ID/BR

Esquema da fotofosforilação acíclica. Cores-fantasia.

Fonte de pesquisa: Raven, P. H. *et al. Biologia vegetal*. 7. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2007. p. 136.

Não escreva no livro.

ROTEIRO

5. Analise a seguir as afirmações, que se referem ao processo fotossintético, e explique o que elas significam.

a) O que governa a vida na Terra é um fluxo de elétrons favorecido pela luz do Sol.

b) Quando abastecemos veículos com combustíveis como o álcool, podemos dizer que estamos utilizando, indiretamente, a luz do Sol.

5. a) A luz do Sol, ao atingir a clorofila, excita os elétrons, transferindo energia e possibilitando a fotossíntese, que, assim, garante a vida na Terra pela produção de biomassa, que é transferida por meio das cadeias alimentares.
5. b) O álcool é obtido da fermentação da glicose, molécula que, por sua vez, é produzida pela fotossíntese da planta. Assim, a energia da molécula do álcool, usada pelo automóvel, vem da energia luminosa do Sol, transformada em energia química pela fotossíntese.

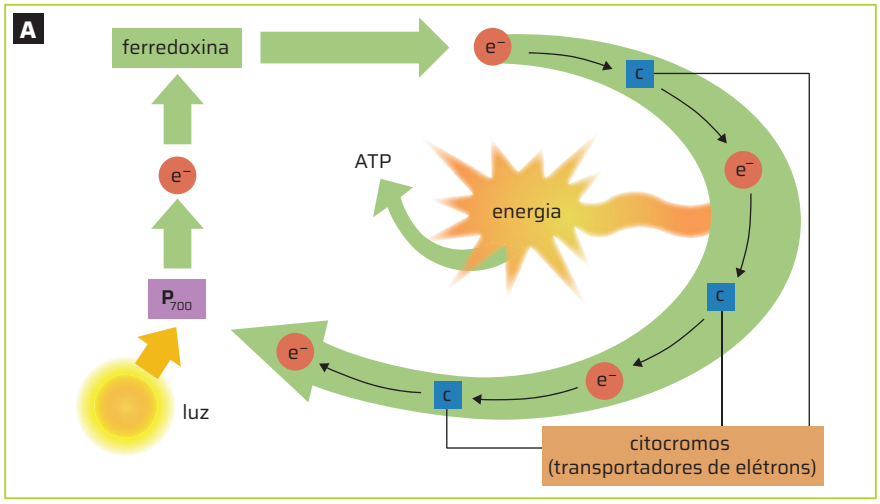
Fotofosforilação cíclica

Apenas o fotossistema PS-I participa desse processo bioquímico. O sistema é chamado cíclico porque os elétrons retornam à molécula de onde saíram.

A imagem **A** mostra a saída do elétron do par P_{700} excitado pela luz. Esse elétron é absorvido por outras moléculas aceptoras até alcançar a ferredoxina, perdendo energia de forma gradativa. Essa energia desprendida é aproveitada, em última instância, para a formação de ATP.

Por meio de diversos **citocromos**, que são transportadores de elétrons, os elétrons captados pela ferredoxina voltam à condição energética original, sendo novamente encaminhados para o par P_{700}.

Nesse processo, não ocorrem a quebra de moléculas de água nem a produção de NADPH. Ele geralmente acontece quando a concentração de $NADP^+$ está baixa.



Ilustrações: ID/BR

Esquema simplificado da fotofosforilação cíclica. Cores-fantasia.

Etapa química

Na etapa química da fotossíntese, também conhecida como **fase escura**, ocorre a formação de compostos orgânicos. Esse mecanismo envolve uma sequência cíclica de reações, conhecida como **ciclo das pentoses** ou **ciclo de Calvin-Benson**, que se dá no estroma dos cloroplastos.

Em comparação com a etapa fotoquímica, a etapa química é mais lenta. Diversas enzimas fazem parte do processo, por isso ela também é denominada **etapa enzimática**.

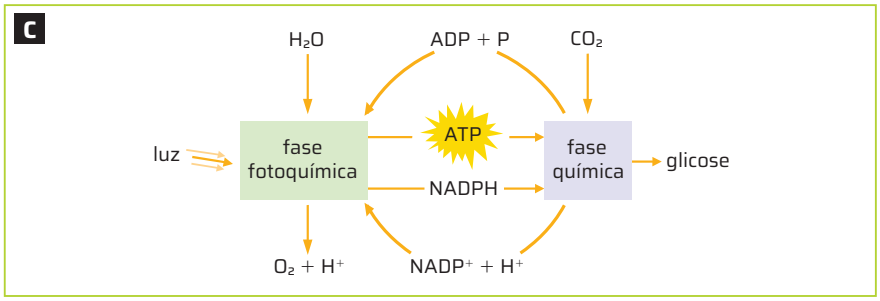
As reações da fase escura usam a energia captada na fase luminosa e armazenada nas moléculas de ATP. Essa energia é utilizada na produção de carboidratos, em um processo conhecido como **fixação do carbono**. Também são consumidas as moléculas de NADPH e os íons H^+ formados na etapa luminosa, como representa a equação geral mostrada na imagem **B**.

A etapa química da fotossíntese pode ocorrer sem a presença de luz; porém, isso só será possível enquanto existirem estoques de produtos formados na fase fotoquímica (imagem **C**).

B

$$6\ CO_2 + 12\ NADPH + 12\ H^+ + 18\ ATP \rightarrow C_6H_{12}O_6\ (glicose) + 6\ H_2O + 12\ NADP^+ + 18\ ADP + 18\ P_i$$

Equação geral da etapa química da fotossíntese.



ID/BR

Esquema geral da fotossíntese, mostrando a relação das etapas fotoquímica e química. Cores-fantasia.

Não escreva no livro.

Ciclo das pentoses

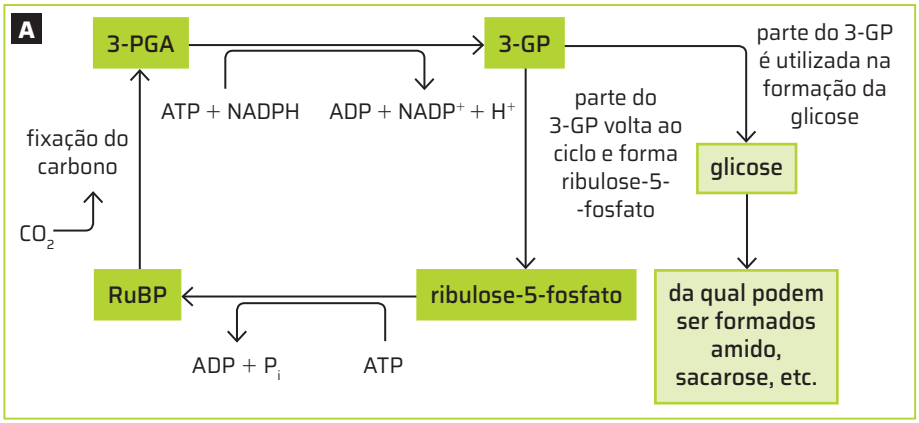
A denominação **ciclo das pentoses** deve-se ao carboidrato de cinco carbonos, a ribulose-1,5-bifosfato, que está presente no início do processo.

Embora esse ciclo ocorra sem a presença de luz, ele depende das reações envolvidas na etapa fotoquímica, já que são necessários ATP e NADPH, que são formados naquela etapa.

Fixação do carbono

Na primeira metade do século XX, o bioquímico estadunidense Melvin Calvin (1911-1997) e colaboradores elucidaram o mecanismo da fixação do carbono na fotossíntese e da formação de carboidratos. Assim como acontece no ciclo de Krebs, o composto inicial se regenera a cada volta do ciclo.

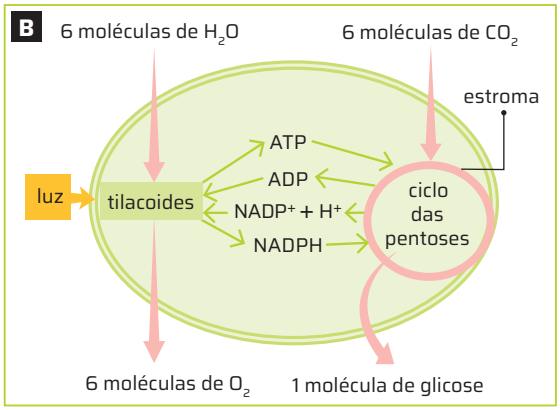
Observe a imagem **A**. O ciclo das pentoses tem início com a fixação do carbono do CO_2 a uma molécula denominada **ribulose-1,5-bifosfato**, ou **RuBP**, que tem cinco átomos de carbono. Uma enzima, conhecida como rubisco, catalisa essa reação. Com a fixação do carbono do CO_2, formam-se duas moléculas de **3-fosfoglicerato** (3-PGA), cada uma com três átomos de carbono.



Esquema simplificado do ciclo das pentoses.

Esse ciclo apresenta uma atividade bioquímica com gasto energético alto. Três voltas no ciclo das pentoses são necessárias para a fixação de três moléculas de CO_2, o que envolve um consumo de nove moléculas de ATP e de seis moléculas de NADPH.

Com o consumo de ATP e NADPH, o 3-PGA é convertido em gliceraldeído-3-fosfato (3-GP); uma parte dele continua no ciclo, formando moléculas de ribulose-5-fosfato, que serão convertidas em novas moléculas de RuBP (com o consumo de ATP). A outra parte é utilizada na formação de compostos orgânicos, particularmente a glicose (imagem **B**), que tem seis átomos de carbono.



Esquema mostrando a relação entre o ciclo das pentoses e a etapa fotoquímica. Cores-fantasia.

Balanço energético e resultados do ciclo das pentoses

O ciclo das pentoses é uma atividade bioquímica com gasto energético alto. Três voltas no ciclo das pentoses são necessárias para a fixação de três moléculas de CO_2, o que envolve um consumo de nove moléculas de ATP e seis moléculas de NADPH.

Em um balanço geral, nota-se que, para a conversão de seis moléculas de CO_2 em uma molécula de glicose e a regeneração da RuBP, são necessárias 12 moléculas de NADPH e 18 moléculas de ATP. Assim, temos a seguinte reação geral da etapa química da fotossíntese:

$$6\,CO_2 + 12\,NADPH + 18\,ATP \rightarrow$$
$$\rightarrow C_6H_{12}O_6 + 6\,H_2O + 12\,NADP^+ + 12\,H^+ + 18\,ADP + 18\,P_i$$

ROTEIRO

6. **Considere uma suspensão de algas verdes inicialmente iluminada na ausência de CO_2 e depois incubada no escuro com CO_2 radiomarcado [$^{14}CO_2$]. Observou-se, nesse segundo momento, que o $^{14}CO_2$ foi convertido em [^{14}C]-glicose por um curto tempo.**

Relacione essa observação com as reações luminosas da fotossíntese e justifique por que a conversão de $^{14}CO_2$ cessa após um curto intervalo de tempo.

Quando as algas são iluminadas na ausência de CO_2, ocorre a fase luminosa da fotossíntese, com a produção de ATP e $NADPH_2$ (necessária à fixação do CO_2 em glicose). Na ausência do CO_2, o ATP e o $NADPH_2$ acumulam-se e são utilizados no momento em que a suspensão é incubada com o $^{14}CO_2$.
Como o ATP e o $NADPH_2$ não podem mais ser sintetizados pelo cloroplasto na ausência de luz, observa-se um decréscimo na velocidade de fixação do $^{14}CO_2$.

CIÊNCIA TEM HISTÓRIA

JOSEPH PRIESTLEY E A FOTOSSÍNTESE

Joseph Priestley (1733-1804) foi um estudioso inglês que, no final do século XVIII, contribuiu para a descoberta da fotossíntese.

Priestley não era botânico nem biólogo. Foi um pastor protestante, muito envolvido com questões religiosas, mas que também se dedicava à educação e à pesquisa científica.

Seu envolvimento com aquilo que chamamos de fotossíntese (e que não tinha esse nome, na época dele) ocorreu quando estudava diferentes tipos de "ares" (gases), ou seja, uma pesquisa que classificaríamos hoje como pertencente à Química. Até o início do século XX, era muito comum que os estudiosos pesquisassem diversas áreas do conhecimento, sem se preocupar com as barreiras que atualmente se estabelecem entre as várias disciplinas.

Em 1771, Priestley estava estudando o dióxido de carbono (chamado, na época, "ar fixo"), produzido em grande quantidade na fermentação da cerveja. Ele fazia suas pesquisas em casa, como praticamente todos nessa época, improvisando equipamentos para coletar e analisar os gases.

Priestley verificou que uma vela colocada nesse "ar" se apagava e que pequenos animais morriam nele. Quando uma chama queimava em um recipiente fechado, ela também se apagava, e animais morriam quando eram presos em um local pequeno, sem circulação de ar. Além disso, se um novo animal fosse colocado no mesmo recipiente onde um animal havia morrido, ele também morria imediatamente.

Ele testou o ar de recipientes em que uma vela havia se apagado, ou um camundongo havia morrido, notando que havia surgido "ar fixo". Concluiu, então, que a combustão e a respiração eram capazes de modificar o ar.

> De acordo [com essa ideia], no dia 17 de agosto de 1771 eu coloquei um ramo de hortelã em certa quantidade de ar na qual uma vela de cera havia se apagado, e descobri que, no dia 27 do mesmo mês, outra vela queimou perfeitamente bem dentro dele. Eu repeti o experimento no mínimo oito ou dez vezes no resto do verão, sem nenhuma variação dos resultados. Várias vezes eu dividi em duas partes a quantidade de ar na qual a vela havia se apagado e, colocando a planta em uma delas, deixei a outra exposta do mesmo modo, contida também em um recipiente de vidro imerso em água, mas sem nenhuma planta; e nunca deixei de observar que, na primeira, uma vela conseguia queimar, mas não na segunda. Descobri que, em geral, eram suficientes cinco ou seis dias para restaurar esse ar, quando a planta estava vigorosa; no entanto, mantive esse tipo de ar em recipientes de vidro imersos em água, durante vários meses, sem ser capaz de perceber a ocorrência da menor alteração nele.
>
> PRIESTLEY, J. XIX. Observations on different kinds of air. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London*, London, v. 62, n. 147-264, 1772. Tradução dos autores.

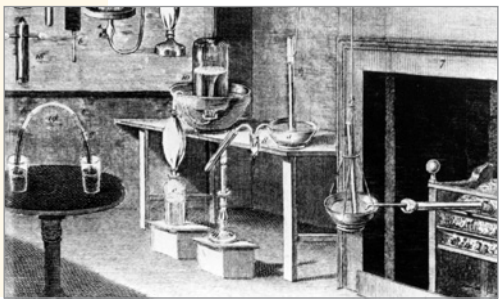
Como as plantas também são vivas, Priestley imaginou inicialmente que elas também morreriam no "ar fixo". No entanto, colocando um ramo de hortelã dentro de um recipiente onde um animal havia morrido, a planta continuou viva e cresceu.

Analisando o ar do recipiente, Priestley verificou que o "ar fixo" havia desaparecido. Verificou também que uma vela conseguia ficar acesa dentro desse recipiente por algum tempo, e que um camundongo permanecia vivo ali durante alguns minutos.

Não escreva no livro.

Fiquei completamente convencido de que o ar, tornado altamente nocivo pela respiração, pode ser restaurado por ramos de hortelã crescendo nele. [...] Um camundongo continuou vivo nele por cinco minutos, sem mostrar qualquer sinal de desconforto, sendo retirado bastante forte e vigoroso; outro camundongo morreu depois de apenas dois segundos em uma parte do mesmo ar original, que tinha recebido a mesma exposição, mas sem nenhuma planta nele.

WILLCOX, W. B. (ed.). *The papers of Benjamin Franklin*. New Haven: Yale University Press, 1975. v. 19. p. 200. Tradução dos autores.



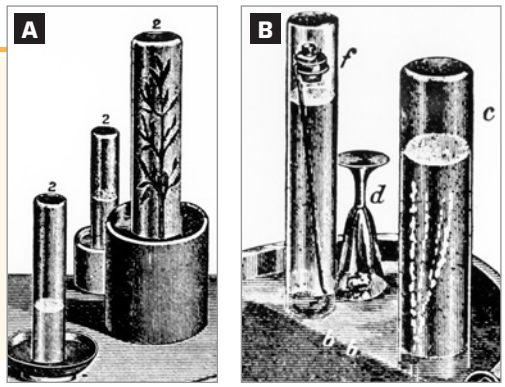
SPL/Fotoarena

A gravura representa a sala de experimentos da casa de Priestley, onde ele realizou seus estudos sobre os diferentes tipos de "ar".

A conclusão de Priestley foi que as folhas das plantas extraíam do ar o "eflúvio podre", tornando o restante do ar mais adequado para a respiração. Ele não pensou em uma transformação química do ar nem imaginou que as folhas pudessem estar desprendendo um ar especial (gás oxigênio).

Estas provas da restauração parcial do ar por plantas em um estado de vegetação, embora em uma situação não natural e confinada, torna altamente provável que o dano que é feito continuamente à atmosfera pela respiração de um enorme número de animais e pela putrefação de uma grande massa de matéria vegetal e animal é, pelo menos em parte, recuperado pela criação vegetal, apesar da prodigiosa massa de ar que é corrompida diariamente pelas causas acima mencionadas.

PRIESTLEY, J. XIX. Observations on different kinds of air. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London*, London, v. 62, p. 198-199, 1772. Tradução dos autores.



Fotografias: SPL/Fotoarena

Detalhes dos experimentos de Priestley: (**A**) tubos com diferentes tipos de "ar", um deles contendo uma planta; (**B**) tubo no qual é introduzido um gás, que borbulha através do líquido; taça invertida, onde é mantido um camundongo; tubo de vidro com uma vela suspensa por um suporte de arame. Gravuras presentes no artigo "Observations on different kinds of air", de Joseph Priestley.

Em sua crença religiosa, Priestley considerou ter desvendado um grande mistério da natureza: os animais e as chamas estão constantemente prejudicando o ar; se Deus não tivesse criado um mecanismo de purificação ou de restauração do ar, a vida já teria se tornado impossível.

Esse foi apenas um passo na descoberta da fotossíntese. Priestley não percebeu, em seus primeiros estudos, que as plantas apenas recuperavam o ar quando recebiam a luz solar. Ele não dispunha também dos conhecimentos químicos necessários para analisar tudo o que estava ocorrendo nesses experimentos. O fenômeno foi esclarecido gradualmente, por diversos pesquisadores, nas décadas seguintes.

A religião teve papel central em toda a vida de Priestley. Ele acreditava que não poderia existir um conflito entre a razão e a fé e que todos tinham o direito de buscar a verdade livremente, em todas as áreas.

Priestley adotou uma versão pouco comum do cristianismo, em que o próprio Cristo não era considerado Deus. Teve conflitos com pessoas mais conservadoras, não apenas por causa dessas ideias, mas também por suas opiniões políticas. Foi favorável à Revolução Francesa, que era vista como um absurdo por praticamente todos os ingleses; e defendeu a independência dos Estados Unidos, embora isso fosse contrário aos interesses da Inglaterra.

Por todos esses motivos, foi perseguido, e sua casa, saqueada e queimada. Precisou fugir do país e se refugiar nos Estados Unidos, onde passou o resto da vida.

Para discutir

1 **Que aspectos da fotossíntese não eram conhecidos por Priestley?**

2 **As ideias religiosas de Priestley ajudaram ou atrapalharam suas pesquisas científicas?**

3 **Podemos afirmar que Joseph Priestley descobriu a fotossíntese? Qual foi sua contribuição para esse conhecimento?**

1. Priestley não percebeu que as plantas apenas restauravam o ar nocivo quando estavam iluminadas pelo Sol. Também não tinha conhecimentos químicos que lhe permitissem entender as reações químicas que ocorriam.

2. No caso de Priestley, sua crença religiosa não entrava em conflito com a ciência, e ele considerou que a recuperação das propriedades vitais do ar, pelas plantas, tinha sido um mecanismo estabelecido por Deus para permitir que a vida se mantivesse na Terra.

3. Não. Ele deu apenas um passo na compreensão da fotossíntese. Somente após algumas décadas o fenômeno foi esclarecido por vários outros pesquisadores.

Não escreva no livro.

ROTEIRO

7. Para sobreviver, um organismo autótrofo precisa de cinco requisitos básicos:

I. uma fonte ambiental de carbono;

II. uma fonte ambiental de hidrogênio;

III. uma fonte primária de energia;

IV. um aceptor final de elétrons para a liberação de energia e a síntese de biomoléculas;

V. um suporte adicional de água, sais minerais e outros compostos para formar proteínas e outras substâncias celulares.

a) Considerando um organismo autótrofo que realiza fotossíntese, cite um componente envolvido em cada um dos requisitos de I a IV citados.

b) Em qual(is) item(ns) haverá componente(s) diferente(s) caso o organismo seja uma bactéria quimiossintetizante? Que componente(s) seria(m) esse(s)?

7. a) CO_2 como fonte de carbono (I); água como fonte de hidrogênio (II); luz solar como fonte primária de energia (III); oxigênio como aceptor final de elétrons (IV).
7. b) Itens II (H_2S como fonte ambiental de hidrogênio) e III (energia química como fonte primária de energia).

Alfred Pasieka/SPL/Fotoarena

Bactérias quimiossintetizantes da espécie *Nitrobacter* sp. Foto ao microscópio eletrônico de transmissão; imagem colorizada; aumento de cerca de 4 700 vezes.

QUIMIOSSÍNTESE

A **quimiossíntese** é um fenômeno biológico no qual certas bactérias e arqueas sintetizam substâncias mais complexas utilizando substâncias simples, com o envolvimento de energia de fonte externa.

Esses seres, denominados **quimiossintetizantes**, obtêm energia química por meio da oxidação de compostos inorgânicos (amônia, nitrito, etc.). Com a oxidação, que pode acontecer com a participação do gás oxigênio ou de outros agentes oxidantes (nas bactérias e arqueas anaeróbias), ocorre a liberação de energia química, posteriormente utilizada na formação dos compostos orgânicos.

As bactérias quimiossintetizantes

Na natureza, vários compostos inorgânicos são utilizados pelas bactérias quimiossintetizantes, destacando-se os íons de ferro(II) (Fe^{2+}), o ácido sulfídrico (H_2S), o íon amônio (NH_3) e o nitrito (NO_2^-).

As bactérias que conseguem oxidar compostos de ferro, como certas espécies de *Acidithiobacillus* (imagem **A**), são comuns em águas ácidas residuais de minas e em jazidas de ferro. Essas bactérias são denominadas **ferrobactérias**.

Dennis Kunkel Microscopy/SPL/Fotoarena

Bactérias quimiossintetizantes *Acidithiobacillus thiooxidans*. Foto ao microscópio eletrônico de varredura; imagem colorizada; aumento de cerca de 4 660 vezes.

As sulfobactérias podem ser encontradas em fontes termais, em águas minerais com enxofre e nas profundezas oceânicas (em locais próximos a fontes termais). Algumas espécies oxidam o ácido sulfídrico e liberam enxofre, como se vê na primeira etapa da quimiossíntese dessas bactérias.

$$2\,H_2S + O_2 \rightarrow 2\,H_2O + 2\,S + \text{energia química}$$

Essas bactérias, que proliferam muito rapidamente na ausência de luz, sustentam cadeias alimentares das quais participam outros habitantes das fontes termais, como camarões, mexilhões e poliquetos.

As nitrobactérias, amplamente encontradas no solo, conseguem utilizar compostos nitrogenados como fonte de energia. Elas são de vital importância para a sobrevivência das plantas, pois fornecem a elas compostos importantes para o metabolismo e o desenvolvimento. Destacam-se os gêneros *Nitrosomonas* e *Nitrobacter* (imagem **B**).

No caso da *Nitrosomonas*, a amônia é oxidada a nitrito (NO_2^-); já a *Nitrobacter* oxida nitrito a nitrato (NO_3^-). A primeira etapa da quimiossíntese desses dois gêneros de nitrobactéria é representada abaixo.

$$2\,NH_3 + O_2 \rightarrow 2\,NO_2^- + 2\,H^+ + 2\,H_2O + \text{energia química}$$
(*Nitrosomonas*)

$$2\,NO_2^- + O_2 \rightarrow 2\,NO_3^- + \text{energia química}$$
(*Nitrobacter*)

A quimiossíntese também é importante para as cadeias alimentares de ambientes aquáticos pobres em gás oxigênio, como lagos profundos ou com alta taxa de decomposição.

Não escreva no livro.

CIÊNCIA, TECNOLOGIA, SOCIEDADE E AMBIENTE

CIENTISTAS CRIAM CARROS "ABASTECIDOS" POR FOTOSSÍNTESE ARTIFICIAL

Segundo a Administração Nacional Oceânica e Atmosférica dos Estados Unidos (NOAA, na sigla em inglês), se a queima de combustíveis fósseis, como o petróleo, continuar, as emissões de gás carbônico poderão atingir 75 bilhões de toneladas por ano até 2100. O setor de transportes representa, sozinho, 14% das emissões anuais.

Quando as plantas fixam carbono, por meio da fotossíntese, elas contribuem para a redução de gás carbônico na atmosfera. Inspirados nesse processo, cientistas desenvolveram uma tecnologia promissora para o enfrentamento das mudanças climáticas. Leia o texto a seguir.

[...]

O uso de combustíveis fósseis para a geração de energia é a principal causa das mudanças climáticas no planeta, correspondendo a mais de 75% das emissões globais de gases de efeito estufa, segundo a Organização das Nações Unidas (ONU). A fim de criar uma alternativa para a produção energética mais sustentável, pesquisadores da Universidade de Cambridge, no Reino Unido, desenvolveram uma tecnologia limpa e renovável, capaz de converter energia solar, gás carbônico (CO_2) e água em combustíveis líquidos que podem ser adicionados diretamente ao motor de um carro. Os criadores apostam na tecnologia para a transição de uma economia baseada em combustíveis fósseis.

Inspirada no processo de fotossíntese das plantas, a equipe projetou uma folha artificial autônoma presa a um suporte de haste de metal. A partir de um catalisador à base de cobre e paládio, ela produz químicos complexos, especificamente os álcoois multicarbonados, como etanol e propanol. "Funciona semelhante a uma folha natural que leva CO_2 e água e converte em açúcar e O_2 usando luz solar", compara Motiar Rahaman, primeiro autor do artigo.

O pesquisador conta que, em estudos anteriores, as folhas artificiais produziam compostos químicos simples, como monóxido de carbono e gás de síntese (uma mistura de monóxido e hidrogênio). Rahaman e colega decidiram aprimorar a capacidade de produção da tecnologia. "A equipe trabalhou no conceito e o levou adiante para, usando luz solar, gerar combustíveis líquidos multicarbonados diretamente do gás carbônico e da água", resume o cientista. [...]

Para a conversão, a folha artificial contém um fotovoltaico integrado a um catalisador bimetálico responsável por absorver a luz solar. A união entre perovskita, mineral semicondutor de eletricidade, e vanadato de bismuto acelera a produção química dos combustíveis multicarbonados.

[...]

Gonçalves, A. Cientistas criam carros abastecidos por fotossíntese; entenda. *Correio Braziliense*, Brasília, DF, 12 jun. 2023. Disponível em: https://www.correiobraziliense.com.br/tecnologia/2023/06/5099102-carros-abastecidos-por-fotossintese-artificial.html. Acesso em: 29 set. 2024.

Arquivo/Dr. Motiar Rahaman

Folha autônoma é presa a um suporte de haste de metal e tem catalisadores para a conversão: processo rápido e promissor, segundo os criadores.

Para discutir

1. Inspirado na fotossíntese das plantas, a folha artificial é presa a uma haste de metal que, por meio da luz solar, converte gás carbônico e água em etanol e propanol, utilizando um catalisador.

1 Como funciona o processo para gerar combustível com a folha artificial?

2 Qual a relação entre essa tecnologia e as mudanças climáticas no planeta?

3 Explique a semelhança entre a tecnologia da folha biomimética, inspirada na fotossíntese, com o metabolismo energético dos seres vivos.

2. A produção de combustíveis por meio da folha artificial é uma alternativa sustentável ao consumo de combustíveis fósseis, que é a maior causa das mudanças climáticas. A conversão do CO_2, que é um dos gases do efeito estufa, ajuda a diminuir a quantidade desse gás na atmosfera.
Incentive os estudantes a argumentar sobre os efeitos benéficos dessa tecnologia para mitigar os efeitos da crise climática.

3. A semelhança está na conversão de energia em produtos úteis por meio de reações químicas.
Assim como a folha artificial usa luz solar, dióxido de carbono e água para produzir combustível líquido para os carros, o metabolismo energético dos seres vivos usa as células para converter a energia química dos alimentos em outras formas de energia.

O DNA E O METABOLISMO

O **DNA** é o ácido nucleico constituinte do núcleo de todos os eucariontes e de uma região especializada da célula dos procariontes, chamada nucleoide. A elucidação da estrutura molecular do DNA foi um passo importante para a compreensão de vários mecanismos envolvidos com o armazenamento e a transmissão de informações hereditárias, além do controle do metabolismo.

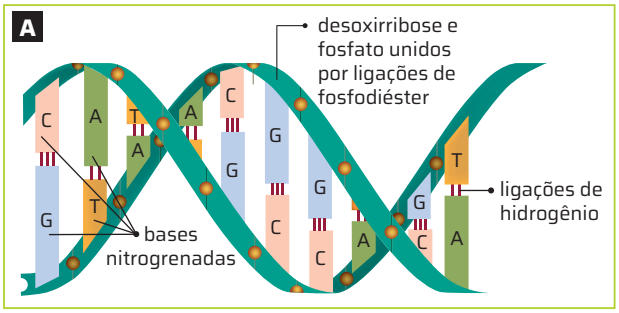
O controle metabólico exercido pelo DNA passa pela produção de proteínas específicas, por exemplo, as **enzimas**, que atuam como catalisadores das reações químicas.

A constituição química do DNA

O DNA é constituído de duas cadeias de moléculas, chamadas **nucleotídeos**. Em cada cadeia, os nucleotídeos unem-se a partir da ligação entre o fosfato de um deles com a pentose de outro.

As duas cadeias do DNA estão unidas por ligações de hidrogênio entre suas bases nitrogenadas. A configuração das bases nitrogenadas determina a ligação entre elas: a adenina une-se somente à timina, por meio de duas ligações de hidrogênio; a guanina e a citosina se unem por meio de três ligações de hidrogênio. As cadeias pareadas estão dispostas em espiral, formando uma **dupla-hélice** (imagem **A**).

Paula Radi/ID/BR



Esquema da estrutura da molécula de DNA: G = guanina, C = citosina, T = timina, A = adenina. Observe as ligações entre as bases nitrogenadas. Cores-fantasia.

Representação sem proporção de tamanho.

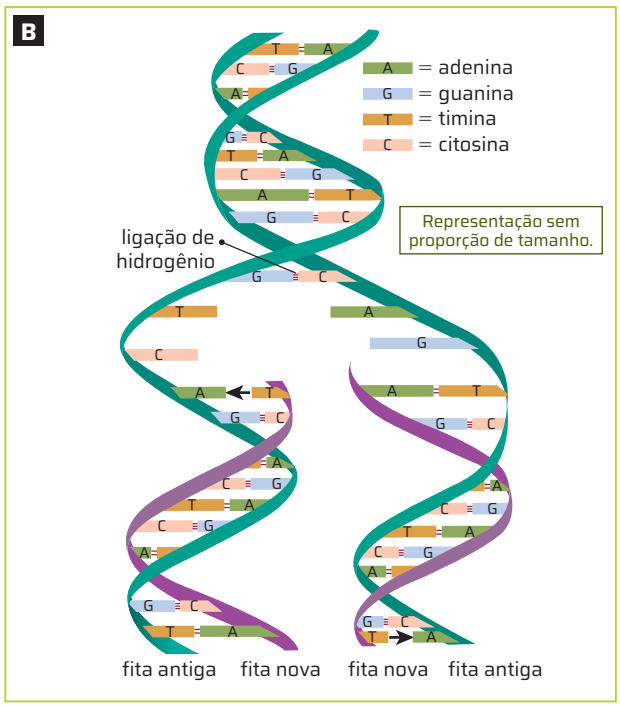
Fonte de pesquisa das ilustrações desta página: Reece, J. B. *et al.* *Campbell Biology*. 10. ed. [*S. l.*]: Pearson, 2014. p. 317-321.

A duplicação do DNA

O DNA é capaz de se duplicar, ou seja, fazer cópias de si mesmo. Esse processo, também denominado **replicação do DNA**, ocorre antes da divisão celular. Ele se inicia com a quebra das ligações de hidrogênio e a abertura da dupla-hélice (imagem **B**).

Cada cadeia de nucleotídeos atua como molde para a produção de uma nova cadeia. Assim, as duas novas moléculas de DNA conservam uma das cadeias de nucleotídeos da molécula-mãe e apresentam uma nova, complementar àquela que lhe serviu de molde. O nome desse processo é **duplicação semiconservativa**. A complementaridade das bases nitrogenadas faz com que as duas moléculas formadas sejam idênticas entre si e à original.

Paula Radi/ID/BR



Esquema da duplicação semiconservativa do DNA mostrando a formação das novas cadeias (em roxo). Cores-fantasia.

CIÊNCIA SE DISCUTE

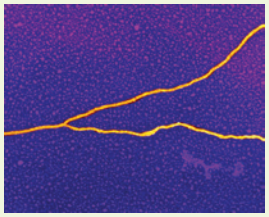
Desvendando a duplicação do DNA

O biólogo estadunidense James Watson (1928-) e o biólogo britânico Francis Crick (1916-2004) chegaram ao modelo da dupla-hélice do DNA após coletar, reunir e organizar dados e estudos de outros pesquisadores.

Em 1953, Watson e Crick sugeriram que a duplicação da dupla-hélice deveria ocorrer de forma semiconservativa, hipótese corroborada pelos geneticistas estadunidenses Matthew Meselson (1930-) e Franklin Stahl (1929-) em 1957, com base em experimentos com a bactéria *Escherichia coli*.

No início da década de 1960, o médico inglês John Cairns (1922-2018) observou o DNA bacteriano em duplicação. Seu trabalho forneceu evidências de que a replicação é um processo altamente coordenado, em que as fitas são desenroladas e copiadas simultaneamente. Os cromossomos bacterianos têm um único ponto onde se inicia a replicação; já as células eucarióticas têm vários, que são acionados em conjunto simultaneamente.

Dr. Gopal Murti/SPL/Fotoarena



Molécula de DNA (em laranja) em processo de duplicação. Foto ao microscópio eletrônico de transmissão; imagem colorizada; aumento de cerca de 2 800 vezes.

1. Em sua opinião, qual é a importância de reconhecer estudos já realizados por outros pesquisadores?
Veja resposta em *Respostas e comentários* no Manual do Professor.

Não escreva no livro.

SÍNTESE DE PROTEÍNAS

A molécula de DNA é, também, o molde para a síntese de proteínas. Nesse processo, pequenos trechos da molécula de DNA são, inicialmente, "transcritos" para uma molécula de RNA. A molécula de RNA é, então, "traduzida" em uma sequência de aminoácidos que, por sua vez, corresponde à estrutura primária da proteína.

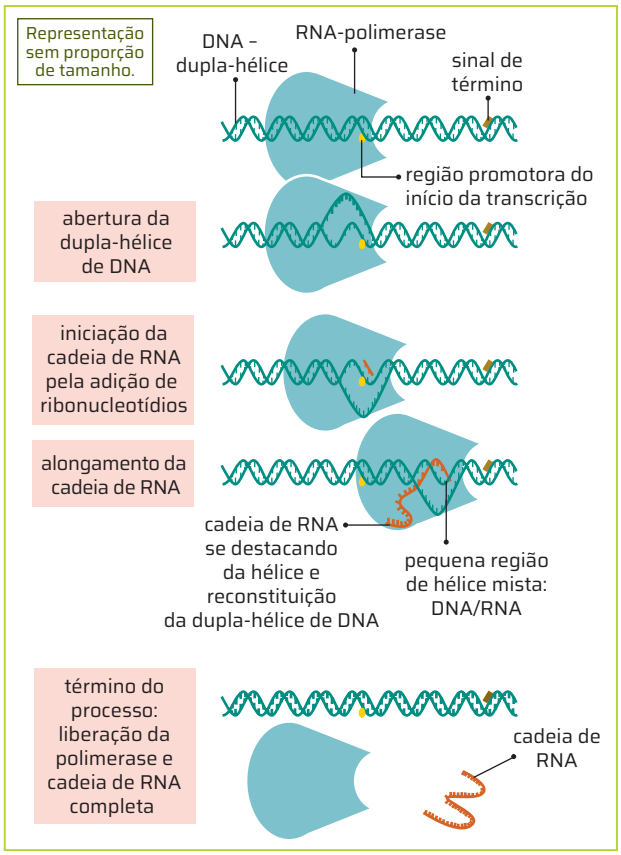
Transcrição do RNA

A **transcrição** é um processo que resulta na síntese de uma molécula de RNA, composta de uma cadeia de nucleotídios. Ela é realizada por um complexo de enzimas, sendo a **RNA-polimerase** a mais importante.

Acompanhe o esquema ao lado. Inicialmente, a enzima RNA-polimerase, com o auxílio de outras proteínas, reconhece no DNA a **região promotora**, uma determinada sequência de nucleotídios que indica o início da transcrição. Existem diferentes sequências com essa função. Ao reconhecer a região promotora, a RNA-polimerase liga-se a ela. Ocorre, então, a abertura da dupla-hélice com o auxílio de enzimas, e a RNA-polimerase reconhece qual cadeia deve ser transcrita; a outra permanece inativa.

Em seguida, a RNA-polimerase orienta o emparelhamento das bases dos **ribonucleotídios** (nucleotídios de RNA, contendo ribose) com as bases da fita de DNA: ribonucleotídios cuja base é a uracila emparelham-se com as adeninas da fita-molde do DNA (U-A); da mesma forma, os ribonucleotídios com adenina emparelham-se com as timinas do DNA (A-T); os ribonucleotídios com citosina emparelham-se com as guaninas do DNA (C-G), e as guaninas emparelham-se com as citosinas do DNA (G-C).

À medida que ocorre o emparelhamento, os ribonucleotídios ligam-se entre si por meio de ligações entre suas moléculas de ribose e as de fosfato. Forma-se, assim, uma cadeia de ribonucleotídios cuja sequência de bases nitrogenadas é complementar à da fita-molde de DNA. Se, por exemplo, um trecho da fita-molde do DNA tiver a sequência CGTAA, o trecho correspondente no RNA terá a sequência GCAUU.



Adilson Secco/ID/BR

Esquema das principais etapas de transcrição do RNA. Cores-fantasia.

Fonte de pesquisa: Laboratório de Biologia Celular e do Desenvolvimento. Transcrição. Síntese e processamento de DNA. UFMG, Belo Horizonte, [20--]. Disponível em: http://labs.icb.ufmg.br/lbcd/prodabi3/grupos/grupo1/transcricao.htm. Acesso em: 23 jul. 2024.

Conforme vai sendo transcrita, a molécula de RNA vai se destacando da fita-molde de DNA, que, por sua vez, volta a se unir à fita inativa, restabelecendo a integridade da molécula de DNA. A transcrição continua até que a RNA-polimerase reconheça o **sinal de término** – uma sequência de nucleotídios na fita-molde de DNA que sinaliza o fim do processo. A RNA-polimerase libera a molécula de RNA recém-formada, chamada **transcrito primário**; a dupla-hélice do DNA é restaurada completamente; e a RNA-polimerase se solta da molécula de DNA.

Principais tipos de RNA

Há três tipos principais de moléculas de RNA: RNA ribossômico, RNA mensageiro e RNA transportador. A função delas, em conjunto, consiste em permitir a expressão da informação genética presente no DNA na forma de proteínas.

O **RNA ribossômico** (RNAr), molécula de grande peso molecular, encontra-se associado a proteínas. Juntos, atuam na montagem e composição dos ribossomos, estruturas relacionadas à síntese de proteínas na célula.

O **RNA mensageiro** (RNAm) atua com os ribossomos na síntese proteica. Ele é formado por um longo filamento simples de ribonucleotídios.

ROTEIRO

8. Considere a seguinte sequência de bases presentes em uma fita ativa de DNA: AACGCTGATTCGCATGGT.

a) Um complexo de enzimas conhecidas como DNA-polimerases participa do processo de duplicação do DNA. Represente a sequência de bases, complementares à fita-molde do enunciado, que deve ser incorporada por essas enzimas.

b) Represente a sequência de bases que deve ser orientada por uma enzima RNA-polimerase, a partir da fita ativa de DNA apresentada no enunciado.

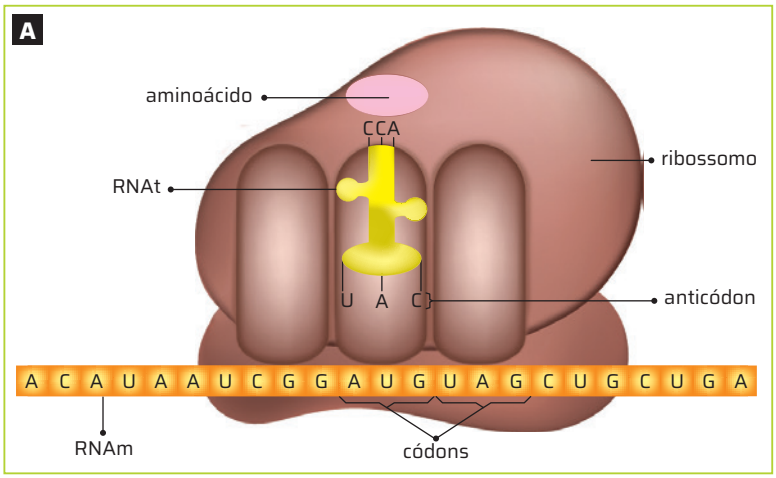
8. a) TTGCGACTAAGCGTACCA
8. b) UUGCGACUAAGCGUACCA

Não escreva no livro.

Cada trinca de nucleotídios em sequência é chamada **códon**. A sequência de códons determina a sequência de aminoácidos que devem ser unidos para formar a cadeia polipeptídica das proteínas.

O **RNA transportador** (RNAt) é o menor dos três tipos de RNA. Sua função é transportar os aminoácidos que se encontram livres no citosol até os ribossomos, onde serão unidos para formar as proteínas, de acordo com o indicado na sequência do RNAm. Uma das extremidades livres da molécula do RNAt apresenta sempre a sequência de bases CCA. Esse é o local onde o aminoácido vai se unir ao RNAt. Em outra parte da molécula, existe outra sequência de três bases chamada **anticódon**, que reconhece a posição que o aminoácido vai ocupar no polipeptídio. O anticódon do RNAt interage com o códon do RNAm, ao qual é complementar (imagem **A**). Existem vários tipos de RNAt, que variam quanto à sequência de bases do anticódon. Cada um deles é específico para o aminoácido que transporta.

Paula Radi/ID/BR



Representação sem proporção de tamanho.

Esquema da associação entre RNA transportador, RNA mensageiro e ribossomo. Cores-fantasia.

Fonte de pesquisa: Alberts, B. *et al.* *Fundamentos da biologia celular*. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2011. p. 251-256.

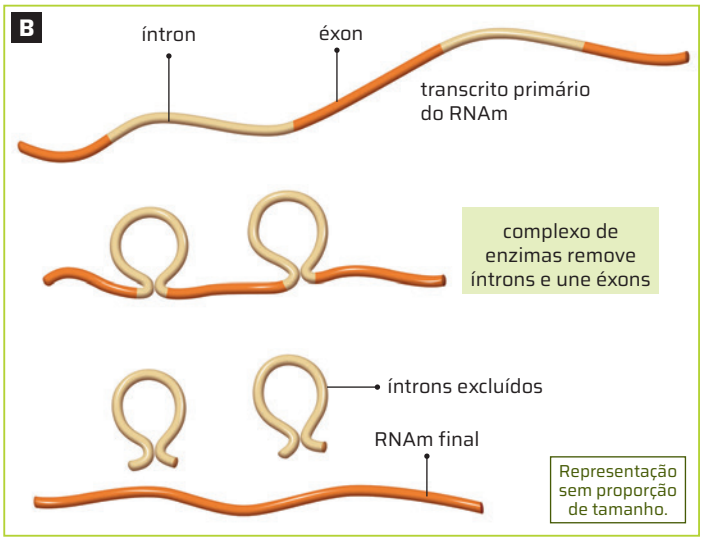
Processamento do RNA

Assim que o processo de transcrição é finalizado, o transcrito primário passa por várias transformações até se tornar funcional. Essas transformações conferem à molécula a forma final que a caracteriza, como RNA ribossômico, transportador ou mensageiro, e garantem a ela maior estabilidade.

No caso do RNAm, o transcrito primário contém toda a sequência complementar dos nucleotídios do DNA-molde que o originou, mas, durante o processamento, alguns trechos são cortados e estão ausentes na molécula final do RNAm. As sequências retiradas do transcrito são chamadas **íntrons**, e as que permanecem são denominadas **éxons**. O processo que retira os íntrons e une os éxons é denominado ***splicing***, termo em inglês que pode ser entendido como fazer uma emenda (imagem **B**).

O *splicing* ocorre pela ação de um complexo de enzimas e é uma operação muito precisa. Caso um único nucleotídio seja retirado por erro, ao se excluir um íntron, a molécula de RNAm pode produzir uma proteína completamente diferente da original. A existência de íntrons é comum em eucariontes e rara em procariontes.

Reinaldo Vignati/ID/BR



Em alguns tecidos, transcritos primários de RNAm idênticos podem sofrer exclusão de diferentes íntrons, formando RNAm maduros diferentes e que, por consequência, produzem diferentes tipos de polipeptídio no processo de tradução. Observe que esse tipo de processamento, chamado ***splicing* alternativo**, aumenta muito a variedade de proteínas produzidas por uma mesma sequência de nucleotídios do DNA.

Esquema do processamento do tipo *splicing*, em transcrito primário de RNA mensageiro (RNAm). Cores-fantasia.

Fonte de pesquisa: Griffiths, A. J. F. *et al.* *Introdução à genética*. 9. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2011. p. 267.

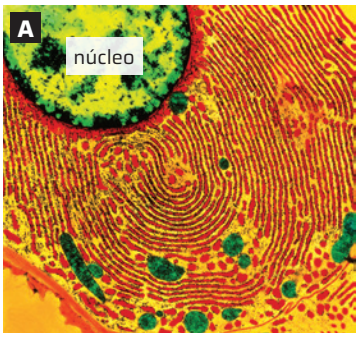
Não escreva no livro.

Tradução do RNAm em eucariontes

Uma vez realizados a transcrição e o processamento, o RNA mensageiro sai do núcleo. A informação está codificada sob a forma de trincas de nucleotídios, e a sequência de bases do RNA mensageiro determina a ordem em que os aminoácidos se unem na proteína.

A **tradução**, processo de formação de proteínas, acontece nos ribossomos, dispersos no citosol ou aderidos ao retículo endoplasmático granuloso (imagem **A**).

Os ribossomos são formados por duas subunidades, constituídas de RNA ribossômico e proteínas, que se associam no momento da tradução. O RNA mensageiro encaixa-se na subunidade menor, enquanto na interface das duas subunidades se encaixam dois RNAs transportadores conduzindo seus respectivos aminoácidos.



CNRI/SPL/Fotoarena

Retículo endoplasmático granuloso, em vermelho. Parte da síntese proteica ocorre nos ribossomos associados ao retículo. Foto ao microscópio eletrônico de transmissão; imagem colorizada; aumento de cerca de 2 500 vezes.

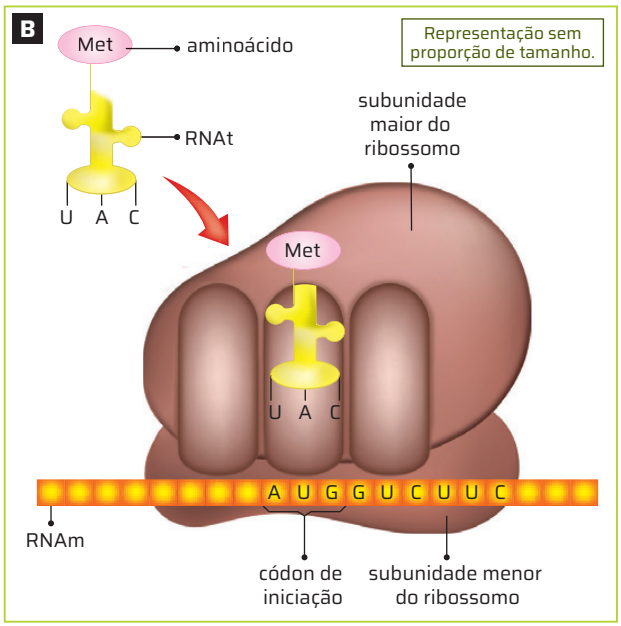
Ativação dos aminoácidos

A ativação consiste na união do RNAt com seu aminoácido correspondente. Essa reação, mediada por enzimas, requer energia, fornecida por moléculas de ATP.

Fase de iniciação

A síntese da cadeia polipeptídica começa quando a subunidade menor do ribossomo e o RNAm se unem em um ponto próximo ao códon de iniciação AUG (imagem **B**). A seguir, entra no ribossomo um primeiro RNAt, cujo anticódon deve ser formado pelos nucleotídios UAC, complementares aos do códon de iniciação. Nos eucariontes, esse primeiro RNAt carrega o aminoácido **metionina** (Met). Assim, toda síntese de proteínas se inicia com esse aminoácido.

A subunidade menor do ribossomo, o RNAm e o primeiro RNAt carregado com o aminoácido formam o **complexo de iniciação**, ao qual se une a subunidade maior.



Ilustrações: Paula Radi/ID/BR

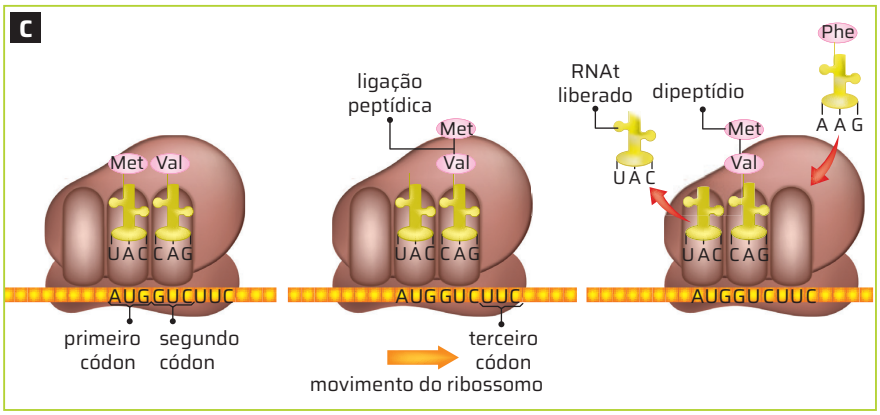
Esquema simplificado da fase de iniciação da tradução do RNAm. Cores-fantasia.

Fonte de pesquisa: Alberts, B. *et al.* *Fundamentos da biologia celular*. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2011. p. 251-256.

Fase de alongamento

O alongamento consiste no crescimento da cadeia proteica. Um segundo RNAt carregado, cujo anticódon é complementar ao códon situado logo após o de iniciação, prende-se ao ribossomo, e uma ligação peptídica une os dois aminoácidos.

Depois dessa reação, o ribossomo se desloca ao longo do RNAm. Como esse deslocamento é de exatamente três nucleotídios, o RNAt da metionina se desliga do ribossomo, ficando livre no citosol, e um terceiro RNAt carregado com um aminoácido ocupa o lugar disponível no ribossomo, continuando a tradução e promovendo o alongamento da cadeia polipeptídica (imagem **C**).

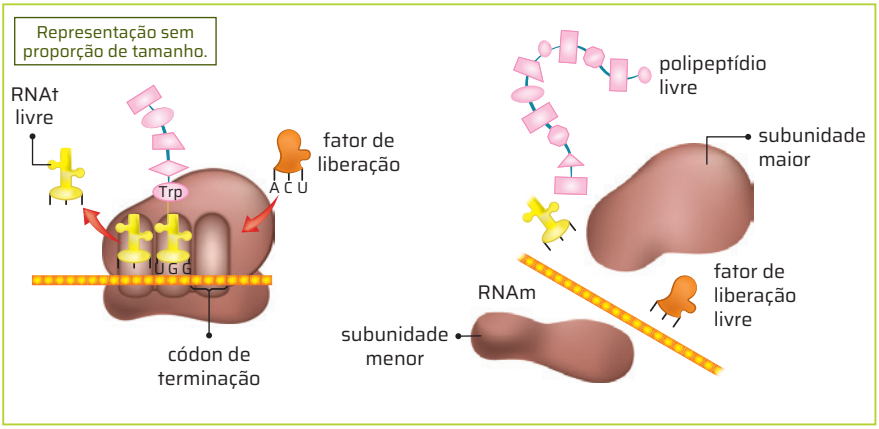


Esquema simplificado da fase de alongamento. Cores-fantasia.

Fonte de pesquisa: Alberts, B. *et al.* *Fundamentos da biologia celular*. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2011. p. 251-256.

Fase de terminação

A síntese da cadeia proteica é finalizada quando o ribossomo atinge um dos códons de terminação (UAA, UAG ou UGA) do RNAm. Estes não são reconhecidos por nenhum RNAt, mas sim por fatores de liberação de natureza proteica (imagem a seguir). Uma vez completada a tradução, a proteína formada, o RNAm e o RNAt abandonam o ribossomo. Suas duas subunidades também se dissociam, até o momento em que se inicia uma nova síntese. O RNAm livre pode, então, ser lido novamente.



Paula Radi/ID/BR

Esquema simplificado da fase de terminação da tradução do RNAm em uma proteína. Cores-fantasia.

Fonte de pesquisa: Alberts, B. *et al.* *Fundamentos da biologia celular*. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2011. p. 251-256.

À medida que são sintetizadas, as cadeias de polipeptídios adquirem suas estruturas secundária e terciária mediante a formação de ligações entre os aminoácidos – como as ligações de hidrogênio, ligações iônicas, interações hidrofóbicas, etc.

CIÊNCIA SE DISCUTE

Proteínas e inteligência artificial

A estrutura tridimensional de uma proteína, que determina sua funcionalidade, deve-se ao encadeamento de dezenas ou centenas de diferentes tipos de aminoácidos. Assim, há algumas décadas já se previa que, em um futuro próximo, seria possível determinar a estrutura 3D de uma proteína, a partir da sequência de aminoácidos que a compõem. Leia no texto a seguir como a inteligência artificial tornou isso possível.

[...] prever a estrutura espacial de uma proteína a partir da sua sequência de aminoácidos, se tornou um enorme desafio teórico para físicos, químicos e biólogos. Paralelamente, na década de 1990, surgiram programas computacionais que procuravam prever a estrutura de pequenas proteínas. Em 1994, foi lançada uma competição bianual chamada CASP (Critical Assessment of protein Structure Prediction). Aos competidores eram fornecidas as sequências de aminoácidos de algumas dezenas de proteínas, e os resultados desses programas computacionais eram, então, comparados com os resultados experimentais. Um porcentual de 90% de acerto na estrutura seria considerado um sucesso.

No início, os programas mal chegavam perto do índice de 60%. Mas, em 2018, [...] [entraram] na competição [...] [programas de inteligência artificial].

Basicamente o que esses programas de inteligência artificial [...] fazem é alimentar uma rede neural com uma determinada sequência de aminoácidos (de uma proteína com estrutura 3D experimentalmente conhecida) e alterar vários bilhões de parâmetros para [obter] [...] uma proteína compatível com aquela experimental. Repete-se esse procedimento, dando entrada para centenas de milhares de proteínas com estruturas 3D experimentalmente conhecidas. Uma nova proteína, com a sua própria sequência de aminoácidos, tem sua estrutura calculada com os valores dos bilhões de parâmetros 'treinados' ou 'ensinados' exaustivamente. A estrutura 3D dessa proteína vai para um banco de dados. [...]

Onody, R. N. Proteínas e Inteligência Artificial: o ano de 2021 foi disruptivo para a biologia estrutural de proteínas. Instituto de física de São Carlos (IFSC-USP), 22 abr. 2022. Disponível em: https://www2.ifsc.usp.br/portal-ifsc/proteinas-e-inteligencia-artificial/. Acesso em: 27 set. 2024.

1. Conhecendo a sequência de bases do DNA é possível decifrar, por meio do código genético, a sequência de aminoácidos que ela codifica. Ao conhecer a sequência de aminoácidos, com auxílio da inteligência artificial, é possível determinar a estrutura tridimensional da molécula de proteína que ela forma.

1. Como é possível determinar a estrutura de uma proteína tendo a sequência de bases do DNA como referência?

2. Considerando que anticorpos são proteínas que se conectam a proteínas presentes em bactérias, vírus ou células cancerígenas e que sinalizam ao sistema imune a presença dos invasores, como a inteligência artificial pode auxiliar em casos como esses? Resposta variável. Os estudantes podem mencionar que a inteligência artificial ajudaria a criar proteínas funcionais, como anticorpos, tendo como base as proteínas desses patógenos. Assim seria possível utilizar proteínas sintetizadas por IA para neutralizar antígenos, por exemplo.

Não escreva no livro.

O código genético

O **código genético** é a correspondência entre os códons (trincas) de nucleotídios do RNAm e os aminoácidos.

As mesmas sequências de nucleotídios especificam os mesmos aminoácidos em praticamente todos os seres vivos. Assim, podemos afirmar que o código genético é **universal**, indicando uma provável origem evolutiva comum a todas as espécies.

Há quatro tipos de nucleotídios de RNA, cada um deles com um tipo diferente de base nitrogenada: adenina, citosina, guanina e uracila. A associação dos quatro tipos de nucleotídios em trincas resulta em 64 combinações possíveis. Porém, apenas 20 tipos de aminoácidos são utilizados na síntese de proteínas. Assim, códons diferentes podem codificar o mesmo aminoácido e, por isso, diz-se que o código genético é **degenerado**. Como vimos, há códons que estabelecem o início (AUG) ou o término (UAA, UAG e UGA) de um polipeptídio.

O fato de o código ser degenerado traz uma vantagem, pois, caso ocorram trocas em algum nucleotídio, isto é, se houver mutações, há probabilidade de que a sequência dos aminoácidos que formam determinada proteína não seja alterada. As mutações gênicas podem ocorrer por substituição, quando há a troca de um ou mais nucleotídios; por deleção, quando um ou mais nucleotídios são eliminados; ou por inserção, quando há adição de um ou mais nucleotídios.

ROTEIRO

9. **Com base na análise de uma proteína e sua sequência de aminoácidos, é possível determinar a sequência de códons do DNA que a gerou? Justifique sua resposta.**

Não, pois um mesmo aminoácido pode ser codificado por códons diferentes. Logo, somente com a análise de uma proteína, não é possível reproduzir a sequência de códons que a gerou.

Primeira base do RNAm	Segunda base do RNAm: U		C		A		G		Terceira base do RNAm
U	UUU	Phe	UCU	Ser	UAU	Tyr	UGU	Cys	U
	UUC	Phe	UCC	Ser	UAC	Tyr	UGC	Cys	C
	UUA	Leu	UCA	Ser	UAA	para	UGA	para	A
	UUG	Leu	UCG	Ser	UAG	para	UGG	Trp	G
C	CUU	Leu	CCU	Pro	CAU	His	CGU	Arg	U
	CUC	Leu	CCC	Pro	CAC	His	CGC	Arg	C
	CUA	Leu	CCA	Pro	CAA	Gln	CGA	Arg	A
	CUG	Leu	CCG	Pro	CAG	Gln	CGG	Arg	G
A	AUU	Ile	ACU	Thr	AAU	Asn	AGU	Ser	U
	AUC	Ile	ACC	Thr	AAC	Asn	AGC	Ser	C
	AUA	Ile	ACA	Thr	AAA	Lys	AGA	Arg	A
	AUG	Met	ACG	Thr	AAG	Lys	AGG	Arg	G
G	GUU	Val	GCU	Ala	GAU	Asp	GGU	Gly	U
	GUC	Val	GCC	Ala	GAC	Asp	GGC	Gly	C
	GUA	Val	GCA	Ala	GAA	Glu	GGA	Gly	A
	GUG	Val	GCG	Ala	GAG	Glu	GGG	Gly	G

Códon de iniciação

Códon de terminação

Abreviações dos aminoácidos

Ala – alanina
Arg – arginina
Asn – asparagina
Asp – ácido aspártico
Cys – cisteína
Gln – glutamina
Glu – ácido glutâmico
Gly – glicina
His – histidina
Ile – isoleucina
Leu – leucina
Lys – lisina
Met – metionina
Phe – fenilalanina
Pro – prolina
Ser – serina
Thr – treonina
Trp – triptofano
Tyr – tirosina
Val – valina

O códon AUG codifica o aminoácido metionina (Met) e atua como códon de iniciação. Três combinações atuam como sinais de término, marcando a finalização da tradução.

Fonte de pesquisa: Alberts, B. *et al.* *Fundamentos da biologia celular*. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2011. p. 247.

AÇÃO E CIDADANIA

A fenilcetonúria

A fenilcetonúria é uma doença causada por mutações no gene relacionado à produção de uma proteína que catalisa a conversão do aminoácido fenilalanina em tirosina, um outro aminoácido. Essas mutações provocam um acúmulo da fenilalanina no sangue e nos tecidos corporais, o que pode causar atraso no desenvolvimento mental e físico, convulsões, problemas de pele, agressividade, entre outras alterações.

O diagnóstico precoce é possível com o "teste do pezinho", que consiste em coletar uma gota de sangue do recém-nascido para análise. Esse teste é realizado de forma obrigatória no Brasil e é oferecido pelo Sistema Único de Saúde (SUS).

O tratamento da fenilcetonúria é feito mediante uma dieta pobre em fenilalanina. Isso significa que a pessoa deve evitar alimentos ricos em proteínas. Porém, a fenilalanina é um aminoácido essencial e, por isso, a dieta deve ser elaborada por um especialista, de forma a diminuir os riscos de uma deficiência desse aminoácido.

Por lei, as empresas alimentícias são obrigadas a informar à Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Anvisa) a quantidade de fenilalanina presente em seus produtos.

1. **Em 6 de junho, comemora-se o Dia Nacional do "Teste do Pezinho". Por que é preciso detectar a fenilcetonúria desde o nascimento?**
2. **O conhecimento sobre o metabolismo da fenilcetonúria determinou a obrigatoriedade de informar a presença de fenilalanina nos rótulos dos produtos. Qual é a importância dessa medida?**

Mutação gênica

2. O tratamento da fenilcetonúria consiste basicamente em restringir o consumo de alimentos que contenham fenilalanina e introduzir dietas específicas com os nutrientes necessários, de acordo com as exigências dietéticas de cada paciente. Assim, é possível que os fenilcetonúricos possam administrar e controlar melhor sua alimentação, evitando danos à saúde.

Ao contrário de outras substâncias, continuamente substituídas nas células, o DNA se mantém relativamente estável devido à ação de sistemas especializados em realizar reparos aos danos nessa molécula. Graças a essa estabilidade, são possíveis a conservação das informações genéticas e sua transmissão de uma geração de células a outra. Entretanto, a molécula de DNA pode sofrer algumas alterações.

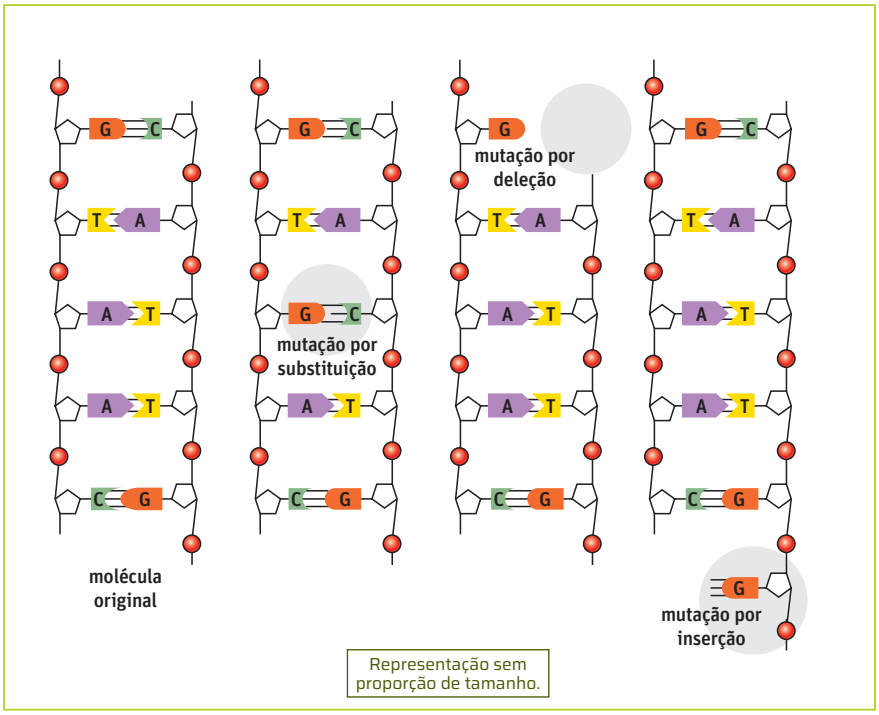
Mutação gênica é qualquer modificação que afeta a sequência de nucleotídios do DNA. As mutações podem afetar diretamente o DNA dos gametas ou o das células que lhes dão origem e, dessa maneira, poderão ser transmitidas aos descendentes. Quando as mutações atingem as células somáticas, ou seja, as demais células do organismo, elas não são herdáveis.

Grande parte das mutações ocorre de forma espontânea, em decorrência de erros nos emparelhamentos das bases ao longo do processo de duplicação. Embora inicialmente a quantidade de erros nos emparelhamentos seja considerável, poucos se mantêm, devido à ação dos mecanismos de reparo.

Além das mutações espontâneas, alguns agentes físicos, como certas radiações, e químicos, como certos medicamentos, também podem provocar modificações no DNA. Essas mutações são chamadas de induzidas, e as causas que as desencadeiam são denominadas **agentes mutagênicos**.

Uma alteração na sequência de nucleotídios pode ou não ter reflexos na proteína a ser produzida e ocasionar diferentes efeitos em relação às chances de sobrevivência e reprodução do organismo. Caso essas chances aumentem, diz-se que a mutação é **benéfica**. Se a mutação diminui as chances de sobrevivência, ela é considerada **desfavorável**. Mutações **neutras** não têm impacto sobre as chances de sobrevivência e reprodução do organismo.

A mutação gênica pode ocorrer por **substituição**, quando há a troca de um ou mais nucleotídios; por **deleção**, quando um ou mais nucleotídios são eliminados; ou por **inserção**, quando há adição de um ou mais nucleotídios (imagem a seguir). **1.** Veja resposta em *Respostas e comentários* no Manual do Professor.



Adilson Secco/ID/BR

Esquema dos diferentes tipos de mutação gênica. Cores-fantasia.

Fonte de pesquisa: Griffiths, A. J. F. *et al. Introdução à genética*. 9. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2011. p. 491.

Não escreva no livro.

Como as células fazem a regulação gênica?

A estrutura e o funcionamento de uma célula são determinados pelas proteínas que ela contém. As proteínas, por sua vez, constituem a expressão de segmentos de DNA capazes de gerar diferentes tipos de RNAm, além de RNAt e RNAr.

Nesta atividade, vocês vão analisar, por meio de um simulador, um conjunto de segmentos do DNA responsáveis pela produção de enzimas importantes que regulam o metabolismo de transporte de lactose por bactérias *Escherichia coli*. Os estudos realizados com essas bactérias foram fundamentais para a compreensão de mecanismos de regulação gênica em procariontes e também em eucariontes (em geral, bem mais complexos).

Davi Augusto Studio/ID/BR

Material

- dispositivo com acesso à internet
- simulador, disponível em: https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/legacy/gene-machine-lac-operon (acesso em: 2 ago. 2024)

Como fazer

Veja respostas em *Respostas e comentários* no Manual do Professor.

1. Reúnam-se em grupos e baixem o simulador indicado no *link* acima. Ao acessá-lo, cliquem na guia "Transporte de lactose", localizada na parte superior da tela. Observem a representação de uma célula bacteriana, evidenciando os espaços intra e extracelular, além da presença de duas moléculas azuis flutuantes (RNA-polimerases). Em seguida, cliquem no ícone "Mostrar legenda", localizado no canto inferior direito, e identifiquem os demais elementos utilizados no simulador.
2. Arrastem o segmento *lac promoter* (promotor lac) para a posição indicada na molécula de DNA bacteriano e registrem o que acontece com as moléculas de RNA-polimerase. Vocês evidenciam o processo de transcrição?
3. Arrastem o *lacZgene* para sua respectiva posição no DNA e descrevam o que acontece. Qual é o nome do processo representado?
4. Observem que setas surgem indicando que as moléculas de RNAm geram outras, representadas por círculos roxos. Que tipo de molécula essas esferas roxas representam? Qual é o nome do processo representado?
5. Encontrem o injetor de lactose, localizado na parte superior da tela (meio extracelular), e selecionem o modo Auto. O que vocês observam?
6. Arrastem o *lacYgene* para a posição indicada na molécula de DNA e registrem o que acontece. Qual é o papel da proteína codificada por esse segmento? É possível identificar a função do *lacZgene*?
7. Agora, arrastem o *lac operator* (operador lac) para a posição indicada no DNA. Ocorre algo?
8. Reposicionem o injetor de lactose para o modo Manual e aguardem até que não haja mais lactose no meio extracelular. Em seguida, posicionem o *lacI promoter* e o segmento *lacIgene* no DNA e comentem os eventos que ocorrem nessa condição.
9. Quando não houver mais proteínas de membrana, ativem o injetor de lactose novamente no modo Auto e descrevam a sucessão de eventos que ocorrem dentro da célula bacteriana. O que vocês notam em relação à proteína codificada pelo segmento *lacIgene*? A presença de lactose na célula altera sua capacidade de bloquear a tradução?

Para concluir

1. Resposta variável. Espera-se que os estudantes descrevam um conjunto de segmentos de DNA capaz de determinar a síntese de proteínas, organizado em sequência sob o controle de um segmento promotor.

1 **Depois de realizar as atividades desta seção, como vocês caracterizariam o sistema estudado, conhecido como *operon*?**

2 **Mecanismos de regulação do metabolismo celular envolvem a síntese de moléculas que podem controlar a expressão gênica, ampliando, reduzindo ou silenciando a ação de segmentos específicos do DNA, e sua ação depende em grande medida das condições do meio interno da célula. Que condição do meio interfere no sistema regulatório analisado?**
A presença de lactose.

3 **Mutação gênica é qualquer modificação que afeta a sequência de nucleotídios do DNA. Uma alteração na sequência de nucleotídios pode ter reflexos na proteína a ser produzida e ocasionar diferentes efeitos no organismo. Quais seriam as consequências de uma mutação em cada um dos segmentos de DNA mencionados nesta seção?**
Veja resposta em *Respostas e comentários* no Manual do Professor.

4 **O *lac operon* consiste em um conjunto de segmentos de DNA responsáveis pela produção de enzimas que regulam o transporte e a utilização de lactose por algumas células bacterianas. Qual é a vantagem desse sistema de regulação?** Veja resposta em *Respostas e comentários* no Manual do Professor.

ATIVIDADE RESOLVIDA

1 **Suponha uma molécula de DNA com esta sequência de bases nitrogenadas, que determina a síntese de uma cadeia polipeptídica contendo sete aminoácidos (aa), como ilustrado no quadro a seguir:**

TAC	aa1	metionina
CAC	aa2	valina
TCG	aa3	serina
TCA	aa4	serina
CAG	aa5	valina
TCG	aa6	serina
ACG	aa7	cisteína

Com base nessas informações, responda:

a) Suponha que essa molécula foi submetida à ação de uma substância mutagênica, o que provocou uma alteração na 15ª base nitrogenada dessa sequência, passando a ser citosina (C), e a eliminação da 18ª base. Usando as informações da tabela referente ao código genético, escreva a nova sequência de aminoácidos.

Resolução

Segundo a tabela, a sequência de bases do DNA é: TAC-CAC-TCG-TCA-CA**G**-TC**G**-ACG. A 15ª base nitrogenada dessa sequência é uma guanina (G, no primeiro destaque), e foi substituída por uma citosina (C). A 18ª base, também guanina (G, no segundo destaque), foi suprimida. Assim, a nova sequência de bases passa a ser:

TAC-CAC-TCG-TCA-CAC-TCA-CG

Como o código genético é a correspondência entre os códons (trincas) de nucleotídios do RNAm e os respectivos aminoácidos, é preciso definir a sequência de bases do RNAm que o DNA codifica:

AUG-GUG-AGC-AGU-GUG-AGU-GC

Consultando a tabela, é possível identificar a nova sequência de aminoácidos:

metionina – valina – serina – serina – valina – serina.

b) Quais devem ser os anticódons correspondentes após a mutação?

Resolução

Os anticódons estão presentes nos RNAt e correspondem à sequência de três bases localizadas em uma das extremidades dessa molécula que reconhece a posição que o aminoácido ligado ao RNAt vai ocupar na cadeia polipeptídica. De acordo com o pareamento de bases que ocorre entre moléculas de RNA (adenina-uracila/guanina-citosina), os anticódons são:

UAC-CAC-UCG-UCA-CAC-UCA

c) Essa mutação pode interferir na proteína a ser sintetizada pela célula? Justifique sua resposta.

Resolução

Embora o 5º e o 6º aminoácidos dessa sequência polipeptídica permaneçam os mesmos – já que, como são determinados por mais de um tipo de códon, os novos códons codificam os mesmos aminoácidos –, a nova sequência é diferente, uma vez que houve a perda de um aminoácido. Essa modificação pode alterar a estrutura da proteína e interferir em sua função.

2 **Explique o que são metabolismo, anabolismo e catabolismo. Dê dois exemplos de processos catabólicos e dois exemplos de processos anabólicos.**

Veja resposta em *Respostas e comentários* no Manual do Professor.

3 **As mitocôndrias muitas vezes são descritas como "pilhas" das células vivas. Explique essa analogia.**

Veja resposta em *Respostas e comentários* no Manual do Professor.

Não escreva no livro.

4 O piruvato, molécula orgânica composta de três átomos de carbono que aparece ao final da fase anaeróbia ou glicólise da respiração celular, é totalmente degradado (quebrado) na fase seguinte.

- Explique o que acontece com seus átomos de carbono e de hidrogênio.
  Veja resposta em *Respostas e comentários* no Manual do Professor.

5 Algumas substâncias, como o gás sulfídrico, podem causar a destruição dos citocromos, proteínas localizadas na membrana interna das mitocôndrias. Veja resposta em *Respostas e comentários* no Manual do Professor.

- Descreva as consequências dessa destruição para a síntese de ATP nessas organelas.

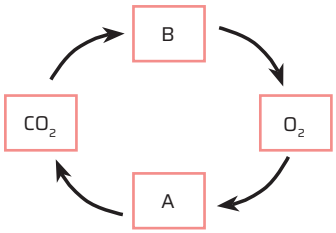
6 Um pai decidiu colocar vasos de samambaias e violetas no quarto de sua filha. Sobre os vasos, pôs duas lâmpadas incandescentes e deu o seguinte conselho a ela: Deixe as lâmpadas acesas mesmo durante a noite, pois as plantas respiram se estiverem no escuro, e aí você poderá ficar sem oxigênio.
Veja resposta em *Respostas e comentários* no Manual do Professor.

- Você concorda com o conselho dado pelo pai? Por quê?

7 A elódea, uma planta aquática, é muito utilizada para estudos sobre fotossíntese. Em um experimento, essa planta foi colocada em um frasco de vidro com água e deixada próximo a uma fonte de luz por cerca de uma hora. Depois de algum tempo, observaram-se várias bolhas gasosas na proximidade das folhas. Qual gás essas bolhas contêm? Que processo da fotossíntese está envolvido na produção desse gás? As bolhas são de gás oxigênio, produzido pela fotólise da água.

8 Considere o esquema abaixo, que representa resumidamente certos processos que ocorrem em seres vivos. Identifique corretamente os processos **A** e **B** e cite exemplos de seres em que eles ocorrem.

O processo **A** é o da respiração celular (consumo de oxigênio); o processo **B** é o da fotossíntese (absorção do dióxido de carbono pelos seres fotossintetizantes, que liberam gás oxigênio, utilizado na respiração). Uma boa parte dos seres heterótrofos e autótrofos realiza o processo **A**; apenas certos seres autótrofos realizam o processo **B**.



9 Reescreva estas frases no caderno, substituindo corretamente os algarismos I a IV:

Os (I) são pequenas vesículas achatadas do cloroplasto, originadas da (II) da organela. O conjunto de todos os (I) do cloroplasto chama-se grana. O espaço entre os (I) e a (II) é preenchido pelo (III), material onde ocorre a etapa (IV) da fotossíntese. I: tilacoides; II: membrana interna; III: estroma; IV: química.

10 Em alguns ambientes oceânicos muito profundos, próximos a fontes termais, a vida prolifera, embora a luz solar não chegue até lá.

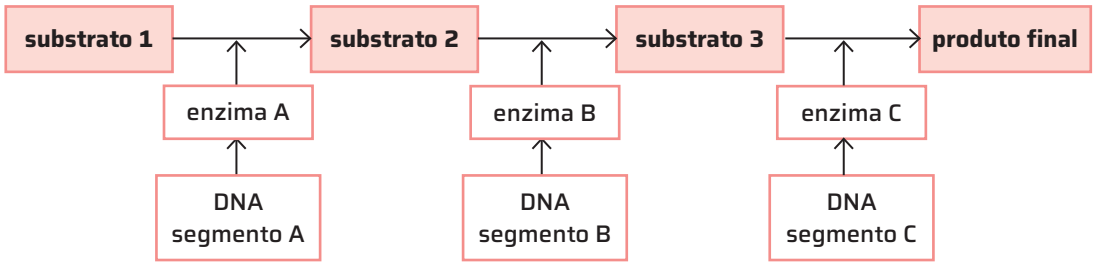
a) Como se chama o processo que permite a sustentação da vida nesses ambientes? Quimiossíntese.

b) Quais organismos o realizam? Algumas bactérias e arqueas, também chamadas de seres quimiossintetizantes.

c) Qual é a principal diferença entre a fotossíntese e o processo que permite a manutenção da vida nesses ambientes? A fotossíntese utiliza a luz como fonte de energia; a quimiossíntese, por sua vez, utiliza reações químicas.

11 Por que o processo de duplicação do DNA é considerado semiconservativo? Para o organismo, qual é a vantagem de o processo de replicação ocorrer dessa maneira?
Veja em *Respostas e comentários* no Manual do Professor.

12 Observe a via metabólica representada no esquema abaixo. Note que cada reação química é catalisada por uma enzima específica, e o produto de uma reação é o substrato para a reação seguinte.



- O que deve ocorrer em um indivíduo que tenha sofrido uma mutação no segmento **A** do DNA?
  Se houver uma mutação no segmento **A** e essa mutação alterar a sequência de aminoácidos que compõem a enzima **A**, haverá a interrupção da cadeia de reações da via metabólica, impedindo a produção do produto final.

Não escreva no livro.

CAPÍTULO 3

CICLO CELULAR E O ESTUDO DOS TECIDOS

1. Resposta variável. Os estudantes podem mencionar que tecidos são formados por agrupamentos de células que desempenham uma função específica. Observe se eles reconhecem o papel central das células em atividades como produção de proteínas e secreções, degradação de substâncias, entre outras, e se mencionam estruturas ou funções de tecidos e órgãos do corpo.

2. Veja resposta em *Respostas e comentários* no Manual do Professor.

PARA COMEÇAR

1. Descreva com suas próprias palavras o que é um tecido.
2. Células que formam os diversos tecidos apresentam características diferentes entre si? Explique.

CÉLULAS E TECIDOS

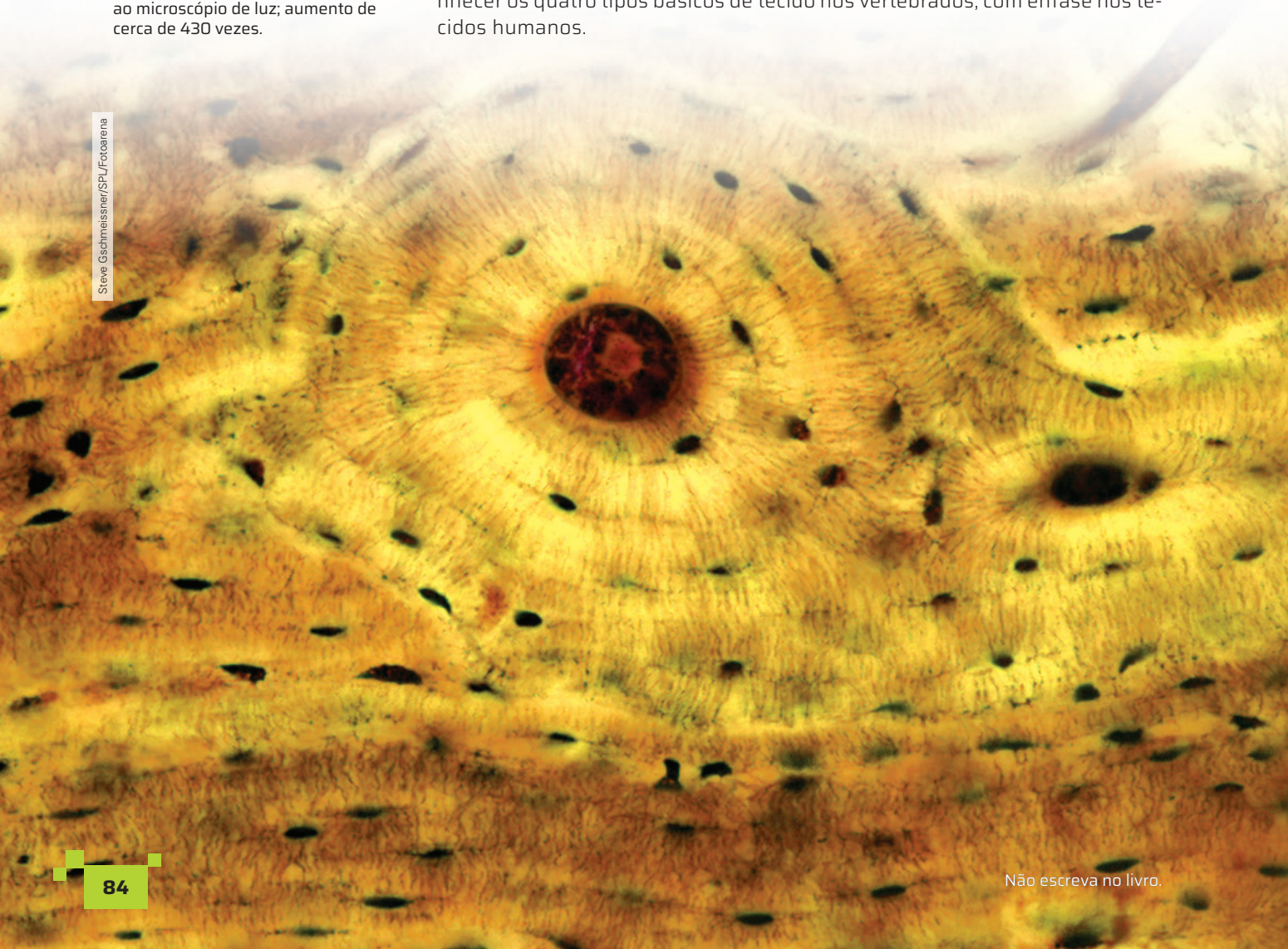
Pela teoria celular, todas as células se originam de células preexistentes, o que nos permite concluir que todas as células têm a capacidade de se dividir, isto é, de dar origem a novas células.

No processo de divisão celular denominado **mitose**, a célula original, ou célula-mãe, gera duas células-filhas, cada uma delas com uma cópia idêntica do material genético da célula original. Assim, elas têm a mesma **ploidia** da célula-mãe. Outra possibilidade de divisão celular é a **meiose**, processo no qual as células-filhas têm metade do material genético da célula-mãe. Nesse caso, células **diploides** (2n) dão origem a células **haploides** (n).

Um organismo pluricelular, por exemplo, é constituído de muitas células, todas originadas da divisão de uma única célula original: o zigoto. A existência de grande quantidade de células em um mesmo organismo possibilitou que elas se especializassem, de modo que cada tipo de célula executasse funções específicas, formando os diversos tecidos e órgãos que compõem cada indivíduo.

Neste capítulo, você vai estudar o ciclo celular e os processos de divisão celular, aprender como as células se associam para formar os tecidos e conhecer os quatro tipos básicos de tecido nos vertebrados, com ênfase nos tecidos humanos.

ploidia: número (n) de conjuntos de cromossomos de uma célula.



Tecido ósseo esponjoso com células ósseas (pontos pretos na imagem); no centro, está o canal por onde passam os vasos sanguíneos e os nervos. Foto ao microscópio de luz; aumento de cerca de 430 vezes.

Steve Gschmeissner/SPL/Fotoarena

Não escreva no livro.

CICLO CELULAR

A célula possui um ciclo de vida denominado **ciclo celular**, que compreende sua origem, seu crescimento e seu desenvolvimento, até a reprodução.

Seres unicelulares, como bactérias e protozoários (imagem **A**), reproduzem-se por divisão celular: um indivíduo origina dois novos indivíduos. Estes, em geral, possuem a mesma carga genética do indivíduo que os originou.

Nos seres pluricelulares, a divisão celular está associada a processos reprodutivos e, também, ao crescimento corporal, à regeneração de tecidos e à reposição de células mortas.

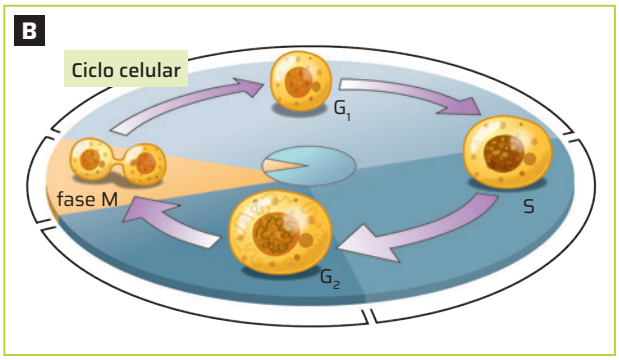
Muitos seres pluricelulares se desenvolvem a partir de um zigoto diploide, formado pela união de células reprodutivas de dois indivíduos distintos. O zigoto se divide e origina duas células, que se dividem novamente e sucessivamente; assim, todas as células encontradas no adulto se originam de uma única célula inicial e possuem o mesmo material genético. Mesmo quando o crescimento celular cessa ou desacelera, a divisão celular garante a regeneração de tecidos e a reposição de células que naturalmente envelhecem e morrem.

O ciclo celular envolve o início da vida da célula até a divisão em duas células-filhas (imagem **B**). Esses processos podem ser divididos em duas fases: **intérfase** e **divisão celular** propriamente dita, ou **mitose** (fase M).

Intérfase: é o intervalo entre duas divisões sucessivas. Nele, ocorrem a síntese de substâncias e o crescimento da célula. Os cromossomos estão descondensados, dispersos no núcleo e não podem ser individualizados, apresentando o aspecto de **cromatina**. A intérfase compreende três períodos.

Eric Grave/SPL/Fotoarena

O protozoário ciliado *Paramecium caudatum* em etapa final da divisão celular, em que se observam duas novas células prestes a se separar. Foto ao microscópio de luz; aumento de cerca de 312 vezes.



Reinaldo Vignati/ID/BR

Esquema das etapas do ciclo celular. As etapas em fundo azul representam os períodos da intérfase. A etapa em fundo laranja representa a fase M. Cores-fantasia.

Representação sem proporção de tamanho.

Período G_1 (do inglês *gap*, "intervalo"): no qual ocorre a síntese de proteínas e o crescimento da célula. Quando a célula está em quiescência, isto é, não está se dividindo, o período denomina-se G_0.

Período S (do inglês *synthesis*, "síntese"): em que ocorre a **síntese de DNA** para a duplicação dos cromossomos e dos centrômeros. Proteínas **histonas**, importantes para a condensação dos cromossomos, também são sintetizadas. Ao final desse período, cada cromossomo estará formado por duas cromátides-irmãs unidas pelo centrômero. A quantidade de DNA dobrou, mas o número de cromossomos permanece o mesmo.

Período G_2 (do inglês *gap*, "intervalo"): inicia-se ao final da duplicação do DNA e dura até começar a condensação dos cromossomos; os centríolos duplicam. Em geral, é um período mais curto que o **G_1**.

MITOSE

Na mitose, a célula-mãe se divide originando duas células-filhas semelhantes à célula-mãe. Cada cromossomo duplicado é constituído de duas cromátides-irmãs, que se separam, e cada cromátide é destinada a uma das células-filhas. Portanto, o número de cromossomos e a informação genética são iguais nas duas células-filhas. Por isso, a mitose também é denominada **divisão equacional**, e é representada pelo símbolo **E!**.

ROTEIRO

1. É possível afirmar que a mitose foi o processo de reprodução realizado por seres vivos primitivos? Justifique.

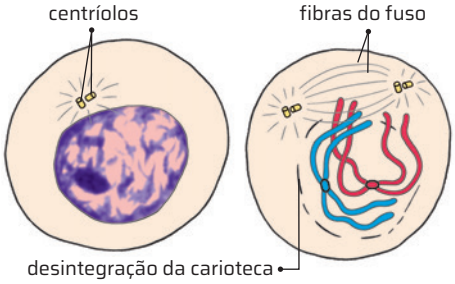
1. Provavelmente não. A mitose, como a conhecemos atualmente, envolve uma série de estruturas celulares complexas, que provavelmente não existiam nos primeiros seres vivos.

Não escreva no livro.

Fases da mitose

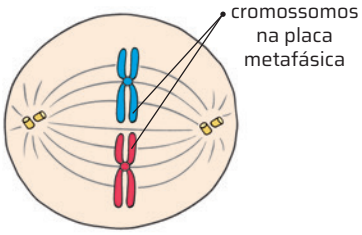
Para facilitar o estudo, a sequência de transformações ocorridas no núcleo e no citoplasma da célula é dividida em etapas: a **cariocinese** corresponde à divisão do núcleo celular em dois núcleos-filhos; e a **citocinese**, à separação do citoplasma e à formação de duas células-filhas. A cariocinese, por sua vez, é dividida em quatro fases. Os principais eventos da cariocinese são descritos a seguir:

Prófase: durante a intérfase, os cromossomos estão desespiralizados e dispersos no interior no núcleo celular, formando a cromatina. Na prófase, a carioteca se desestrutura; o conteúdo nuclear mistura-se ao citosol e os cromossomos ficam dispersos no citoplasma. O material genético se condensa: cada cromátide se enrola sobre si mesma, apoiando-se em moléculas de histonas, uma proteína globular. Portanto, as cromátides diminuem em comprimento e aumentam em diâmetro. Cada cromossomo, formado por duas cromátides unidas pelo centrômero, torna-se individualizado e facilmente visível ao microscópio de luz. Os centríolos, já duplicados, começam a migrar para polos opostos da célula. Ao se afastarem, surge entre eles um sistema de microtúbulos, denominado **áster**, a partir do qual se forma o **fuso mitótico**, também chamado **fuso acromático**.



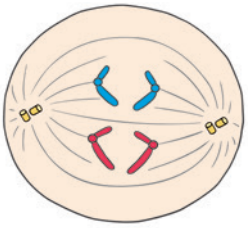
Ilustrações: Roberto Higa/ID/BR

Metáfase: os cromossomos posicionam-se na região intermediária entre os centríolos, formando a **placa metafásica** ou **placa equatorial**. Os filamentos do fuso acromático unem-se aos cromossomos na altura dos centrômeros e os tracionam até ficarem alinhados.



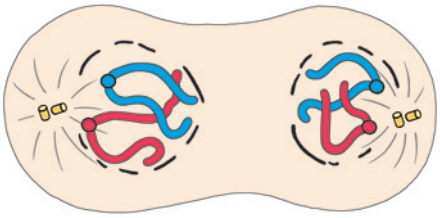
Roberto Higa/ID/BR

Anáfase: os microtúbulos do fuso encurtam, resultando na separação das cromátides-irmãs e na migração destas para polos opostos da célula. A condensação dos cromossomos reduz as chances de dano ao material hereditário durante a migração.



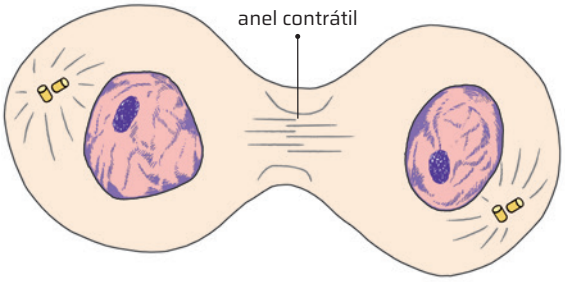
Roberto Higa/ID/BR

Telófase: caracteriza-se pela reorganização da carioteca e pela descondensação dos cromossomos. Estes, agora, assumem o aspecto de cromatina, e o nucléolo se forma novamente.



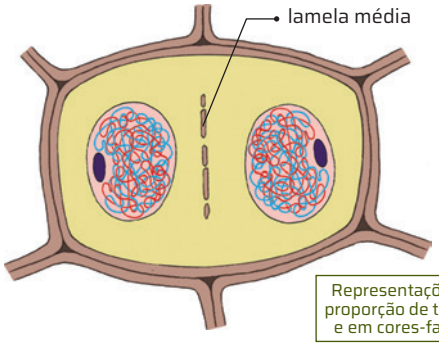
Roberto Higa/ID/BR

A **citocinese** corresponde à separação do citosol e das organelas entre as duas células-filhas. Nas **células animais**, forma-se um anel contrátil internamente à membrana plasmática, contornando o perímetro celular na altura da placa metafásica. Esse anel, constituído de proteínas contráteis, actina e miosina, ao se encurtar forma um sulco que se estreita cada vez mais até a separação completa das duas células-filhas. A separação do citoplasma que ocorre da periferia para o interior da célula é denominada **citocinese centrípeta**.



Roberto Higa/ID/BR

Nas **células vegetais**, forma-se a **lamela média**, um septo originado a partir de vesículas do complexo golgiense à altura da placa metafásica. Essa é a base para a formação da parede celular: cada célula-filha deposita sobre a lamela média camadas de celulose e pectina. A separação do citoplasma que ocorre a partir do interior da célula para a região periférica é denominada **citocinese centrífuga**.



Representações sem proporção de tamanho e em cores-fantasia.

Roberto Higa/ID/BR

Esporulação: em muitos organismos podem ocorrer várias cariocineses sem que haja divisão do citoplasma. Cada núcleo acaba envolvido por uma camada de membrana plasmática e certa porção de citoplasma. A célula, então, se rompe liberando as células-filhas, denominadas esporos, células leves e resistentes. Fungos, plantas e protozoários são exemplos de seres que produzem esporos em alguma etapa do ciclo vital.

Divisão celular bacteriana: nas bactérias, após a duplicação do DNA, os cromossomos-irmãos se separam, e a célula sofre um estrangulamento na região do mesossomo, resultando em duas células-filhas, cada uma com um cromossomo. Não ocorre condensação de cromossomos nem formação de fuso mitótico. Os plasmídeos – anéis circulares de DNA com tamanho variável – também se duplicam, resultando em várias cópias de cada um deles nas células-filhas. Nos seres unicelulares, a divisão celular é chamada de cissiparidade ou bipartição.

Não escreva no livro.

MEIOSE

Uma célula-mãe diploide (2n) pode passar por duas divisões celulares consecutivas formando quatro células haploides (n), com metade do número de cromossomos da célula-mãe. Por isso, a meiose é denominada **divisão reducional**, com símbolo **R!**.

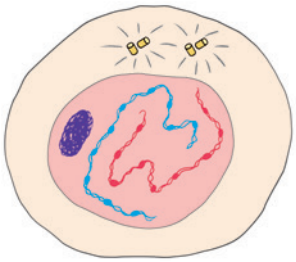
A meiose está associada à ocorrência da reprodução sexuada. Nos animais em geral, a meiose origina os gametas haploides (n), e é denominada **meiose gamética**. Os gametas se fundem originando um zigoto diploide (n + n = 2n). Em muitos fungos e em alguns protozoários e algas, o zigoto diploide sofre meiose logo após a fecundação (**meiose zigótica**); os adultos serão, portanto, haploides, e os gametas se originam por mitose. Nas plantas, o ciclo de vida alterna uma fase haploide e uma fase diploide. O organismo diploide forma esporos haploides (**meiose espórica**), que se desenvolvem formando organismos haploides. Estes produzem gametas por mitose, e a fecundação origina um zigoto diploide.

Fases da meiose

A meiose é subdividida em duas etapas: **meiose I** e **meiose II**. Na intérfase que precede a meiose I ocorre a duplicação dos cromossomos; entre a meiose I e a meiose II ocorre a **intercinese**, de curta duração e sem duplicação dos cromossomos.

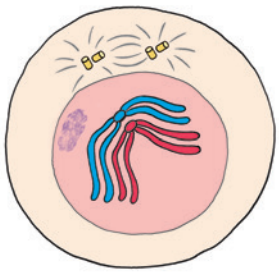
Prófase I: é dividida em cinco subfases, representadas pelas imagens abaixo.

Leptóteno: os cromossomos iniciam a condensação; as cromátides-irmãs permanecem estreitamente próximas.



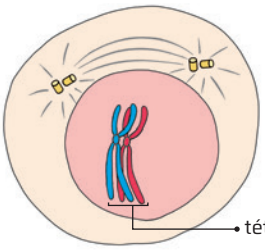
Roberto Higa/ID/BR

Zigóteno: os cromossomos homólogos se aproximam formando pares até estarem alinhados no sentido do comprimento.

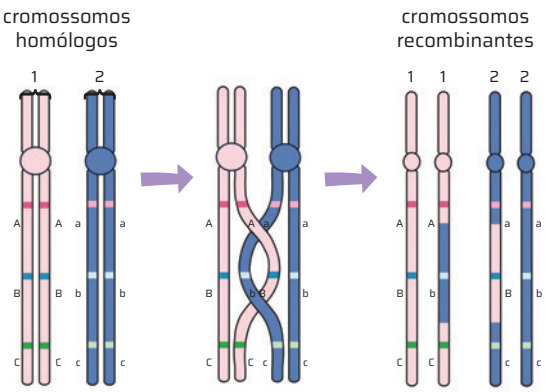


Roberto Higa/ID/BR

Paquíteno: cada par de homólogos é visível na forma de uma estrutura denominada **tétrade** ou **bivalente**. Esta proximidade possibilita a ocorrência da **permutação** ou *crossing-over*, fenômeno aleatório que consiste na troca de trechos cromossômicos entre cromátides homólogas.



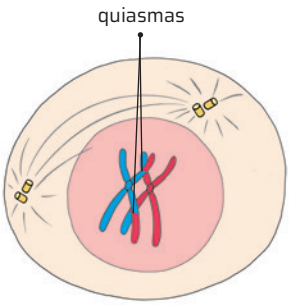
Crossing-over: esquema de permutação durante a meiose. As letras representam genes.



Fonte de pesquisa das imagens desta página: Griffiths, A. J. F. *et al*. *Introdução à genética*. 9. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2011. p. 114.

Ilustrações: Roberto Higa/ID/BR

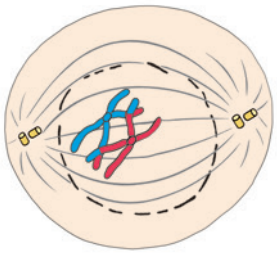
Diplóteno: os cromossomos homólogos iniciam sua separação, mas as cromátides permanecem unidas onde houve permuta. Esses pontos de união denominam-se **quiasmas**.



Representações sem proporção de tamanho e em cores-fantasia.

Roberto Higa/ID/BR

Diacinese: os cromossomos atingem o grau máximo de condensação. Os pares de homólogos, unidos nos pontos onde se observam quiasmas, começam a se afastar. Com isso, os quiasmas deslizam em direção às extremidades da cromátide (**terminalização dos quiasmas**). Ocorre a fragmentação da carioteca e inicia-se a formação do fuso acromático.



Roberto Higa/ID/BR

AÇÃO E CIDADANIA

Terapia celular

"CAR" é um acrônimo em inglês para *chimeric antigen receptor* (em português, "receptor quimérico de antígeno"). O "T" refere-se ao linfócito T, um tipo de célula do sistema imunológico que consegue reconhecer antígenos existentes na superfície celular de agentes externos ou internos infecciosos e de tumores, produzindo anticorpos para combater tais invasores. Ou seja, atua como defesa do corpo. Então, uma célula CAR-T é um linfócito T que passou por uma modificação genética.

A. C. Camargo Cancer Center. Tudo sobre células CAR-T. Disponível em: https://accamargo.org.br/sobre-o-cancer/tratamento-oncologico/tudo-sobre-celulas-car-t. Acesso em: 29 set. 2024.

1. Façam uma pesquisa sobre o tratamento de câncer com terapia celular e discutam as vantagens e desvantagens desse tratamento.

Veja resposta em *Respostas e comentários* no Manual do Professor.

Mitose e meiose

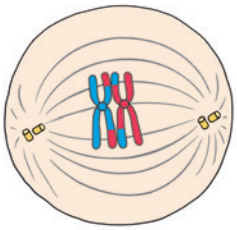
2. O termo mitose é geralmente usado para designar a divisão celular em seres eucariontes e pluricelulares. Em seres unicelulares, a divisão celular leva à reprodução do organismo e é frequentemente chamada de cissiparidade. A divisão da célula bacteriana ocorre sem a participação das fibras do fuso e sem o deslocamento dos cromossomos, não formando as figuras típicas das fases da mitose eucarionte.

ROTEIRO

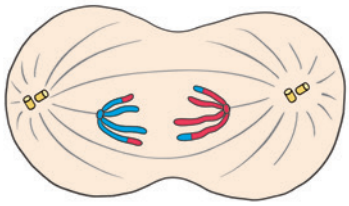
2. Tanto as células procariontes quanto as células eucariontes passam por processos de divisão celular.

No entanto, esse processo recebe denominações diferentes caso o organismo seja pluricelular, unicelular eucarionte ou unicelular procarionte. Como se justificam essas diferentes denominações?

Metáfase I: forma-se a **placa metafásica**, composta de tétrades. As fibras do fuso se unem aos centrômeros.

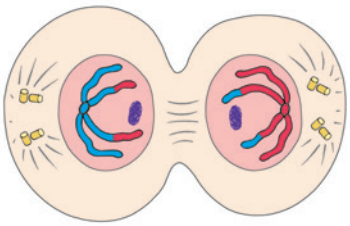

Roberto Higa/ID/BR

Anáfase I: os pares de homólogos se separam, cada par dirigindo-se a um dos polos da célula.


Roberto Higa/ID/BR

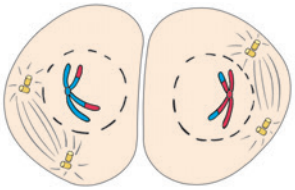
Telófase I: o fuso acromático se desfaz e a carioteca se reorganiza, formando dois núcleos haploides.

Citocinese I: em geral, ocorre a separação do citoplasma e a formação de duas células. Pode ocorrer, também, a duplicação dos centríolos.

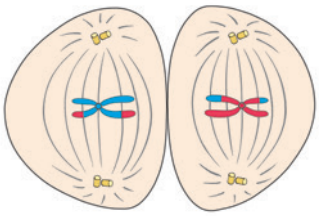

Roberto Higa/ID/BR

Meiose II: em linhas gerais, seguem-se os mesmos passos descritos para a mitose, simultaneamente nas duas células originadas da meiose I. Porém, não ocorre síntese de material genético. A meiose II está representada pelas imagens abaixo.

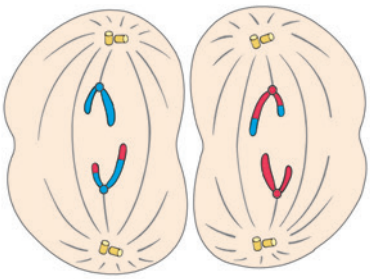
Prófase II: os cromossomos condensam, a carioteca fragmenta-se e o fuso acromático se organiza, com a migração dos centríolos para os polos opostos da célula.


Roberto Higa/ID/BR

Metáfase II: os cromossomos se unem às fibras do fuso acromático e migram formando a placa equatorial.

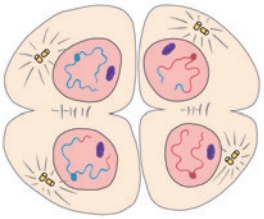

Roberto Higa/ID/BR

Anáfase II: as fibras do fuso encurtam e tracionam as cromátides-irmãs de cada cromossomo para polos opostos da célula.


Roberto Higa/ID/BR

Representações sem proporção de tamanho e em cores-fantasia.

Telófase II: os cromossomos desespiralizam e a carioteca se reorganiza.
Citocinese II: ocorre a separação do citoplasma e a formação de quatro células-filhas haploides.
Devido à permutação, ocorrida durante a prófase I, as células-filhas são geneticamente diferentes entre si. Os cromossomos que sofreram permutação são denominados **recombinantes**.


Roberto Higa/ID/BR

Não escreva no livro.

TECIDOS CELULARES

O conjunto de células especializadas de mesma origem embrionária, que apresentam interdependência e desempenham funções em comum, é denominado **tecido**. Mas os tecidos não são constituídos exclusivamente de células. Todo tecido apresenta uma matriz extracelular (MEC) formada por substâncias intercelulares, sintetizadas pelas próprias células do tecido e que preenchem o espaço existente entre elas. Assim, o estudo dos tecidos inclui dois componentes básicos: as células, suas formas, suas funções e sua organização em diferentes tecidos; e a matriz extracelular, seus componentes moleculares e suas funções nos tecidos e órgãos.

Os vertebrados têm quatro tipos básicos de tecido: epitelial, conjuntivo, muscular e nervoso. A quantidade das substâncias que compõem a matriz extracelular varia entre os quatro tipos básicos de tecido. Os órgãos de um indivíduo são formados pela associação de diferentes tipos de tecido.

ROTEIRO

3. Como é feita a nutrição das células dos tecidos epiteliais, já que esses tecidos não têm vasos sanguíneos? Cite uma vantagem relacionada a essa característica.

A nutrição das células ocorre pela difusão de nutrientes a partir de células do tecido conjuntivo adjacente. O fato de a epiderme não ter vasos sanguíneos dificulta a entrada de microrganismos e de partículas estranhas no corpo.

TECIDOS EPITELIAIS

O **tecido epitelial**, ou **epitélio**, é constituído de células justapostas e firmemente unidas. Nesse tecido, as células encontram-se apoiadas na **lâmina basal** – uma camada formada basicamente por **colágeno**, que separa o tecido epitelial do tecido conjuntivo, mantendo-os aderidos um ao outro. A lâmina basal também regula a multiplicação e a diferenciação celulares e as interações entre células adjacentes.

Os tecidos epiteliais apresentam pequena quantidade de substâncias intercelulares e não apresentam vasos sanguíneos (imagem **A**).

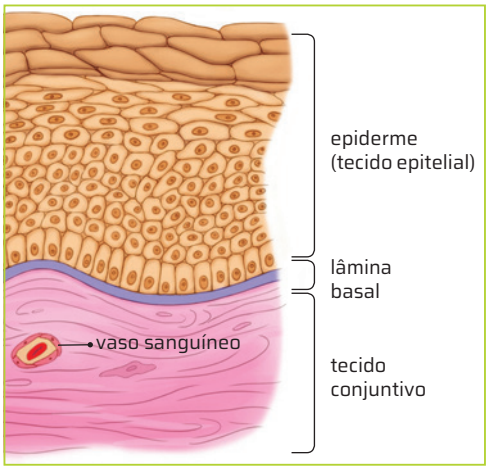
Tipos de tecido epitelial

Os tecidos epiteliais podem ser divididos em dois grandes grupos: **epitélios de revestimento**, que revestem órgãos do corpo, e **epitélios glandulares**, que produzem e liberam substâncias. No entanto, essa divisão é apenas didática, pois há epitélios de revestimento que, além de revestirem um órgão, secretam substâncias.

Epitélios de revestimento

Os epitélios de revestimento recobrem superfícies externas e internas de órgãos. As células dos epitélios de revestimento interno ficam em contato direto com o **lúmen**, que é o nome dado ao espaço interno de órgãos ocos, como o útero ou o intestino. A parede dos vasos capilares é formada por uma única camada de células epiteliais de revestimento.

Representação sem proporção de tamanho.



Petra Elster/ID/BR

Representação, em corte, de pele humana evidenciando a epiderme, um tecido epitelial. Cores-fantasia.

Fonte de pesquisa: Junqueira, L. C.; Carneiro, J. *Histologia básica*. 12. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2013. p. 354.

Epitélios glandulares

As células desse tipo de epitélio têm capacidade de produção e de secreção de substâncias. Elas se organizam em estruturas chamadas **glândulas**. Quanto ao modo de secreção, as glândulas podem ser **exócrinas**, **endócrinas**, ou **mistas**.

TIPOS DE GLÂNDULA

Glândula	Característica	Exemplos
Exócrina	Apresenta uma porção secretora e o ducto excretor (ambas as partes são formadas por células epiteliais).	sudoríparas, sebáceas, mamárias e salivares
Endócrina	Não tem ducto excretor; suas secreções, denominadas hormônios, são liberadas nos vasos sanguíneos que as envolvem.	tireoide, testículos, ovários, suprarrenal
Mista	Apresenta uma porção exócrina e uma porção endócrina.	fígado, pâncreas

Os epitélios glandulares podem ser de três tipos: exócrinos, endócrinos ou mistos.

Fonte de pesquisa: Reece, Jane B. *et al.* *Biologia de Campbell*. 10. ed. Porto Alegre: Artmed, 2015. p. 998.

Pele humana

O **tegumento**, maior órgão do corpo, é formado pela pele e por seus anexos, como unhas, pelos e determinadas glândulas. A pele desempenha numerosas e importantes funções, como: revestir o corpo, funcionando como uma barreira contra a entrada de microrganismos; evitar a perda excessiva de água; participar da regulação da temperatura corporal com a produção e a liberação de suor; ativar a vitamina D, ao ser exposta a pequenas quantidades de radiação ultravioleta (presentes na luz do Sol); promover sensações relacionadas ao tato – calor, frio e pressão.

PARA EXPLORAR

Acesse

Histologia interativa

O *site* do Instituto de Ciências Biomédicas da Universidade de São Paulo (USP) oferece um tutorial interativo formado por texto e imagens de células, tecidos e órgãos obtidas mediante microscopia de luz.

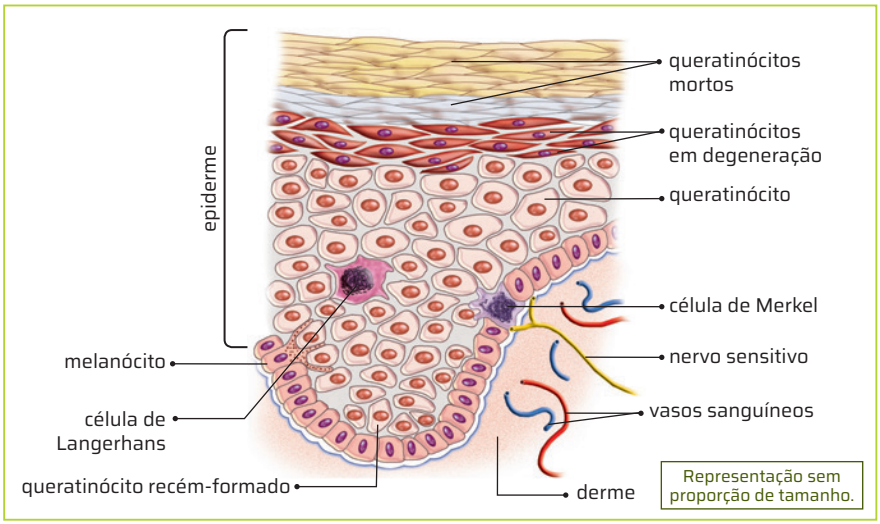
Disponível em: http://mol.icb.usp.br/. Acesso em: 27 set. 2024.

Camadas da pele

A pele é formada por duas camadas: a **epiderme**, composta de tecido epitelial, e a **derme**, camada adjacente à epiderme, constituída de tecido conjuntivo.

Epiderme

A epiderme é formada por epitélio com muitas camadas de células, o epitélio **estratificado**. As células das camadas mais profundas estão constantemente se dividindo por mitose e substituindo as células das camadas mais superficiais, que se desgastam, morrem e se soltam do corpo. Queratinócitos e melanócitos são os principais tipos de célula presentes na epiderme (imagem a seguir).



Luis Moura/ID/BR

Representação em corte transversal da epiderme e seus tipos de célula. Cores-fantasia.

Fonte de pesquisa: Tortora, G. J.; Grabowski, S. R. *Corpo humano*: fundamentos de anatomia e fisiologia. 8. ed. Porto Alegre: Artmed, 2012. p. 102.

Os **queratinócitos** são o tipo mais frequente de células da epiderme. Eles organizam-se em diversas camadas em vários estágios de desenvolvimento e produzem a queratina, uma proteína impermeabilizante que evita a perda excessiva de água através da pele.

Os **melanócitos** produzem melanina, um pigmento proteico que confere cor à pele. A melanina produzida por essas células é armazenada em melanossomos, os quais são incorporados pelos queratinócitos.

A epiderme também apresenta **células de Merkel**, que captam estímulos táteis, e **células de Langerhans**, que captam antígenos, processando-os e apresentando-os aos linfócitos (células da defesa).

Derme

A **derme** é formada por tecido conjuntivo e apresenta fibras colágenas. Está situada logo abaixo da epiderme e a sustenta. Na derme, estão os vasos capilares, as raízes dos pelos e as glândulas sudoríparas e sebáceas, e também podem ser encontrados macrófagos, células da defesa, que englobam microrganismos inespecíficos.

Essa camada da pele apresenta receptores sensoriais pelos quais percebemos as sensações táteis, de dor, de calor, de pressão, de movimento e de tração.

ROTEIRO

4. De que modo os tecidos epiteliais podem proteger nosso organismo?

Os epitélios pluriestratificados da pele fornecem proteção contra choques mecânicos, ação de substâncias, perda de calor e de umidade, por exemplo. Os epitélios glandulares produzem muco, que fornece proteção física contra agentes nocivos (substâncias, organismos vivos).

Não escreva no livro.

TECIDO CONJUNTIVO

O **tecido conjuntivo**, também chamado **tecido conectivo**, é um dos mais abundantes no corpo humano. Presente em quase todos os órgãos, ele ajuda a unir e a sustentar os demais tecidos. Também participa da nutrição e do transporte de substâncias para outros tecidos, da defesa do organismo, do armazenamento de energia, da regulação térmica, da reparação tecidual, entre outras funções.

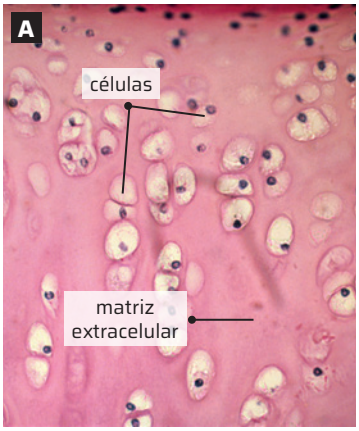
Os tecidos conjuntivos se caracterizam por ter grande quantidade de matriz extracelular (imagem **A**), que é mais abundante do que suas células. Essas células, por sua vez, são bastante variadas em formato e em função, dependendo do tipo de tecido conjuntivo.

A **matriz extracelular** dos tecidos conjuntivos apresenta uma parte amorfa (sem forma definida), que corresponde a uma substância gelatinosa constituída de água, sais minerais, proteínas e glicoproteínas, e uma parte fibrosa, isto é, um emaranhado de proteínas em formato de fibras.

Nos vertebrados, a matriz extracelular pode ter diversas consistências, de acordo com o tipo de tecido conjuntivo. Ela pode ser líquida, como no sangue; flexível, como nas cartilagens; ou rígida e resistente, como nos ossos.

Os tecidos conjuntivos também se diferenciam um do outro pelos tipos de célula presentes e pela proporção entre a matriz e a quantidade de células. Essa diferenciação é o que possibilita a cada tecido realizar determinadas funções no corpo.

Determinados tipos de tecido conjuntivo são dotados de grande poder de regeneração, o que permite que regiões lesadas possam ser recuperadas pela multiplicação das células vizinhas.



Eric Grave/SPL/Fotoarena

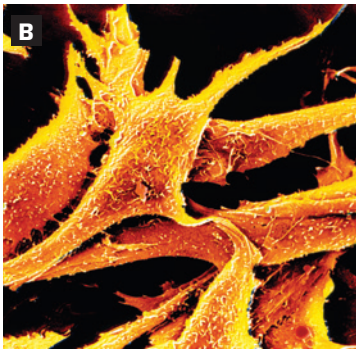
A cartilagem é um tipo de tecido conjuntivo. Note a grande quantidade de matriz extracelular. Foto ao microscópio de luz; uso de corantes; aumento de cerca de 570 vezes.

Tecido conjuntivo propriamente dito

O **tecido conjuntivo propriamente dito** (TCPD) recebe esse nome porque é o mais genérico e o menos diferenciado de todos os tecidos conjuntivos. Ele desempenha a função de preencher os espaços vazios entre os outros tecidos.

O TCPD auxilia no transporte de diversas substâncias e participa na defesa do organismo. Além disso, nutre e sustenta tecidos que não apresentam vascularização, como o tecido epitelial.

O TCPD é formado por vários tipos de célula, como fibroblastos, macrófagos, plasmócitos, mastócitos e leucócitos, que desempenham funções variadas. Essas células estão imersas na matriz extracelular, que apresenta grande quantidade de fibras, estruturas proteicas produzidas pelas próprias células do tecido conjuntivo.



CNRI/SPL/Fotoarena

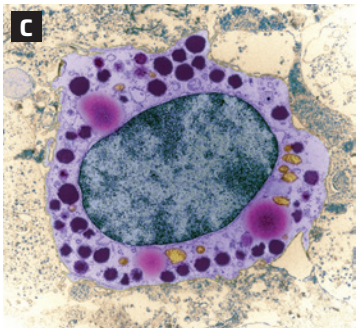
Fibroblastos de glândula mamária feminina. Foto ao microscópio eletrônico de varredura; imagem colorizada; aumento de cerca de 1 100 vezes.

Células do TCPD

Os **fibroblastos** (imagem **B**) são células alongadas, que apresentam núcleo grande e ovoide e muitas ramificações do citoplasma e que se dividem continuamente no TCPD. Eles sintetizam as proteínas e os polissacarídios que formam a matriz extracelular. Essas células também têm capacidade de originar células de outros tipos. Quando estão inativos, os fibroblastos são menores e menos ramificados, e são denominados fibrócitos. No processo de cicatrização, os fibrócitos e os fibroblastos dirigem-se ao local e sintetizam as fibras colágenas. São essas fibras que, em grande quantidade e em lesões muito grandes, produzem a cicatriz.

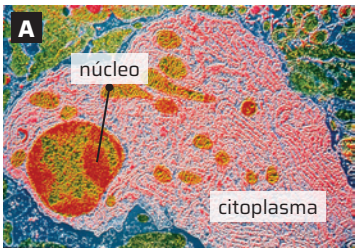
Os **mastócitos** (imagem **C**) são células abundantes no TCPD, geralmente encontradas ao redor dos vasos sanguíneos, nas vias aéreas e na membrana da cavidade abdominal. São responsáveis pela síntese e pela liberação de duas substâncias importantes para a resposta inflamatória: a heparina e a histamina. Essas substâncias são armazenadas e secretadas pelos grânulos presentes no citoplasma dos mastócitos.

Os **leucócitos** se dividem em diversos tipos, como os plasmócitos e os macrófagos.



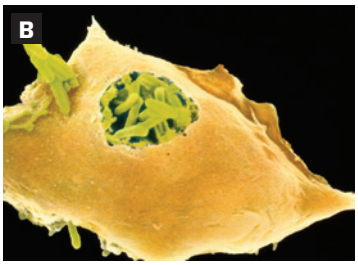
SPL/Fotoarena

Um mastócito, com destaque para o núcleo, a estrutura oval e azul que ocupa grande parte da célula. O citoplasma (violeta) apresenta diversos grânulos (estruturas em roxo) que contêm substâncias como a heparina e a histamina. Foto ao microscópio eletrônico de transmissão; imagem colorizada; aumento de cerca de 6 700 vezes.



CNRI/SPL/Fotoarena

Interior de um plasmócito com retículo endoplasmático rugoso e complexo golgiense bastante desenvolvido. Foto ao microscópio eletrônico de transmissão; imagem colorizada; aumento de cerca de 3 680 vezes.



Prof. S. H. E. Kaufmann & Dr. J. R. Golecki/SPL/Fotoarena

Macrófago (em laranja) fagocitando bactérias invasoras (em verde). Foto ao microscópio eletrônico de varredura; imagem colorizada; aumento de cerca de 1 300 vezes.

Os **plasmócitos** (imagem **A**) são células de defesa que atuam na produção de **anticorpos**, moléculas de glicoproteínas que detectam organismos invasores e desencadeiam uma série de reações para destruí-los.

Os **macrófagos** são células que se deslocam entre as fibras à procura de microrganismos invasores e restos de células, fagocitando-os (imagem **B**). Em geral, têm como função principal a proteção dos tecidos.

Fibras da matriz extracelular

As principais fibras que compõem a matriz extracelular são estruturas de natureza proteica que conferem diversas propriedades ao TCPD, como elasticidade, resistência à tração e sustentação celular. Elas podem ser classificadas em três tipos, de acordo com sua composição: fibras colágenas, elásticas e reticulares.

Fibras colágenas

São fibras constituídas de colágeno, a proteína mais abundante do corpo humano. Existem vários tipos de colágeno, que, juntos, representam cerca de 30% do total de proteínas do organismo.

Elas se apresentam na forma de longas fibras ou mesmo em feixes calibrosos e resistentes, como os encontrados em tendões, músculos e nervos.

Fibras elásticas

São fibras mais finas que as fibras de colágeno, constituídas de uma proteína chamada elastina. Como sugere o próprio nome, as fibras elásticas têm como principal característica a elasticidade. São elas que fazem a pele retornar à sua forma inicial após ser esticada. Essas fibras também são comuns em tendões e em artérias.

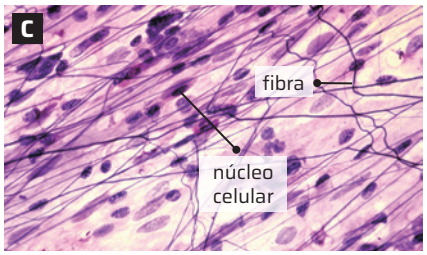
Fibras reticulares

São as fibras de menor espessura, constituídas de reticulina, um tipo de colágeno associado a glicídios. Essas fibras formam redes, entrelaçando-se e ligando o tecido conjuntivo propriamente dito a tecidos vizinhos. Ocorrem em órgãos como o baço, o fígado e o útero.

Tecido conjuntivo frouxo e tecido conjuntivo denso

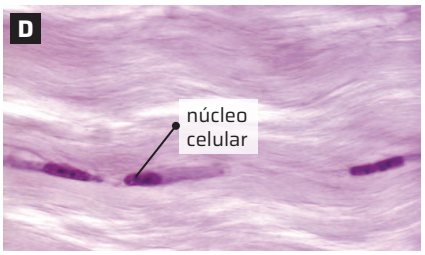
O TCPD pode ser classificado em dois tipos. O **tecido conjuntivo frouxo** (imagem **C**) tem muitas células e pouca matriz extracelular, sem que haja predomínio de algum de seus componentes. As fibras se distribuem frouxamente pela matriz desse tecido, conferindo-lhe flexibilidade. Com exceção do cérebro e da medula espinal, esse tipo de tecido é encontrado em todas as partes do corpo, preenchendo espaços vazios não ocupados por outros tecidos.

O **tecido conjuntivo denso** (imagem **D**) tem mais matriz extracelular do que células, com predomínio de fibras colágenas, o que o torna bastante resistente à tração. Ele é encontrado na derme, nos ligamentos e nos tendões.



Biophoto Associates/Science Source/Fotoarena

Tecido conjuntivo frouxo. Note a grande quantidade de fibras. Foto ao microscópio de luz; uso de corantes; aumento de cerca de 310 vezes.



Alvin Telser/Science Source/Fotoarena

Tecido conjuntivo denso encontrado no tendão. Foto ao microscópio de luz; uso de corantes; aumento de cerca de 1 050 vezes.

ROTEIRO

5. Os plasmócitos são células que atuam na defesa do organismo, assim como os macrófagos. Qual é a diferença entre essas células quanto ao modo de atuação?

Os plasmócitos são células de defesa que atuam na produção de anticorpos e desencadeiam a destruição de microrganismos invasores. Por sua vez, os macrófagos são células de defesa que fagocitam microrganismos invasores.

Não escreva no livro.

Tecidos conjuntivos especiais

Embora os tecidos conjuntivos tenham características em comum, como a abundância de matriz extracelular e a diversidade de tipos celulares, alguns se destacam por exercer funções específicas, como a formação de camadas de gordura, por exemplo. Tais tecidos são denominados **tecidos conjuntivos especiais** ou **especializados**, como o adiposo, o cartilaginoso, o ósseo e o sanguíneo.

Tecido conjuntivo adiposo

Esse tecido se destaca por conter **adipócitos**, ou **células adiposas**, nome dado às células que armazenam lipídios. As células adiposas localizam-se em pequenos grupos dispersos pelo tecido conjuntivo frouxo ou em grupos numerosos, formando o tecido conjuntivo adiposo.

Tecido conjuntivo cartilaginoso

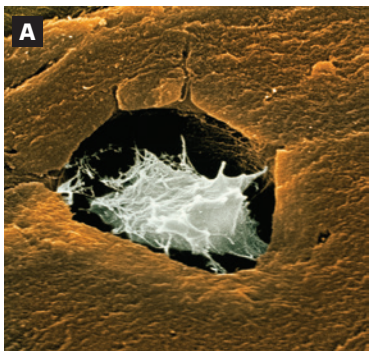
A matriz extracelular do tecido conjuntivo cartilaginoso é rica em fibras colágenas e elásticas, que tornam as cartilagens bastante resistentes e flexíveis. Já as células típicas do tecido conjuntivo cartilaginoso são os **condrócitos**, que sintetizam e liberam a matriz extracelular.

Esse tecido, também chamado **cartilagem**, apresenta consistência firme e flexível. Assim como o tecido conjuntivo ósseo, as cartilagens contribuem para a sustentação do corpo. As orelhas externas e o nariz, por exemplo, possuem cartilagens. Além da função de sustentação, as cartilagens revestem as superfícies das articulações (região de contato entre dois ossos, como no joelho), amortecendo choques mecânicos.

Tecido conjuntivo ósseo

Esse tecido é o principal constituinte dos ossos, contribuindo para a sustentação do corpo, a fixação de músculos e a proteção de órgãos internos. O tecido conjuntivo ósseo é mais rígido e mais resistente do que o tecido cartilaginoso. A proporção entre fibras, sais minerais e células faz dos ossos estruturas altamente resistentes, mas ao mesmo tempo porosas.

O tecido conjuntivo ósseo tem matriz extracelular altamente diferenciada – constituída de fibras colágenas e de minerais, como o cálcio e o fósforo –, onde se alojam as células ósseas (imagem **A**).



Steve Gschmeissner/SPL/Fotoarena

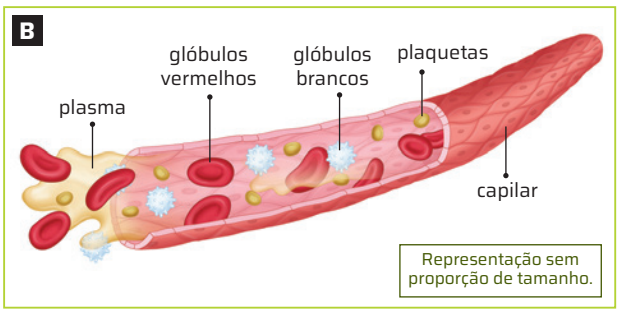
Um osteócito (em branco), célula típica do tecido ósseo, em uma lacuna óssea e envolto por matriz extracelular (em marrom). Foto ao microscópio eletrônico de varredura; imagem colorizada; aumento de cerca de 2 860 vezes.

Tecido conjuntivo sanguíneo

Embora seja fluido, o **sangue** é um tipo de tecido conjuntivo. Ele cumpre três importantes funções no organismo: transporte de substâncias, regulação da temperatura corporal e defesa contra organismos invasores.

No sangue, a matriz extracelular é constituída da parte líquida, o **plasma**. Mergulhados no plasma, encontram-se os **elementos figurados**.

Os elementos figurados do sangue incluem células como as hemácias e os leucócitos e também fragmentos de célula, como as plaquetas (imagem **B**).



Reinaldo Vignati/ID/BR

O esquema mostra os elementos constituintes do sangue em um capilar. Cores-fantasia.

Fonte de pesquisa: Tortora, G. J.; Grabowski, S. R. *Corpo humano*: fundamentos de anatomia e fisiologia. 8. ed. Porto Alegre: Artmed, 2012. p. 439.

As **hemácias** são as células vermelhas do sangue, também chamadas **eritrócitos** ou **glóbulos vermelhos**. Elas são formadas na medula óssea, não apresentam núcleo nem organelas citoplasmáticas e são preenchidas por moléculas de hemoglobina, uma proteína responsável pelo transporte da maior parte do gás oxigênio no organismo. Sua vida é limitada a três ou quatro meses, quando começam a ser destruídas por macrófagos.

Os **leucócitos** existem em número muito menor que as hemácias no sangue. Estão, de modo geral, envolvidos no controle de processos inflamatórios e na defesa do corpo contra agentes infecciosos.

As **plaquetas** são fragmentos de células responsáveis pela formação de coágulos, importantes para interromper a perda de sangue, quando houver lesão em algum vaso sanguíneo. Em certos casos, quando seu número for muito elevado, podem provocar tromboses, ou seja, a formação de coágulos que obstruem os vasos e prejudicam a circulação sanguínea.

Origem do tecido conjuntivo

Os tecidos conjuntivos são derivados de grupo de células embrionárias. Após o nascimento, as células conjuntivas originam-se da diferenciação de células da medula óssea ou de células indiferenciadas presentes no próprio tecido conjuntivo. A medula óssea, encontrada no interior de certos ossos do corpo, popularmente conhecida como tutano, é um tipo de tecido conjuntivo responsável pela fabricação das células sanguíneas.

TECIDO MUSCULAR

O **tecido muscular** é formado por células com capacidade de contração e de relaxamento. Entre as funções do tecido muscular estão a locomoção, a manutenção da postura e do equilíbrio, o trânsito de alimentos ao longo do tubo digestório, o deslocamento do sangue e da linfa, os movimentos respiratórios, o suporte de órgãos e até mesmo a manutenção da temperatura corpórea.

Características gerais

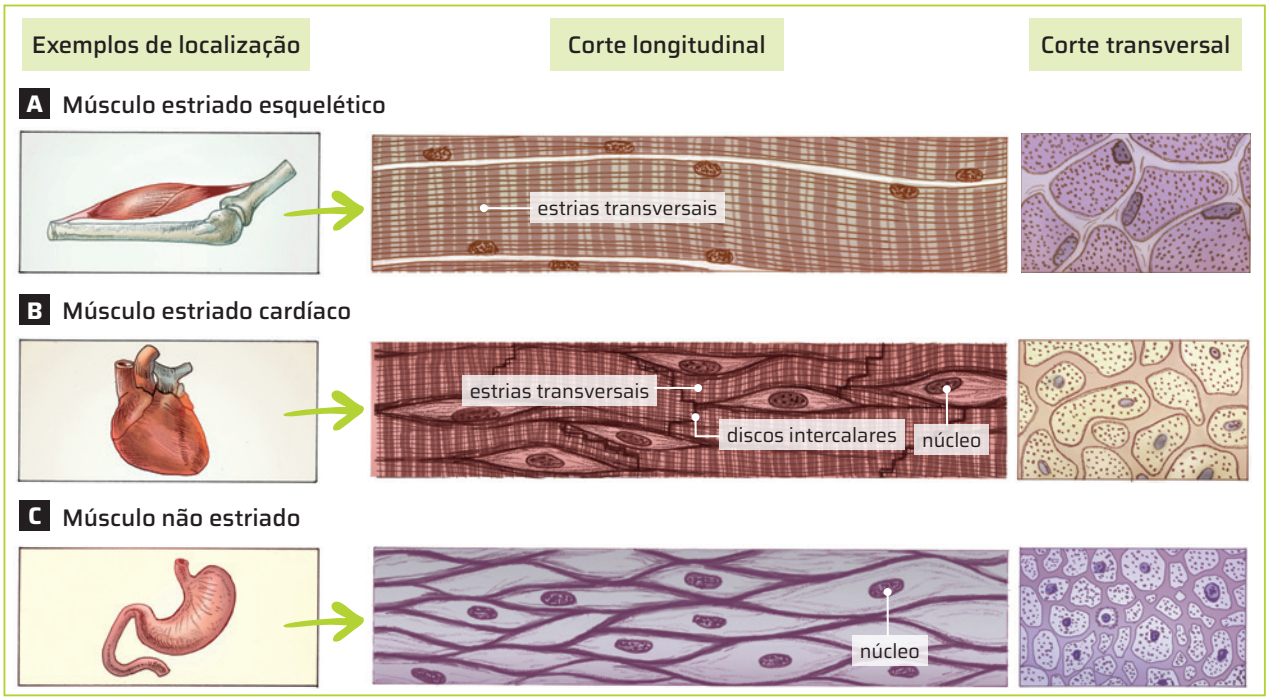
O tecido muscular é formado por células alongadas, denominadas **fibras musculares**. Essas células são especializadas na contração. Ao se contraírem, elas se tornam mais curtas e mais grossas. Quando relaxam, elas se alongam, diminuindo em espessura e voltando ao comprimento anterior.

No citoplasma da célula muscular, há uma quantidade variável de fibras menores, chamadas **miofibrilas**. Elas são constituídas fundamentalmente das proteínas filamentosas **actina** e **miosina**. A ação conjunta da actina e da miosina resulta no encurtamento da miofibrila e, consequentemente, da célula muscular como um todo. A energia para a realização do trabalho muscular é fornecida pelas mitocôndrias, geralmente abundantes nas fibras musculares.

Tipos de tecido muscular

São reconhecidos três tipos distintos de tecido muscular. Saiba quais são eles a seguir.

- **Tecido muscular estriado esquelético:** encontrado na musculatura presa aos ossos do corpo, apresenta estrias transversais facilmente visíveis ao microscópio de luz. Rápida e vigorosa, a contração da fibra está sujeita ao controle voluntário do organismo.
- **Tecido muscular estriado cardíaco:** encontrado apenas nas paredes do coração, também apresenta estrias transversais. Suas células são ramificadas e unidas pelos **discos intercalares**, estruturas existentes apenas no tecido muscular cardíaco. A contração da fibra cardíaca é rápida, vigorosa e ritmada, mas não está sujeita ao controle voluntário do organismo, ocorrendo de forma autônoma.
- **Tecido muscular não estriado ou liso:** encontrado em muitos locais do corpo, como nas paredes do tubo digestório e dos vasos sanguíneos, por exemplo. O tecido muscular não estriado se caracteriza pela ausência de estrias transversais. Sua contração é lenta e involuntária.



Ilustrações: Edilson Bilas/ID/BR

Representação de características morfológicas fundamentais dos três tipos de tecido muscular: (**A**) tecido muscular estriado esquelético, presente, por exemplo, no bíceps, músculo do braço; (**B**) tecido muscular estriado cardíaco, presente no coração; (**C**) tecido muscular não estriado, presente, por exemplo, no estômago. Cores-fantasia.

Representações sem proporção de tamanho.

Fonte de pesquisa: Junqueira, L. C.; Carneiro, J. *Histologia básica*. 12. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2013. p. 178.

Não escreva no livro.

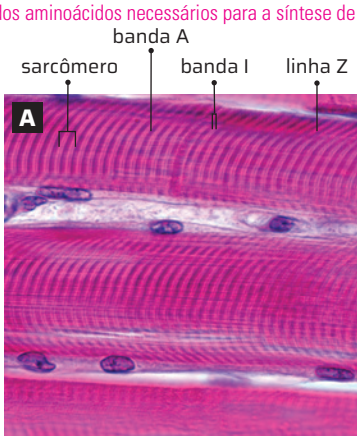
6. A prática de exercícios físicos leva ao aumento do número de miofibrilas e o consequente aumento do diâmetro da fibra muscular e do músculo como um todo. As miofibrilas são compostas das proteínas actina e miosina; assim, uma dieta rica em proteínas garante a ingestão dos aminoácidos necessários para a síntese de actina e miosina constituintes das novas miofibrilas.

Estrutura da fibra muscular esquelética

Cada fibra muscular esquelética é formada por várias **miofibrilas**, que são constituídas de numerosos **sarcômeros** – unidades funcionais contráteis – dispostos em sequência.

Um sarcômero pode ser descrito como um pacote de filamentos compostos de diferentes tipos de proteína: a **actina** forma os **filamentos delgados**; estes se intercalam com os **filamentos espessos**, compostos de **miosina**. As regiões do sarcômero, em que ocorre a sobreposição dos filamentos, são mais escuras (bandas A), e as regiões onde não há sobreposição, mais claras (bandas I). Na região mediana da banda A, existe a zona H, onde só ocorrem filamentos espessos. As bandas I são atravessadas pelas linhas Z, às quais se prendem os filamentos de actina. Cada sarcômero é delimitado por duas linhas Z (imagem **A**).

As miofibrilas são envoltas pelo retículo sarcoplasmático (retículo endoplasmático das células musculares), especializado no armazenamento de íons cálcio (Ca^{2+}).



Jose Calvo/SPL/Fotoarena

Corte longitudinal de músculo esquelético. As bandas A são as mais escuras. As bandas I, mais claras, contêm as linhas Z, mais finas e escuras. Nesse aumento, a banda H não é visível. Foto ao microscópio de luz; imagem colorizada; aumento de cerca de 880 vezes.

Contração muscular

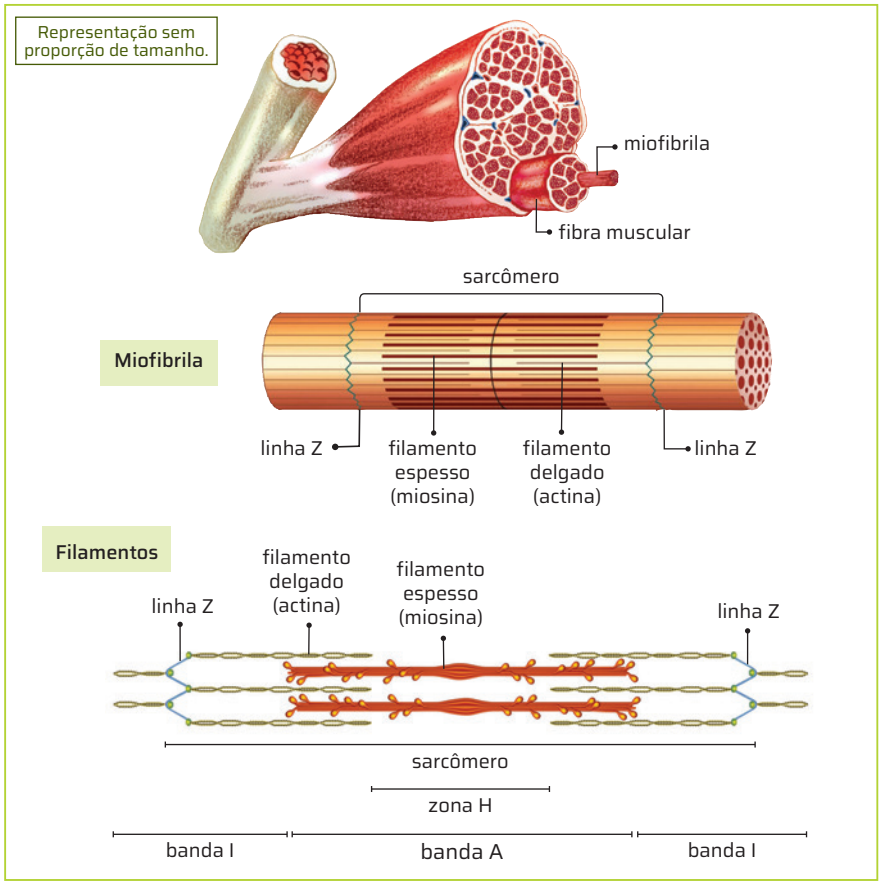
A contração muscular se inicia quando um impulso nervoso chega ao músculo. O impulso promove uma alteração na permeabilidade das membranas das fibras musculares e dos retículos sarcoplasmáticos, causando liberação dos íons Ca^{2+} armazenados no retículo.

Os íons Ca^{2+} favorecem a ligação entre a actina e a miosina. Dessa interação resultam um deslizamento dos filamentos de actina sobre os filamentos de miosina e, consequentemente, a contração do sarcômero. A união entre eles ocorre ao mesmo tempo em que uma molécula de ATP se decompõe em ADP e Pi, liberando energia para a contração. Quando o impulso nervoso cessa, os íons Ca^{2+} são reconduzidos ao interior do retículo sarcoplasmático. Na ausência de Ca^{2+}, as ligações actina-miosina se desfazem, e o sarcômero e o músculo relaxam.

Os exercícios físicos e os músculos

O aumento da musculatura esquelética relacionado ao exercício físico não se deve ao aumento do número de células no músculo, mas, principalmente, à formação de novas miofibrilas e ao consequente aumento do diâmetro da fibra muscular. Assim, todo o músculo se torna mais volumoso. Esse processo é denominado hipertrofia. Inversamente, o músculo que se torna inativo perde volume, pois as miofibrilas são reabsorvidas e as fibras musculares diminuem de diâmetro: é a atrofia do músculo.

Ilustrações: Edilson Bilas/ID/BR



Esquema da estrutura da miofibrila e de um sarcômero. Durante a contração, ocorre a diminuição do comprimento do sarcômero, com a aproximação das linhas Z e o desaparecimento momentâneo da zona H. Cores-fantasia.

Fonte de pesquisa: Junqueira, L. C.; Carneiro, J. *Histologia básica*. 12. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2013. p. 184.

ROTEIRO

6. Explique porque, em geral, atletas que estão ganhando massa muscular, sob orientação e acompanhamento de médico ou nutricionista, incluem ingestão de maior quantidade de alimentos ricos em proteína na dieta.

TECIDO NERVOSO

O **tecido nervoso** é o principal constituinte dos órgãos do sistema nervoso (SN). O sistema nervoso tem a capacidade de captar, transmitir e integrar informações de todas as regiões do corpo. Ele controla, por exemplo, funções como digestão, respiração, reprodução e excreção. Como isso é possível?

As **células nervosas**, também denominadas **neurônios**, são excitáveis, ou seja, são capazes de captar informações dos meios externo e interno e de responder a elas mediante sinais elétricos chamados **impulsos nervosos**. Esses impulsos nervosos podem ser transmitidos a outros neurônios ou levar informações a músculos ou a glândulas, por exemplo.

O sistema nervoso humano

O sistema nervoso dos vertebrados – incluindo, portanto, o dos seres humanos – é dividido em duas partes: o **sistema nervoso central** (SNC) e o **sistema nervoso periférico** (SNP).

O SNC humano, constituído do **encéfalo** e da **medula espinal**, integra e processa as informações que o restante do organismo envia ou recebe. Ele também é responsável pela elaboração dos pensamentos, das memórias e das emoções. O SNP é formado por nervos e gânglios, cuja função é manter o fluxo de informações entre o SNC e o restante do corpo.

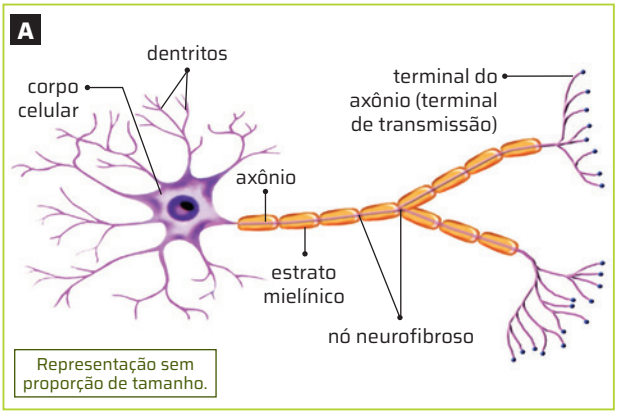
Neurônios

Os neurônios são células especializadas em receber, transmitir e processar estímulos, e têm uma capacidade de regeneração muito limitada. Eles apresentam três partes básicas (imagem **A**):

- **Corpo celular:** é a região onde se encontram o núcleo e a maioria das organelas citoplasmáticas do neurônio.
- **Dendritos:** são ramificações curtas e geralmente numerosas que emergem do corpo celular. Os dendritos recebem informações vindas de outros neurônios e transmitem-nas ao corpo celular.
- **Axônios:** são prolongamentos citoplasmáticos que podem atingir diversos tamanhos – chegam a vários metros de comprimento em certos animais. O axônio conduz informações do corpo celular em direção a outros neurônios ou a diferentes tipos de célula, como as fibras musculares. O impulso nervoso sempre se propaga no sentido do corpo celular para o axônio.

Os neurônios podem ser classificados, de acordo com a função que exercem, em três tipos básicos:

- **Aferentes ou sensoriais:** recebem informações vindas do ambiente ou do próprio organismo, transmitindo-as ao SNC.
- **Eferentes ou motores:** transmitem informações do SNC para estruturas efetoras ou motoras, ou seja, que realizam uma ação determinada. Glândulas e músculos são exemplos de órgãos efetores.
- **Associativos ou interneurônios:** são encontrados no encéfalo e na medula espinal e fazem conexão entre os neurônios.



Luís Moura/ID/BR

Esquema das estruturas que fazem parte de um neurônio. Na maioria dos neurônios, o axônio é revestido pelo estrato mielínico. Cores-fantasia.

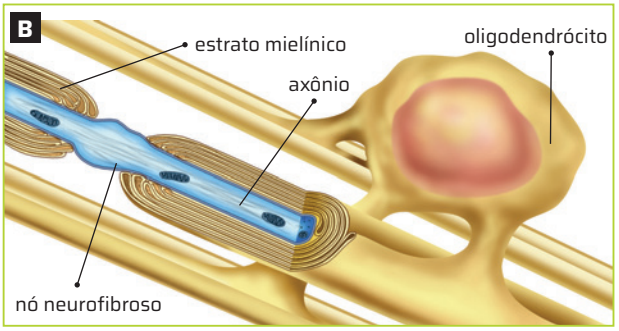
Fonte de pesquisa: Tortora, G. J.; Grabowski, S. R. *Corpo humano*: fundamentos de anatomia e fisiologia. 8. ed. Porto Alegre: Artmed, 2012. p. 151.

Gliócitos

Os **gliócitos**, ou **células da glia**, são menores que os neurônios. São importantes para sustentar, nutrir, proteger e isolar eletricamente os neurônios. Os principais tipos de célula da glia são os astrócitos, oligodendrócitos, micróglias e células de Schwann.

Os **oligodendrócitos** produzem o **estrato mielínico** (imagem **B**), ou bainha de mielina, que envolve os axônios no SNC. As **células de Schwann** produzem o estrato mielínico no SNP.

Os **microgliócitos**, ou **microglias**, atuam na defesa dos neurônios. Os **astrócitos** ajudam a manter as condições químicas ideais para a produção de impulsos nervosos, facilitam a transferência de informação nas sinapses, nutrem os neurônios e os auxiliam na migração que ocorre durante o desenvolvimento do encéfalo.



Luís Moura/ID/BR

Esquema de um axônio envolvido por estrato mielínico e de um oligodendrócito. Cores-fantasia.

Representação sem proporção de tamanho.

Fonte de pesquisa: Junqueira, L. C.; Carneiro, J. *Histologia básica*. 12. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2013. p. 160.

Não escreva no livro.

Fibras nervosas

Fibras nervosas são axônios circundados pelo estrato mielínico composto de lipídios e de proteínas. Essas substâncias atuam como um isolante elétrico, uma vez que impedem o fluxo de cargas elétricas. Axônios que têm esse estrato são chamados **fibras mielinizadas**.

Nas fibras mielinizadas existem interrupções do estrato mielínico em determinados pontos, denominados **nós neurofibrosos**. Nessas fibras, o impulso se propaga por meio de saltos apenas nesses nós, já que a bainha de mielina é um isolante elétrico. Esse tipo de propagação, chamado **condução saltatória**, possibilita maior velocidade de transmissão do impulso nervoso, resultando em rápida condução.

PARA EXPLORAR

Leia

***Corpo*: um guia para usuários, de Bill Bryson. São Paulo: Companhia das Letras, 2020.**

Além de divertir, o livro possibilita uma incrível viagem pelo corpo humano. O autor entrevistou os maiores especialistas de diferentes áreas.

Nervos

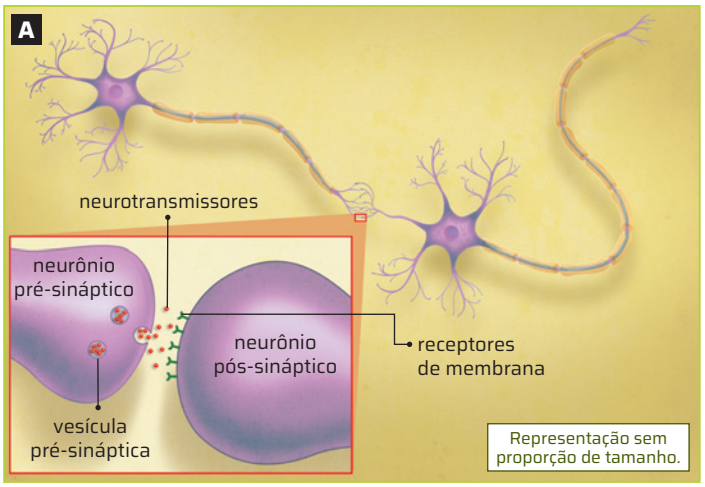
Um **nervo** é um conjunto de feixes de fibras nervosas que funciona como via de comunicação entre o SNC e as estruturas sensoriais (órgãos dos sentidos e células sensoriais) e efetoras.

Sinapses

As **sinapses** são as regiões em que o impulso nervoso é conduzido de um neurônio para outra célula.

A **sinapse nervosa** ocorre entre dois neurônios (imagem **A**). Quando ocorre entre um neurônio e uma célula muscular, é chamada **sinapse neuromuscular**.

Fabio Eugenio/ID/BR



Esquema de sinapse. Cores-fantasia.

Fonte de pesquisa: Reece, J. B. *et al*. *Biologia de Campbell*. 10. ed. Porto Alegre: Artmed, 2015. p. 1062.

No sistema nervoso, há uma complexa rede de neurônios interligados por sinapses – um único neurônio pode estabelecer milhares de sinapses com diversos neurônios diferentes.

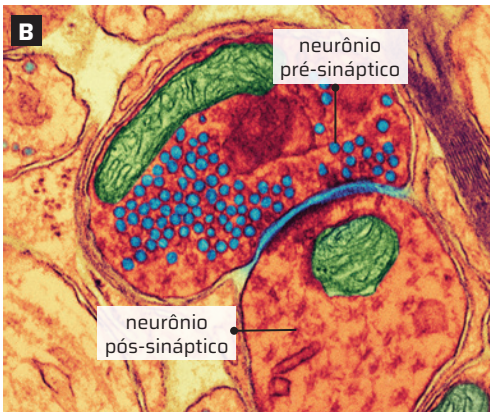
O tipo de sinapse mais comum nos vertebrados é a sinapse química. Nela, não há contato físico entre as membranas das células, mas, sim, um estreito espaço entre elas, chamado **fenda sináptica**. Nessa fenda, atuam moléculas denominadas **neurotransmissores**, os quais são, em geral, sintetizados por neurônios.

Cada um dos dois neurônios envolvidos na sinapse pode ser classificado em pré-sináptico ou pós-sináptico (imagens **A** e **B**). O neurônio pré-sináptico libera o neurotransmissor na fenda sináptica. Este é captado pelo neurônio pós-sináptico, inibindo ou estimulando a propagação do impulso nervoso.

Os neurotransmissores liberados se ligam a moléculas receptoras localizadas na membrana plasmática do neurônio seguinte, resultando em estimulação ou em inibição do impulso nervoso.

A adrenalina (ou epinefrina), a noradrenalina (ou norepinefrina), a acetilcolina, a dopamina e a serotonina são alguns exemplos de neurotransmissores.

Thomas Deerinck, NCMIR/SPL/Fotoarena



Sinapse entre dois neurônios no cérebro. A célula superior é a pré-sináptica e a inferior, a pós-sináptica. Observe as mitocôndrias (em verde) e as vesículas sinápticas (esferas em azul). Foto ao microscópio eletrônico de transmissão; imagem colorizada; aumento de cerca de 34 500 mil vezes.

Análise de lâminas histológicas

Como você viu, os tecidos apresentam dois componentes básicos: as células e a matriz extracelular. Quem faz a identificação dessas estruturas são os cientistas da citologia e da histologia, principalmente mediante a análise de lâminas histológicas, isto é, amostras/cortes de tecido dispostos em lâminas de vidro. E você, quais estruturas conseguiria identificar nessas lâminas?

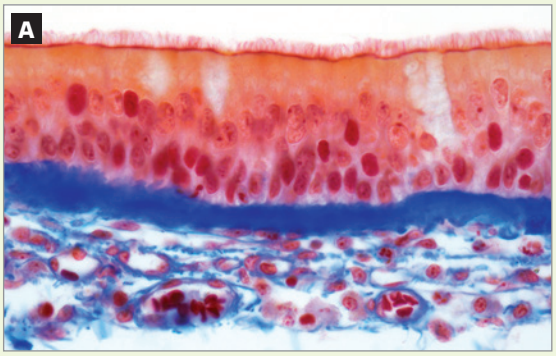
Nesta atividade, você e os colegas vão analisar imagens de lâminas de órgãos e de tecidos humanos, para identificar os tipos de tecido e os componentes básicos presentes nessas estruturas.

Material

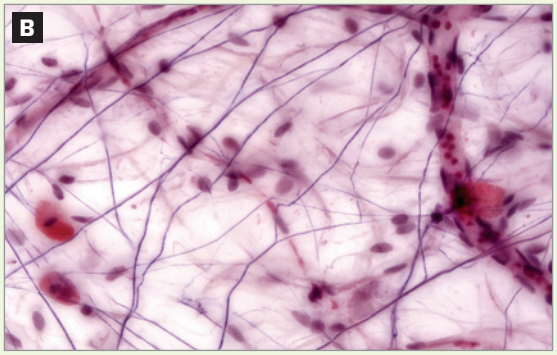
- lápis, borracha e caixa de lápis de cor
- Banco de Dados Lâminas, do Laboratório de Microscopia Virtual, da Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (Unesp). Disponível em: https://ead.ict.unesp.br/mod/data/view.php?id=2947. Acesso em: 30 ago. 2024.

Como fazer

1. Formem duplas ou trios com os colegas. Observem as imagens **A** e **B** e identifiquem o(s) tipo(s) de tecido e seus elementos.
2. No caderno, façam esquemas para representar as estruturas e os tecidos observados, identificando-os com legendas.



Steve Gschmeissner/SPL/Fotoarena



Alvin Telser/Science Source/Fotoarena

(**A**) Foto ao microscópio de luz; aumento de 2 400 vezes. (**B**) Foto ao microscópio de luz; aumento de 216 vezes; técnica de coloração: hematoxilina e eosina.

3. Acessem a página do Banco de Dados Lâminas, do Laboratório de Microscopia Virtual, da Unesp. Nela, estão dispostas inúmeras lâminas. Vocês podem refinar a busca na aba "Busca". É possível selecionar lâminas de tecidos e sistemas, no campo "Sistemas".
4. Cliquem no campo "Sistemas", selecionem o tipo de tecido que desejam buscar e cliquem em "Gravar configuração", para realizar a busca. As imagens das lâminas vêm acompanhadas por informações, e é possível ampliá-las.
5. Escolham algumas imagens, do modo como fizeram no passo 3, e reproduzam-nas no caderno.

Para concluir

1 **Na imagem A, é possível identificar os tipos de tecido? Quais características você utilizou para diferenciá-los? Que tipo de tecido está retratado na imagem B? Quais elementos da matriz podem ser identificados? Com base no formato das células ou dos núcleos, que tipos de célula é possível supor que a imagem apresenta?** Veja resposta em *Respostas e comentários* no Manual do Professor.

2 **Quais tecidos vocês observaram no laboratório virtual? Quais estruturas foram possíveis identificar nas imagens analisadas? Cite as dificuldades encontradas nessa etapa da análise.**
Resposta pessoal. É possível que os estudantes tenham encontrado dificuldade em interpretar as imagens e reconhecer os tipos celulares.

3 **Em sua opinião, o laboratório virtual é uma boa ferramenta para a análise de lâminas de tecidos? Justifique sua resposta.** Resposta pessoal. Espera-se que o banco de lâminas do laboratório virtual tenha ajudado os estudantes a interpretar as imagens obtidas com essa técnica e a entender melhor a organização dos tecidos humanos.

Não escreva no livro.

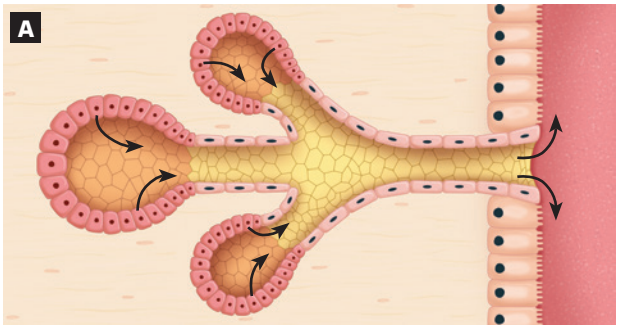
ATIVIDADES

6. b) A matriz extracelular no tecido cartilaginoso é rica em substâncias proteicas e glicídios, bem como colágeno e elastina. Essas substâncias conferem à cartilagem as características de flexibilidade e resistência.

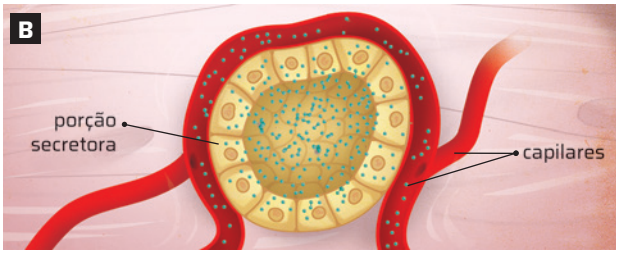
1 Após uma queimadura de primeiro grau na pele, quais células serão renovadas, repondo as células lesadas? Como ocorre esse processo de renovação?

2 Observe as imagens **A** e **B** (em cores-fantasia) e responda às questões.

Reinaldo Vignati/ID/BR



Fabio Eugenio/ID/BR



Representações sem proporção de tamanho.

1. Em queimadura de primeiro grau, as células atingidas são as da epiderme. O processo de renovação se dá pela atividade mitótica das células da epiderme basal remanescente.

a) Qual a diferença entre as glândulas exócrinas e as endócrinas?

b) Qual dessas imagens representa uma glândula endócrina? E qual delas representa uma glândula exócrina? Explique.

c) Dê exemplos de duas glândulas de cada tipo.

3 Identifique os itens abaixo no parágrafo a seguir e escreva-os no caderno.

a) duas células conjuntivas; **3. a)** Osteoblastos e condrócitos.

b) dois processos biológicos; **3. b)** Síntese de colágeno e ossificação de ossos longos.

c) uma substância orgânica e uma inorgânica.

A matriz óssea é formada pela síntese e liberação de colágeno, a partir dos osteoblastos, e também pelo depósito de cristais de fosfato de cálcio e fósforo e carbonato de cálcio. Na ossificação de ossos longos, a matriz é formada a partir da substituição de um molde cartilaginoso por um molde ósseo verdadeiro, o que resulta na morte dos condrócitos. **3. c)** Substância orgânica: colágeno. Substância inorgânica: fosfato de cálcio ou carbonato de cálcio.

4 Durante a evolução dos animais pluricelulares, o sangue constituiu uma adaptação fundamental à sobrevivência desses organismos, que podem atingir grande tamanho e têm elevado número de células. Explique esse fato, considerando que o sangue é um tecido de transporte.

5 Cite duas características do tecido sanguíneo que permitem classificá-lo em tecido conjuntivo.
O tecido sanguíneo apresenta células afastadas umas das outras e com muita substância intercelular, características do tecido conjuntivo.

6 Embora seja abundante nos tecidos conjuntivos, a matriz extracelular apresenta variações em cada um deles. Dê algumas características da matriz extracelular nos seguintes tecidos:

a) sanguíneo; **6. a)** A matriz extracelular no tecido sanguíneo é líquida e corresponde ao plasma, cuja coloração varia entre incolor e amarelo translúcido.

b) cartilaginoso;

c) ósseo. **6. c)** A matriz extracelular no tecido ósseo é sólida, rígida e resistente, possui fibras colágenas e glicoproteína (porção orgânica) e sais minerais (porção inorgânica).

7 Numa antiga propaganda de complemento alimentar à base de cálcio, afirmava-se que o produto era "bom para ossos e músculos". Sabe-se que o cálcio é um importante componente do tecido ósseo, mas qual é sua relação com os músculos? O cálcio atua na contração muscular favorecendo a ligação entre a actina e a miosina.

8 Relacione as frases abaixo a cada um dos três tipos de neurônio, quanto à função. I. **c**; II. **a**; III. **b**.

I. Transmitem informações ao cérebro sobre a pressão, a dor, o calor, o frio, a vibração, a posição das partes do corpo e a forma das coisas.

II. Ativam os músculos voluntários (músculos que produzem movimento, como os dos membros inferiores utilizados durante a caminhada).

III. Estabelecem ligações entre os neurônios aferentes e os eferentes.

a) Neurônios motores.

b) Interneurônios.

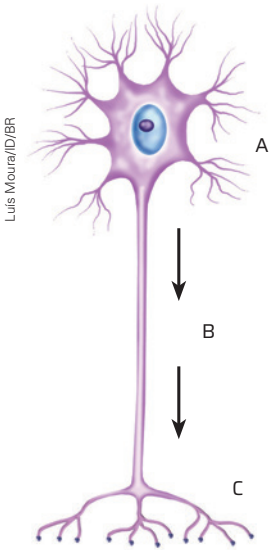
c) Neurônios sensoriais.

4. Nos seres pluricelulares, muitas células estão afastadas do meio externo. Dessa forma, não podem obter alimento, respirar nem eliminar excretas com a velocidade necessária aos seus metabolismos. Assim, o sangue realiza o transporte dessas substâncias até as várias partes do corpo.

9 A figura abaixo representa um neurônio (em cores-fantasia). Observe-a para responder à questão.

2. a) As glândulas exócrinas eliminam suas secreções por meio de ductos para o interior de alguns órgãos ocos ou para fora do corpo; as endócrinas eliminam suas secreções diretamente na corrente sanguínea (ou seja, nos vasos sanguíneos).

Luís Moura/ID/BR



Representação sem proporção de tamanho.

2. b) **A**: glândula exócrina, pois seu produto é secretado por um ducto; **B**: glândula endócrina, pois não há ducto secretor, e as secreções são liberadas diretamente nos capilares.

2. c) Glândulas exócrinas: sudoríparas, sebáceas, entre outras. Glândulas endócrinas: pineal, tireoide, entre outras.

- O que são as estruturas indicadas por **A**, **B** e **C**?
A: corpo celular e dendritos; **B**: axônio; **C**: terminal do axônio.

10 Sabe-se que os tecidos epiteliais não têm vasos sanguíneos, importantes no transporte de nutrientes para as células que formam os tecidos. Considerando esse fato, podemos afirmar que um arranhão na pele que provoque um pequeno sangramento atingiu apenas o tecido epitelial? Explique.
Veja resposta em *Respostas e comentários* no Manual do Professor.

Não escreva no livro.

ESTUDO DE CASO

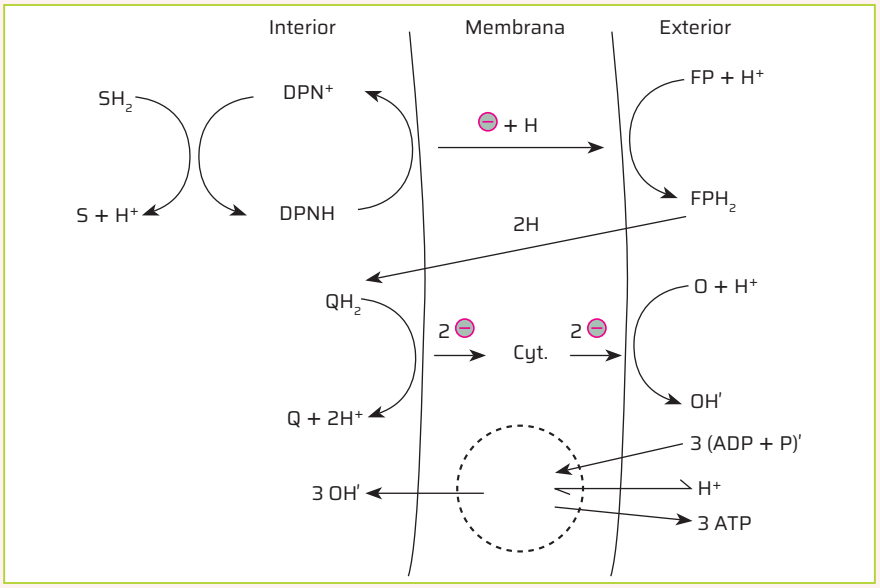
MUDANÇAS DE PARADIGMA NA CIÊNCIA: O EXEMPLO DA PRODUÇÃO DE ATP

A vida na Terra não seria possível se os mecanismos de captura, de transformação e de armazenamento de energia não tivessem evoluído. Esses mecanismos são tão fundamentais à vida, que se conservaram ao longo da evolução. Ou seja, eles são os mesmos entre os organismos mais primitivos e os mais recentes na história evolutiva.

Até a década de 1950, muito já havia sido descoberto sobre como os seres vivos transformam e armazenam a energia capturada do ambiente. Os cientistas sabiam, por exemplo, que a energia é armazenada na molécula de ATP mediante a fosforilação do ADP, e que a quebra do ATP libera essa energia. A via bioquímica do ciclo de Krebs já havia sido elucidada. Já se conhecia a existência da cadeia transportadora de elétrons, localizada na membrana interna das mitocôndrias, e dos carreadores de elétrons, hoje chamados NAD e FAD. Sabia-se, também, que ao final da cadeia, o O_2 seria o último aceptor de elétrons, e a partir daí o ATP seria produzido. No entanto, o que os bioquímicos ainda não haviam descoberto era o que ligava o transporte de elétrons à produção de ATP.

Naquela época, a abordagem usada pelos cientistas para desvendar uma via bioquímica era isolar cada um de seus componentes, como enzimas e substratos, e associá-los *in vitro* para demonstrar a ocorrência das reações. Assim, era dessa forma que os bioquímicos estavam tentando responder ao mistério da produção do ATP: buscavam por substratos, enzimas e reações intermediárias entre a cadeia transportadora de elétrons e a produção de ATP. Cerca de uma década se passou sem que obtivessem sucesso.

Em 1961, o bioquímico britânico Peter Mitchell (1920-1992) propôs uma nova e ousada hipótese para a época: o fluxo de elétrons pela cadeia transportadora de elétrons, tanto nos cloroplastos quanto nas mitocôndrias, gerava um gradiente de prótons (H^+) através da membrana. A síntese de ATP seria, então, promovida por uma força motora de prótons, gerada por esse gradiente eletroquímico. Por essa teoria, que foi comprovada por estudos subsequentes, Mitchell recebeu o prêmio Nobel de Química em 1978.



ID/BR

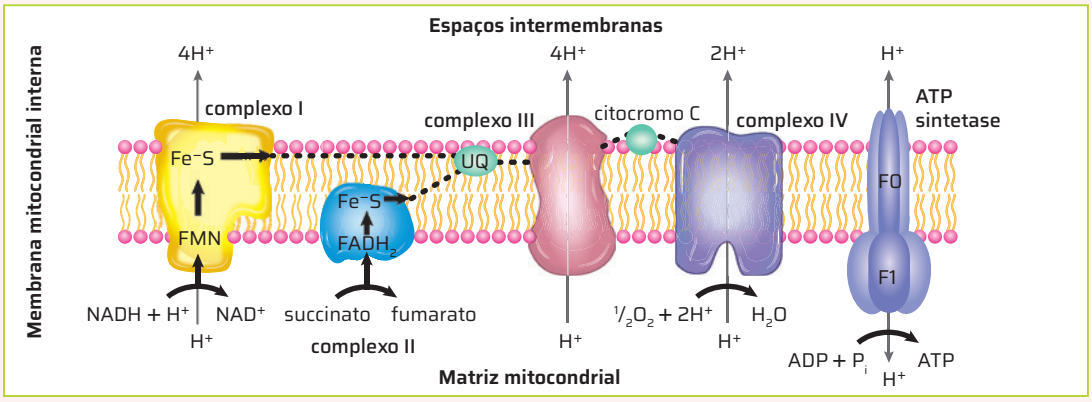
Representação de figura de artigo de Mitchell, de 1961, com hipóteses sobre o papel da quimiosmose (força motora de prótons) na produção de ATP.

Fonte de pesquisa: Tischler, M. L. How to make ATP: three classic experiments in Biology. Disponível em: https://static.nsta.org/case_study_docs/case_studies/atp_syntesis_flip.pdf. Acesso em: 27 set. 2024. Tradução dos autores.

Não escreva no livro.

Reúna-se com os colegas para resolver as atividades a seguir.

1 **No modelo de Mitchell, os elétrons estão representados por "—" e os componentes DPN^+, DPNH, FP + H^+ e FPH_2 equivalem ao que chamamos hoje NAD^+, NADH, FAD e $FADH_2$. Identifiquem as outras correspondências entre os componentes do sistema de Mitchell e os componentes do sistema conhecido hoje, indicados na figura a seguir.** Veja resposta em *Respostas e comentários* no Manual do Professor.



Reinaldo Vignati/ID/BR

Representação sem proporção de tamanho.

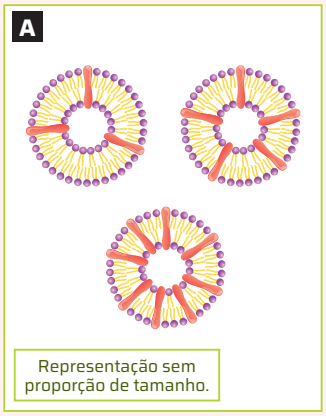
Cadeia respiratória e produção de ATP nas mitocôndrias como conhecemos hoje. Cores-fantasia.

Fonte de pesquisa: Pereira, L. Mitocôndria como alvo para avaliação de toxicidade de xenobiótico. *Revista Brasileira de Toxicologia*, v. 25, p. 1-14, jan. 2012. Disponível em: https://www.researchgate.net/figure/Figura-1-Fosforilacao-Oxidativa-Os-complexos-da-cadeia-respiratoria-I-II-III-e-IV-e_fig1_279912311. Acesso em: 10 ago. 2024.

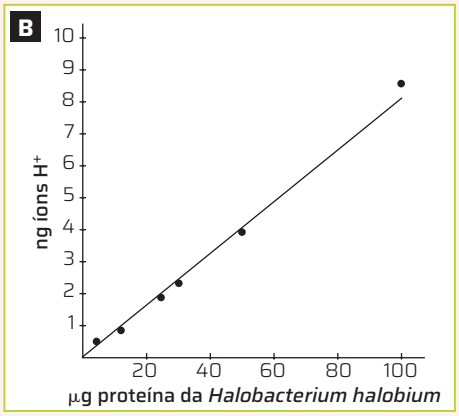
2 **Com base em seus conhecimentos sobre a cadeia respiratória, determinem qual é a polaridade de cada lado da membrana interna da mitocôndria resultante do transporte de prótons produzido pela cadeia transportadora de elétrons.** Veja resposta em *Respostas e comentários* no Manual do Professor.

3 **Em 1974, o bioquímico polonês Efraim Racker (1913-1991) e o biofísico alemão Walther Stoeckenius (1921-2013) publicaram um estudo que forneceu fortes evidências em favor da hipótese de Mitchell. Em um experimento, eles purificaram uma proteína de membrana da bactéria fotossintetizadora *Halobacterium halobium* e inseriram-na nas membranas de vesículas artificiais. Essa proteína realiza o transporte de prótons H^+ na presença de luz. Depois, expuseram as vesículas à luz e mediram a quantidade de prótons transportados para o interior de vesículas, as quais continham diferentes quantidades dessa proteína.** Veja resposta em *Respostas e comentários* no Manual do Professor.

Reinaldo Vignati/ID/BR



ID/BR



(A) Vesículas artificiais contendo diferentes quantidades da proteína da *Halobacterium halobium*. Cores-fantasia.
(B) Gráfico com os resultados do primeiro experimento de Racker e Stoeckenius.

Fonte de pesquisa: Tischler, M. L. How to make ATP: three classic experiments in biology. Disponível em: https://static.nsta.org/case_study_docs/case_studies/atp_syntesis_flip.pdf. Acesso em: 27 set. 2024.

- O que o gráfico dos resultados indica?

4 **Em um segundo experimento, quando os autores adicionaram mais uma proteína à membrana das vesículas artificiais – extraída das mitocôndrias do coração de bois –, passaram a observar a formação de ATP na presença de luz. Além disso, quando retiravam desse sistema as proteínas da *Halobacterium halobium*, nenhum ATP era produzido. Hoje se sabe que a proteína retirada das mitocôndrias do coração de boi é a ATP-sintetase.**

a) De acordo com o exposto acima, expliquem por que o modelo criado por Racker e Stoeckenius foi uma evidência essencial para a confirmação da hipótese de Mitchell. Veja resposta em *Respostas e comentários* no Manual do Professor.

b) Por que podemos dizer que a ideia de Mitchell representou uma mudança de paradigma na bioquímica? Veja resposta em *Respostas e comentários* no Manual do Professor.

QUESTÕES GLOBAIS

2. a) Oferecer apoio aos componentes do corpo e revestir as superfícies articulares.
2. b) O tecido cartilaginoso não tem vasos sanguíneos, ou seja, não há presença de leucócitos (glóbulos brancos). Dessa forma, o controle da infecção é dificultado.

1 **(Ufam) Os tecidos musculares são constituídos por células especializadas na recepção de estímulos que levam à sua contração. Esse processo de contratilidade e relaxamento é determinado por um sistema de filamentos proteicos que deslizam entre si, promovendo a alteração da forma e comprimento da célula. A seguir, você tem a descrição dos três tipos de tecido nos itens I, II e III:** Alternativa **a**.

I. Tecido muscular constituído por células fusiformes, uninucleadas, com os núcleos ocupando posição central.

II. Tecido muscular constituído por células longas, multinucleadas, cilíndricas, apresentando núcleos em posição periférica.

III. Tecido muscular constituído por células longas, uni ou binucleadas, apresentando núcleos em posição central e discos intercalares.

Analisando as afirmativas apresentadas, é correto afirmar que:

a) I é um tecido muscular liso.
b) II é um tecido muscular cardíaco.
c) III é um tecido muscular esquelético.
d) I e III apresentam sarcômeros.
e) I e II são tecidos musculares estimulados voluntariamente.

2 **(UFRN) Para fazer um *piercing* é necessário saber quais são os principais cuidados apontados por especialistas, dentre eles, o de optar por áreas sem cartilagens, pois pode haver o risco de infecções e formação de queloides. Considerando isto:**

a) apresente duas funções do tecido cartilaginoso no organismo humano;
b) justifique, do ponto de vista da constituição do tecido cartilaginoso, as dificuldades para controlar uma infecção em locais que contenham cartilagens.

3 **(UFRGS) A continuidade da vida se baseia na reprodução das células ou divisão celular. Rudolph Virchow, um médico alemão, afirmou em 1855: "Onde existe uma célula deve ter havido uma célula preexistente, assim como o animal somente surge de um animal e a planta somente de uma planta". Nos seres eucariontes, a divisão celular se dá por mitose ou meiose.** Alternativa **c**.

Adaptado de: Campbell *et al. Biologia*. 8. ed. Porto Alegre: Artmed, 2010. p. 228.

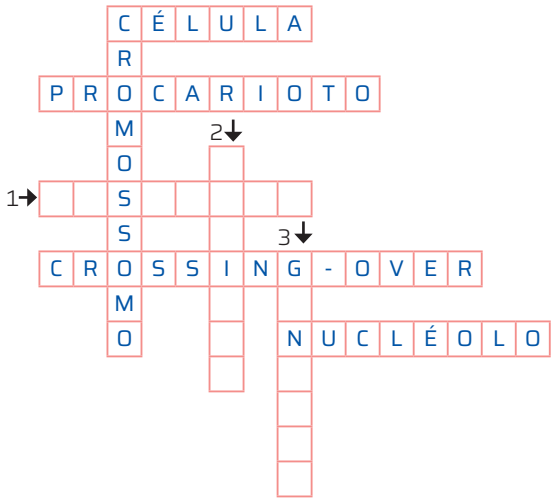
Assinale com V (verdadeiro) ou F (falso) as afirmações abaixo, referentes aos processos de divisão celular em eucariontes.

(//) A segregação aleatória de cromossomos homólogos ajuda a gerar variação genética nos descendentes de espécies de reprodução sexuada.
(//) O final da mitose resulta em duas células haploides e duas diploides.
(//) O pareamento dos cromossomos possibilita o *crossing-over* entre cromátides não homólogas.
(//) Através da mitose, as células mortas são substituídas por células novas, geneticamente diferentes.

A sequência correta de preenchimento dos parênteses, de cima para baixo, é

a) V – V – V – F.
b) V – F – F – V.
c) V – F – F – F.
d) F – V – V – F.
e) F – F – F – V.

4 **(Unesp) Analise o esquema de um jogo de palavras cruzadas.**



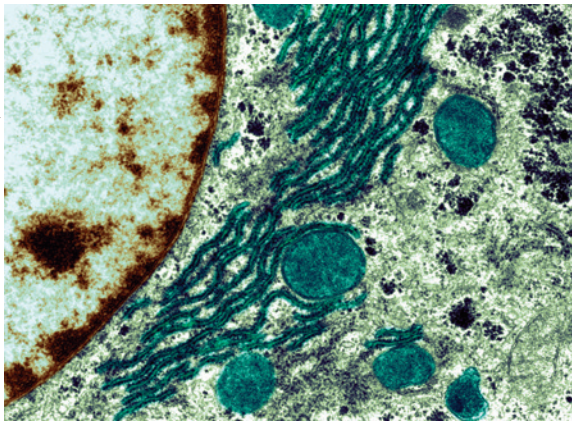
As informações para que as sequências 1, 2 e 3 sejam preenchidas com os termos que completam as palavras cruzadas são: Alternativa **b**.

a) 1: região de acúmulo de RNA ribossômico recém-sintetizado
2: conteúdo dos lisossomos
3: unidade estrutural e funcional dos seres vivos
b) 1: proteínas que participam da espiralização e compactação do DNA na formação dos cromossomos
2: conteúdo dos lisossomos
3: órgãos que apresentam células que sofrem meioses
c) 1: unidade estrutural e funcional dos seres vivos
2: órgãos que apresentam células que sofrem meioses
3: conteúdo dos lisossomos
d) 1: organela em que se dá a síntese proteica
2: o mesmo que permutação cromossômica
3: órgãos que apresentam células que sofrem meioses
e) 1: proteínas que participam da espiralização e compactação do DNA na formação dos cromossomos
2: organela em que se dá a síntese proteica
3: região de acúmulo de RNA ribossômico recém-sintetizado

Não escreva no livro.

5. a) As enzimas digestivas são proteínas sintetizadas no REG. Assim, células com intensa atividade de síntese proteica têm o REG bem desenvolvido.

5 **Observe a foto a seguir, de uma célula pancreática secretora de enzimas digestivas.**



Biomedical Imaging Unit, Southhampton General Hospital/SPL/Fotoarena

Retículo endoplasmático rugoso. Foto ao microscópio eletrônico; imagem colorizada; aumento de cerca de 15 000 mil vezes.

a) Qual é a relação entre a atividade secretora dessa célula e a presença de um retículo endoplasmático granuloso bem desenvolvido?

b) Descreva o caminho percorrido por um aminoácido no interior dessa célula, desde sua absorção até sua eliminação como parte de uma proteína secretada.

Veja resposta em *Respostas e comentários* no Manual do Professor

6 **Considere que a quantidade de cromossomos observadas nas células epiteliais de uma dada espécie é igual a X. Uma amostra de DNA, retirada do mesmo tipo de célula, foi analisada em um laboratório, e o número de cromossomos observado foi 2X.**

a) O que deve estar acontecendo com essa célula?

b) Qual é a quantidade de cromossomos que deve ser encontrada nos gametas dessa espécie?

6. a) Possivelmente, o DNA da célula se duplicou antes do processo de divisão celular.

7 **(Enem) Um paciente deu entrada em um pronto-socorro apresentando os seguintes sintomas: cansaço, dificuldade em respirar e sangramento nasal. O médico solicitou um hemograma ao paciente para definir um diagnóstico. Os resultados estão dispostos na tabela.** Alternativa **a**.

Constituinte	Número normal	Paciente
Glóbulos vermelhos	4,8 milhões/ mm^3	4 milhões/mm^3
Glóbulos brancos	(5 000 – – 10 000)/mm^3	9 000/mm^3
Plaquetas	(250 000 – – 400 000)/mm^3	200 000/mm^3

Relacionando os sintomas apresentados pelo paciente com os resultados de seu hemograma, constata-se que

a) o sangramento nasal é devido à baixa quantidade de plaquetas, que são responsáveis pela coagulação sanguínea.

b) o cansaço ocorreu em função da quantidade de glóbulos brancos, que são responsáveis pela coagulação sanguínea.

c) a dificuldade respiratória ocorreu da baixa quantidade de glóbulos vermelhos, que são responsáveis pela defesa imunológica.

d) o sangramento nasal é decorrente da baixa quantidade de glóbulos brancos, que são responsáveis pelo transporte de gases no sangue.

e) a dificuldade respiratória ocorreu pela quantidade de plaquetas, que são responsáveis pelo transporte de oxigênio no sangue.

8 **(Unicamp-SP) Algumas plantas de ambientes áridos apresentam o chamado "metabolismo ácido das crassuláceas", em que há captação do CO2 atmosférico durante a noite, quando os estômatos estão abertos. Como resultado, as plantas produzem ácidos orgânicos, que posteriormente fornecem substrato para a principal enzima fotossintética durante o período diurno. É correto afirmar que essas plantas** Alternativa **c**.

a) respiram e fotossintetizam apenas durante o período diurno.

b) respiram e fotossintetizam apenas durante o período noturno.

c) respiram o dia todo e fotossintetizam apenas durante o período diurno.

d) respiram e fotossintetizam o dia todo.

9 **(Vunesp) Imagine ser possível, experimentalmente, a extração de todas as mitocôndrias de uma célula eucariótica. Se, na presença de oxigênio, ainda for possível observar o processo da respiração celular, quais os efeitos da extração para tal processo? Ocorreria formação de quantos ATPs?**

Veja resposta em *Respostas e comentários* no Manual do Professor.

10 **(Unicamp-SP) A biotecnologia está presente em nosso dia a dia, contribuindo de forma significativa para a nossa qualidade de vida. Ao abastecer um automóvel com etanol, estamos fazendo uso de um produto da biotecnologia obtido com a fermentação de açúcares presentes no caldo extraído da cana-de-açúcar. Após a extração do caldo, uma quantidade significativa de carboidratos presentes na estrutura celular é perdida no bagaço da cana-de-açúcar. A produção de etanol de segunda geração a partir do bagaço seria uma forma de aumentar a oferta de energia renovável, promovendo uma matriz energética mais sustentável.** Veja resposta em *Respostas e comentários* no Manual do Professor.

a) Cite um carboidrato presente na estrutura da parede celular da cana-de-açúcar que poderia ser hidrolisado para fornecer os açúcares para a obtenção de etanol. Por que a biomassa é considerada uma fonte renovável de energia?

b) Como os microrganismos atuam na fermentação e se beneficiam desse processo?

6. b) A quantidade encontrada deverá ser $\frac{X}{2}$, pois os gametas têm metade dos cromossomos das células somáticas.

Não escreva no livro.

GENÉTICA

A individualidade é algo que emerge da interação entre o material genético e o ambiente, contribuindo para a diversidade de uma espécie. Grande parte dessa variedade intraespecífica é produzida de forma natural e aumenta as chances de sobrevivência da espécie. Entender como as características são transmitidas de uma geração para outra ajuda na compreensão do fenômeno da vida.

Nesta unidade, você vai estudar as principais ideias sobre os mecanismos de herança genética aceitas atualmente, bem como alguns avanços tecnológicos obtidos pela grande quantidade de pesquisas em genética, nome dado à área da Biologia que se dedica ao estudo da hereditariedade.

OBJETIVOS

- Analisar e discutir hereditariedade, genética mendeliana e noções de probabilidade.
- Compreender o que é biotecnologia e identificar algumas de suas aplicações, potencialidades e aspectos éticos.

QUESTÕES PARA REFLETIR

1. Que elementos da foto de abertura da unidade poderiam ser usados como exemplos de diversidade e hereditariedade?
2. Você conhece alguma tecnologia que utiliza seres vivos para benefício humano? Se sim, explique-a brevemente.

1. Resposta pessoal. Os estudantes podem mencionar, como exemplo de diversidade, a foca branca, que se destaca dos demais indivíduos do grupo. E como exemplo de hereditariedade, a foca branca é um filhote, provavelmente de alguma fêmea do grupo retratado na foto.

2. Respostas variáveis. Espera-se que os estudantes já tenham ouvido falar do termo "biotecnologia" e mencionem, por exemplo, o desenvolvimento de organismos transgênicos, como milho e soja.

My Design Photography/Shutterstock.com/ID/BR

3

1 Hereditariedade

2 Biotecnologia

▲ Filhote albino de foca entre indivíduos adultos que chegam a medir 2,5 m de comprimento. O albinismo é uma característica determinada geneticamente. Ilha Geórgia do Sul, território britânico ultramarino no Atlântico Sul. Foto de junho de 2020.

CAPÍTULO 1

1. Espera-se que os estudantes reconheçam que as características são transmitidas entre gerações por meio do material genético.

HEREDITARIEDADE

2. Espera-se que os estudantes reconheçam que cada indivíduo é resultante da união dos gametas parentais, que carregam consigo informações genéticas acerca de características individuais. Sendo assim, a herança genética é um dos principais fatores que determinam a semelhança física com nossos ancestrais.

PARA COMEÇAR

1. Como as características são transmitidas de uma geração a outra?
2. Por que somos fisicamente parecidos com nossos ancestrais?
3. Por que membros de uma família, que compartilham características comuns, também podem ser bem diferentes entre si?

DIFERENÇAS E SEMELHANÇAS

Observe a foto reproduzida nesta página. Todas as pessoas nela retratadas são membros de uma mesma família e cada uma delas representa diferentes gerações. Uma análise cuidadosa mostrará que elas apresentam muitas semelhanças entre si, mas também muitas diferenças.

Ao longo da história das ciências, diversos estudiosos propuseram explicações, teorias e leis na tentativa de esclarecer por que os filhos são semelhantes aos pais biológicos, mas nunca idênticos a eles. Muitas outras dúvidas eram associadas a estas: O que determinava o sexo do futuro bebê? Por que algumas doenças se manifestavam com mais frequência em membros de uma mesma família?

Foi principalmente o estudo da reprodução de diferentes animais e de plantas que forneceu várias pistas sobre a hereditariedade. Uma dessas plantas, a ervilha-de-cheiro (*Pisum sativum*), teve um papel fundamental no esclarecimento dos mecanismos de hereditariedade. Essa espécie de ervilha foi utilizada pelo monge austríaco Gregor Mendel (1822-1884) em seus estudos sobre a transmissão de características de uma geração a outra.

Neste capítulo, você vai aprender aspectos históricos do estudo da herança biológica e conceitos básicos de genética.

3. Espera-se que os estudantes compreendam que variações resultantes das diferentes combinações entre os conjuntos gênicos parentais podem levar a diferenças fenotípicas.

As razões que explicam as semelhanças e as diferenças entre os membros de uma família têm despertado a curiosidade do ser humano há séculos.

FG Trade/iStock/Getty Images

Não escreva no livro.

PRIMEIRAS IDEIAS SOBRE HEREDITARIEDADE

Entre as primeiras explicações sobre o fenômeno da hereditariedade, destacam-se a teoria da pangênese, a teoria da pré-formação e a teoria da epigênese.

Teoria da pangênese

Na Antiguidade, o filósofo grego Hipócrates (460 a.C.-370 a.C.) propôs a **teoria da pangênese** para explicar a hereditariedade das características nos seres vivos. Segundo essa teoria, cada parte do corpo produziria estruturas chamadas **gêmulas**, capazes de dar origem a uma nova parte do mesmo tipo. Cada indivíduo, portanto, tinha um conjunto de gêmulas que transmitiria a seus descendentes todas as suas características inatas e também aquelas adquiridas ao longo de sua vida. No momento da concepção, as gêmulas seriam transferidas para os órgãos reprodutores do macho e da fêmea, o que garantiria a mistura das gêmulas dos dois genitores durante a formação do novo indivíduo. Essa mistura explicava as semelhanças entre pais e filhos.

A pangênese foi criticada por Aristóteles (384 a.C.-322 a.C.), filósofo grego que elaborou um tratado acerca da reprodução e da hereditariedade. Nesse tratado, Aristóteles argumentou que a pangênese não explicava a transmissão de certas características, como aquelas ligadas ao comportamento. Ele pontuou também que a pangênese não esclarecia por que algumas características adquiridas ao longo da vida (por exemplo, o aumento de massa muscular e as lesões corporais) não eram transmitidas aos descendentes nem como certas características eram herdadas de avós ou ancestrais mais distantes. Mesmo com as críticas de Aristóteles, a teoria da pangênese foi aceita por alguns cientistas até o século XIX.

Teoria da pré-formação *versus* teoria da epigênese

Na primeira metade do século XVII, o médico britânico William Harvey (1578-1657) propôs que todo animal se originava de um ovo produzido pela fêmea e fertilizado pelo macho. Essa ideia se contrapôs à teoria da geração espontânea, aceita por muitos pesquisadores da época, e influenciou também as explicações a respeito da hereditariedade. As reflexões de Harvey serviram de base para duas teorias distintas que seriam propostas no século seguinte.

Uma delas foi a **teoria da pré-formação**, que postulava a existência de um ser pré-formado no interior do óvulo (gameta feminino) ou no espermatozoide (gameta masculino) (imagem **A**).

Assim, o desenvolvimento de um novo ser envolveria o crescimento desse indivíduo pré-formado após a cópula entre macho e fêmea. Alguns defensores da teoria da pré-formação acreditavam que cada descendente fosse uma cópia de um dos seus genitores, e não uma mistura de ambos.

A outra teoria baseada nas ideias de Harvey foi a da **epigênese**, que propunha haver em cada ovo fertilizado uma matéria indiferenciada com potencialidade para se desenvolver em um novo ser. Nesse caso, o desenvolvimento de um novo indivíduo envolveria profundas modificações em sua forma, além de crescimento. A epigênese, ao contrário da teoria da pré-formação, não contrariava a ideia de que as características de cada indivíduo são herdadas de ambos os genitores.

As duas teorias foram alvo de amplo debate nos séculos XVIII e XIX, e a concepção epigenética prevaleceu nos séculos seguintes.

DE OLHO NO CONCEITO

Geração espontânea e biogênese

Segundo a teoria da geração espontânea, a vida pode surgir da matéria inanimada, ao contrário da teoria da biogênese, que defende que um ser vivo só pode se originar de outro ser vivo preexistente.

A

ETH-Bibliothek/SPL/Fotoarena

Ilustração de homúnculo dentro de um espermatozoide (1694), baseada em representação atribuída ao matemático holandês Nicolaas Hartsoeker (1656-1725).

1. Resposta pessoal. É importante que os estudantes consolidem a ideia de que a ciência é dinâmica, está em constante evolução e não é definitiva, e, portanto, permite que novas teorias surjam e se oponham ou questionem outras.

ROTEIRO

1. Formem grupos de quatro componentes e pesquisem, em livros e *sites* confiáveis, sobre as três teorias apresentadas nesta página. Com base nessa pesquisa, procurem identificar os elementos que serviam de base pelos propositores de cada uma delas. Além disso, tentem reconhecer fragilidades que esses elementos apresentam de acordo com os conhecimentos científicos atuais. Apresentem os resultados à turma.

A HERANÇA CROMOSSÔMICA

Com base na teoria da epigênese, foram formuladas várias explicações para a hereditariedade das características nos seres vivos. Contudo, a genética só veio a se consolidar como uma área de pesquisa a partir dos novos conhecimentos que permitiram entender melhor a maneira como as informações são guardadas em cada indivíduo e transmitidas de uma geração a outra. Entre esses conhecimentos, destacam-se a formação dos gametas, os processos de divisão celular (mitose e meiose) e o papel dos cromossomos e dos genes.

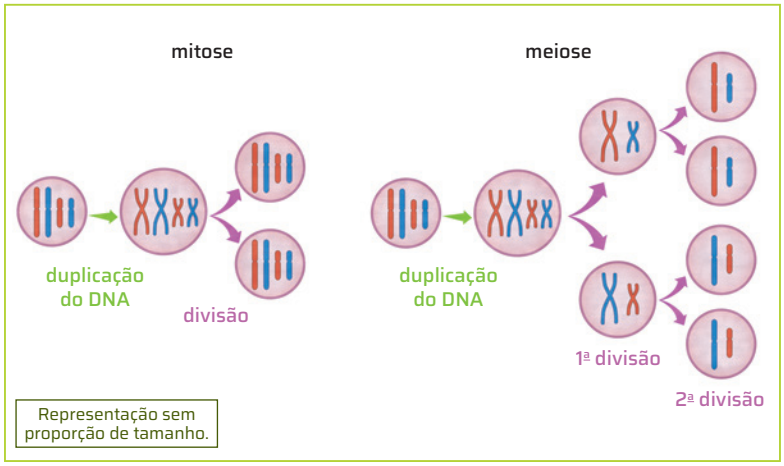
Embora nem todos os seres vivos se reproduzam sexuadamente, o conhecimento a respeito desse modo de reprodução foi essencial para a compreensão do mecanismo da hereditariedade. Descobriu-se, por exemplo, que espécies com reprodução sexuada originam novos indivíduos pela união de duas células, uma do macho e outra da fêmea, podendo, assim, os novos indivíduos herdarem características de ambos os genitores. Essas células sexuais ficaram conhecidas como gametas, e o processo de união entre um gameta masculino e um gameta feminino ficou conhecido como **fecundação**.

Outro passo importante para o entendimento da hereditariedade foi a descoberta dos **cromossomos**, estruturas formadas por DNA e proteínas e que, nas células eucariontes, estão localizadas no núcleo. A descrição do comportamento dos cromossomos durante a mitose tornou claro que, ao longo do desenvolvimento embrionário de um ser multicelular, ocorrem sucessivas divisões celulares por meio das quais todas as células herdam cópias dos cromossomos que existiam na célula-ovo, ou zigoto.

Verificou-se também que, na maioria dos seres multicelulares, os cromossomos encontram-se aos pares. Assim, para cada cromossomo existe outro semelhante em forma e tamanho; são os **cromossomos homólogos** (do grego *homologos*, "igual", "semelhante"). Nos seres humanos, há 23 pares de cromossomos (23 de origem paterna e 23 de origem materna), sendo 22 homólogos e um par sexual (2n = 46).

No processo de formação dos gametas, durante a meiose, ocorrem duas divisões sucessivas, resultando em quatro células-filhas. Os cromossomos homólogos duplicados durante a intérfase separam-se já na primeira divisão; assim, após a segunda divisão, as quatro células resultantes contêm metade do número de cromossomos da célula-mãe (imagem a seguir). Os gametas são, portanto, células haploides (n).

Bruno Badain/ID/BR



Esquema simplificado representando a mitose (à esquerda) e a meiose (à direita). Note que a mitose mantém o número de cromossomos constante, enquanto a meiose reduz esse número à metade nas células-filhas. Cores-fantasia.

O papel dos cromossomos na hereditariedade

Os estudos sobre o comportamento dos cromossomos durante a divisão celular em animais mostraram que os cromossomos duplicados nas células do corpo eram descendentes dos cromossomos do zigoto e que este resultava da união dos gametas feminino e masculino, cada um com um conjunto de cromossomos. De acordo com a **teoria cromossômica da herança**, os fatores hereditários estão localizados nos cromossomos.

Após a segunda metade do século XX, a teoria cromossômica da herança impulsionou os estudos que levaram à elaboração de um modelo para a estrutura molecular do DNA e ao detalhamento de como essa molécula se organiza no cromossomo.

Segundo o modelo proposto, em 1953, pelo biólogo James Watson (1928-), dos Estados Unidos, e pelo também biólogo Francis Crick (1916-2004), do Reino Unido, a molécula de DNA é formada por duas longas cadeias dispostas em dupla-hélice. Cada cadeia apresenta uma sequência de nucleotídios formados por um grupo fosfato, uma desoxirribose (tipo de carboidrato) e uma base nitrogenada.

Não escreva no livro.

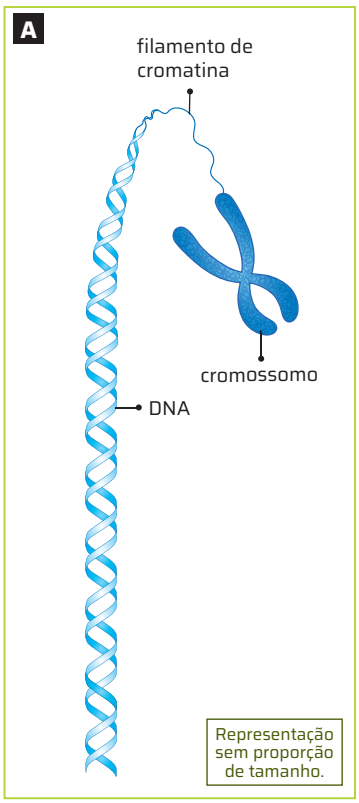
Lembrando que, no DNA, a base nitrogenada pode ser de quatro tipos: adenina (A), timina (T), citosina (C) ou guanina (G). As duas cadeias da dupla-hélice estão unidas por ligações de hidrogênio que se estabelecem entre certos pares de bases nitrogenadas. Assim, as adeninas sempre se ligam às timinas (A-T), enquanto as citosinas se ligam às guaninas (C-G).

Nos seres vivos, a estrutura da molécula de DNA é a mesma; o que muda é a sequência e a quantidade de nucleotídios em cada espécie. Essas diferenças são usadas para determinar o grau de parentesco entre as diferentes espécies. Assim, supõe-se que, quanto maior a semelhança na composição do DNA, maior o grau de parentesco, e vice-versa.

A associação entre uma molécula de DNA e as proteínas histonas é denominada **cromatina**, que se encontra na forma de filamentos. Cada espécie tem um número típico de filamentos de cromatina.

Durante a divisão celular, os filamentos de cromatina enrolam-se algumas vezes sobre si, dando origem a uma estrutura muito condensada, que recebe o nome de **cromossomo** (imagem **A**).

A condensação do DNA permite que o material genético seja empacotado dentro da célula. Além disso, esse empacotamento parece ter uma função regulatória: quando o DNA se encontra nesse estado, a informação genética que ele carrega não está acessível à célula. Para acessá-la, então, é necessário descondensar o trecho de interesse.



Reinaldo Vignati/ID/BR

Representação da relação entre o filamento de cromatina e um cromossomo. Cores-fantasia.

Os genes

Com o estabelecimento da teoria cromossômica da herança, o gene passou a ser entendido como uma unidade estrutural, isto é, como uma estrutura presente no cromossomo. Ainda não há, porém, um consenso sobre a definição de gene, que mudou várias vezes ao longo do tempo.

Inicialmente, dizia-se "um gene – uma enzima"; depois, "um gene – um polipeptídio" e, ainda, "um gene – um RNAm". Atualmente, um **gene** pode ser definido como uma sequência de nucleotídios do DNA capaz de gerar uma molécula de RNA, que pode ou não resultar na produção de um polipeptídio.

Genótipo e fenótipo

O termo **genótipo** (do grego *genos*, "origem", "procedência"; e *typos*, "característico") designa os genes em um gameta ou zigoto. **Fenótipo** (do grego *phainen*, "mostrar", "aparecer"; e *typos*, "característico") refere-se às características detectáveis de um organismo. Essas características não são fixas; elas se alteram ao longo do desenvolvimento de cada ser vivo e por influência do ambiente.

A interação entre genótipo e ambiente resulta na manifestação do fenótipo. Podemos concluir, então, que um mesmo genótipo pode resultar em mais de um fenótipo, dependendo do tipo de ambiente onde vive o indivíduo.

Assim, quando dizemos que um gene determina uma dada característica, estamos fazendo uma simplificação, pois não levamos em conta todos os demais fatores que interagem com o genótipo e resultam na expressão do fenótipo. Mesmo gêmeos idênticos – ou seja, que têm o mesmo genótipo – não necessariamente apresentam as mesmas características fenotípicas. Eles podem ter, por exemplo, alturas e/ou pesos diferentes na idade adulta, em resposta ao estilo de vida que cada um deles adota (hábitos alimentares, prática de exercícios, exposição ao estresse, etc.). Até quando se mostram fisicamente idênticos, é possível notar pequenas diferenças entre eles (imagem **B**).

ROTEIRO

2. Uma pessoa de cabelos loiros pode mudar a cor deles usando uma tintura específica para isso. Nesse caso, você diria que a característica adquirida por essa pessoa pode ser transmitida para sua futura prole? Explique.

Não, pois a aplicação da tintura ocorreu apenas nos fios de cabelo. Trata-se, portanto, de uma ação sobre o fenótipo, sem implicações sobre o genótipo do indivíduo.

LSOphoto/iStock/Getty Images

Note as pequenas diferenças entre essas duas gêmeas idênticas. Essas diferenças sugerem que o fenótipo não é determinado apenas pelo genótipo.

CIÊNCIA TEM HISTÓRIA

MCCLUNG E A TEORIA CROMOSSÔMICA

Durante a segunda metade do século XIX, foram feitas várias tentativas para explicar a hereditariedade. Entre elas, podemos citar a pangênese do naturalista britânico Charles Darwin (1809-1882) e as unidades fisiológicas do filósofo britânico Herbert Spencer (1820-1903). Porém, essas propostas não eram baseadas em conhecimentos sobre a célula.

No início do século XX, foi apresentada a chamada hipótese cromossômica de Sutton-Boveri, baseada em estudos citológicos. Ela admitia que os elementos responsáveis pela transmissão das características dos progenitores a seus descendentes eram entidades físicas (os "fatores", mais tarde chamados "genes") localizadas ao longo dos cromossomos presentes no núcleo da célula. Além disso, estabelecia uma relação entre o comportamento dos cromossomos durante a divisão celular e os princípios de Mendel.

Essa hipótese, porém, apresentava muitos problemas. Os cromossomos pareciam se dissolver na intérfase (período entre duas divisões celulares) e depois apareciam novamente nos mesmos lugares. Como saber se eles conservavam sua individualidade? Não se sabia se, durante a divisão celular, os cromossomos se pareavam ponta a ponta ou lado a lado. Os princípios de Mendel não se aplicavam a muitos casos estudados em animais e plantas.

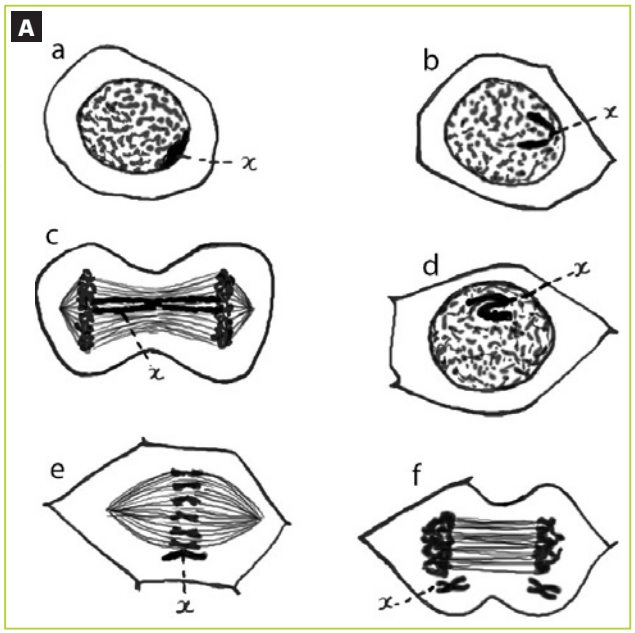
Devido a esses problemas, vários cientistas, como o biólogo britânico William Bateson (1861-1926) e o zoólogo e geneticista estadunidense Thomas Hunt Morgan (1866-1945), não a aceitaram até 1910. Nessa época, era muito importante que alguma característica externa visível fosse associada a um cromossomo. É nesse contexto que se insere a contribuição do zoólogo estadunidense Clarence E. McClung (1870-1946).

No final do século XIX, estavam sendo desenvolvidos estudos citológicos sobre o núcleo e o citoplasma. Além disso, diversos biólogos investigavam, em insetos, a espermatogênese, que é o processo de formação de espermatozoides por meio de divisões celulares.

Em 1891, o alemão Hermann Henking (1858-1942), estudando a espermatogênese em um hemíptero (inseto do grupo que inclui a cigarra), identificou, no núcleo de células precursoras de espermatozoides chamadas espermatócitos, um corpúsculo que se distribuía desigualmente durante a divisão celular. Ele constatou que somente metade dos espermatozoides o recebia. Como não tinha certeza se era um cromossomo ou alguma variação do núcleo, chamou-o nucléolo, elemento cromático ou corpúsculo de cromatina.

Anos depois, ao estudar a espermatogênese em outro hemíptero, o zoólogo estadunidense Thomas Harrison Montgomery Jr. (1873-1912) se deparou com o mesmo corpúsculo e considerou tratar-se de um nucléolo de cromatina, mas não fez considerações sobre sua função.

Em 1899, McClung fez um estudo semelhante na espermatogênese de um gafanhoto. Porém, ele descreveu o corpúsculo de modo diferente de seus colegas, pois notou que ele aparecia no estágio de repouso das espermatogônias, que é outro estágio precursor dos espermatozoides. Além disso, o corpúsculo corava fortemente e tinha forma arredondada, mas se alongava e adquiria a forma de U durante a prófase; era bem perceptível durante a anáfase e no estágio de repouso dos espermatócitos primários e, durante a anáfase dos espermatócitos, assumia a forma de X (veja imagem **A**).



Coleção particular. Facsímile: ID/BR

Representação dos desenhos feitos por McClung em 1899.

Representação sem proporção de tamanho.

Não escreva no livro.

Diferentemente de Henking e Montgomery, McClung considerou que se tratava de um cromossomo e não de um tipo especial de nucléolo. Ele o representou em seus desenhos pela letra X e o chamou de cromossomo acessório.

Antes de discutir esses pontos, algumas poucas palavras em relação ao nome do elemento seriam cabíveis. Henking, que primeiro o notou durante os estágios iniciais dos espermatócitos, o chama "nucléolo" e depois "elemento de cromatina". Montgomery, que o observou a seguir em Hemiptera, prefere chamá-lo "nucléolo de cromatina", enquanto Paulmier, trabalhando com a mesma ordem de insetos, o chama "pequeno cromossomo". Logo de início escolhi o nome "cromossomo acessório" e ainda o considero preferível em relação aos outros que foram sugeridos. Minhas razões para isso são as seguintes: Todos os observadores concluíram que o elemento é constituído de cromatina e se divide nas mitoses de modo análogo aos elementos constituídos de cromatina. A única característica que o diferencia dos outros cromossomos é que, durante a prófase dos espermatócitos primários, ele não perde sua identidade no espirema e, além disso, não se divide durante as mitoses dos espermatócitos.

Trata-se, portanto, de um cromossomo e não de um nucléolo, o que faz que as denominações utilizadas por Henking e Montgomery sejam inválidas.

McClung, C. E. Notas sobre o cromossomo acessório. *Anatomischer Anzeiger*, v. 20, p. 220-226, 1901.
Título original: *Notes on the accessory chromosome*. Electronic Scholarly Publishing Project, [*s. l.*], 2000.
Disponível em: http://www.esp.org/foundations/genetics/classical/cem-01.pdf.
Acesso em: 2 set. 2024. Tradução dos autores.

Montgomery criticou a denominação dada por McClung e continuou a afirmar que se tratava de um nucléolo de cromatina. McClung manteve sua posição nos trabalhos que publicou a seguir e propôs a hipótese de que o cromossomo acessório era um determinante do sexo masculino e estava ausente nas fêmeas. Montgomery estudou 42 espécies de hemípteros e encontrou o corpúsculo em todas elas, mas ele continuou considerando que não se tratava de um cromossomo.

Nem McClung nem seus colegas tinham estudado a ovogênese em hemípteros. Isso pode ter ocorrido devido à dificuldade de acompanhar esse processo no ovário de insetos, ao contrário da espermatogênese, que ocorre continuamente. Mas o que teria levado McClung a supor que esse cromossomo acessório estava presente apenas nos machos e ausente nas fêmeas, já que ele só tinha estudado a gametogênese nos machos? Talvez o antigo preconceito de que os machos são superiores às fêmeas e, por isso, no caso estudado, seriam dotados de algo a mais – o cromossomo acessório. Como se pode perceber, muitas vezes os cientistas não são guiados apenas pelos fatos.

Hoje, sabemos que o "cromossomo acessório" descrito por McClung é o cromossomo X. Apesar de equivocada, a hipótese de McClung foi muito importante para a teoria cromossômica, pois relacionava uma característica externa visível (o sexo masculino) a um cromossomo especial (o cromossomo acessório). Se ele admitisse ser um nucléolo, não teria a mesma relevância para a hipótese cromossômica. Além disso, as pesquisas de McClung estimularam os estudos citológicos feitos por outros autores. Esses estudos não só esclareceram o caso apresentado por McClung, mas também mostraram a existência de diversos modelos cromossômicos de determinação sexual em diferentes ordens de insetos.

Somente em 1905, os geneticistas estadunidenses Edmund Beecher Wilson (1856-1939) e Nettie Maria Stevens (1861-1912), investigando tanto a espermatogênese como a ovogênese no gafanhoto *Brachystola magna*, perceberam que as fêmeas apresentavam dois cromossomos X, enquanto o macho apresentava apenas um, contrariando a hipótese de McClung. Desse modo, eles concluíram que o cromossomo X não determinava a masculinidade, como pensava McClung, mas a feminilidade.

1. McClung classificou como cromossomo o corpúsculo observado porque este já aparecia no estágio de repouso das espermatogônias, corava fortemente e tinha forma arredondada; depois, alongava-se e adquiria a forma de "U" durante a prófase; além disso, era bem perceptível durante a anáfase e no estágio de repouso dos espermatócitos primários e, durante a anáfase dos espermatócitos, assumia a forma de "X". Ou seja, o corpúsculo apresentava comportamento semelhante ao dos cromossomos quando de sua divisão celular.

Para discutir

1 **Henking, Montgomery e McClung estavam investigando a espermatogênese da mesma ordem de insetos (Hemiptera) e observaram o mesmo corpúsculo, porém caracterizaram-no de modo diferente. O que levou McClung a caracterizá-lo como um cromossomo?**

2 **Uma hipótese equivocada, muitas vezes, pode contribuir para o desenvolvimento da ciência. Indique elementos presentes no texto que corroborem essa ideia.**

Hipóteses equivocadas geram discussão e dúvidas sobre o tema nelas abordado. A hipótese de McClung, por exemplo, foi importante para a teoria cromossômica ao relacionar uma característica externa visível a um cromossomo especial; além disso, estimulou estudos citológicos realizados por outros autores.

GENÉTICA MENDELIANA

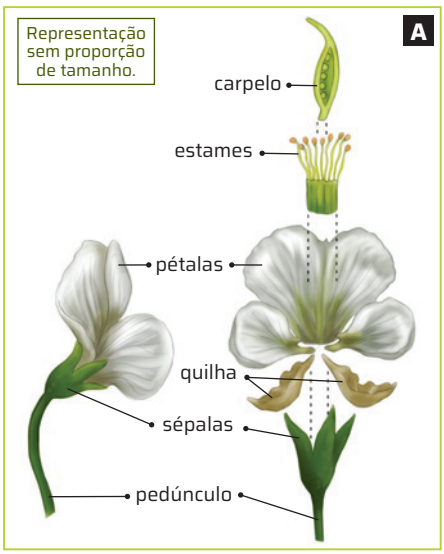
Uma das contribuições mais relevantes para o entendimento da transmissão de características ao longo das gerações foi dada pelos trabalhos de Gregor Mendel.

Mendel trabalhou com mais de 30 mil exemplares da ervilha-de-cheiro (*Pisum sativum*) e realizou centenas de cruzamentos a fim de analisar a maneira como as características eram transmitidas ao longo das várias gerações dessa espécie de planta.

Ele percebeu que, eventualmente, os descendentes apresentavam características diferentes das de seus genitores e que essas características não eram "intermediárias" às das plantas genitoras – ou seja, não representavam uma "mistura". Além disso, Mendel notou que a proporção em que cada característica se manifestava ao longo das gerações seguia padrões.

A ervilha-de-cheiro é uma planta do grupo das leguminosas. Seu fruto é uma vagem, no interior da qual se encontram as sementes (ervilhas). A flor da ervilha-de-cheiro é **monoica**, ou seja, os órgãos reprodutivos masculino e feminino estão presentes em uma mesma flor (imagem **A**). Eles ficam abrigados em uma estrutura fechada, denominada quilha, que é formada por pétalas modificadas. A quilha impede a entrada de pólen proveniente das flores de outras plantas. Portanto, nesse tipo de flor, a reprodução por **autofecundação** ocorre naturalmente.

Mendel utilizou, em seus experimentos, plantas de linhagens que ele considerava **puras**, isto é, aquelas que por autofecundação produziam apenas plantas iguais a si mesmas.



Petra Elster/ID/BR

Esquema da estrutura da flor de ervilha-de-cheiro. À esquerda, flor inteira e, à direita, suas partes. Os estames correspondem aos órgãos masculinos e produzem o pólen, enquanto o carpelo é uma das partes do órgão feminino e abriga os óvulos. Cores-fantasia.

Fonte de pesquisa: Raven, P. H. *et al. Biologia vegetal*. 8. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2014. p. 161.

Primeira lei de Mendel

Mendel escolhia duas plantas puras, cada uma das quais apresentando uma variante de uma das características selecionadas previamente por ele (por exemplo, uma com sementes amarelas e outra com sementes verdes) e, em seguida, polinizava as flores de uma planta com o pólen produzido pela outra planta. Ao observar os descendentes de cada cruzamento, portanto, ele registrava apenas os resultados daquela característica em análise.

CARACTERÍSTICAS ESTUDADAS POR MENDEL						
Altura da planta	Posição das flores	Cor da vagem	Aspecto da vagem	Cor da semente	Aspecto da semente	Cor da flor
alta baixa	axilar terminal	amarela verde	lisa ondulada	verde amarela	lisa rugosa	púrpura branca

A geração de plantas puras foi denominada por Mendel de **geração parental** (**P**). Já os descendentes gerados pela polinização cruzada de plantas dessa geração receberam o nome de **primeira geração híbrida** (**F_1**).

Mendel observou que a fecundação cruzada entre indivíduos da geração P com variantes distintas de uma característica sempre resultava em uma geração F_1 homogênea, em que todos os indivíduos apresentavam a variante de um dos pais. Por exemplo, ao cruzar plantas de sementes amarelas com plantas de sementes verdes (geração P), ele notou que todos os descendentes da geração F_1 apresentavam sementes amarelas. Portanto, a cor verde da semente não se manifestava nas plantas da geração F_1.

O autocruzamento de plantas da geração F_1, que apresentavam apenas sementes amarelas, produziu descendentes com sementes amarelas e outros com sementes verdes. Mendel denominou a geração resultante da autofecundação da geração F_1 de **segunda geração híbrida** (**F_2**) (imagem **B**).

Analisando esses resultados, ele chegou à conclusão de que, nas plantas híbridas (geração F_1), a variante de um dos pais ficava "encoberta" ou em "recesso". Ele denominou as variantes que não se manifestavam em F_1 de **recessivas** e aquelas que estavam presentes em 100% dos indivíduos em F_1 de **dominantes**.

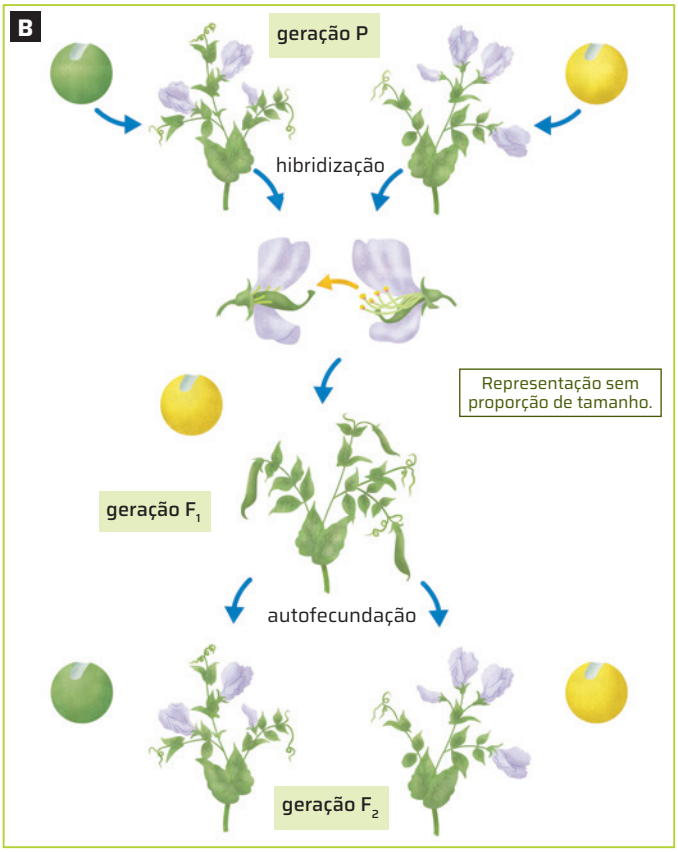
Para cada característica estudada, as variantes se distribuíam na geração F_2 em uma proporção aproximada de três plantas com variante dominante para apenas uma planta com variante recessiva (3 : 1).

Não escreva no livro.

Para explicar esses resultados, Mendel propôs que cada uma das características analisadas era determinada por um par de **fatores hereditários**, presente nas células do indivíduo. Esse par de fatores seria formado por um fator herdado da mãe e outro do pai. Assim, plantas da geração P, que eram puras, apresentavam dois fatores iguais, enquanto as plantas híbridas da geração F_1 apresentavam dois fatores diferentes entre si.

Durante a formação dos gametas, ele supôs ainda que os fatores de cada par se separariam (ou se segregariam), o que faria cada gameta carregar apenas um fator. Portanto, se o indivíduo era puro para a característica em questão, produziria apenas um tipo de gameta; se o indivíduo era híbrido em relação a essa característica, produziria dois tipos de gametas, na mesma proporção. Hoje sabemos que a separação dos fatores ocorre durante a meiose.

As plantas parentais são de linhagem pura. Assim, de acordo com o modelo mendeliano, aquelas com sementes amarelas apresentam dois fatores iguais para essa característica, que vamos simbolizar como **VV**. Os gametas por elas produzidos só podem ser de um tipo e, portanto, carregam o fator **V**. Do mesmo modo, as plantas de linhagem pura com semente verde têm dois fatores iguais, simbolizados aqui como **vv**, e produzem apenas gametas com o fator **v**.



Bruno Badain/ID/BR

Esquema da primeira lei de Mendel ou lei da segregação dos fatores. Cores-fantasia.

As plantas híbridas (**Vv**) produzem dois tipos de gametas: 50% com o fator **V** e os outros 50% com o fator **v**. O cruzamento por autofecundação das plantas de F_1 possibilita quatro resultados.

Os princípios do modelo teórico de Mendel deram origem à **lei da segregação dos fatores**, mais tarde denominada **primeira lei de Mendel**, que pode ser enunciada da seguinte maneira:

> Os fatores que determinam uma característica hereditária se segregam durante a formação dos gametas, de modo que cada gameta contenha apenas um fator.

Os fatores hereditários idealizados por Mendel foram batizados pelo botânico dinamarquês Wilhelm L. Johannsen (1857-1927) de **genes**.

ROTEIRO

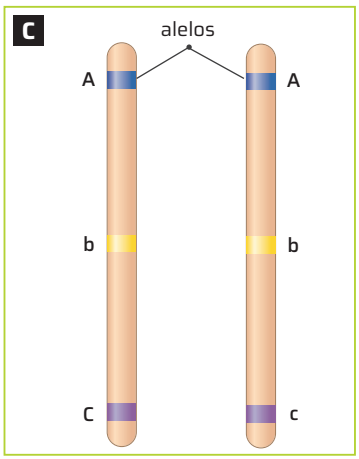
3. Considere que o cruzamento entre dois animais de pelagem branca resulte em descendentes de pelagem branca e de pelagem preta. Sabendo disso, responda: Qual das variantes é dominante e qual é recessiva? Justifique sua resposta.

Alelos

Os genes estão localizados nos cromossomos. A região em que um gene se encontra no cromossomo é chamada de *locus*, termo em latim que significa "lugar". Para cada *locus* podem existir uma ou mais variantes de um gene. Essas variantes são chamadas **alelos**.

Por exemplo, o gene que determina a cor da semente da ervilha tem dois alelos: o alelo recessivo (**v**) e o alelo dominante (**V**).

Quando um indivíduo apresenta um par de alelos iguais, fala-se que ele é **homozigoto**, sendo homozigoto dominante quando os dois alelos são dominantes (**VV**) e homozigoto recessivo quando ambos são recessivos (**vv**). O indivíduo que tem alelos diferentes, um recessivo e outro dominante, é chamado de **heterozigoto** (**Vv**). Cada cromossomo tem vários genes, cujos alelos podem estar em homozigose ou heterozigose (imagem **C**).



Reinaldo Vignati/ID/BR

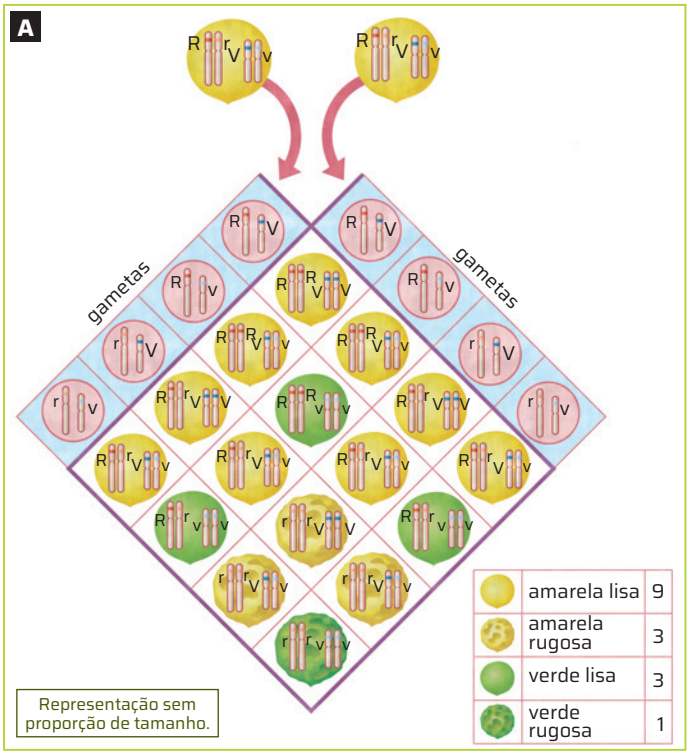
Representação de um par de cromossomos homólogos. Note que esse indivíduo é homozigoto para os genes *a* e *b* e heterozigoto para o gene *c*. Cores-fantasia.

3. A variante branca é dominante e a preta é recessiva, pois dois animais brancos cruzados geraram descendentes de pelagem preta. Se a variante branca fosse recessiva, todos os descendentes seriam necessariamente brancos.

Segunda lei de Mendel

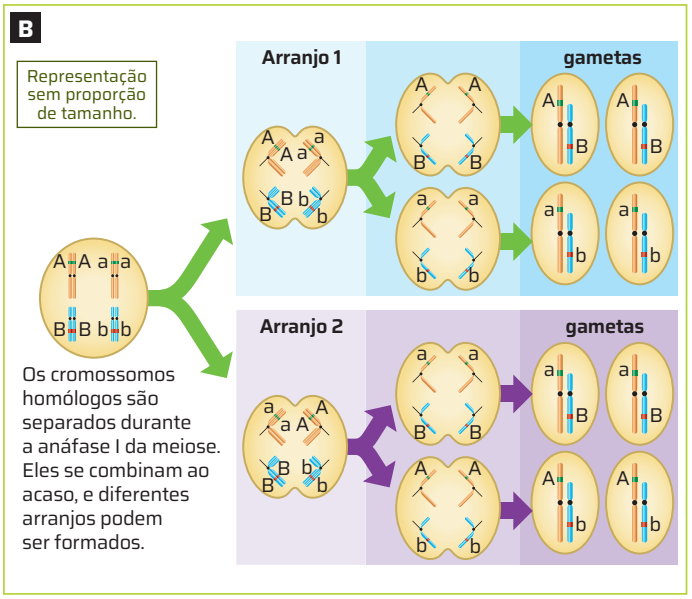
Ao estudar a herança de duas características nas ervilhas, Mendel analisou simultaneamente a cor e a textura da semente. Nas ervilhas, a cor amarela é condicionada por um alelo dominante (**V**), enquanto a cor verde é condicionada por um alelo recessivo (**v**). Já o alelo que condiciona a textura lisa é dominante (**R**), e o que determina a textura rugosa é recessivo (**r**). Assim, indivíduos duplo heterozigotos (com genótipo **Vv** e **Rr**) apresentam fenótipo amarelo e liso.

Bruno Badain/ID/BR



Esquema da segunda lei de Mendel ou lei da segregação independente. Cores-fantasia.

Adilson Secco/ID/BR



Representação dos dois arranjos possíveis da meiose de uma célula di-híbrida, em que os alelos dos genes em questão situam-se em cromossomos diferentes. Cores-fantasia.

Fonte de pesquisa: Klug, W. C.; Cummings, M. *et al. Conceitos de genética*. 9. ed. Porto Alegre: Artmed, 2010. p. 53.

Em um dos experimentos, Mendel cruzou uma linhagem homozigota de sementes amarelas e lisas (**VVRR**) com outra linhagem homozigota de sementes verdes e rugosas (**vvrr**) e obteve em F_1 apenas plantas com sementes amarelas e lisas (**VvRr**). Em seguida, as plantas de F_1 foram autofecundadas, e Mendel observou em F_2 quatro tipos de fenótipos: dois iguais aos da geração parental e dois novos (sementes amarelas rugosas e sementes verdes lisas). Mendel notou, ainda, que esses fenótipos apareciam na proporção 9 : 3 : 3 : 1 (imagem **A**).

Ele constatou que a herança da textura da semente não dependia da herança de sua cor, e vice-versa. Portanto, essas duas características seriam transmitidas de maneira independente. Para isso, cada uma das características deveria ser condicionada por um par independente de fatores hereditários, o que ficou conhecido como **segunda lei de Mendel** ou **lei da segregação independente**.

Meiose e segregação independente

Da mesma forma que na primeira lei, a explicação citológica para a segunda lei de Mendel baseia-se na segregação dos cromossomos homólogos durante a meiose para a formação dos gametas (imagem **B**). Na meiose de uma célula di-híbrida (**AaBb**), os cromossomos homólogos separam-se ao acaso de duas maneiras, com igual probabilidade. Na primeira delas, os alelos **A** e **B** ficam juntos em uma célula, e os alelos **a** e **b** ficam em outra. Nesse caso, os gametas resultantes são **AB** e **ab**. Na segunda maneira, os alelos **A** e **b** ficam em uma célula, enquanto os alelos **a** e **B** ficam em outra. Os gametas resultantes são **Ab** e **aB**. Assim, formam-se quatro tipos de gametas em igual proporção.

Observe que esses resultados são obtidos quando se analisam características condicionadas por genes situados em cromossomos diferentes. Genes localizados no mesmo cromossomo não se distribuem independentemente, ou seja, a herança das características condicionadas por eles não resulta nas proporções observadas por Mendel nos cruzamentos di-híbridos com ervilhas. Para marcar essa distinção, o enunciado da segunda lei de Mendel foi adaptado. A versão moderna passou a enunciar essa lei da seguinte forma:

> Pares de alelos que estão situados em cromossomos diferentes distribuem-se independentemente uns dos outros na meiose.

Não escreva no livro.

NOÇÕES DE PROBABILIDADE

A probabilidade de um evento ocorrer entre vários possíveis pode ser calculada da seguinte maneira:

$$P = \frac{n_d}{n_p}$$

em que P é a probabilidade, n_d é o número de eventos desejáveis e n_p é o número de eventos possíveis.

Por exemplo, ao lançar uma moeda, qual é a chance de ela cair com o lado da coroa voltado para cima? Existem dois resultados possíveis: cara ou coroa (imagem a seguir). Portanto, a probabilidade de a moeda cair com o lado da coroa voltado para cima é uma em duas possibilidades, ou seja, é $\frac{1}{2}$.

Banco Central. Fotografia: Rafastockbr/Shutterstock.com/ID/BR

A probabilidade de uma moeda cair com a face da coroa voltada para cima é a mesma de cair com a face da cara voltada para cima, ou seja, é $\frac{1}{2}$.

Nos indivíduos heterozigotos, os gametas produzidos podem receber uma cromátide com o alelo recessivo ou com o alelo dominante. Portanto, há dois eventos possíveis. Assim, a probabilidade de um gameta conter, por exemplo, o alelo recessivo, é dada por $1 : 2 = \frac{1}{2}$.

É importante notar que a probabilidade lida com **eventos aleatórios** (do latim *alea*, "sorte"). Isso significa que, ao lançar uma moeda duas vezes, ela não cairá obrigatoriamente uma vez com a cara e a outra com a coroa para cima. Cada lançamento é um evento independente, que tem a mesma probabilidade de ocorrer.

As regras do "e" e do "ou"

Quando a ocorrência de um evento não interfere na probabilidade de ocorrência de outro, eles são chamados **eventos independentes**. Nesse caso, aplica-se a seguinte regra:

> A probabilidade de dois ou mais eventos independentes ocorrerem conjuntamente é igual ao produto das probabilidades de esses eventos ocorrerem separadamente.

A probabilidade de sair o número 2 em um dado é $\frac{1}{6}$. Como o lançamento de um segundo dado não interfere no lançamento do primeiro (é um evento independente), podemos calcular a probabilidade de sair o número 4 no segundo lançamento da mesma maneira, e seu resultado é também $\frac{1}{6}$. Aplicando a regra citada, popularmente conhecida como **regra do "e"**, temos $\frac{1}{6} \cdot \frac{1}{6} = \frac{1}{36}$.

Quando a ocorrência de um evento exclui a possibilidade da ocorrência de outro, e vice-versa, eles são chamados **eventos mutuamente exclusivos**. Nesse caso, aplica-se a seguinte regra:

> A probabilidade de dois ou mais eventos mutuamente exclusivos ocorrerem é igual à soma das probabilidades de cada evento ocorrer separadamente.

Aplicando essa regra, popularmente conhecida como **regra do "ou"**, a probabilidade de sair o número 2 ou o número 4 em um lançamento de dado é $\frac{1}{6} + \frac{1}{6} = \frac{2}{6} = \frac{1}{3}$.

As regras do "e" e do "ou" na genética

Essas regras de probabilidade são bastante úteis quando estamos analisando a chance de determinada característica ser transmitida de uma geração a outra.

O albinismo, por exemplo, é uma condição que se caracteriza pela ausência de pigmentação na pele. No ser humano, o albinismo é condicionado por um alelo recessivo (**a**). Sabendo disso, imagine a seguinte situação: um casal, cuja mulher é albina e o homem é heterozigoto para essa condição, deseja ter dois filhos. Qual é a probabilidade de o primeiro **e** o segundo filhos nascerem com albinismo?

Para responder a essa questão, precisamos determinar primeiro o genótipo dos pais e dos gametas que eles podem produzir. Se a mulher é albina, então ela é homozigota recessiva (**aa**) e, portanto, só pode produzir gametas com alelo recessivo (**a**). Já o homem, sendo heterozigoto (**Aa**), pode produzir tanto gametas com o alelo dominante (**A**) quanto com o alelo recessivo (**a**). O nascimento de um filho albino ocorre quando o gameta recessivo do homem fecunda o gameta recessivo da mulher. A chance de isso ocorrer é de uma em duas possibilidades, ou seja, é $\frac{1}{2}$.

Se a probabilidade de ter um filho albino é de $\frac{1}{2}$ nesse caso, então a probabilidade de ter dois filhos albinos pode ser calculada pela regra do "e", já que cada nascimento é um evento independente. Assim, a probabilidade de o primeiro e o segundo filho nascerem com albinismo é $\frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2} = \frac{1}{4}$.

Agora, se a pergunta fosse "Qual é a probabilidade de o primeiro **ou** o segundo filho nascer com albinismo?", a resolução seria diferente. Nesse caso, a probabilidade de ter o primeiro ou o segundo filho albino é calculada pela regra do "ou". Essa probabilidade é dada, portanto, por $\frac{1}{2} + \frac{1}{2} = \frac{2}{4} = \frac{1}{2}$.

ROTEIRO

4. **Ao lançar uma moeda duas vezes, qual é a probabilidade de se obter cara no primeiro lançamento e cara no segundo?** Veja resposta em *Respostas e comentários* no Manual do Professor.

5. **Qual é a probabilidade de, ao se lançar um dado, obter-se o mesmo número três vezes seguidas?** Veja resposta em *Respostas e comentários* no Manual do Professor.

Probabilidade na prática

Davi Augusto Studio/ID/BR

O cálculo de probabilidades permite prever a chance de um ou mais eventos ocorrerem?

Nesta atividade, você e os colegas vão investigar o quanto a probabilidade esperada para um evento se aproxima dos resultados obtidos.

Material

- moeda
- folha de papel sulfite
- caneta

Como fazer

A critério do(a) professor(a), a turma deve se organizar em grupos de quatro integrantes. Cada grupo deve receber uma moeda, uma folha de papel e uma caneta. Um dos integrantes do grupo pode ficar encarregado de jogar a moeda, e os demais podem ficar responsáveis por anotar os resultados dos lançamentos.

Parte 1 – Amostra pequena

1. Escolham uma face da moeda (cara ou coroa). Um dos integrantes do grupo vai jogá-la seis vezes, enquanto outro integrante anota, no caderno, o resultado obtido em cada jogada, em um quadro como o reproduzido ao lado.
2. Calculem a frequência relativa da face escolhida, utilizando a equação a seguir.

   $F_{rel} = \frac{n_o}{n_t}$,

   em que

   F_{rel} é a frequência relativa;

   n_o é o número de vezes em que a face escolhida foi obtida;

   n_t é o número total de jogadas (lançamentos).
3. Em seguida, calculem a probabilidade de ocorrência do evento desejado; nesse caso, que a moeda caia com a face escolhida para cima.

   $P = \frac{n_d}{n_p}$

   em que

   P é a probabilidade;

   n_d é o número de eventos desejáveis;

   n_p é o número de eventos possíveis.

Jogadas	Face
1ª jogada	//////////
2ª jogada	//////////
3ª jogada	//////////
4ª jogada	//////////
5ª jogada	//////////
6ª jogada	//////////

Parte 2 – Amostra grande

1. Repitam as etapas 1, 2 e 3 da parte 1, desta vez jogando a moeda cem vezes.
2. Copiem o quadro abaixo no caderno e completem-na com os resultados obtidos.

Amostra pequena		Amostra grande	
Resultado obtido (frequência relativa)	Resultado esperado (probabilidade)	Resultado obtido (frequência relativa)	Resultado esperado (probabilidade)
////////////////////////////////	////////////////////////////////	////////////////////////////////	////////////////////////////////

2. Em estatística, à medida que se consideram amostras maiores, existe uma tendência de os resultados se aproximarem da situação real. Por isso, os cientistas procuram usar amostras com o maior tamanho possível, pois, assim, aumenta-se a probabilidade de os resultados refletirem a situação investigada.

Para concluir

1 **Em qual das amostras o resultado obtido aproximou-se mais do resultado esperado?**
Espera-se que o resultado tenha se mostrado mais próximo do esperado na amostra grande.

2 **Considerando os resultados obtidos nesta atividade, explique por que, em certas pesquisas, os cientistas procuram trabalhar com a maior amostra possível.**

Não escreva no livro.

6. Considerando que o parental C^BC^B produz apenas um tipo de gameta, C^B, e o parental C^VC^B origina dois tipos de gametas diferentes, C^V e C^B, o genótipo de seus descendentes será 50% C^VC^B e 50% C^BC^B. Visto que o genótipo C^VC^B determina flores rosa e o C^BC^B resulta em flores brancas, a frequência fenotípica será 50% para cada uma dessas cores.

PADRÕES DE DOMINÂNCIA

Em características condicionadas por apenas um par de alelos, a presença do alelo dominante, tanto em homozigose como em heterozigose, pode determinar um fenótipo, enquanto o duplo-recessivo determina outro. Esse padrão de herança é chamado **dominância completa**.

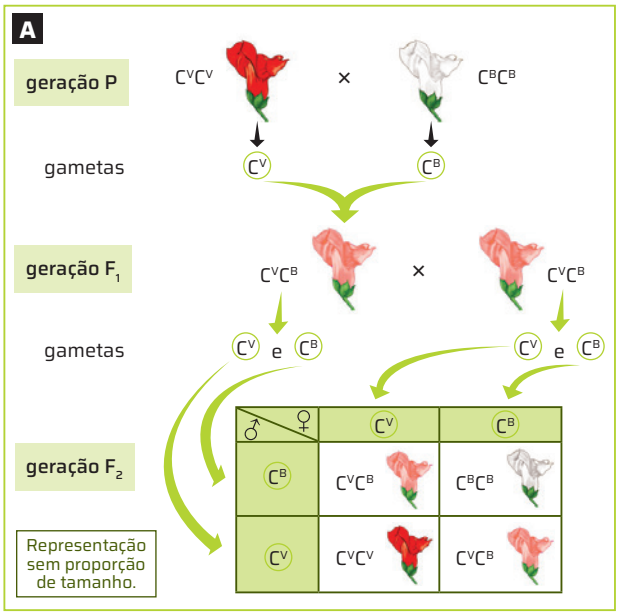
Quando o genótipo heterozigoto resulta em um fenótipo intermediário aos fenótipos dos homozigotos, fala-se em **dominância incompleta**. Um exemplo desse tipo de dominância é a cor das flores de uma planta ornamental popularmente conhecida como boca-de-leão (*Antirrhinum majus*). O cruzamento de plantas homozigotas de flores vermelhas com plantas homozigotas de flores brancas resulta em 100% de flores cor-de-rosa, heterozigotas, na geração F_1 (imagem **A**). O autocruzamento entre essas plantas heterozigotas produz descendentes com três fenótipos em F_2: cor vermelha, cor-de-rosa e cor branca, na proporção 1 : 2 : 1.

Em outra situação, quando não há relação de dominância entre os alelos, fala-se em **codominância**. Nesse caso, os alelos de um gene se expressam simultaneamente em indivíduos heterozigotos, produzindo um terceiro fenótipo. Isso pode ser observado na determinação do grupo sanguíneo ABO, que será estudado neste capítulo.

ROTEIRO

6. Determine as proporções genotípicas e fenotípicas dos descendentes do seguinte cruzamento de plantas boca-de-leão.

- $C^BC^B \times C^VC^B$



Ilustrações: Marcos Aurélio/ID/BR

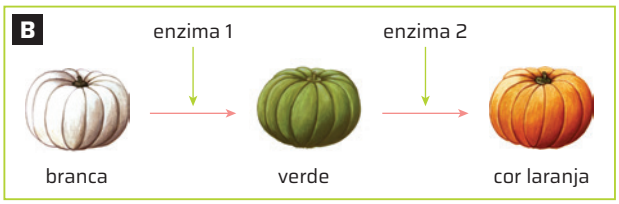
Representação do cruzamento de flores de boca-de-leão, espécie com padrão de dominância incompleta para os alelos que determinam a cor das pétalas. Note o fenótipo intermediário na geração F_1 e a proporção fenotípica obtida em F_2. Cores-fantasia.

INTERAÇÃO GÊNICA

Quando os produtos de um ou mais genes interagem e afetam uma ou mais características fenotípicas, fala-se em **interação gênica**. Os genes relacionados com a interação gênica podem, ou não, estar localizados em um mesmo cromossomo e podem, ou não, interagir na mesma via metabólica. A interação gênica leva à produção de fenótipos que não podem ser previstos pela análise de apenas um gene.

Um exemplo de interação gênica ocorre na coloração da abóbora. Esse fruto pode ser da cor laranja, verde ou branca. Essas cores são determinadas por uma via metabólica que depende da ação de duas enzimas (imagem **B**).

A presença do alelo dominante **V** condiciona a cor laranja, e o duplo-recessivo **vv** condiciona a cor verde. Em outro gene, o alelo dominante **I** inibe a manifestação da cor e, portanto, sua presença resulta no fenótipo branco. Portanto, as abóboras portadoras de **ii** podem ter cor laranja **iiV_** ou verde **iivv**, dependendo do alelo em **v**.



Jurandir Ribeiro/ID/BR

Nas abóboras, o pigmento laranja é produzido por uma via metabólica com duas etapas. A ausência de uma dessas enzimas é responsável pelo fenótipo branco ou verde. Cores-fantasia.

Representação sem proporção de tamanho.

Fonte de pesquisa: Pierce, B. *Genetics*: a conceptual approach. 3. ed. New York: W. H. Freeman and Company, 2008. p. 109.

Herança quantitativa

Há diversas características que apresentam fenótipo com variação contínua, ou seja, com vários fenótipos intermediários entre os fenótipos extremos. Essas características são chamadas **características quantitativas**, e sua variação fenotípica é chamada variação quantitativa.

É o caso, por exemplo, da massa, altura e cor da pele em seres humanos, da quantidade de leite produzida pelas vacas, do tamanho dos ovos das galinhas, etc. Essas características, geralmente, são controladas por alelos de diversos genes, e, por isso, recebem também o nome de **características poligênicas**.

As características quantitativas são também influenciadas por fatores ambientais, o que aumenta ainda mais a gama de variação fenotípica.

ALELOS MÚLTIPLOS

Os genes podem ter mais de dois alelos. Nesses casos, fala-se em **alelos múltiplos**. É importante frisar que, embora um gene apresente vários alelos, os organismos diploides apresentam apenas dois alelos de cada gene: um de origem paterna e outro de origem materna.

Um exemplo de alelos múltiplos em seres humanos é a determinação do sistema sanguíneo ABO. Ao longo da primeira década de 1900, os trabalhos de vários pesquisadores permitiram identificar quatro tipos sanguíneos em seres humanos: A, B, AB e O.

As diferenças entre esses tipos sanguíneos se devem a dois tipos de moléculas: os **aglutinogênios**, glicoproteínas presentes nas membranas das hemácias, e as **aglutininas**, proteínas que se encontram dissolvidas no plasma – parte líquida do sangue.

No sistema ABO, há dois tipos de aglutinogênios – o A e o B – e dois tipos de aglutininas – a anti-A e a anti-B. Uma pessoa com tipo sanguíneo **A** apresenta aglutinogênio A nas membranas das hemácias e aglutinina anti-B no plasma. Quem tem o sangue tipo **B** apresenta aglutinogênio B e aglutinina anti-A. As pessoas de tipo sanguíneo **AB** têm os dois tipos de aglutinogênio, o A e o B, e nenhum tipo de aglutinina. No caso do sangue tipo **O**, não há aglutinogênios, mas, sim, os dois tipos de aglutininas, anti-A e anti-B.

SISTEMA SANGUÍNEO ABO

Tipos sanguíneos	Aglutinogênios	Aglutininas
A		
B		
AB		—
O		

Ilustrações: Marcos Aurélio/ID/BR

Os quatro tipos sanguíneos do sistema ABO. O aglutinogênio A e a aglutinina anti-A foram representados em verde; o aglutinogênio B e a aglutinina anti-B foram representados em laranja. Cores-fantasia.

Representação sem proporção de tamanho.

As aglutininas são anticorpos e reagem contra os aglutinogênios. A aglutinina anti-A reage com o aglutinogênio A, e a aglutinina anti-B reage com o aglutinogênio B, formando coágulos sanguíneos, decorrentes da aglutinação. Por essa razão, a transfusão de sangue só pode ser feita entre pessoas com tipos sanguíneos compatíveis.

Por exemplo, pessoas com o sangue tipo A não podem receber sangue do tipo B, pois elas apresentam aglutinina anti-B. Nesse caso, elas só podem receber sangue de portadores do mesmo tipo sanguíneo e também daqueles com sangue do tipo O, pois estes não possuem aglutinogênios. Quanto à doação de sangue, os portadores do tipo sanguíneo A podem doar sangue para os portadores do mesmo tipo e para os que têm sangue AB, que não possuem nenhum tipo de aglutinina.

Veja o quadro a seguir.

POSSIBILIDADES DE DOAÇÃO DE SANGUE NO SISTEMA SANGUÍNEO ABO

Tipo sanguíneo	Pode receber de	Pode doar para
A	A e O	A e AB
B	B e O	B e AB
AB	A, B, AB e O	AB
O	O	A, B, AB e O

Genética do sistema ABO

No sistema ABO, o gene que determina o tipo sanguíneo apresenta três alelos: I^A, I^B e **i**. Os alelos I^A e I^B são dominantes em relação ao **i** e codominantes entre si. Pessoas com os genótipos I^AI^A ou I^Ai têm apenas aglutinogênio A nas hemácias e, portanto, pertencem ao grupo sanguíneo **A**. Pessoas com genótipos I^BI^B ou I^Bi têm apenas aglutinogênio B e pertencem ao grupo sanguíneo **B**. Já aqueles com genótipo I^AI^B têm os aglutinogênios A e B e pertencem ao grupo **AB**, enquanto os portadores de genótipo **ii** não têm nenhum dos aglutinogênios e pertencem ao grupo sanguíneo **O**.

ROTEIRO

7. O grupo O é considerado "doador universal", enquanto o grupo AB é considerado "receptor universal". Explique a razão dessas denominações.

Sistema sanguíneo Rh

Além do sistema ABO, deve-se considerar outro sistema sanguíneo quando o assunto é transfusão de sangue: o sistema Rh. Esse sistema foi descoberto em 1940, durante experimentos com sangue de macacos reso (*Macaca mulatta*).

Portadores do fator Rh possuem o sangue do tipo Rh+ e apresentam esse aglutinogênio no sangue. Já aqueles sem esse fator são do tipo Rh−. De modo geral, a referência ao sistema Rh é feita apenas pelo sinal "+" ou "−" junto à letra que indica o tipo sanguíneo no sistema ABO. Por exemplo: sangue tipo A+ ou B−.

O sistema Rh é condicionado por um gene com dominância completa entre seus dois alelos: o alelo dominante R, que produz o sangue tipo Rh+, e o alelo recessivo r, que em homozigose produz o sangue tipo Rh−, mais raro entre seres humanos.

7. Pessoas do grupo O não possuem aglutinogênios do sistema ABO, por isso, seu sangue não provoca a reação de aglutininas e, assim, podem doar sangue para pessoas de qualquer grupo. Pessoas do grupo AB não possuem aglutininas, por isso, seu sangue não reagirá a nenhum tipo de sangue doado.

Não escreva no livro.

PADRÕES DE HERANÇA INFLUENCIADOS PELO SEXO

Na espécie humana, o sexo é determinado pelo sistema **XX** ou **XY**. O cromossomo **X** é um dos maiores cromossomos humanos. Ele contém muitas centenas de genes, e a maior parte deles não apresenta função sexual. O cromossomo **Y**, ao contrário, apresenta poucas dezenas de genes, e vários deles estão relacionados a características sexuais masculinas.

Os cromossomos **X** e **Y** são bem diferentes e, portanto, não são homólogos. No entanto, eles têm pequenas regiões homólogas que permitem o emparelhamento correto durante a meiose.

Os genes encontrados nessas regiões apresentam o mesmo padrão de herança dos genes situados nos cromossomos **autossômicos**, ou seja, aqueles que não determinam o sexo. Os genes das demais regiões apresentam um padrão característico de herança, relacionado ao cromossomo **X** ou ao **Y**.

Os genes localizados na região diferencial do cromossomo **X** (isto é, região que não é homóloga ao **Y**) apresentam um padrão de **herança ligada ao X**, também chamada simplesmente de **herança ligada ao sexo**, enquanto os genes localizados na região diferencial do cromossomo **Y** apresentam um padrão de **herança ligada ao Y**, também chamada de **herança restrita ao sexo**.

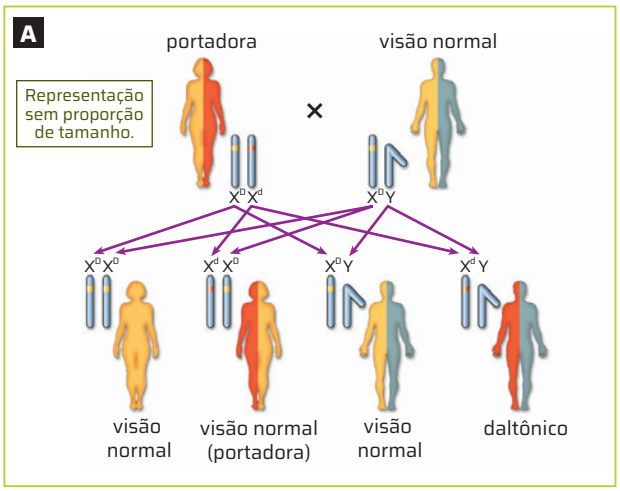
Herança ligada ao X

Nas espécies com sistema **XY** de determinação de sexo, os machos apresentam apenas um cromossomo **X**. Como consequência, nos machos, os alelos ligados ao **X** são sempre herdados da mãe, ao passo que, nas fêmeas, os alelos ligados ao **X** são herdados de ambos os genitores. Portanto, na herança ligada ao **X**, os termos "dominante" e "recessivo" são aplicáveis somente às fêmeas.

Uma das características dominantes ligadas ao **X** na espécie humana é o raquitismo hipofosfatêmico, uma enfermidade em que os rins não desempenham adequadamente sua habilidade de reabsorver fosfato, causando problemas ósseos. Esse e outros casos manifestam-se cerca de duas vezes mais em mulheres que em homens. Os homens também não transmitem essa característica para os descendentes do sexo masculino, uma vez que seus filhos recebem o cromossomo **Y**. Por sua vez, as características recessivas ligadas ao **X** são mais frequentes na população humana. O daltonismo e a hemofilia são alguns exemplos dessa condição.

O daltonismo é uma condição hereditária resultante de um defeito na retina que afeta os cones, fotorreceptores responsáveis pela percepção das cores. Como consequência, a pessoa com daltonismo não distingue com precisão determinadas cores. Um dos tipos mais frequentes de daltonismo é o verde-vermelho. Os indivíduos portadores dessa forma de daltonismo não distinguem claramente a cor vermelha da cor verde.

As mulheres têm três genótipos possíveis para o daltonismo verde-vermelho: X^DX^D, X^DX^d e X^dX^d. Para uma mulher ser daltônica, ela precisa herdar dois alelos recessivos (X^dX^d). Já os homens possuem dois genótipos para o daltonismo, X^DY e X^dY, e para um homem ser daltônico, basta que ele herde o alelo recessivo da mãe (X^dY) (imagem **A**). Assim, a frequência de mulheres com esse tipo de daltonismo é menor que a frequência de homens.



Reinaldo Vignati/ID/BR

Esquema do padrão de herança do daltonismo verde-vermelho, uma condição recessiva ligada ao **X**. Cores-fantasia.

A hemofilia, por sua vez, caracteriza-se pelo mau funcionamento ou pela ausência de uma das proteínas que promovem a coagulação do sangue. A consequência da hemofilia é, portanto, uma coagulação sanguínea deficiente, o que pode levar a hemorragias.

O padrão de herança da hemofilia é o mesmo do daltonismo. Assim, os indivíduos afetados pela hemofilia geralmente são do sexo masculino e recebem da mãe o alelo que condiciona a doença.

Herança ligada ao Y

Conhecida também como herança restrita ao sexo, a herança ligada ao **Y** se refere às características determinadas por genes localizados na região diferencial do cromossomo **Y**, ou seja, a região não homóloga ao cromossomo **X**. Por essa razão, os fenótipos decorrentes dessa herança ocorrem somente em indivíduos do sexo masculino e são transmitidos exclusivamente de pai para filho.

Há poucos genes relacionados a esse tipo de herança. Um desses genes é o SRY, responsável por determinar diferenciação sexual masculina. Geralmente, os genes com herança ligada ao Y condicionam características relacionadas à constituição e ao funcionamento dos testículos.

ROTEIRO

8. Discuta se a seguinte afirmação é verdadeira: "Todos os filhos homens de uma mulher daltônica serão portadores de daltonismo, independentemente das características do pai".

8. Essa frase é verdadeira, pois os filhos homens receberão com 100% de probabilidade o cromossomo X^d da mãe e o cromossomo Y do pai. Como o daltonismo é recessivo e ligado ao cromossomo X, todos os filhos homens manifestarão o daltonismo.

Não escreva no livro.

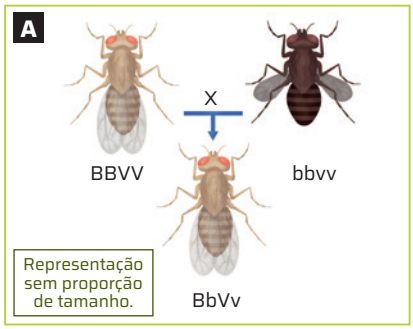
LIGAÇÃO GÊNICA

A partir de 1910, poucos anos após a redescoberta dos trabalhos de Mendel, o cientista estadunidense Thomas Morgan (1866-1945) e seus colaboradores realizaram uma série de experimentos com a mosca drosófila (*Drosophila melanogaster*) e acabaram por mostrar que a lei da segregação independente só é válida quando os genes estão localizados em cromossomos diferentes.

Em uma de suas experiências, Morgan cruzou moscas de corpo cinza e asas longas com moscas de corpo preto e asas vestigiais, ambas homozigotas (imagem **A**). Todos os descendentes em F_1 apresentavam corpo cinza e asas longas, o que mostrou que os alelos que condicionam corpo cinza (**B**) e asas longas (**V**) são dominantes sobre os alelos para corpo preto (**b**) e asas vestigiais (**v**).

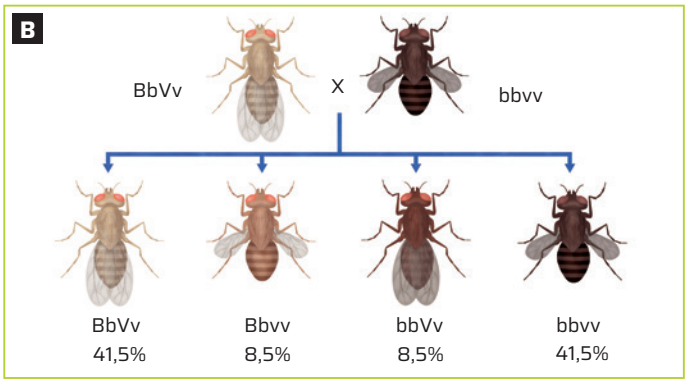
Em seguida, Morgan realizou o cruzamento entre os indivíduos de F_1, mas o resultado obtido foi diferente da proporção 9 : 3 : 3 : 1, que é aquela esperada pela segunda lei de Mendel.

Buscando entender esses resultados, Morgan fez o chamado **cruzamento-teste** com os descendentes de F_1, que é quando se cruza indivíduos heterozigotos ou de genótipo desconhecido com indivíduos homozigotos recessivos (imagem **B**). De acordo com as leis de Mendel, a proporção esperada para a geração F_2 desse cruzamento seria 1 : 1 : 1 : 1. Morgan obteve, contudo, uma proporção diferente, como mostra a imagem **B**.



Representação do cruzamento realizado por Morgan entre moscas cinza com asas longas e moscas pretas com asas vestigiais. Cores-fantasia.

Fonte de pesquisa das imagens: Reece, J. B. *et al. Campbell Biology*. 10. ed. [*S. l.*]: Pearson, 2014. p. 299.



Resultados do cruzamento-teste realizado por Morgan. Note que os fenótipos observados nos descendentes desse cruzamento não seguem a proporção esperada pela segunda lei de Mendel, de 1 : 1 : 1 : 1. Cores-fantasia.

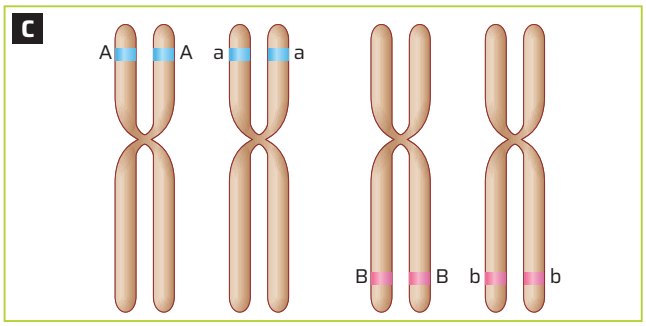
Representação sem proporção de tamanho.

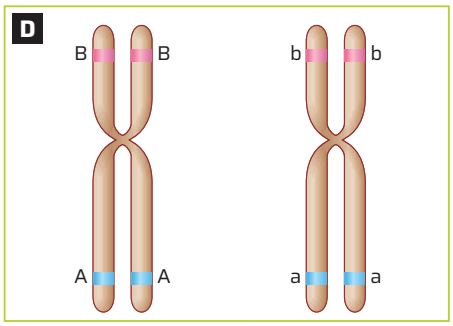
Ilustrações: Bruno Badain/ID/BR

Para explicar essa diferença, Morgan propôs que os genes *b* e *v* estivessem no mesmo cromossomo. Desse modo, esses genes tendem a se manter juntos durante a formação dos gametas, ou seja, não se distribuem de maneira independente como os genes estudados por Mendel.

Segundo a terminologia moderna, dizemos que os genes localizados em um mesmo cromossomo são **genes ligados**, ou genes em *linkage* (ligação gênica, em inglês).

Para entender melhor, vamos identificar os gametas produzidos por um indivíduo duplo-heterozigoto (**AaBb**) no caso de haver, ou não, ligação gênica. Quando os genes *a* e *b* estão situados em cromossomos diferentes (imagem **C**), os alelos se segregam de maneira independente, o que resulta em quatro tipos de gametas na proporção de 25% cada (**AB**, **Ab**, **aB** e **ab**). Quando esses genes estão ligados no mesmo cromossomo (imagem **D**), esse indivíduo **AaBb** produzirá gametas em proporções diferentes, dependendo da disposição dos alelos nos cromossomos.





Representação dos alelos dos genes *a* e *b* situados em cromossomos diferentes (**C**) e em um mesmo par de cromossomos homólogos (**D**). Cores-fantasia.

Representação sem proporção de tamanho.

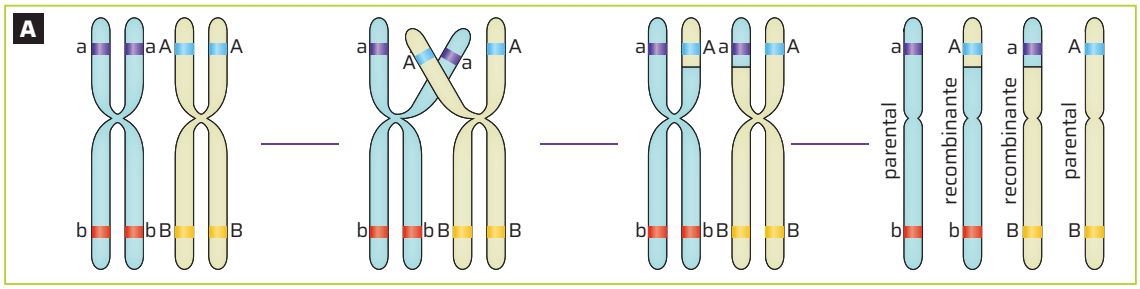
Ilustrações: Reinaldo Vignati/ID/BR

Não escreva no livro.

Ligação gênica com permutação

Antes mesmo dos trabalhos de Morgan, citologistas que estudavam a meiose observaram entrelaçamentos entre partes de cromossomos homólogos, que foram chamados **quiasmas**. Em 1909, o citologista belga Frans Janssens (1865-1924) propôs que esses quiasmas fossem um ponto onde ocorria troca de fragmentos entre os cromossomos homólogos. Esse fenômeno, que ocorre durante a prófase I da meiose, ficou conhecido como **permutação**, ou ***crossing-over***.

Morgan valeu-se dessa observação e concluiu que, quando ocorrem genes ligados em um mesmo cromossomo, nem sempre os alelos permanecem juntos após a meiose. Durante a prófase I, podem ocorrer permutações entre as cromátides, que são os filamentos dos cromossomos homólogos. Assim, fomam-se cromátides **recombinantes** (imagem **A**).



Reinaldo Vignat/D/BR

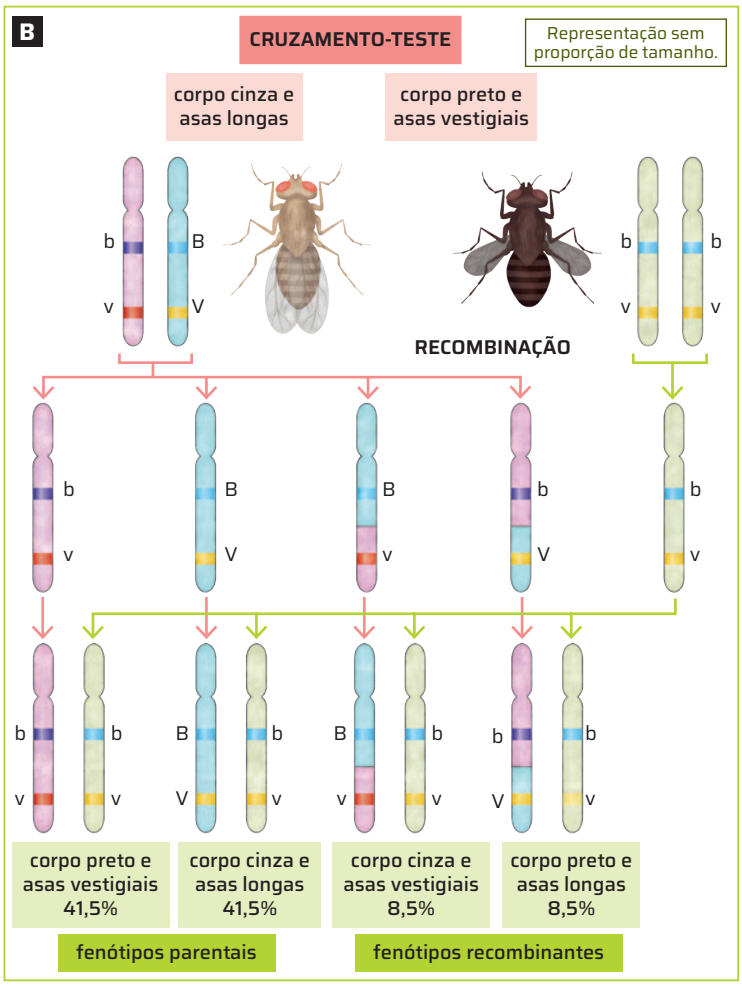
A permutação entre as cromátides de cromossomos homólogos resulta em duas cromátides idênticas às parentais e em duas cromátides recombinantes. Cores-fantasia.

A recombinação era o que faltava para Morgan explicar os resultados obtidos por sua equipe no cruzamento-teste entre drosófilas duplo-heterozigóticas (**BbVv**) e drosófilas duplo-recessivas (**bbvv**). A ligação gênica explicava por que os fenótipos parentais apareceram em maior proporção nesses cruzamentos, mas não explicava a ocorrência de fenótipos diferentes dos parentais (corpo preto/asas longas e corpo cinza/asas vestigiais). Esses fenótipos deviam-se, então, à ocorrência de permutação durante a meiose para formação dos gametas com genótipo **bV** e **Bv** (imagem **B**).

O termo **recombinação** é usado para se referir a duas situações:

- Novas combinações de alelos resultantes da permutação (*crossing-over*) na prófase I da meiose. Nesse caso, fala-se em **recombinação intracromossômica**.
- Diferentes combinações de alelos resultantes da segregação dos cromossomos na anáfase I da meiose. Nesse caso, trata-se das diferentes combinações entre alelos de genes localizados em cromossomos diferentes, ou seja, quando há segregação independente, o que é também chamado **recombinação intercromossômica**.

O tipo de recombinação pode ser detectado pela comparação dos genótipos das células antes e depois da meiose. A proporção de gametas recombinantes é que vai indicar se estes se originaram pela permutação entre genes ligados ou pela segregação independente.



Bruno Badain/D/BR

Representação das cromátides geradas por cada indivíduo no cruzamento-teste realizado por Morgan e os genótipos resultantes da combinação entre elas em F_2 para os genes *b* e *v* em ligação gênica. Cores-fantasia.

Fonte de pesquisa: Reece, J. B. *et al. Campbell Biology*. 10. ed. [*S. l.*]: Pearson, 2014. p. 301.

ALTERAÇÕES CROMOSSÔMICAS

Alterações cromossômicas podem ocorrer em diferentes momentos do ciclo celular, significando uma mudança no número ou na estrutura dos cromossomos de um indivíduo. Por envolver cromossomos inteiros ou ao menos pedaços de cromossomos, essas alterações no material genético interferem no funcionamento de vários genes ao mesmo tempo. Isso impacta diversos aspectos do fenótipo da pessoa, o que caracteriza uma síndrome.

PromKaz/Shutterstock.com/ID/BR

A poliploidia desempenha importante papel na origem e evolução de plantas silvestres e cultivadas. Muitas delas apresentam frutos, sementes, folhas ou raízes maiores quando são poliploides, como é o caso do morango que encontramos nos mercados.

Alterações cromossômicas numéricas

São aquelas que alteram o número de cromossomos normal de uma espécie. As alterações cromossômicas numéricas podem ser provocadas pela presença de um conjunto extra, completo, de cromossomos (**poliploidia**) ou pela deleção ou adição de um cromossomo (**aneuploidia**).

Poliploidias

As poliploidias são resultantes de erros durante a fecundação ou durante a meiose para a formação dos gametas. Por exemplo, um embrião triploide pode ser formado quando um óvulo é fecundado acidentalmente por dois espermatozoides ou, então, quando uma falha na meiose resulta em um gameta diploide que, ao se unir a um gameta normal (haploide), forma um zigoto triploide. A poliploidia é comum nas plantas (imagem **A**). Em seres humanos, essa alteração inviabiliza o desenvolvimento do embrião.

PARA EXPLORAR

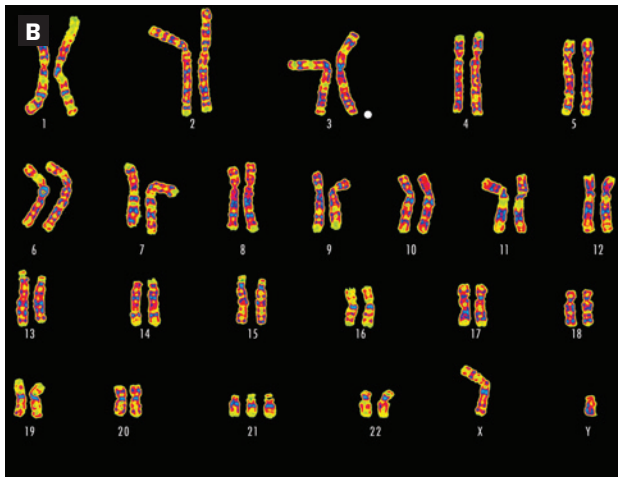
Assista

Colegas. Direção: Marcelo Galvão. Brasil, 2013 (94 min). O filme é uma divertida comédia sobre três jovens com síndrome de Down, apaixonados por cinema, que um dia decidem viajar em busca de seus sonhos.

Aneuploidias

As aneuploidias que se caracterizam pela ausência de uma das cópias são chamadas **monossomias**. As monossomias autossômicas são geralmente letais e, por isso, são pouco observadas em indivíduos nascidos vivos. Já a monossomia do cromossomo sexual **X**, que define o sexo feminino quando em homozigose, embora também reflita uma alta taxa de aborto espontâneo, é bem conhecida por provocar a síndrome de Turner (45, **XO**), que afeta apenas pessoas desse sexo, as quais geralmente apresentam baixa estatura, infertilidade e má formação cardíaca.

Look At Sciences/SPL/Fotoarena



Montagem fotográfica mostrando os cromossomos de uma pessoa com síndrome de Down vistos ao microscópio de luz. Perceba a presença de um cromossomo 21 a mais.

As aneuploidias que se caracterizam por apresentar uma cópia a mais de algum dos cromossomos são chamadas **trissomias**. As trissomias são mais frequentes que as monossomias entre os nascidos vivos, indicando que o organismo humano pode tolerar o excesso de material genético mais facilmente do que a deficiência dele.

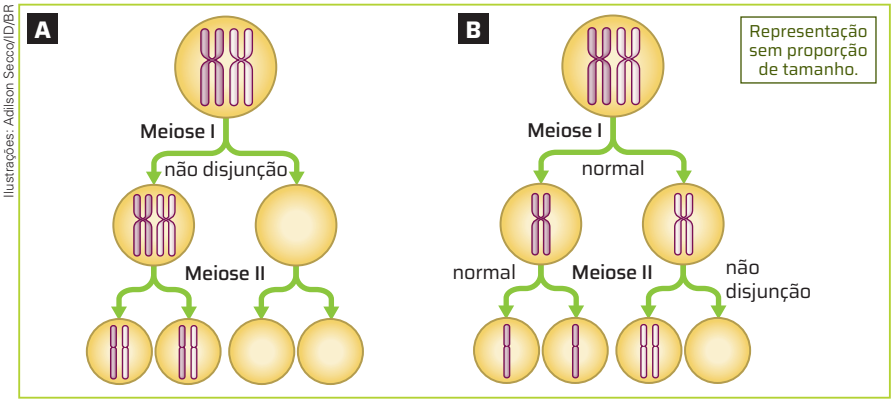
Dentre as diversas trissomias conhecidas, a **trissomia do cromossomo 21** ou **síndrome de Down** é a mais comum (imagem **B**). Embora o diagnóstico definitivo seja feito após o nascimento (pessoas com essa síndrome apresentam olhos oblíquos, orelhas pequenas e de implantação baixa, mãos curtas e largas, entre outras características), alguns exames pré-natais podem avaliar a chance de o bebê ter a síndrome. A síndrome de Down costuma causar algum grau de comprometimento intelectual, mas estímulos adequados podem ajudar pessoas com essa síndrome a se tornarem cidadãos plenamente integrados à sociedade.

Não escreva no livro.

Não disjunção

A causa mais frequente das aneuploidias é a não disjunção meiótica, uma falha da separação de um par de cromossomos durante uma das duas divisões meióticas (imagens **A** e **B**). Esses erros resultam em gametas sem cromossomos e com duas cópias de um dado cromossomo, o que, por sua vez, pode levar à formação de indivíduos com monossomia ou com trissomia, respectivamente.

Ilustrações: Adilson Secco/ID/BR

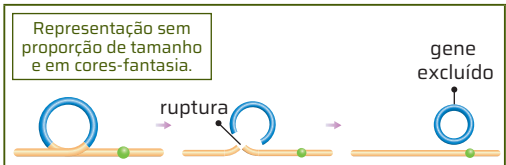


Meiose sem disjunção na etapa I (**A**) e na etapa II (**B**). Note que os gametas não afetados têm um único cromossomo de cada tipo. Cores-fantasia.

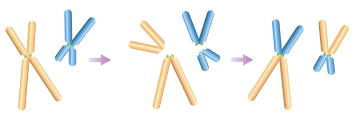
Alterações cromossômicas estruturais

São aquelas que envolvem alteração na estrutura de um ou mais cromossomos. As alterações cromossômicas estruturais ocorrem quando os cromossomos homólogos ficam desalinhados ou são quebrados durante as divisões celulares. Nessas situações, partes dos cromossomos podem ser perdidas, realocadas, duplicadas ou invertidas. Veja os esquemas a seguir.

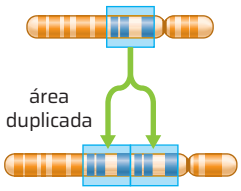
Ilustrações: Adilson Secco/ID/BR



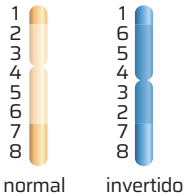
Deleção: é causada pela quebra cromossômica com consequente perda de material genético. Quando a deleção envolve a perda de múltiplos genes, ela costuma ser letal. Uma exceção é a síndrome do *cri-du-chat*, causada por uma deleção do braço curto do cromossomo 5. O nome da síndrome vem do francês "miado de gato", em referência ao choro característico da criança afetada.



Translocação recíproca: consiste na troca de material genético entre cromossomos não homólogos. Nesse caso, há uma quebra nos cromossomos, e os pedaços resultantes ligam-se a um cromossomo não homólogo que também sofreu uma quebra. Em geral, essa mutação não causa danos ao portador.



Duplicação: ocorre quando há a formação de um segmento adicional em um cromossomo. As duplicações geralmente têm consequências menos graves do que as deleções, reforçando a indicação de que o organismo humano pode ser mais tolerante ao excesso de material genético do que à deficiência dele.



Inversão: é resultante de duas quebras em um cromossomo e da reinserção desse fragmento na mesma posição, porém em ordem invertida. As inversões podem interferir na meiose, produzindo alterações cromossômicas na prole.

AÇÃO E CIDADANIA

Síndrome de Down e inclusão

No Brasil, em média, uma em cada 700 crianças nasce com síndrome de Down. Em Belo Horizonte, cerca de 5 800 pessoas têm a alteração genética. Desse total, 37,6% (cerca de 2 146) relatam já ter sofrido algum tipo de preconceito ou discriminação em relação à síndrome de Down. [...]

[...]

"A gente luta para trocar a palavra exclusão por oportunidades". A fala é de Leonardo Gontijo, fundador e presidente do Instituto Mano Down, organização social sem fins lucrativos de Belo Horizonte, que acolhe famílias de pessoas com a síndrome. Irmão de um jovem com síndrome de Down, ele explica que a condição visível no rosto fez com que, ao longo dos anos, o preconceito fosse o principal inimigo de quem convive com a síndrome. [...]

[...] [Em] 1990, a alfabetização dessas pessoas era menos de 10% e, em 2024, ainda não mudou nada. [...]. A discriminação resulta em privações de oportunidades, como acesso à educação e ao mercado de trabalho.

Na capital mineira, 42,1% das pessoas com síndrome de Down não estudam. O acesso ao emprego é ainda mais limitado, sendo que apenas 11,1% estão empregados com carteira assinada. [...]

Oliveira, R. Pessoas com síndrome de Down buscam inclusão e fim dos estereótipos em BH. *O tempo*, Contagem, 2 mar. 2024. Disponível em: https://www.otempo.com.br/cidades/pessoas-com-sindrome-de-down-buscam-inclusao-e-fim-dos-estereotipos-em-bh-1.3340820. Acesso em: 2 set. 2024.

1. Discuta com os colegas as barreiras sociais que dificultam a inclusão de pessoas com deficiência.

Veja resposta em *Respostas e comentários* no Manual do Professor.

EPIGENÉTICA

Trata-se de um campo de estudos recente que reúne pesquisadores de diversas áreas e que busca compreender a hereditariedade de características que não é explicada pela genética. O termo "epigenética" (do grego *epi*, "acima de") foi dado justamente para frisar que essa área estuda padrões de herança não relacionados à sequência de bases nitrogenadas, alvo da genética.

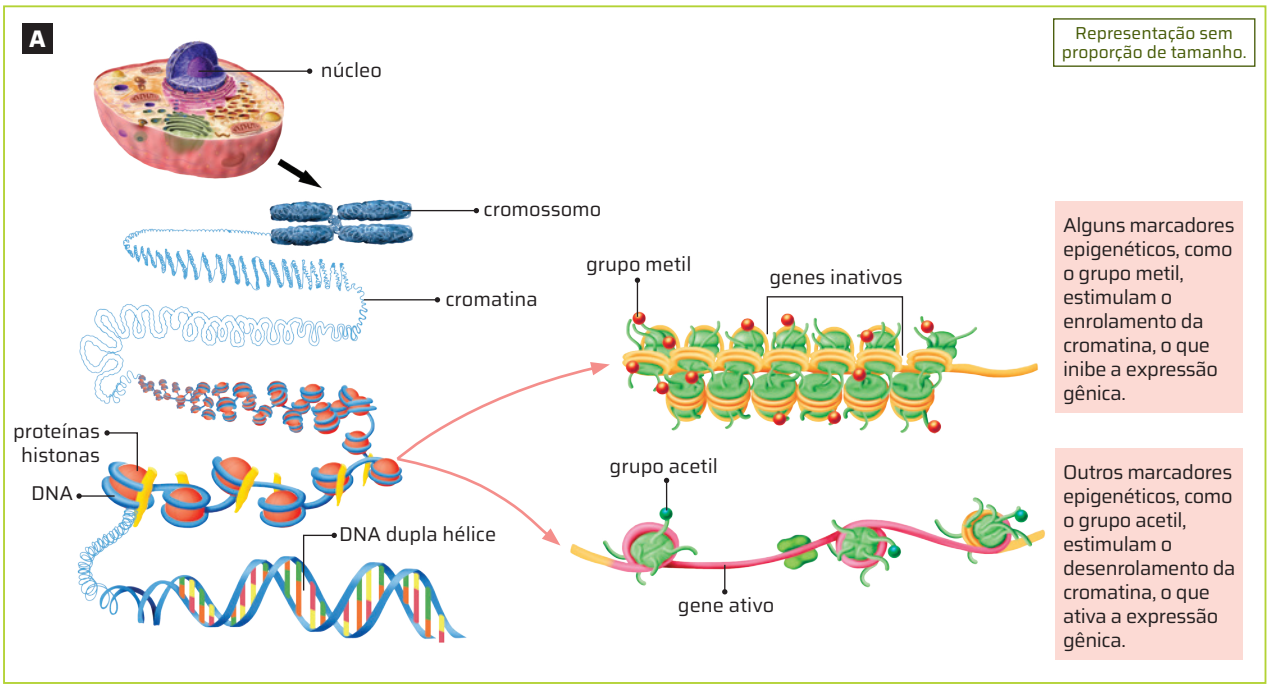
Uma das questões estudadas pela epigenética é o mecanismo de expressão gênica, ou seja, a maneira pela qual os genes são ativados ou desativados em cada célula. Sabe-se, por exemplo, que muitos genes são desativados pela adição de um grupo metil ($-CH_3$) em seu trecho de DNA, mecanismo conhecido como **metilação**. O grupo metil funciona, portanto, como um marcador epigenético que impede a expressão de um gene.

Outra questão é determinar a função dos íntrons. Atualmente, muitos pesquisadores estão tentando entender como esses trechos de DNA não codificante participam da marcação epigenética e, portanto, do controle da expressão gênica.

O estudo da influência de fatores ambientais nos processos de ativação e desativação dos genes também é do escopo da epigenética. Ao longo do desenvolvimento embrionário, alguns genes podem ser ativados durante certo tempo e, então, desativados posteriormente, quando as proteínas que ele codifica não são mais necessárias. Essa desativação, contudo, pode ser revertida sob influência de certos fatores ambientais (hábitos alimentares, tabagismo, nível de atividade física, etc.), o que faria o metabolismo da célula "voltar" ao estágio inicial do desenvolvimento embrionário. Em um indivíduo adulto, isso poderia provocar o desenvolvimento de certos tipos de tumor.

Outro processo já bem descrito que interfere na expressão gênica é o grau de compactação da fita de DNA em torno das proteínas histonas (imagem **A**). Alguns marcadores epigenéticos, como o grupo metil, estimulam o enrolamento da cromatina, o que impede certos genes de serem transcritos. Outros marcadores, a exemplo do grupo acetil, fazem o inverso, ou seja, ajudam a desenrolar a cromatina, facilitando a transcrição dos genes.

Uma importante contribuição da epigenética é o Projeto ENCODE (*The Encyclopedia of DNA Elements*), que teve início em 2003. Com o objetivo de mapear os elementos funcionais do genoma humano e compreender como eles participam dos processos de hereditariedade, esse projeto é um importante complemento ao Projeto Genoma Humano.



Vagner Coelho/ID/BR

Esquema mostrando como determinados marcadores genéticos podem alterar o grau de compactação do DNA, ativando ou desativando genes. Cores-fantasia.

Fonte de pesquisa: National Human Genome Research Institute. *Histone*. [*S. l.*], [20--]. Disponível em: https://www.genome.gov/genetics-glossary/histone. Acesso em: 2 set. 2024.

Não escreva no livro.

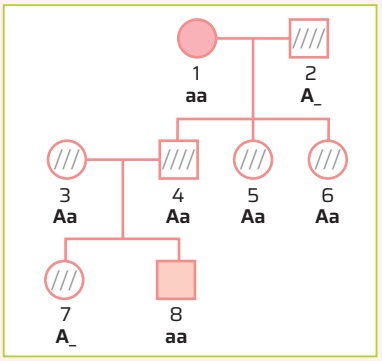
ATIVIDADES

5. A planta com genótipo **AaBB** produz dois tipos de gametas, **AB** e **aB**. Já a planta com genótipo **aabb** origina apenas um tipo de gameta, **ab**. Sendo assim, os descendentes desse cruzamento terão os genótipos **AaBb** e **aaBb**. Como a presença de cada alelo dominante acrescenta 15 cm, as plantas **AaBb** terão 130 cm de altura e as plantas **aaBb** terão 115 cm de altura.

ATIVIDADE RESOLVIDA

1 O **quadro de Punnett** é uma técnica desenvolvida pelo geneticista britânico Reginald Punnett (1875-1967) para ajudar a determinar a probabilidade de ocorrência de certos fenótipos em um dado cruzamento. Trata-se de um quadro no qual a primeira coluna e a primeira linha indicam os possíveis gametas produzidos por cada indivíduo em um dado cruzamento. O sexo masculino é representado pelo símbolo ♂, e o sexo feminino, por ♀. Os campos do meio do quadro indicam os genótipos possíveis da combinação desses gametas.

Um heredograma, por sua vez, é uma representação gráfica das relações de parentesco muito utilizada para a análise de padrões de herança genética dentro de uma família. Nele, os círculos indicam o sexo feminino, e os quadrados, o sexo masculino. Esses símbolos são ligados por traços que sinalizam graus de parentesco (casais e seus descendentes). Os símbolos preenchidos sinalizam indivíduos afetados por certa característica.



Heredograma representando dois casais (1 e 2; 3 e 4), o primeiro com três filhos (4, 5 e 6) o segundo com dois (7 e 8). Os indivíduos 1 e 8 são afetados pelo albinismo.

- Elabore o quadro de Punnett para o casal formado pelos indivíduos **3** e **4** mostrado na genealogia acima. Em seguida, determine a probabilidade de esse casal ter um filho, independentemente do sexo, afetado pelo albinismo.

Resolução

Sabendo que o casal 3-4 é formado por indivíduos heterozigotos (Aa), o quadro de Punnett ficaria da seguinte forma:

♂ \ ♀	**A**	**a**
A	AA	Aa
a	Aa	aa

Como a característica em análise é condicionada por um alelo recessivo, a probabilidade de o casal formado pelos indivíduos 3 e 4 gerar um filho afetado por albinismo é de $\frac{1}{4}$ ou 25%.

4. c) Os gametas produzidos são 50% **SV** e 50% **sV**. Ao cruzar esse indivíduo com um duplo recessivo, cujos gametas são 100% **sv**, a descendência será 50% duplo heterozigota **SsVv**, com olhos vermelhos e asas longas, e 50% **ssVv**, com olhos de cor sépia e asas longas.

2 Imagine que um casal heterozigoto para a condição albina deseje ter filhos.

a) Qual é a probabilidade de eles terem um filho albino? E um filho não albino?

b) No caso de um filho albino, é possível saber, apenas com base nos genótipos dos pais, a origem dos alelos que formam o genótipo do filho? Justifique.

3 Um geneticista colheu as sementes de uma planta de ervilha alta e com flores púrpura. Ele deseja saber se essa planta e seus descendentes correspondem a uma linhagem homozigota.

a) Que cruzamento ele poderia fazer para saber se as sementes colhidas são de linhagem homozigota?

b) Sabendo que as características "planta alta" e "flor púrpura" são dominantes, descreva o teste e os resultados esperados, representando os genes por letras de sua escolha.

4 Imagine que um geneticista tenha realizado o cruzamento entre uma drosófila com os fenótipos dominantes olhos vermelhos e asas longas, cujo genótipo é desconhecido, e uma drosófila de olhos cor sépia e asas vestigiais. Considerando que esses genes segregam-se de maneira independente, determine quais seriam os fenótipos e a proporção fenotípica dos descendentes desse cruzamento se o genótipo desconhecido for:

4. a) Os gametas produzidos são 100% **SV**. Ao cruzar esse indivíduo com um duplo recessivo, cujos gametas são 100% **sv**, a descendência será 100% duplo heterozigota **SsVv**, com olhos vermelhos e asas longas.

a) homozigoto para os dois genes;

b) homozigoto apenas para o gene da cor dos olhos;

c) homozigoto apenas para o gene do tipo de asa.

5 Suponha que a altura de uma dada espécie de planta varie entre 100 cm (alelos em homozigoze recessiva) e 160 cm (alelos em homozigoze dominante) e que essa característica seja condicionada por dois genes (**a** e **b**), que determinam o fenótipo de maneira quantitativa. Quando presentes, os alelos **A** e **B** acrescentam 15 cm cada à altura da planta. Sabendo disso, determine a altura esperada dos descendentes de um cruzamento entre uma planta com genótipo **AaBB** e uma planta com genótipo **aabb**.

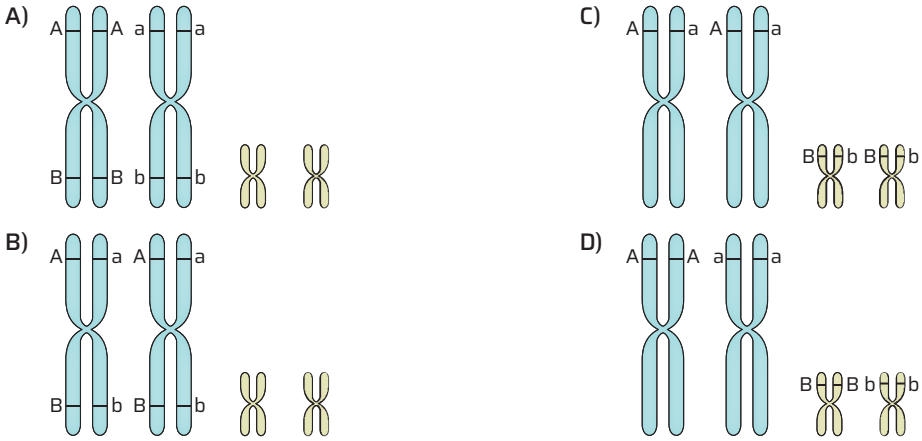
4. b) Os gametas produzidos são 50% **SV** e 50% **Sv**. Ao cruzar esse indivíduo com um duplo recessivo, cujos gametas são 100% **sv**, a descendência será 50% duplo heterozigota **SsVv**, com olhos vermelhos e asas longas, e 50% **Ssvv**, com olhos vermelhos e asas vestigiais.

2. a) Veja resposta em *Respostas e comentários* no Manual do Professor.
2. b) Não é possível, pois, para que o filho seja albino, ele precisa receber um alelo recessivo *a* da mãe e um alelo recessivo *a* do pai. No entanto, apenas pelos genótipos não é possível saber qual dos alelos veio do pai e qual veio da mãe.
3. a) O cruzamento que resolve o problema é o cruzamento com uma planta de linhagem pura recessiva.
3. b) A planta de linhagem pura recessiva, de genótipo conhecido (**aabb**), produz 100% de gametas **ab**. Se entre os descendentes houver plantas com ao menos uma característica recessiva, significa que suas sementes não vão gerar populações de linhagem pura, pois também darão origem a gametas **aB** ou **Ab**. Se após vários cruzamentos todas as plantas resultantes forem altas com flores púrpura, muito provavelmente todos os gametas produzidos serão **AB**; Portanto, as sementes vão gerar uma população de linhagem pura.

Não escreva no livro.

6. b) A representação D. Nesse caso, quatro tipos diferentes de gametas são formados: AB, Ab, aB e ab.
6. c) Na representação A. Nesse caso, apenas dois tipos diferentes de gametas são formados: AB e ab.
6. d) O indivíduo duplo recessivo só formará gametas com o arranjo gênico ab. O indivíduo com a célula A formaria os gametas: AB e ab, e o cruzamento entre os dois resultaria nos possíveis genótipos: AaBb e aabb. O indivíduo com a célula D formaria os gametas AB, Ab, aB e ab, e o cruzamento entre os dois resultaria nos possíveis genótipos: AaBb, aabb, Aabb, aaBb.

6 **As figuras abaixo representam quatro células com a mesma quantidade de cromossomos (2n = 4) e dois pares de alelos (genes A e B). Analise-as para responder às questões a seguir.**



Ilustrações: Reinaldo Vignati/ID/BR

a) Duas das representações apresentam erros conceituais. Identifique as células e explique o erro cometido. As representações **B** e **C** estão conceitualmente incorretas, pois colocam alelos diferentes no mesmo cromossomo duplicado.

b) Uma das situações representa uma célula em que os genes A e B seriam segregados de maneira independente na formação de gametas. Indique qual é esta célula e quais seriam os arranjos gênicos possíveis nos gametas formados após a meiose.

c) Um dos casos da figura representa uma célula em que os genes A e B não seriam segregados independentemente na formação de gametas. Indique qual é esta célula e quais seriam os arranjos gênicos possíveis nos gametas formados após uma meiose sem ocorrência de *crossing-over*.

d) Supondo que os indivíduos portadores dos genótipos correspondentes aos itens A e D acima fossem cruzados com um indivíduo duplo recessivo, quais os genótipos resultantes na primeira geração em cada caso, sem admitir a ocorrência de *crossing-over*?

7. a) Um casal fenotipicamente normal para hemofilia e para fibrose cística apresenta, obrigatoriamente, um alelo dominante para cada uma das características (X^A e F). Como dentre seus filhos um homem apresenta as duas enfermidades, isto é, possui o genótipo X^aYff, o genótipo da mãe é X^AX^aFf e o do pai é X^AYFf.

7 **Sabe-se que a hemofilia é uma doença genética recessiva ligada ao cromossomo X e que produz defeitos na coagulação sanguínea. A fibrose cística, que gera secreções anormais nas glândulas exócrinas, também é uma doença genética recessiva, cujo gene, porém, está ligado a um autossomo. Um casal fenotipicamente normal para ambas as características tem vários filhos, dos quais um filho homem apresenta as duas enfermidades. Com base nessas informações, responda às questões a seguir.**

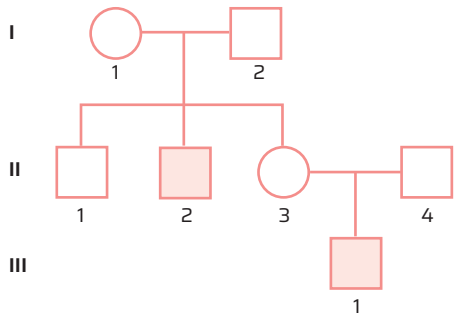
a) Quais são os genótipos do casal?

b) Qual é a proporção esperada de filhos hemofílicos que não sofram da fibrose cística?

c) Alguma filha desse casal poderia ser hemofílica?

8 **No heredograma abaixo, os indivíduos em destaque são afetados por uma doença determinada por um alelo recessivo ligado ao cromossomo X. No caderno, indique os genótipos de todas as pessoas dessa família.** I-1: X^AX^a e I-2: X^AY; II-1: X^AY, II-2: X^aY, II-3: X^AX^a, II-4: X^AY; III-1: X^aY.

7. b) Considerando apenas os alelos relacionados à hemofilia, a chance de esse casal ter um filho hemofílico é de $\frac{1}{4}$ (**X^AX^a** x **X^AY**, originando os genótipos **X^AX^A**, **X^AY**, **X^AX^a** e **X^aY** em F1). Já, considerando apenas os alelos relacionados à fibrose cística, a probabilidade de o casal ter um filho que não sofra desta doença é $\frac{3}{4}$ (**Ff x Ff**, originando os genótipos **FF**, **Ff**, **Ff** e **ff** em F1). Portanto, a probabilidade de nascer um filho hemofílico e sem fibrose cística é de $\frac{3}{16}$ $\left(\frac{1}{4} \times \frac{3}{4}\right)$.



7. c) Não. A hemofilia é uma doença recessiva ligada ao cromossomo X, e para serem hemofílicas, as filhas precisariam herdar um alelo recessivo de origem materna e um de origem paterna. Como o pai não é hemofílico, o seu único cromossomo X carrega um alelo dominante.

9 **Na espécie humana, o daltonismo verde-vermelho é uma condição decorrente de um alelo recessivo ligado ao cromossomo X. Igor é daltônico e está interessado em saber qual é a probabilidade de ter um filho com a mesma condição. Ele está casado com Tina, cuja mãe é daltônica. Qual é a probabilidade de esse casal ter um filho, independentemente do sexo, com daltonismo?**
A probabilidade de o casal de genótipo X^dY **x** X^DX^d ter filhos daltônicos é de: 50% das filhas (X^dX^d) e 50% dos filhos homens (X^dY).

10 **De que forma os marcadores epigenéticos controlam a expressão gênica?**
Marcadores epigenéticos, como o grupo metil, estimulam o enrolamento da cromatina, impedindo que certos genes sejam transcritos; já o grupo acetil estimula o desenrolamento da cromatina, facilitando a transcrição dos genes.

Não escreva no livro.

BIOTECNOLOGIA

1. Utilize essa questão para levantar as concepções prévias dos estudantes sobre clonagem.

2. Respostas pessoais.

3. Sim. São exemplos os microrganismos a partir dos quais se produzem hormônios humanos (por exemplo, a insulina e o hormônio do crescimento) e vacinas recombinantes.

O USO DA NATUREZA

Desde seus primórdios, mas especialmente com o início da ciência moderna, no século XVI, a humanidade tem avançado os limites da natureza, passando a assumir o controle de alguns processos naturais. Assim foi, por exemplo, com a seleção de plantas e de animais para a produção de alimentos, com o desenvolvimento de tecnologias para tratar infecções, com o aconselhamento genético de casais para a prevenção de doenças hereditárias nos filhos e com outras tecnologias que mudaram nossa história e as condições da vida na Terra.

Nas últimas décadas, os limites do controle humano sobre a natureza foram estendidos ainda mais pelo uso de novas biotecnologias, com intenções diversas: diminuir as taxas de doenças infecciosas, reduzir o uso de combustíveis fósseis e a emissão de gases de efeito estufa, aumentar a produção agrícola, diminuir o uso de agroquímicos e de outros insumos, aumentar as propriedades nutricionais de alimentos, entre outras.

As expectativas e os investimentos financeiros nesse campo são muito grandes e promissores, mas diversas questões éticas acompanham o desenvolvimento biotecnológico. Você verá algumas delas neste capítulo.

PARA COMEÇAR

1. O que é clonagem?
2. Você conhece ou já consumiu alimentos com vegetais transgênicos em sua composição? Quais?
3. Existem seres vivos de outras espécies que receberam DNA humano? Comente.

Montagem automatizada de placa de sequenciamento de DNA. Cada placa apresenta 96 poços; em cada um desses poços é adicionado um fragmento do DNA a ser sequenciado.

DavidBGray/iStock/Getty Images

Não escreva no livro.

O QUE É BIOTECNOLOGIA?

Muha04/iStock/Getty Images

Pintura rupestre da região de Tassili N'Ajjer, na Argélia, feita entre 6 mil e 4 mil anos atrás. Observe a presença do gado bovino e do cão doméstico.

A **biotecnologia** é um ramo das ciências biológicas que envolve o uso de seres vivos e de processos biológicos realizados por eles para o desenvolvimento de tecnologias ou de produtos tecnológicos, isto é, para uma aplicação prática e, em certos casos, economicamente rentável.

Embora tenham ocorrido grandes avanços da biotecnologia nas últimas décadas, esse ramo de atividades humanas é milenar. A escolha de plantas e de animais silvestres que poderiam servir de fontes de alimento e o desenvolvimento de técnicas para seu cultivo ou criação constituem formas de biotecnologia, que tiveram início há cerca de 15 mil anos em várias culturas humanas (imagem **A**).

Além de possibilitar o acesso contínuo a fontes de alimento, a seleção dos cultivos gerou plantas com maior produtividade do que as silvestres, assim como a domesticação de animais proporcionou maior produção de carne, leite, ovos e lã. A domesticação do porco, que teria ocorrido na região da atual Turquia há cerca de 10 mil anos, levou à criação de uma espécie (*Sus scrofa domesticus*) de temperamento dócil e com muito mais carne do que seus parentes selvagens (imagens **B** e **C**).

Torruzzio/Shutterstock.com/ID/BR

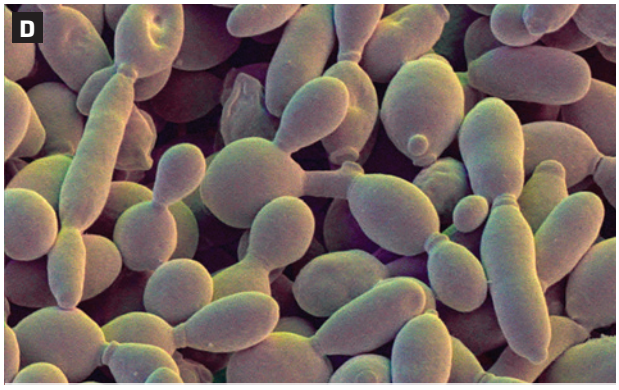
Acceptfoto/iStock/Getty Images

A domesticação dos javalis (*Sus scrofa*), animais retratados na imagem **B**, ocorreu em diversas partes do mundo, entre 13 mil e 8 mil anos atrás, e deu origem ao porco doméstico (*Sus scrofa domesticus*), retratado na imagem **C**.

DE OLHO NO CONCEITO

Esporos: Em bactérias, esporos são formas de resistência que preservam o material celular em condições inóspitas.

A identificação de plantas com propriedades terapêuticas é uma forma de biotecnologia também antiga, datando de milhares de anos atrás. Além disso, existem registros muito antigos de produção de pão e de cerveja, produtos que só puderam ser criados com o uso de biotecnologias. O processo de fermentação do amido, presente no trigo de que é feita a massa do pão, é realizado pela levedura *Saccharomyces cerevisiae* (imagem **D**), resultando na produção de gás carbônico, que faz o pão crescer, e de álcool, que é evaporado durante o cozimento.



David Scharf/SPL/Fotoarena

Leveduras da espécie *Saccharomyces cerevisiae*. Foto ao microscópio eletrônico de varredura; imagem colorizada; aumento de cerca de 2 900 vezes.

Contudo, os potenciais usos negativos da biotecnologia têm gerado, e ainda geram, preocupações. No século XX, por exemplo, houve pesquisas sobre o uso militar de alguns microrganismos causadores de doenças, realizadas por vários países durante a Segunda Guerra Mundial (1939-1945).

Em 2001, um incidente de bioterrorismo doméstico ocorreu nos Estados Unidos, com o envio de correspondências contaminadas com esporos do *Bacillus anthracis* para jornalistas e políticos. Esse microrganismo causa o antraz, uma doença grave que pode ser adquirida pelo contato dos esporos com a pele ferida ou por sua inalação, além da ingestão de água ou comida contaminada. Vinte e duas pessoas foram contaminadas, havendo cinco mortes.

Não escreva no livro.

BIOLOGIA E HISTÓRIA

A DOMESTICAÇÃO DAS PLANTAS

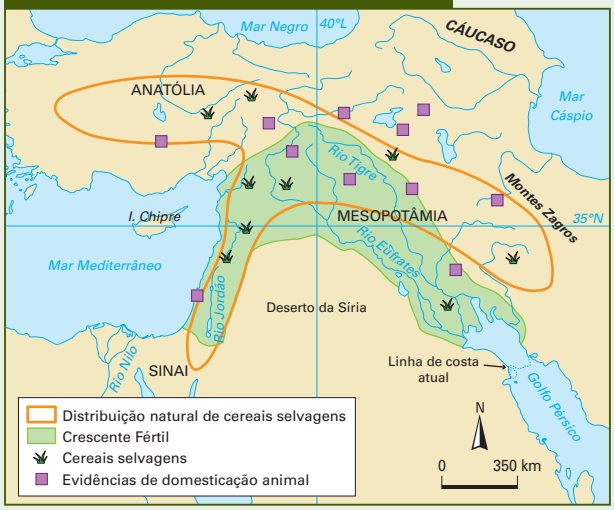
A Revolução Neolítica, também conhecida como Revolução Agrícola, teve início há cerca de 12 mil anos e coincidiu com o final da Era Glacial e o início do período geológico conhecido como Holoceno. A principal característica dessa revolução foi a transição no modo de vida dos seres humanos, que deixaram de ser caçadores-coletores e, portanto, nômades, e passaram a cultivar a própria comida, tornando-se sedentários. Essa mudança de modo de vida dos seres humanos alterou para sempre a forma como nos alimentamos, interagimos e vivemos, abrindo caminho para a civilização moderna.

Há 23 mil anos, os seres humanos já coletavam plantas e suas sementes e, cerca de 11 mil anos atrás, começaram a plantar cereais. Em seguida, passaram a cultivar alimentos mais proteicos, como lentilhas e ervilhas.

Conforme esses primeiros fazendeiros foram se aperfeiçoando no cultivo de plantas, a produção de alimentos começou a exceder o consumo. Esse excedente favoreceu tanto o crescimento da população, que agora tinha uma fonte mais segura de alimentos, como demandou um modo de vida mais sedentário, que permitia armazenar as sementes e cuidar das plantações.

Porém, o cultivo de alimentos só foi possível porque os povos antigos descobriram formas de selecionar indivíduos mais produtivos, mais resistentes às pragas, mais práticos de cultivar e mais saborosos. Nesse período, essa seleção artificial era feita por meio do replantio de frutos e sementes dos indivíduos selecionados, ou seja, já havia uma forma de manipulação genética das espécies.

CRESCENTE FÉRTIL E DESENVOLVIMENTO DA AGRICULTURA – 12000 A.C A 10000 A.C.

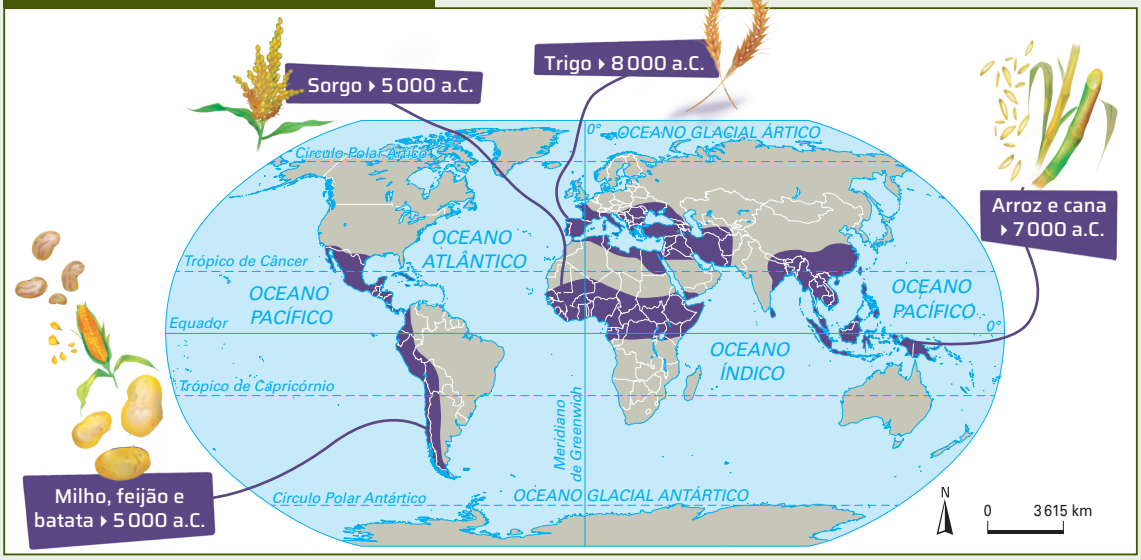


João Miguel A. Moreira/ID/BR

A agricultura teve início na região do Oriente Médio conhecida como Crescente Fértil, onde diversos grupos desenvolveram essa prática de forma independente.

Fonte de pesquisa: Mark, J. J. Crescente fértil. Tradução: Eric Azevedo. *World History Encyclopedia*, 28 mar. 2018. Disponível em: https://www.worldhistory.org/trans/pt/1-17/crescente-fertil/. Acesso em: 23 set. 2024.

DOMESTICAÇÃO DE PLANTAS NO MUNDO



Mapa: João Miguel A. Moreira/ID/BR
Ilustrações: Fabio Eugenio/ID/BR

Esquema mostrando a origem da domesticação de diferentes alimentos. As comunidades ao redor do mundo foram acumulando, de forma independente, conhecimentos sobre como cultivar diferentes espécies.
A projeção apresenta distorções na área e na forma principalmente ao se distanciar da linha do Equador.

Fonte de pesquisa: Gomes, L.; Maia, G. Domesticação das plantas. *Nexo*, 30 dez. 2020. Disponível em: https://www.nexojornal.com.br/grafico/2020/12/30/a-historia-ilustrada-de-um-saber-domesticacao-das-plantas. Acesso em: 23 set. 2024.

Não escreva no livro.

Daniel Sambraus/SPL/Fotoarena

Espiga de teosinte (*Zea mays*). Planta originária do México, que deu origem ao milho atual.

Zeljko Radojko/Shutterstock.com/ID/BR

O milho moderno (*Zea mays*) apresenta espiga maior, mais grãos, o sabugo e a palha que protege os grãos dos predadores.

Após sucessivas seleções, os cultivos acumulavam modificações que os tornavam muito diferentes de sua forma selvagem. Um exemplo desse processo de seleção é o milho.

O teosinte, a forma ancestral do milho, é uma gramínea nativa da região do rio Balsas, no sul do México. Sua espiga possui somente uma fileira com poucos grãos, que se soltam facilmente, e uma casca praticamente intransponível (imagem **A**).

A domesticação do teosinte teve início há cerca de 9 mil anos. De lá para cá ocorreram diversas mudanças, como o surgimento do sabugo e da palha que envolve a espiga e protege os grãos de aves e de insetos, o aumento do número de fileiras de grãos e do tamanho dos grãos, entre outras (imagem **B**). Essas modificações foram consideradas benéficas para os agricultores, porém, para a planta, não houve vantagem, pois o milho se tornou uma espécie totalmente dependente dos seres humanos. Se o teosinte é capaz de dispersar suas sementes diretamente no solo, no milho moderno a espiga cai inteira, com os grãos grudados no sabugo; a palha impede o contato da semente com o solo, e geralmente a espiga apodrece por completo antes de germinar uma nova planta.

E como o milho teria chegado ao Brasil? Evidências genéticas indicam que o milho que chegou ao Brasil no período pré-colombiano ainda não estava totalmente domesticado. Os povos indígenas do oeste da Amazônia tinham uma boa estrutura para a domesticação de plantas e uma grande experiência no manejo e na seleção de uma variedade de espécies, como o feijão, a abóbora e a mandioca. Uma segunda leva de milho vinda do México teria chegado ao Brasil há cerca de mil anos, geneticamente diferente e adaptada ao consumo, e passou a ser plantada no norte da Amazônia. O encontro das duas variedades de milho, a domesticada no Brasil e a vinda do México, deve ter ocorrido no norte de Minas Gerais. Quando os portugueses chegaram ao Brasil, o milho já fazia parte da alimentação dos indígenas havia pelo menos mil anos.

A reconstrução dessa história da domesticação do milho na América do Sul foi feita com base no sequenciamento do DNA de amostras de milho encontradas em sítios arqueológicos em Minas Gerais e no Peru e de amostras armazenadas nos laboratórios da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa).

1. A revolução do Neolítico foi o processo de sedentarização das populações humanas pré-históricas. É considerada a revolução da agricultura, pois, com o fim das sociedades coletoras e caçadoras, os seres humanos começaram a cultivar plantas e a domesticar animais, tornando-se agricultores. É nessa época que tem início a agricultura em diferentes partes do mundo.

Conecte as ideias

1 **O que foi a Revolução Neolítica? Por que ela é chamada também de Revolução Agrícola?**

2 **O processo de domesticação de plantas pode ser considerado um exemplo de biotecnologia? Explique.**

3 **Qual é o papel dos povos indígenas brasileiros na domesticação do milho? Cite outros alimentos domesticados por esses povos.** Os indígenas brasileiros da região da Amazônia foram responsáveis por domesticar a variedade de milho vinda do México. Além do milho, eles domesticaram o feijão, a abóbora e a mandioca.

4 **A análise genômica que possibilitou reconstruir a história da domesticação do milho na América do Sul, foi feita com base no sequenciamento do DNA de amostras de milho encontradas em sítios arqueológicos em Minas Gerais e no Peru, e amostras armazenadas nos laboratórios da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa).**

- Pesquise na internet ou em livros de referência como funciona a tecnologia de sequenciamento de DNA e escreva um texto explicando o processo.
Espera-se que os estudantes descrevam que o processo de sequenciamento de DNA é um método para identificar a sequência de nucleotídeos de fragmentos da molécula de DNA.

2. Sim. Os seres humanos selecionavam indivíduos com características interessantes do ponto de vista da alimentação, do cultivo, da resistência a pragas e a predadores; uma vez selecionadas, essas características eram replicadas por meio do replantio de sementes e de frutos, modificando permanentemente as características dessas espécies.

Não escreva no livro.

PRODUÇÃO DE VACINAS

Vacinas são produtos sintéticos que estimulam o sistema imunitário a produzir defesas contra um agente invasor, como vírus e bactérias.

As primeiras vacinas foram desenvolvidas há mais de duzentos anos. Desde então, as tecnologias utilizadas para seu desenvolvimento passaram por várias modificações e aprimoramentos.

O médico britânico Edward Jenner (1749-1823) observou, no século XVIII, que pessoas infectadas pela chamada varíola bovina (uma doença virótica que causa bolhas na pele do gado e na pele humana) eram imunes à varíola humana (também causada por vírus e que provoca bolhas na pele).

Jenner inoculou o conteúdo de uma bolha da mão de uma ordenhadeira com varíola bovina em uma criança saudável, que apresentou sintomas leves e se recuperou após alguns dias. Então, Jenner expôs a criança a material contaminado com varíola humana e ela não manifestou a doença. A hipótese de Jenner, que se mostrou correta, é que a exposição a uma doença menos grave protege contra formas mais graves de doenças similares.

A inativação, ou morte, dos agentes causadores de doença, mantendo sua característica de criar imunidade, foi observada pela primeira vez no século XIX. A inativação pode ser feita por calor ou pelo uso de substâncias químicas, por exemplo. A vacina contra a gripe, em geral, é feita com vírus inativados.

Trabalhos científicos mostraram que a passagem de vírus em culturas de células leva à sua atenuação. Isso é feito infectando-se uma cultura de células com o vírus causador da doença. Com a multiplicação dos vírus nessa cultura, variedades que se desenvolvem melhor, frequentemente, perdem ou sofrem modificação nos genes que os fazem causar doenças. A vacina oral contra a poliomielite é um exemplo de vacina feita de microrganismos atenuados dessa maneira.

A cápsula de polissacarídios de bactérias se mostrou capaz de estimular o sistema imunitário humano, responsável pela produção de células e moléculas de defesa. Combinações de polissacarídios da cápsula de várias linhagens de microrganismos podem ser utilizadas em vacinas conjugadas.

Esses preparados com polissacarídios levam ao aparecimento de **anticorpos**, moléculas que inativam substâncias presentes nos agentes invasores do organismo (**antígenos**), evitando, assim, a doença em encontros posteriores com esses agentes. Isso foi feito em vacinas contra bactérias dos tipos meningococos e pneumococos, por exemplo. A vacina acelular contra a coqueluche é assim chamada porque, em sua produção, não se utiliza toda a célula da bactéria *Bordetella pertussis*, mas algumas proteínas nela presentes, mantendo a capacidade de produzir imunidade e causando menos reação febril que outros tipos de vacina.

Células de leveduras geneticamente modificadas passam a produzir partículas virais durante a produção da vacina contra o papiloma vírus humano (HPV). Esse é um exemplo de **vacina recombinante**, isto é, que utilizou em sua produção organismos cujo material genético apresenta fragmentos de DNA de outras espécies.

PRODUÇÃO DE ANTIBIÓTICOS

Antibióticos são medicamentos utilizados para combater infecções causadas por bactérias.

Os primeiros registros de antibióticos surgiram no século XX. Em 1928, o médico inglês Alexander Fleming (1881-1955) observou, em placas com meio de cultura nas quais cultivava bactérias do gênero *Staphylococcus*, o desenvolvimento de colônias de fungos. Curiosamente, na periferia dessas colônias não havia multiplicação das bactérias. Fleming continuou a investigar essa ação do fungo, depois identificado como sendo do gênero *Penicillium* (imagem **A**), e descobriu que ele agia contra outras bactérias causadoras de doenças, como estreptococos, meningococos e a bactéria causadora da difteria.

Rattiya Thongdumhyu/Shutterstock.com/ID/BR

Colônias de fungos *Penicillium* crescendo em meio de cultura.

Naquele momento, Fleming propôs o uso desse fungo para criar materiais livres de bactérias. Nos anos seguintes, outros pesquisadores tentaram isolar a penicilina e produzi-la em larga escala para uso como antibiótico. Durante a Segunda Guerra Mundial, os trabalhos com a penicilina na Europa ficaram comprometidos e a pesquisa continuou nos Estados Unidos, até que, em 1945, quando sua estrutura química foi desvendada, ela se tornou disponível nas farmácias.

Bactérias do grupo dos actinomicetos são uma grande fonte de substâncias com propriedades antibacterianas. Elas ocorrem naturalmente na água, no solo e dentro de seres vivos. O gênero *Streptomyces* é responsável por 80% dos antibióticos em uso atualmente. Antifúngicos, antivirais, antitumorais e anti-hipertensivos também são produzidos por essas bactérias.

ROTEIRO

1. Discuta com os colegas se o protocolo seguido por Edward Jenner na produção da vacina contra varíola seria eticamente aceitável na atualidade.

1. Resposta pessoal. Atualmente seria considerado eticamente inaceitável testar um medicamento mediante a exposição proposital de uma criança (ou um indivíduo de qualquer idade) a uma doença, ainda mais à varíola, que é doença grave.

Não escreva no livro.

TECNOLOGIA DO DNA RECOMBINANTE

A **tecnologia do DNA recombinante** consiste na manipulação e na combinação de DNA de fontes diferentes. Essa tecnologia tem ampla aplicação, podendo ser utilizada para estudar mecanismos de expressão genética, na determinação da sequência de bases de um gene ou no desenvolvimento de culturas de microrganismos capazes de produzir substâncias de interesse humano.

Em 1973, após estudos de várias equipes de pesquisadores, foi criada a primeira bactéria com DNA recombinante, que se replicou, produzindo muitas cópias da molécula recombinante.

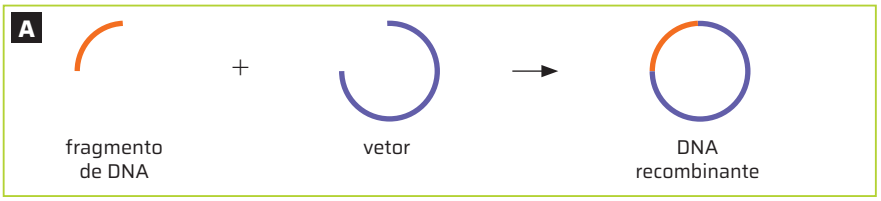
Microrganismos com DNA recombinante são utilizados, por exemplo, na produção de insulina, de hormônio do crescimento, de vacinas e de enzimas de uso industrial.

As principais técnicas para a produção de DNA recombinante são a clonagem de fragmentos de DNA e o uso de enzimas de restrição.

Clonagem de fragmentos de DNA

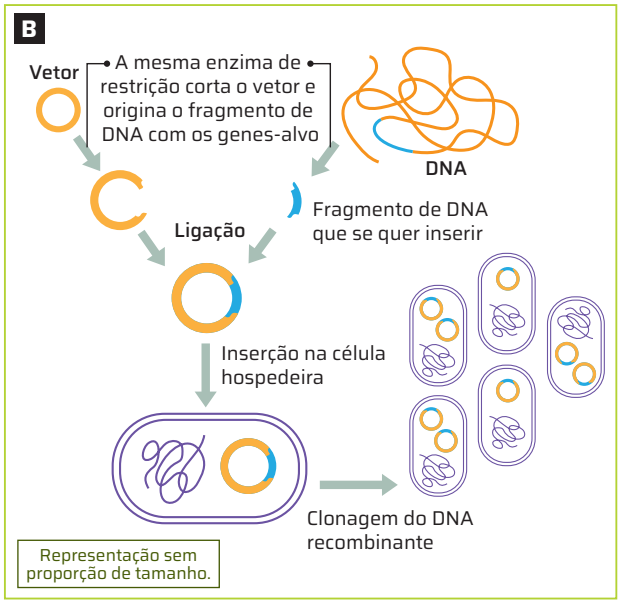
A **clonagem de fragmentos de DNA** consiste no isolamento e na replicação de fragmentos idênticos de DNA. Para isso, o fragmento é incorporado a outra molécula de DNA, chamada **vetor**, formando, então, o DNA recombinante (imagem **A**).

Representação sem proporção de tamanho.



ID/BR

Um fragmento de DNA de uma fonte é ligado a um fragmento de DNA de outra fonte, chamada vetor, dando origem ao DNA recombinante. Cores-fantasia.



Bruno Badain/ID/BR

O DNA recombinante é formado pelo uso de enzimas de restrição e pela clonagem mediante a multiplicação das células modificadas. Cores-fantasia.

Fonte de pesquisa: Stryjewska A. *et al*. Biotechnology and genetic engineering in the new drug development. Part I. DNA technology and recombinant proteins. *Pharmacological Reports*, [*s. l.*], v. 65, n. 5, p. 1075-1085, set. 2013. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/259627978_Biotechnology_and_genetic_engineering_in_the_new_drug_development_Part_I_DNA_technology_and_recombinant_proteins. Acesso em: 5 set. 2024.

clivar: separar, cortar, fragmentar.

bacteriófago: vírus que infecta bactérias.

Os vetores mais comumente utilizados são plasmídeos (moléculas de DNA circular presentes em bactérias) ou o DNA de vírus e de leveduras. Os fragmentos de DNA podem ter origem em seres vivos ou ser sintéticos e podem ser bem curtos ou longos.

Depois de formado o DNA recombinante, ele é introduzido em uma célula hospedeira, que sofre muitos ciclos de divisão celular, produzindo milhares de cópias do DNA recombinante.

Enzimas de restrição

Mas qual é a origem do fragmento de DNA incorporado ao vetor? E como o vetor é cortado de modo a receber o fragmento de DNA? Isso é feito pelo uso de **enzimas de restrição**.

Encontradas em bactérias, as enzimas de restrição são proteínas que reconhecem uma sequência específica de bases de uma molécula de DNA, chamada de sítio de restrição, e **clivam** a molécula naquela sequência específica, ou próximo a ela. As enzimas de restrição fazem parte de um sistema de defesa das bactérias contra **bacteriófagos**. Esse sistema de defesa é composto de duas enzimas: uma adiciona grupos metil ($-CH_3$) ao DNA bacteriano, protegendo-o da autoclivagem; a outra reconhece as sequências não metiladas do DNA dos bacteriófagos, clivando-as.

O fragmento de DNA a ser incorporado ao vetor e o vetor são clivados pela mesma enzima de restrição; assim, as extremidades de ambas as moléculas de DNA tornam-se complementares, permitindo a ligação entre elas (imagem **B**).

Não escreva no livro.

Transgênicos

Um organismo que teve seu DNA alterado pela tecnologia do DNA recombinante é chamado **organismo geneticamente modificado** (OGM). Se o material genético inserido vier de outra espécie, o OGM é chamado **transgênico**.

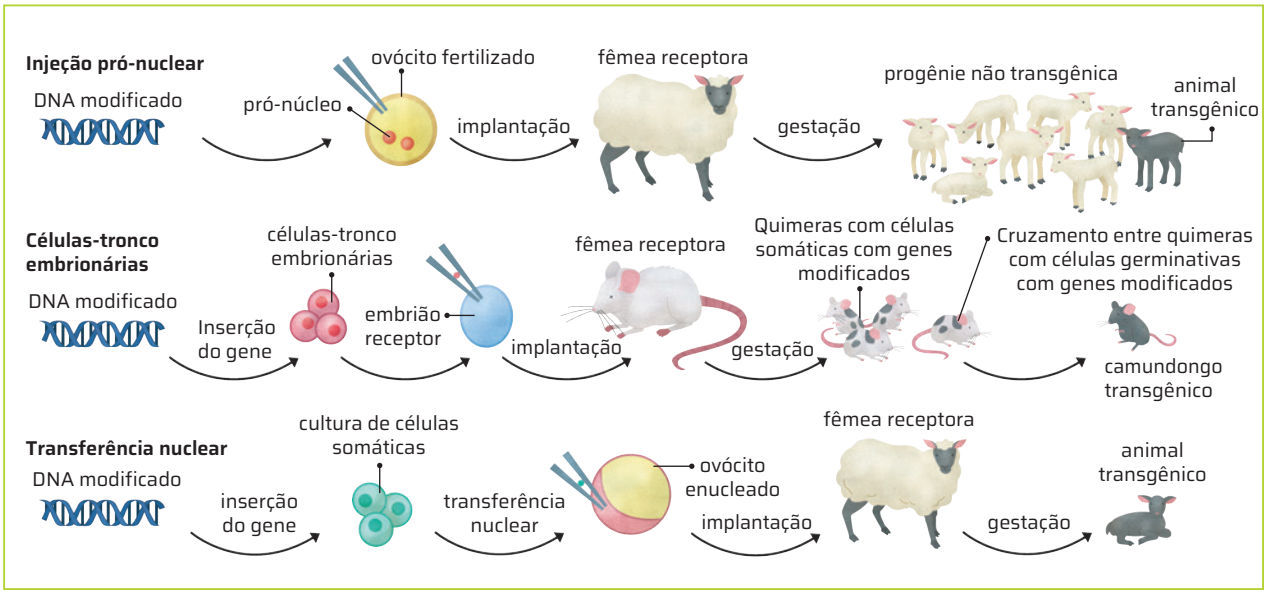
Legislação sobre transgênicos

A produção de transgênicos ocorre para diversas finalidades. Na pesquisa científica, eles podem ser utilizados para o estudo de um gene ou na pesquisa sobre doenças humanas. Na área de transplantes, são desenvolvidos animais transgênicos cujos órgãos não causariam rejeição quando transplantados em seres humanos. Para possíveis usos biomédicos, existem, por exemplo, indústrias de criação e venda de camundongos transgênicos.

Na indústria, busca-se a produção de animais transgênicos de grande porte que produzam proteínas de interesse. Já existe, por exemplo, uma linhagem de cabras transgênicas que produzem no leite a proteína da teia de aranha, material muito resistente, leve e flexível. Os possíveis usos desse material seriam militares (na produção de coletes à prova de balas) e médicos (na produção de fios de sutura), por exemplo.

Na pecuária, já há vacas transgênicas que produzem mais leite do que os animais não manipulados geneticamente, ou leite com menos lactose ou colesterol, porcos e gado com mais carne e ovelhas com mais lã. Além disso, busca-se o desenvolvimento de linhagens de animais resistentes a doenças que provocam grandes prejuízos aos criadores.

As tecnologias de produção de animais transgênicos são apresentadas na imagem a seguir.



Bruno Badair/ID/BR

Processos de produção de animais transgênicos. Cores-fantasia.

Representação sem proporção de tamanho.

Fonte de pesquisa: Clark, J.; Whitelaw, B. A future for transgenic livestock. *Nature Reviews*, [*s. l.*], v. 4, p. 825-833, out. 2003. Disponível em: https://www.nature.com/articles/nrg1183.pdf. Acesso em: 5 set. 2024.

AÇÃO E CIDADANIA

2. Resposta variável. Os estudantes devem reconhecer, primeiramente, a importância da rotulagem para que os consumidores possam exercer o direito de escolha consciente no momento de optar pelos alimentos que vão consumir, que pode estar atrelada a princípios de precaução em relação à saúde do consumidor e à qualidade ambiental.

Rotulagem de produtos contendo transgênicos

Uma discussão frequente relacionada ao consumo de produtos alimentícios é a necessidade de se colocar, nos rótulos desses produtos, um aviso da eventual presença de transgênicos.

No Brasil, o Decreto n. 4680, de 24 de abril de 2003, determina que produtos contendo mais de 1% de organismos geneticamente modificados em sua matéria-prima apresentem, em sua embalagem, um símbolo indicando essa presença.

Eva Gattuso/Shutterstock.com/ID/BR

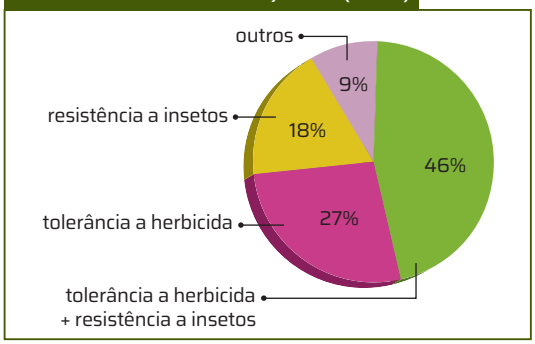
1. Procure, em sua casa, embalagens de alimentos e verifique se elas apresentam o símbolo que representa a presença de organismos geneticamente modificados.

2. Reúna-se com mais três colegas. Discutam a importância, para o consumidor, da sinalização da presença de transgênicos em produtos alimentícios. Compartilhem com a turma o resultado da discussão.

1. Resposta pessoal. Estimule os estudantes a trazer algumas embalagens de alimentos que identifiquem a presença de organismos geneticamente modificados para compartilhar com os colegas. Eles devem identificar os produtos e procurar agrupá-los.

CARACTERÍSTICAS INSERIDAS EM PLANTAS TRANSGÊNICAS, EM % (2022)

ID/BR



Fonte de pesquisa: CropLife Brasil. Descubra quais são as plantas transgênicas aprovadas no Brasil. [*S. l.*], 11 out. 2022. Disponível em: https://croplifebrasil.org/noticias/aprovacoes-plantas-transgenicas-e-eventos-transgenicos/. Acesso em: 5 set. 2024.

Uso de transgênicos na agricultura

Na agricultura, os transgênicos visam aumentar a produtividade, a resistência a pragas e a intempéries climáticas, a durabilidade dos frutos e alterar as propriedades nutricionais do vegetal cultivado. Um exemplo desse último uso é o arroz dourado, um arroz que foi modificado para produzir uma provitamina A, o betacaroteno.

No Brasil, as primeiras sementes de soja transgênica chegaram ilegalmente, na década de 1990. A autorização para o plantio de transgênicos veio em 2005. Em 2019, 98% da soja cultivada era transgênica, assim como 89% do milho e 99% do algodão cultivado.

Um problema ligado ao cultivo de alimentos transgênicos é que as empresas que dominam o setor baseiam seus negócios na venda de pacotes: com as sementes transgênicas, são vendidos adubos e agrotóxicos. Estes últimos são aplicados para matar ervas daninhas – as plantas transgênicas são resistentes a esses agrotóxicos.

Entretanto, o surgimento de ervas daninhas resistentes aos herbicidas tem levado os agricultores a utilizar também outros agrotóxicos não incluídos nos pacotes, o que aumenta o custo da produção e expõe os consumidores à maior possibilidade de contaminação dos alimentos pelos herbicidas. Além disso, o uso intensivo de agrotóxicos tem tido efeito negativo sobre a população de várias espécies de insetos, como na mortalidade de abelhas, necessárias para a polinização de diversas plantas de interesse agrícola.

Outro problema associado ao cultivo de transgênicos é a contaminação de plantas não transgênicas. No caso do milho transgênico, o pólen pode ser levado pelo vento a uma distância de cerca de 100 metros da plantação, contaminando milharais vizinhos não transgênicos.

ROTEIRO

2. Discuta com os colegas a controvérsia relacionada ao uso de transgênicos na agricultura, apresentando argumentos favoráveis e contrários a esse uso.

2. Resposta pessoal. A produção transgênica se propõe mais barata e maior do que a produção não transgênica, o que poderia tornar os alimentos mais acessíveis à parcela da população que vive em insegurança alimentar. Por outro lado, o mercado é controlado por poucas empresas multinacionais que comercializam sementes combinadas a adubos e praguicidas. A contaminação de plantações vizinhas com pólen transgênico também é uma preocupação. Além disso, a ocupação de áreas de vegetação nativa por latifúndios monocultores de grãos para exportação é um grave problema ambiental vinculado ao uso de transgênicos, assim como a morte de insetos, entre eles os polinizadores.

BIOLOGIA E MATEMÁTICA

Sementes transgênicas reduzem a biodiversidade, aponta estudo da Unicamp

Quando o assunto é agricultura transgênica, um dos principais perigos apontados por especialistas é a redução da diversidade de sementes. Por meio do vento, da chuva, pássaros e insetos, o pólen de plantas transgênicas é levado para lavouras convencionais. Nesse processo de contaminação, as sementes convencionais, também conhecidas como crioulas, vão desaparecer.

[...]

[Um] estudo do Instituto de Matemática, Estatística e Computação Científica (Imeecc) da Unicamp vem reforçar os argumentos dos riscos à biodiversidade pela contaminação das lavouras pelos transgênicos. "Com o tempo, a coexistência desses dois tipos de lavouras deve levar à queda na produtividade de ambas. Porém, a redução será bem maior na variante natural", afirma o matemático e professor da Universidade Federal de Alagoas (Ufal) Rinaldo Vieira da Silva Júnior, autor do trabalho para seu doutoramento.

[...] [Ele] desenvolveu os modelos matemáticos – conjunto de equações articuladas com *softwares* computacionais – que utilizaram informações disponíveis em bancos de dados de instituições e na literatura científica para chegar a tal conclusão.

1. Modelos matemáticos são importantes ferramentas na orientação de estudos em diversas áreas, incluindo a Biologia, visto que funcionam como simplificadores da realidade, permitindo que cenários sejam projetados e analisados e contribuindo com elementos para a predição de fenômenos e a tomada de decisões.

[...]

Conforme a professora da Universidade Federal de Pernambuco e orientadora do trabalho, Solange da Fonseca Rutz, um diferencial é a utilização [...] [de] um método de modelagem matemática da dinâmica de ecossistemas [...].

"Em vez de trabalhar com dados estatísticos, como outros modelos matemáticos largamente utilizados, utilizamos também variantes que podem alterá-los. Com isso é possível estimar, entre outras coisas, alterações determinadas por circunstâncias ambientais", explica Solange.

[...]

Oliveira, C. de. Sementes transgênicas reduzem a biodiversidade, aponta estudo da Unicamp. *Brasil de Fato*, [*s. l.*], 25 abr. 2016. Disponível em: https://www.brasildefato.com.br/2016/04/25/sementes-transgenicas-reduzem-a-biodiversidade-aponta-estudo-da-unicamp. Acesso em: 5 set. 2024.

1. Discuta com os colegas a importância do desenvolvimento de modelos matemáticos para simular os impactos das sementes transgênicas no meio ambiente.

Não escreva no livro.

Terapia gênica

A **terapia gênica** é um tratamento que consiste na introdução de genes sadios nas células de uma pessoa por meio de técnicas de DNA recombinante, com o objetivo de se corrigir um gene defeituoso causador de uma doença.

Entre as possibilidades da terapia gênica está o tratamento de doenças associadas a genes recessivos, como a fibrose cística, a hemofilia e a anemia falciforme, de doenças genéticas adquiridas, como o câncer, e de infecções virais, como a aids.

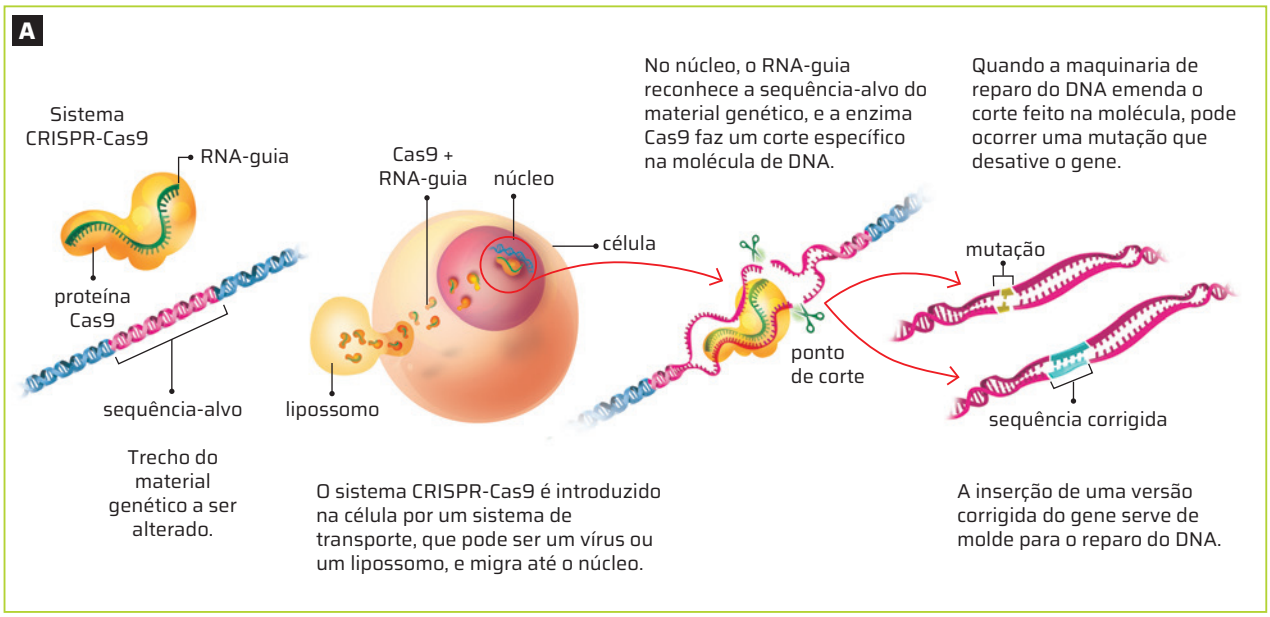
A técnica mais amplamente utilizada envolve a inserção, no organismo do paciente, de um gene sadio por meio de um vetor, mais comumente um vírus. Os vírus são considerados bons vetores por sua eficiência em inserir seu material genético em células. Para a produção dos vetores virais, o DNA viral, já modificado e portador do gene desejado, é introduzido em células. Dentro das células, o DNA viral é replicado. Uma etapa de purificação remove eventuais contaminantes e, depois, são obtidos trilhões de partículas virais com o gene terapêutico.

Além da modificação de genes de células somáticas, pode ser feita a modificação em células germinativas – ovócitos e espermatozoides. Nesse caso, a modificação será hereditária. No Brasil, a Lei de Biossegurança, aprovada em 2005, proibe a manipulação genética de células germinativas humanas.

Edição genética via CRISPR/Cas9

O sistema CRISPR/Cas9 é a técnica mais precisa para edição genética que existe atualmente. Essa técnica consiste em cortar o DNA em regiões específicas, o que permite seu uso nas mais diversas áreas da biotecnologia, desde o melhoramento genético de plantas até o tratamento de doenças genéticas.

CRISPR é a sigla em inglês para "conjunto de repetições palindrômicas curtas regularmente espaçadas", que são regiões do genoma de bactérias caracterizadas pela presença de sequências curtas e repetidas de DNA. Essas sequências fazem parte do sistema de defesa dessas bactérias. Quando um vírus infecta essas bactérias, pedaços do DNA viral são inseridos entre essas sequências repetidas, formando uma espécie de memória da infecção. Quando uma nova infecção ocorre, as bactérias produzem enzimas, como a Cas9, que reconhecem as sequências do genoma viral e cortam esse DNA (imagem **A**).



Fabio Eugenio/ID/BR

Esquema do mecanismo de edição genética utilizando sistema CRISPR/Cas9. Cores-fantasia.

Representação sem proporção de tamanho.

Fonte de pesquisa: Zorzetto, R. A tesoura dos genes. Revista *Pesquisa Fapesp*, São Paulo, n. 288, fev. 2020. Disponível em: https://revistapesquisa.fapesp.br/a-tesoura-dos-genes/. Acesso em: 5 set. 2024.

Miho Ikeya/The Yomiuri Shimbun/AFP

Em 2020, a bioquímica estadudindense Jennifer Doudna e a microbiologista francesa Emmanuelle Charpentier venceram o prêmio Nobel pelo desenvolvimento da técnica de edição de genes conhecida por CRISPR/Cas9.

Diferentemente das enzimas de restrição, que cortam o DNA em regiões com uma determinada sequência de nucleotídeos, é possível direcionar a ação das proteínas Cas para qualquer região de interesse do genoma, utilizando uma sequência de RNA, chamada de RNA-guia. Assim, é possível reparar ou modificar genes específicos.

Por ser relativamente barata e acessível, a técnica se tornou amplamente utilizada; em poucos anos desde a sua descoberta (imagem **A**) e a publicação dos primeiros trabalhos, surgiram estudos mostrando ser possível corrigir genes defeituosos em embriões humanos e iniciaram-se tratamentos experimentais em pessoas, o que gerou um debate ético sobre seu uso em seres humanos.

Apesar dos debates éticos, a técnica já mostrou resultados, e em 2023 a agência regulatória do Reino Unido foi a primeira do mundo a aprovar uma terapia genética usando a técnica de CRISPR/Cas9 para o tratamento de duas doenças genéticas sanguíneas: a anemia falciforme e a beta talassemia, ambas causadas por erros no gene da hemoglobina.

CIÊNCIA SE DISCUTE

Controvérsias da edição genética

As tecnologias de edição genética estão sendo desenvolvidas mais rapidamente do que é possível gerenciá-las? Com esse questionamento no horizonte, desde 2015 geneticistas, biólogos, bioeticistas e juristas têm se mobilizado para defender uma regulamentação global para o uso de ferramentas como a Crispr, que utiliza proteínas para cortar o DNA e promover alterações em pontos específicos de genes. Além disso, chamam a atenção para a necessidade do estabelecimento de mecanismos de governança que garantam equidade de acesso dos cidadãos a avanços científicos que podem, por exemplo, curar doenças raras, entre elas atrofia muscular espinhal (AME) que, em suas formas mais graves, leva bebês a óbito nos dois primeiros anos de vida.

[...]

Os debates bioéticos em torno da Crispr ganharam fôlego em 2018, quando o biofísico chinês He Jiankui, da Universidade de Ciência e Tecnologia do Sul em Shenzhen, editou embriões saudáveis de gêmeas para torná-las imunes ao vírus HIV [...]. O evento causou apreensão na comunidade científica em relação aos limites de intervenção no genoma de futuras gerações. [...]

Na esteira desse processo, a Organização Mundial da Saúde (OMS) publicou, em 2021, documentos que fornecem as primeiras recomendações para orientar pesquisas com a edição do genoma humano. [...] Ficou estabelecido que técnicas de edição do genoma humano devem funcionar como ferramentas para fomentar o desenvolvimento da saúde pública e terapias para doenças genéticas para as quais não há tratamento. [...]

Queiroz, C. Controvérsias da edição genética. Revista *Pesquisa Fapesp*, São Paulo, n. 321, nov. 2022. Disponível em: https://revistapesquisa.fapesp.br/controversias-da-edicao-genetica/. Acesso em: 5 set. 2024.

1. Pesquise o que é bioética e discuta com os colegas a importância dessa área de estudo para regulamentar as novas descobertas científicas.

1. A bioética é uma área de estudo interdisciplinar em que são abordados valores morais e éticos relacionados a pesquisas, decisões, condutas e procedimentos da Biologia e da medicina que envolvem o direito à vida. Sendo assim, essa ciência tem a função de delimitar as ações de cientistas no desenvolvimento de estudos e pesquisas, para que riscos, erros e más condutas sejam evitados, priorizando sempre a preservação da vida e do bem-estar.

PARA EXPLORAR

Assista

A edição do DNA via CRISPR/Cas9

Essa animação, publicada pelo canal Genoma USP em 2021, explica como foi descoberto e como funciona o sistema CRISPR/Cas9. Duração: 3 min e 36 s.

Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=OiMBonOFVaM. Acesso em: 5 set. 2024.

Não escreva no livro.

SEQUENCIAMENTO DE DNA

O **sequenciamento de DNA** é a identificação da sequência de nucleotídeos nas fitas de DNA de um ser vivo. Como os nucleotídeos diferem entre si pela base nitrogenada que faz parte de suas estruturas, o sequenciamento de DNA identifica a sequência de bases nitrogenadas.

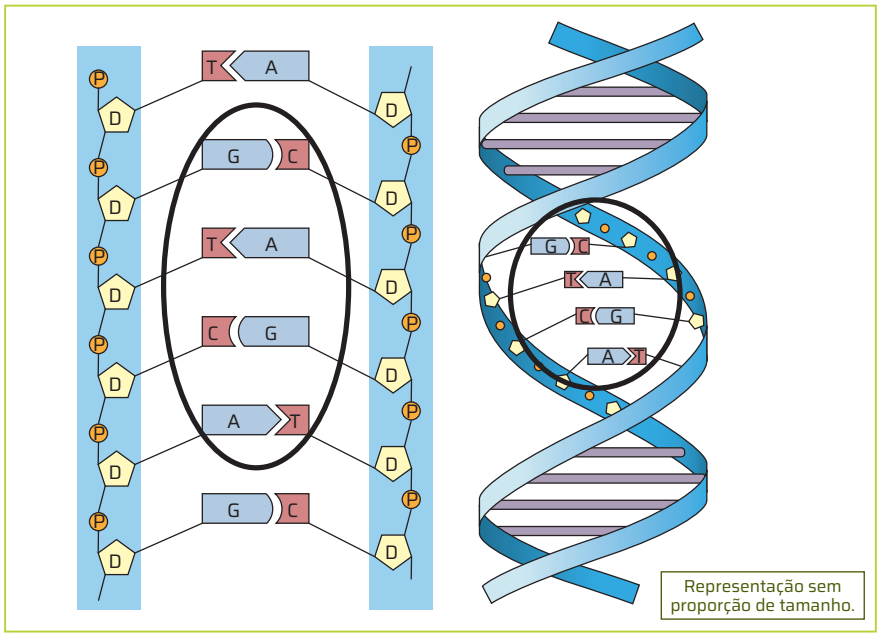
O DNA humano contém cerca de 3 bilhões de pares de bases nitrogenadas. O maior esforço de sequenciamento de DNA já realizado foi o Projeto Genoma Humano (PGH), desenvolvido por uma equipe internacional, que começou o mapeamento em outubro de 1990 e o finalizou em abril de 2003.

O mapeamento completo do genoma humano permitiu conhecer:

- a sequência de todas as bases nitrogenadas de nosso DNA (imagem a seguir);
- a localização de genes em cromossomos;
- os mapas de ligação, que mostram a ordem e as distâncias relativas de genes, o que permite prever quais genes são transmitidos juntos.

O sequenciamento do DNA tem muitos usos, tais como:

- conhecer o tipo de informação genética codificada por cada segmento do DNA. Por exemplo, a sequência pode ser utilizada para determinar qual segmento de DNA contém genes e qual contém instruções regulatórias, ligando e desligando genes;
- identificar genes e suas funções;
- comparar grandes trechos de DNA, de um milhão de bases ou mais, permitindo conhecer o papel do genoma na suscetibilidade a doenças e na resposta a fatores ambientais;
- comparar sequências de DNA de diferentes tipos de seres vivos, a fim de investigar as relações evolutivas entre eles e a biologia do desenvolvimento.



Bruno Badain/ID/BR

A identificação da sequência de bases nitrogenadas da molécula de DNA constitui o sequenciamento de DNA. Cores-fantasia.

Fonte de pesquisa: Alberts, B. *et al*. *Fundamentos da biologia celular*. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2011. p. 173.

Sequenciamento genético e o desenvolvimento de vacinas

O sequenciamento genético de um vírus permite entender a sua estrutura e a sua história. A vigilância genômica de vírus que causam doenças, por exemplo, possibilita detectar por onde ele passa no âmbito local e global, identificar variantes, desenvolver e atualizar vacinas e testes de detecção mais ágeis e eficazes, e, assim, formular políticas públicas de saúde.

O sequenciamento do vírus que causa a covid-19, por exemplo, permitiu entender a importância da proteína S (*spike*) para o Sars-CoV-2 infectar células humanas. Essa proteína foi então utilizada no desenvolvimento de vacinas. Um exemplo são as vacinas de RNA mensageiro que estimulam a produção da proteína S pelas células. O contato com essas proteínas faz com que o sistema imunológico humano ative suas defesas e produza anticorpos contra ela.

ROTEIRO

3. Elabore um parágrafo descrevendo uma possível utilidade do sequenciamento de DNA que não tenha sido indicada no texto desta página.

3. Resposta variável. Os estudantes podem citar: monitoramento de ambientes para a detecção de microrganismos contaminantes; rastreamento da presença de agentes biológicos contaminantes em cadeias produtivas; análise do microbioma intestinal a partir de amostra de fezes; entre outras.

CLONAGEM

Endless Travel/Alamy/Fotoarena

A ovelha Dolly foi o primeiro clone de mamífero produzido a partir de uma célula somática. Ela nasceu em 1996 e morreu em 2003. Foi taxidermizada e está exposta no Museu Nacional da Escócia, em Edimburgo. Foto de 2023.

A **clonagem** é um conjunto de processos utilizados para produzir cópias geneticamente idênticas de um ser vivo ou de parte dele. Atualmente, já foram clonados vários tipos de material biológico, incluindo genes, tecidos e organismos, como mamíferos (imagem **A**).

Na natureza, bactérias e plantas são exemplos de seres vivos que produzem cópias genéticas mediante o processo de **reprodução assexuada**. Os gêmeos idênticos, originados do mesmo zigoto, também carregam cópias idênticas de DNA.

Por meio de processos biotecnológicos, existem três tipos de clonagem: de genes, reprodutiva e terapêutica.

Clonagem de genes

Na **clonagem de genes**, são produzidas cópias de genes ou segmentos de DNA. A clonagem de genes é feita mediante técnicas de DNA recombinante, em que o trecho de DNA a ser clonado é inserido em um vetor e este é submetido a condições de laboratório favoráveis à sua multiplicação.

Clonagem reprodutiva

A **clonagem reprodutiva** utiliza uma célula somática (por exemplo, da pele) do animal que se deseja clonar. O DNA dessa célula é inserido em um ovócito que teve o próprio núcleo retirado. A inserção do DNA no ovócito pode ser feita com uma agulha ou utilizando uma corrente elétrica para fundir toda a célula somática com o ovócito do qual se retirou o núcleo.

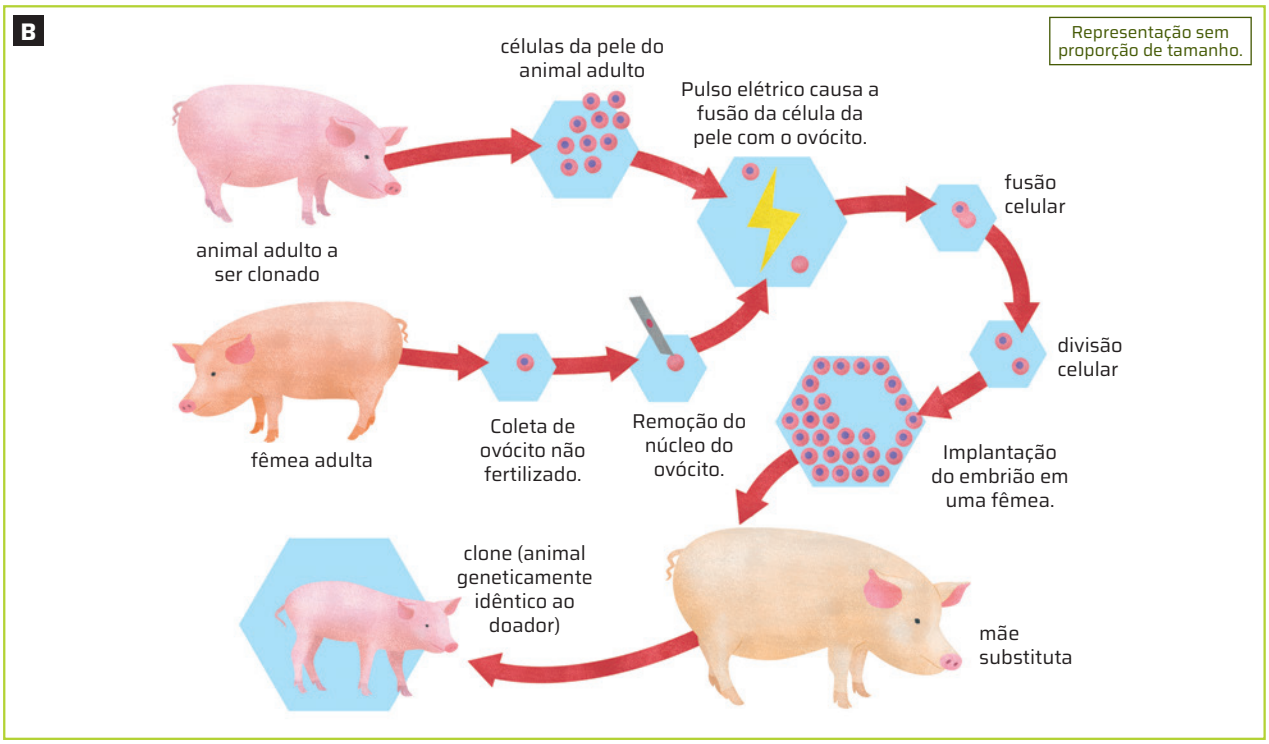
Em ambos os processos, o embrião se desenvolve em laboratório até um estágio inicial e, depois, é implantado no útero de uma mãe substituta. O filhote que nascer será geneticamente idêntico ao animal que doou o DNA da célula somática.

Observe, na imagem **B**, como ocorre um dos processos de clonagem reprodutiva.

DE OLHO NO CONCEITO

Reprodução assexuada

Modalidade de reprodução que não envolve troca de material genético.



Bruno Badain/ID/BR

Clonagem reprodutiva com uso de corrente elétrica para fusão celular. Cores-fantasia.

Fonte de pesquisa: National Human Genome Research Institute. Cloning fact sheet. [*S. l.*], [20--]. Disponível em: https://www.genome.gov/about-genomics/fact-sheets/Cloning-Fact-Sheet. Acesso em: 5 set. 2024.

Não escreva no livro.

Na produção de clones de mamíferos, são necessárias várias tentativas para o nascimento de um organismo viável. No caso da ovelha Dolly, o primeiro clone de mamífero produzido a partir de uma célula somática de um organismo adulto, foram necessárias 276 tentativas antes de seu nascimento. Além dessa dificuldade, têm sido observados, nos animais clonados, problemas em órgãos, como o fígado, o cérebro e o coração, e o envelhecimento precoce.

Outra forma de clonagem reprodutiva é a divisão de embriões. Essa forma de clonagem começa com a fertilização *in vitro*. Quando o embrião se encontra no estágio de quatro células, elas podem ser separadas e, assim, dar origem a quatro embriões.

A clonagem reprodutiva humana é proibida por acordos internacionais e pela legislação de vários países, entre eles o Brasil.

Os animais clonados podem ter usos médicos ou na pecuária. Muitos são submetidos à realização de testes de medicamentos e de outras estratégias de tratamento, pois a resposta deles aos testes seria uniforme, ou seja, sem a variedade associada a diferentes genótipos. Na pecuária, animais de alto desempenho (grande produção de leite, de carne ou de lã, por exemplo) podem ser clonados visando a uma maior produtividade.

Clonagem terapêutica

A **clonagem terapêutica** é a criação de um embrião clonado com o propósito de produzir células-tronco com o mesmo DNA da célula doadora. As células-tronco embrionárias têm o potencial de se diferenciar em qualquer tipo de célula adulta e são encontradas em embriões de 4 e 5 dias, formados por cerca de 150 células. Elas superam em muito a capacidade de diferenciação das células-tronco adultas.

ROTEIRO

4. Elabore, no caderno, um esquema para representar o processo de clonagem reprodutiva por divisão de embriões. Para isso, faça uma pesquisa em *sites* de instituições públicas de pesquisa e ensino.

Resposta variável. Se for viável, peça aos estudantes que, antes de começarem os esquemas, apresentem para a turma as fontes de informação que pretendem usar. Esse momento pode proporcionar uma discussão sobre a qualidade e a confiabilidade das informações científicas que encontramos na internet.

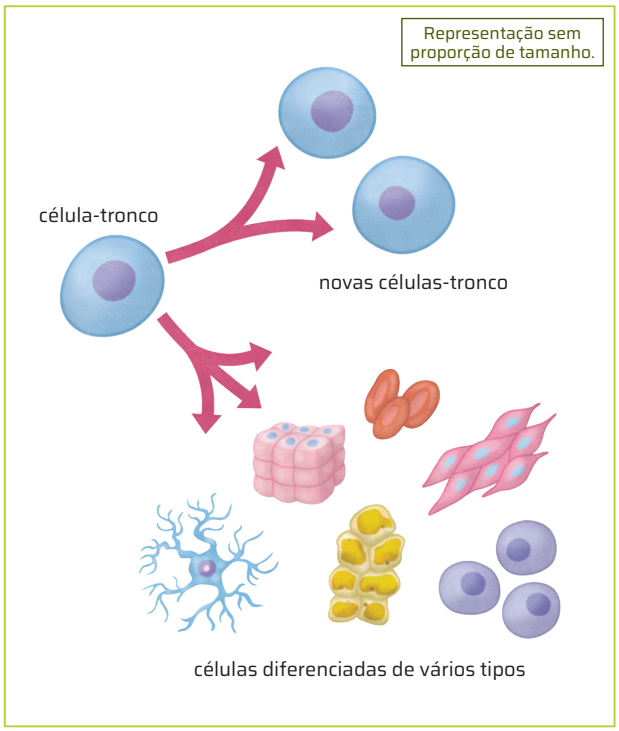
CÉLULAS-TRONCO

Células-tronco são células indiferenciadas, ou seja, capazes de originar diferentes tipos celulares em um processo conhecido por **diferenciação celular**. O termo "célula-tronco" engloba três tipos celulares: células-tronco embrionárias, células-tronco adultas e células-tronco induzidas.

As **células-tronco embrionárias** estão presentes no embrião humano com 4 e 5 dias e constituem entre 10% e 15% do total de células do embrião. Elas têm a capacidade de se transformar em todos os tipos celulares e, por isso, são chamadas pluripotentes.

As **células-tronco adultas** existem nos vários tecidos do corpo, nos quais repõem as células mortas, danificadas ou perdidas. Elas têm uma capacidade mais limitada de originar tipos celulares diferenciados e, por isso, são chamadas "multipotentes". Entre as células multipotentes dos diferentes tecidos, algumas podem se diferenciar em mais tipos celulares, enquanto outras são bem limitadas nessa capacidade.

As **células-tronco induzidas** são células diferenciadas que voltam a ser pluripotentes. As primeiras células-tronco induzidas foram produzidas a partir de células da pele em um processo chamado de **reprogramação celular**. Nesse processo, é usado um vírus como vetor de quatro genes específicos, que são inseridos no DNA e reprogramam o funcionamento celular. As células tornam-se, então, pluripotentes.



Bruno Badain/ID/BR

As propriedades de autorrenovação e de originar células diferenciadas caracterizam as células-tronco. Cores-fantasia.

Emiridikut/Shutterstock.com/ID/BR

Cientista trabalhando em laboratório que realiza pesquisas com células-tronco.

Terapia com células-tronco

O uso terapêutico das células-tronco se baseia na ideia de substituição de células doentes por células saudáveis. Em teoria, isso é possível, tratando-se de qualquer tipo celular. Isso já é feito há cerca de quarenta anos com o transplante de medula óssea, em que as células-tronco da linhagem sanguínea são utilizadas no tratamento de doenças como leucemias e linfomas. Desde 1980, células-tronco da pele têm sido utilizadas no tratamento de queimaduras graves, e há também o tratamento com células-tronco para lesões na córnea. Já há um resultado experimental promissor de uso de células-tronco da medula óssea transformadas em células do músculo cardíaco.

No Brasil, a Lei de Biossegurança, de 2005, regulamenta a realização de pesquisas com células-tronco embrionárias, estabelecendo algumas restrições. Só podem ser utilizados embriões gerados para inseminação artificial que estejam congelados há pelo menos três anos, e o uso deve ser consentido pelos genitores, sendo vetada a clonagem terapêutica.

Espera-se, a partir de estudos que ainda estão em estágio inicial, que elas possam ser utilizadas no tratamento de doenças como diabetes, doença de Parkinson, Alzheimer, lesões na medula espinal, infarto, doenças da retina, lúpus, artrite reumatoide, entre outras.

BIOTECNOLOGIA E ÉTICA

As possibilidades de intervenção humana em seres vivos, com impacto em toda a biosfera e para as futuras gerações, nunca foram tão amplas. Essas conquistas da biotecnologia têm o potencial de trazer muitos benefícios, mas também envolvem riscos de problemas relacionados à saúde, à sociedade e aos ecossistemas naturais e que são objeto de discussões éticas.

Um aspecto central da ética relacionada às biotecnologias é que os pacientes devem ter a saúde e a vida protegidas durante tratamentos experimentais. Para isso, além de um procedimento rigoroso no planejamento do estudo e na seleção dos pacientes, devem ser dadas a eles todas as informações sobre os riscos envolvidos e os resultados esperados. Comitês de ética devem aprovar os experimentos para garantir que os pacientes sejam protegidos.

Outra questão diz respeito a quem terá acesso a essas tecnologias. Tratamentos que envolvem novas biotecnologias costumam ser muito caros. Um exemplo é o tratamento para anemia falciforme por meio da tecnologia CRISPR, que pode custar até 1 milhão de dólares por paciente.

Terapias para doenças genéticas raras também podem ter valores exorbitantes. Por exemplo, a terapia gênica para atrofia muscular espinhal (AME), que, em suas formas mais graves, leva bebês a óbito nos dois primeiros anos de vida, pode custar cerca de 2,1 milhões de dólares.

O valor dessas terapias é alto porque as empresas que investiram nessas tecnologias querem ter lucro, porém essas doenças são consideradas raras, com um número de pacientes a serem tratados relativamente pequeno. Dessa forma, o acesso a essas biotecnologias ainda é extremamente restrito a uma pequena parcela da população mundial.

A privacidade de pacientes também deve ser protegida, dado que pode ser possível, a partir do sequenciamento genético, prever a ocorrência de uma doença no futuro. É preciso garantir que seja preservado o sigilo dos dados desses pacientes, para não haver implicações negativas na vida profissional, na contratação de um plano de saúde ou de um seguro de vida ou em qualquer outro aspecto da vida deles.

Também há a discussão sobre o *status* de embriões de poucos dias de vida, constituídos de massas de algumas centenas de células. Por exemplo, esses embriões têm direitos? Quais? Essa definição afeta desde processos de fertilização *in vitro*, em que os embriões são avaliados, selecionados, congelados e, eventualmente, descartados, até a clonagem terapêutica e a pesquisa com células-tronco embrionárias.

Algumas questões relacionadas à ética devem ser feitas ao se produzir uma inovação biotecnológica relacionada ao ser humano: Quais são os impactos pessoais e sociais dessa biotecnologia? Quais são seus impactos potenciais em nossos valores, virtudes e relacionamentos? Sua aplicação vai proteger ou vai ameaçar os direitos humanos? Os benefícios e os riscos serão distribuídos de forma igualitária? Haverá avanço ou retrocesso no bem comum?

Não escreva no livro.

CIÊNCIA, TECNOLOGIA, SOCIEDADE E AMBIENTE

OS DESAFIOS EM SEQUENCIAR O DNA NEANDERTAL

De onde viemos? Para onde vamos? Como somos parecidos ou diferentes daqueles [que] nos antecederam? O que torna o ser humano único?

[...]

Do ponto de vista científico, a pesquisa do biólogo sueco Svante Pääbo contribui para responder parte dessas questões relacionadas à evolução. [...]

[...]

Para explicar como era o relacionamento com os neandertais, cientistas buscam analisar informações genômicas. No final da década de 1990, quase todo o genoma humano havia sido sequenciado, o que permitiu estudos posteriores da relação genética entre diferentes populações humanas. Para o avanço das pesquisas, foi necessário realizar o sequenciamento do DNA recuperado de espécimes arcaicos.

No entanto, o estudo do DNA dos neandertais impõe desafios significativos. Após milhares de anos, restam apenas vestígios do material genômico, que pode ser contaminado tanto com o DNA de bactérias como de humanos.

Em 1990, Pääbo foi recrutado para a Universidade de Munique, na Alemanha, onde deu sequência ao estudo sobre DNA arcaico. O pesquisador escolheu analisar o DNA das mitocôndrias neandertais, que são estruturas em células que contêm seu próprio DNA. Embora o genoma mitocondrial seja pequeno e contenha apenas uma fração da informação genética na célula, ele está presente em milhares de cópias, aumentando a chance de sucesso.

O biólogo conseguiu sequenciar uma região do DNA mitocondrial de um pedaço de osso de 40 mil anos. Pela primeira vez, a ciência teve acesso a uma sequência de um "parente" extinto. [...]

No Instituto Max Planck em Leipzig, na Alemanha, Pääbo e sua equipe melhoraram constantemente os métodos para isolar e analisar DNA de restos ósseos arcaicos. A equipe de pesquisa explorou novos desenvolvimentos técnicos, que tornaram o sequenciamento de DNA altamente eficiente.

Com a colaboração de especialistas em genética de populações e análises avançadas de sequências, foi possível publicar a primeira sequência do genoma neandertal em 2010. Análises comparativas demonstraram que o ancestral comum mais recente dos neandertais e do *Homo sapiens* viveu há cerca de 800 mil anos.

A partir deste feito, foi possível investigar a relação entre os neandertais e os humanos modernos de diferentes partes do mundo. Análises comparativas mostraram que as sequências de DNA de neandertais eram mais semelhantes a sequências de humanos contemporâneos originários da Europa ou Ásia do que de humanos contemporâneos originários da África. Isso significa que neandertais e *Homo sapiens* cruzaram durante seus milênios de coexistência. Nos humanos modernos com descendência europeia ou asiática, aproximadamente 1 a 4% do genoma se origina dos neandertais.

[...]

ROCHA, L. O que os estudos de Svante Pääbo, Nobel de Medicina, revelam sobre as origens da humanidade. *CNN*, São Paulo, 3 out. 2022. Disponível em: https://www.cnnbrasil.com.br/saude/o-que-os-estudos-de-svante-paabo-nobel-de-medicina-revelam-sobre-as-origens-da-humanidade/. Acesso em: 5 set. 2024.

2. A relação de parentesco entre diferentes populações humanas. Análises comparativas mostraram, por exemplo, que as sequências de DNA de neandertais são mais semelhantes a sequências de DNA de humanos contemporâneos originários da Europa ou da Ásia do que de humanos contemporâneos originários da África.

3. Resposta pessoal. Atualmente, cientistas buscam analisar informações genômicas para entender essas relações: análises comparativas mostraram que as sequências de DNA de neandertais são mais semelhantes às de humanos contemporâneos originários da Europa, enquanto as sequências de denisovanos mostraram relação com populações atuais do Sudeste Asiático. Para os genes arcaicos de nossos parentes extintos entrarem em nossas populações, tivemos de nos relacionar com eles – Svante Pääbo sequenciou o genoma dos restos de uma menina encontrados na Sibéria e demonstrou que era filha de mãe neandertal e pai *sapiens*.

Para discutir

1. A mitocôndria é uma organela celular que possui DNA próprio. Além de um genoma relativamente pequeno, a herança do DNA mitocondrial ocorre via materna, durante a fecundação (somente os óvulos contêm mitocôndrias). Assim, as pesquisas dos genomas mitocondriais permitem compreender, por exemplo, as relações de ancestralidade entre populações, especialmente em humanos. Eles podem revelar a porcentagem de ancestralidade materna de grandes grupos humanos (africanos, ameríndios, europeus e asiáticos).

1 Faça uma pesquisa e explique em que consiste o DNA mitocondrial.

2 De acordo com o texto, que tipo de informação o sequenciamento do genoma de espécies arcaicas pode revelar?

3 Durante milhares de anos, houve mais de uma espécie humana na Terra. Se ainda compartilhássemos o planeta com outros humanos – por exemplo, com os neandertais –, como seria esse relacionamento em sua opinião?

Teste de paternidade

Como as enzimas de restrição podem contribuir com testes de paternidade?

Nesta atividade, em grupos, você e os colegas vão simular a realização desse teste para tentar identificar o provável pai biológico da criança. Para resolver o impasse, considerem que materiais genéticos de uma criança (C), da mãe (M) e de dois homens (1 e 2) foram colhidos e submetidos a um teste de paternidade.

Material

- lápis
- tesoura

Como fazer

Veja respostas em *Respostas e comentários* no Manual do Professor.

1. Copiem no caderno a imagem **A**, deixando em branco os espaços que, neste livro, estão hachurados. A imagem **A** representa trechos correspondentes de DNA dos dois homens e da criança. Completem a segunda linha de cada trecho, de acordo com a complementaridade das bases nitrogenadas, e representem também a fita complementar de cada um deles.
2. Agora, simulem a ação de uma enzima de restrição que reconhece a sequência de bases AA e que "corta" o DNA entre essas bases. Quando a sequência AA for encontrada, façam um traço vertical separando A de A. Cortem a fita de DNA no local em que foram feitos os traços, obtendo os fragmentos de DNA. Cuidem para não misturar os fragmentos da criança e dos dois homens.
3. Contem o número de pares de bases nitrogenadas de cada fragmento e anotem no verso deles.
4. A imagem **B** representa a separação dos fragmentos de DNA por eletroforese. O DNA apresenta carga negativa e, na eletroforese, os pares de base nitrogenadas se deslocam por um gel se aproximando de um polo positivo e se afastando de um polo negativo. Assim, os fragmentos de DNA de menor tamanho atingem uma distância maior que os maiores.
5. Para simular a passagem dos fragmentos pelo gel, copiem o quadro da imagem **B** no caderno e pintem os quadrinhos com o tamanho dos fragmentos obtidos do trecho de DNA e da fita complementar. Por exemplo, se um dos fragmentos do indivíduo 1 apresentar três pares de base, vocês deverão pintar o quadrinho 3 na coluna correspondente a esse indivíduo.

DNA – Indivíduo 1																														
T	G	T	A	A	T	C	C	G	C	G	G	G	T	A	G	T	C	A	C	A	A	T	G	T	G	C	C	G	C
//	//	//	//	//	//	//	//	//	//	//	//	//	//	//	//	//	//	//	//	//	//	//	//	//	//	//	//	//	//

DNA – Indivíduo 2																													
T	A	T	C	C	G	T	G	A	T	C	G	C	C	A	A	T	C	G	A	T	A	G	T	T	T	G	A	T	C
//	//	//	//	//	//	//	//	//	//	//	//	//	//	//	//	//	//	//	//	//	//	//	//	//	//	//	//	//	//

DNA – Criança																													
T	A	C	C	C	G	G	G	A	T	T	G	A	C	A	A	G	C	G	A	T	T	T	C	A	T	G	A	G	C
//	//	//	//	//	//	//	//	//	//	//	//	//	//	//	//	//	//	//	//	//	//	//	//	//	//	//	//	//	//

(**A**) Material genético da criança e dos dois indivíduos que afirmam ser o pai.

Amostras de DNA				
	C	1	2	M
...	/////	/////	/////	/////
17	/////	/////	/////	/////
16	/////	/////	/////	/////
15	/////	/////	/////	/////
14	/////	/////	/////	/////
13	/////	/////	/////	/////
12	/////	/////	/////	/////
11	/////	/////	/////	/////
10	/////	/////	/////	/////
9	/////	/////	/////	/////
8	/////	/////	/////	/////
7	/////	/////	/////	/////
6	/////	/////	/////	/////
5	/////	/////	/////	/////
4	/////	/////	/////	/////
3	/////	/////	/////	/////
2	/////	/////	/////	/////
1	/////	/////	/////	/////

(**B**) Representação do gel de eletroforese.

6. Após pintar os quadrinhos para os três indivíduos, comparem as colunas e respondam: Qual dos indivíduos provavelmente é o pai da criança? Como vocês chegaram a essa conclusão?

Para concluir

1. Sim, é possível. O DNA do filho ou da filha é 50% de origem paterna e 50% de origem materna; logo, ao submetê-lo às mesmas enzimas de restrição, os mesmos sítios de clivagem serão reconhecidos. Assim, quando as amostras forem adicionadas ao gel de eletroforese, haverá coincidências de algumas bandas entre filho(a) e pai.

1 **Com base nessa atividade, respondam: É possível utilizar um teste de paternidade para resolver questões legais ligadas ao parentesco?**

2 **Esse tipo de tecnologia pode oferecer algum tipo de risco às pessoas? Debatam a questão nos grupos e, depois, apresentem o resultado da discussão ao restante da turma.**

Respostas pessoais. A depender das respostas dos estudantes, e se julgar oportuno, oriente-os a realizar uma pesquisa sobre as estatísticas relacionadas ao abandono paterno no Brasil.

Não escreva no livro.

ATIVIDADES

1. A seleção de plantas e de animais selvagens para cultivo ou criação; a identificação de plantas medicinais e de seu uso terapêutico; a produção de pão, cerveja e vinho, entre outros exemplos.

1 **A biotecnologia é uma atividade humana bem antiga, embora seus fundamentos só tenham sido compreendidos a partir do século XIX.**

- Cite exemplos de biotecnologias utilizadas antes da descoberta da existência dos microrganismos.

2 **Um exemplo da Biotecnologia é o uso de levedura para produção de pão, prática que teria surgido há mais de 6 mil anos, quando os egípcios descobriram a fermentação do trigo. Realize uma breve pesquisa sobre esse processo e identifique um ingrediente "biológico" comum nas receitas atuais de pão, que leva a massa a crescer e a ficar fofa. Depois, responda às questões a seguir.**

a) Que ingrediente é esse? O fermento biológico, formado por colônias de *Saccharomyces cerevisiae*.

b) Que atividade biológica desse ingrediente se relaciona ao crescimento da massa de pão? A respiração anaeróbica.

c) Qual(is) produto(s) dessa atividade contribui(em) para o crescimento da massa do pão? O gás carbônico.

d) Qual(is) outro(s) produto(s) dessa atividade está(ão) associado(s) à produção de cerveja e de vinho? O álcool. Em condições anaeróbicas, o piruvato é reduzido em etanol e gás carbônico na fermentação alcoólica realizada por esses fungos.

3 **Em 1881, Louis Pasteur cultivou a bactéria causadora do antraz (*Bacillus anthracis*) sob altas temperaturas. Essas bactérias foram aplicadas em ovelhas, que depois foram expostas a bactérias causadoras do antraz cultivadas a temperatura ambiente. Essas ovelhas não desenvolveram a doença. Com esse procedimento, Pasteur criou, em 1881, a vacina contra o antraz e reduziu a mortalidade dos ovinos por essa doença a menos de 1%.**

- Proponha uma explicação para o sucesso do tratamento desenvolvido por Pasteur para a prevenção do antraz em ovinos. Veja resposta em *Respostas e comentários* no Manual do Professor.

4 **Identifique a origem dos polissacarídios utilizados na produção da vacina contra a coqueluche, doença causada pela bactéria *Bordetella pertussis*, e o mecanismo de ação dessa vacina.** Veja resposta em *Respostas e comentários* no Manual do Professor.

5 **Explique a importância de bactérias do grupo dos actinomicetos – por exemplo, *Streptomyces* sp. –, para a indústria farmacêutica.** Os actinomicetos, especialmente aqueles do gênero *Streptomyces* sp., são uma grande fonte de substâncias com propriedades antibacterianas.

6 **A produção de insulina humana, hormônio utilizado no tratamento de algumas formas de diabetes, é feita com base na tecnologia do DNA recombinante.**

a) O que é um vetor e como ele participa dessa produção? Vetor é uma molécula de DNA (de um plasmídeo, um vírus ou uma levedura) que incorpora o trecho de DNA que se deseja replicar.

b) Como age uma enzima de restrição? A enzima de restrição é uma proteína bacteriana que fragmenta o DNA em locais específicos.

c) Como é obtida grande quantidade de insulina humana com base na tecnologia do DNA recombinante? Os genes de interesse são isolados e inseridos na bactéria *Escherichia coli*, e os fragmentos de DNA são incorporados ao genoma bacteriano. Então o vetor (bactéria) é submetido a condições favoráveis à sua multiplicação.

7 **O termo células-tronco engloba três tipos celulares. Quais são eles e qual é a origem de cada um?**

8 **Sobre o sequenciamento de DNA, faça o que se pede.**

a) Explique o que é o sequenciamento de DNA. É a identificação da sequência de nucleotídios nas fitas de DNA de um ser vivo.

b) Cite três usos possíveis dessa tecnologia. Veja resposta em *Respostas e comentários* no Manual do Professor.

9 **Diferencie, em um esquema ou por meio de descrição, os seguintes processos de produção de animais transgênicos: injeção pró-nuclear, uso de células-tronco embrionárias e transferência nuclear.** Veja resposta em *Respostas e comentários* no Manual do Professor.

10 **A primeira clonagem reprodutiva de um mamífero a partir de uma célula somática adulta foi anunciada em 1997 e despertou uma série de reflexões éticas relacionadas à possibilidade de clonagem humana.**

a) O ser clonado e seu clone são idênticos em aparência e comportamento? Justifique sua resposta.

b) Cite aspectos da clonagem de mamíferos que representam problemas dessa biotecnologia. Veja resposta em *Respostas e comentários* no Manual do Professor.

c) Discuta com os colegas como a reflexão ética pode influenciar nos experimentos sobre a clonagem humana. Resposta pessoal.

10. a) Não, pois há influências do ambiente intrauterino e do pós-parto que podem afetar o desenvolvimento.

11 **Em 2020, o prêmio Nobel de Química foi dado às pesquisadoras que desenvolveram a tecnologia de edição de DNA CRISPR/Cas9. Sobre essa técnica, responda às questões a seguir.**

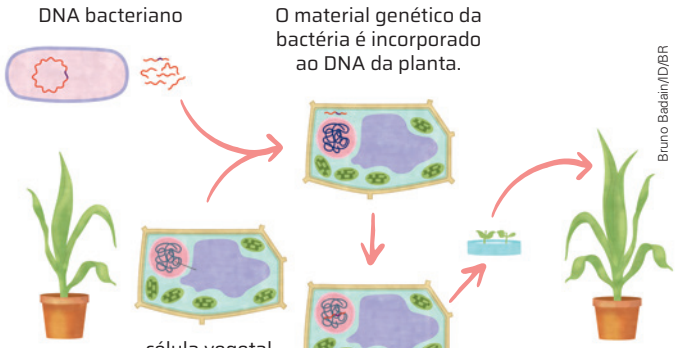
a) Explique como funciona a técnica de edição genética via CRISPR/Cas9. Veja resposta em *Respostas e comentários* no Manual do Professor.

b) Pode-se dizer que essa tecnologia representa uma avanço em relação ao uso de enzimas de restrição? Justifique sua resposta. Veja resposta em *Respostas e comentários* no Manual do Professor.

12 **Os frutos, as verduras, os cereais e as carnes da alimentação humana são, em sua ampla maioria, variedades que sofreram intervenção humana.**

- A qual tipo de intervenção a maioria desses alimentos foi submetida? Eles sofreram seleção genética.

13 **A imagem a seguir representa um processo bastante utilizado em biotecnologia. Que processo é esse? Justifique sua resposta.** O processo é a produção de um OGM (organismo geneticamente modificado).



Bruno Badain/D/BR

Representação sem proporção de tamanho.

Representação em cores-fantasia.

7. Células-tronco embrionárias ou pluripotentes, presentes no embrião com 4 e 5 dias após a fecundação; células-tronco adultas ou multipotentes, presentes em vários órgãos do corpo; células-tronco induzidas, em que um vírus-vetor insere no DNA de células diferenciadas genes que as reprogramam e as tornam pluripotentes.

ESTUDO DE CASO

UMA VACINA DE DNA CONTRA ZIKA

Atualmente monitoro, no Brasil, um estudo clínico, de fase 2, que está sendo realizado em vários países para avaliar a segurança e a eficácia de uma vacina de DNA contra o zika vírus. Meu trabalho envolve principalmente monitorar o desenvolvimento da pesquisa pelos centros médicos, assegurando que o protocolo do estudo e as diretrizes regulatórias sejam cumpridos e que os dados coletados sejam acurados. Assim como eu, que sou farmacêutica, também desempenham essa atividade diversos profissionais ligados à área da saúde, como biólogos, biomédicos, enfermeiros, entre outros.

Cdc/SPL/Fotoarena

Aedes aegypti, mosquito que pode transmitir o zika vírus.

Entre 2015 e 2016, o Brasil foi o epicentro de uma epidemia de zika, que também se espalhou para outros países das Américas. A doença é causada pelo zika vírus, transmitido pelo mosquito *Aedes aegypti* e também por relações sexuais, e, quando não é assintomática, provoca sintomas leves como febre, dores no corpo e erupções cutâneas. Pode causar microcefalia e anormalidades congênitas em filhos de gestantes que contraem a doença e também parece ser um gatilho para o desenvolvimento da síndrome de Guillain-Barré, uma doença autoimune.

A vacina de DNA contra o zika vírus é composta de plasmídeos, que contêm cópias de trechos de DNA que codificam duas proteínas virais, que atuam como antígenos. Os **antígenos** são moléculas que permitem ao sistema imunitário da pessoa infectada identificar um invasor e acionar os mecanismos de defesa do corpo. Diferentemente das vacinas tradicionais que contêm o microrganismo atenuado ou morto, as vacinas de DNA estimulam as células do próprio hospedeiro a produzir os antígenos do vírus.

As vacinas de DNA são produzidas por tecnologias mais recentes, e algumas delas estão em fase de pesquisa. Em 2021, foi aprovada, de forma emergencial, a primeira vacina de DNA: a vacina indiana ZyCov-D, que atua contra o vírus Sars-CoV-2, causador da covid-19.

Para que uma vacina ou um medicamento sejam comercializados e fiquem acessíveis à população, é preciso que passem de forma satisfatória por uma série de testes para avaliar sua segurança e eficácia.

Primeiro, são realizados testes pré-clínicos em animais, como camundongos e primatas. Em caso de sucesso, as pesquisas avançam para os estudos em seres humanos, ou seja, os testes clínicos que envolvem três fases consecutivas até a aprovação para a comercialização.

De acordo com a orientação do(a) professor(a), organizem-se em grupos e realizem as atividades a seguir.

1 **Com base em seus conhecimentos sobre biotecnologia, expliquem por que, em uma vacina de DNA, os fragmentos do material genético precisam ser inseridos em plasmídeos e não podem ser simplesmente inoculados livres em solução. Que outra forma de administração do DNA de interesse poderia ser utilizada?**

2 **Considerando que uma vacina de DNA contém fragmentos de DNA que codificam proteínas do microrganismo, deduzam como é o processo pelo qual essas proteínas passam a ser produzidas pelas células da pessoa vacinada.**

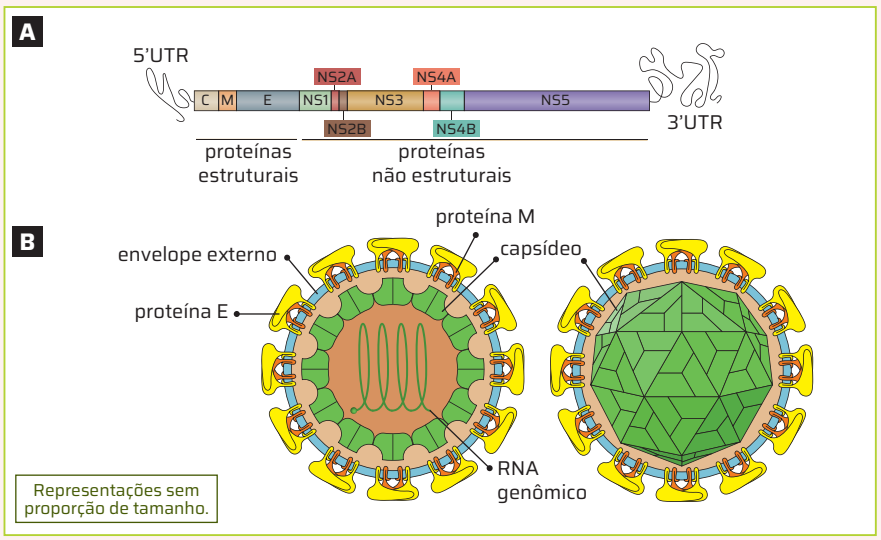
3 **Expliquem como a vacina de DNA pode proteger uma pessoa contra a doença zika.**

1. Fragmentos de DNA não são capazes de entrar nas células; isso só é possível se houver um agente que os transporte para seu interior – os vetores. Os plasmídeos são exemplos de vetores de DNA, assim como os vírus, os quais também seriam uma alternativa para transportar o DNA para o interior das células.

2. Os plasmídeos vão entrar no núcleo de células da pessoa vacinada, mas não vão se incorporar ao genoma da célula hospedeira. As células, então, vão se utilizar de recursos próprios a fim de transcrever aquele conteúdo genético em RNAs mensageiros e, em seguida, traduzir os RNAs em proteínas, as quais correspondem a antígenos do microrganismo.

3. Alguns antígenos do vírus, codificados pelos fragmentos de DNA que compõem a vacina, são produzidos por células do corpo humano. Esses antígenos, então, estimulam a produção de linfócitos, dentre eles, os linfócitos de memória. Se, por acaso, a pessoa vacinada entrar em contato com o vírus zika, as células de memória produzidas pela vacinação vão reconhecer os antígenos e, rapidamente, estimular a produção de linfócitos para defender o organismo contra esse vírus.

Não escreva no livro.



Bruno Badain/ID/BR

(A) Representação esquemática do genoma de RNA do zika vírus. As barras coloridas representam trechos do genoma que codificam proteínas estruturais e não estruturais. A vacina de DNA contra a zika contém dois trechos de DNA que codificam as proteínas estruturais M e E, as quais fazem parte do envelope externo do zika vírus. **(B)** Representação esquemática do zika vírus. Cores-fantasia.

Fonte de pesquisa: Zika virus. *Viral Zone*. Swiss Institute of Bioinformatics, [*s. l.*], [20--]. Disponível em: https://viralzone.expasy.org/6756. Acesso em: 5 set. 2024.

Até o momento, a maioria das vacinas de DNA em estudo tem se mostrado pouco eficaz em comparação com as vacinas tradicionais. Alguns dos motivos aventados pelos cientistas estão relacionados com as diferenças quanto à quantidade de antígenos, mas, principalmente, com a forma como esses antígenos são apresentados ao sistema imunitário. As vacinas tradicionais mimetizariam melhor as infecções naturais que as vacinas de DNA desenvolvidas até o momento e, talvez, por essa razão, seriam mais eficazes.

4 **Apontem as diferenças entre os dois tipos de vacina em relação aos antígenos e, com base nisso, expliquem por que a maioria das vacinas de DNA tem sido menos eficaz que as tradicionais.**

As vacinas de DNA, ao contrário das tradicionais, exatamente por não conterem o microrganismo atenuado ou inativado, têm a vantagem de não serem reatogênicas, ou seja, não causam reações como inflamação, febre, dor, entre outras, tampouco têm a chance de exibir reversão da atenuação do microrganismo e, então, provocar a doença de forma indesejada. Além disso, diferentemente das vacinas com microrganismo atenuado, elas podem ser administradas a pessoas imunodeprimidas, ou seja, com o sistema imunitário comprometido.

5 **Na opinião de vocês, por que as vacinas de DNA podem ser administradas a pessoas imunodeprimidas, enquanto as vacinas feitas com microrganismos atenuados não podem?**

Nesse teste clínico de fase 2 da vacina de DNA contra a zika, metade dos voluntários recebe três doses da vacina por dois meses e metade recebe placebo por igual período; ambos os grupos são acompanhados durante dois anos. O estudo depende de uma exposição natural dos participantes ao vírus no ambiente e, por isso, é conduzido em países onde há grande circulação do zika vírus, como o Brasil.

6 **Qual é a função e a importância do grupo que recebe placebo dentro do estudo clínico?**

7 **Façam uma pesquisa em *sites* confiáveis e expliquem o que são a segurança e a eficácia de uma vacina. Como vocês acreditam que esses fatores são medidos nesse estudo clínico?**

4. As vacinas de DNA apresentam ao sistema imunitário somente alguns antígenos do microrganismo e, ainda assim, somente na forma de proteínas (existem outros tipos de moléculas, como os açúcares, que também funcionam como antígenos). Pelo fato de os antígenos serem expressos pelas células da pessoa vacinada, eles são apresentados ao sistema imunitário de uma forma muito distinta daquela que acontece com um microrganismo de fato durante uma infecção natural.

5. As vacinas feitas com microrganismos atenuados produzem uma infecção mais branda, a qual o sistema imune de pessoas saudáveis consegue conter com sucesso e, então, produzir uma memória imunológica. Pessoas imunodeprimidas não podem receber esse tipo de vacina, pois correm o risco de não conseguirem conter a leve infecção causada pela vacina, podendo desenvolver a doença em sua forma grave. Já as vacinas de DNA somente induzem a produção de alguns antígenos pelo organismo da pessoa vacinada, e não causam nenhum processo infeccioso de fato; por isso, podem ser administradas a pessoas imunodeprimidas.

6. A função do grupo placebo é atuar como um controle do estudo. O grupo controle serve de referência geral de comparação para o grupo que recebe o tratamento investigado, no caso, a vacina de DNA contra zika.

7. A segurança de uma vacina relaciona-se aos riscos a ela associados, ou seja, os efeitos adversos, prejudiciais, que ela produz, como risco de morte, dor, inflamação, outras patologias e enfermidades, entre outros. Quanto menores e menos graves os efeitos adversos associados à vacina, maior sua segurança. Já a eficácia de uma vacina corresponde à sua capacidade de produzir imunidade à doença contra a qual é destinada. No estudo clínico, a eficácia da vacina é medida pela quantidade de anticorpos produzidos pelo grupo vacinado, ao passo que sua segurança é avaliada pelos relatos de efeitos adversos que o grupo vacinado fornece durante o estudo.

QUESTÕES GLOBAIS

1. b) O alelo *B*, pois indivíduos de flores brancas surgem do cruzamento de indivíduos de flores púrpura.
1. c) BB × bb (Parental) é 100% Bb (F1).
Bb × Bb (F1) é BB, Bb, Bb, bb (F2).

1 **Ao cruzar uma planta de ervilha de flores púrpura com outra de flores brancas, um pesquisador obteve uma F_1 formada apenas por plantas de flores púrpura. A F_2 era composta de plantas de flores púrpura e outras de flores brancas na proporção de 3 : 1.**

a) Represente, com letras, os dois alelos do gene que controla a cor em flores de ervilha.
Os alelos podem ser representados por *B* (cor púrpura) e *b* (cor branca).

b) Qual dos dois alelos é o dominante? Justifique.

c) Represente os cruzamentos descritos.

2 **(Enem) A tecnologia de vacinas de RNA mensageiro (RNAm) é investigada há anos. Avanços científicos em genética molecular permitiram desenvolver uma vacina para controle da pandemia da covid-19 causada pelo vírus de RNA SARS-CoV-2. A vacina de RNAm tem sequências de genes do vírus. Entretanto, por ser muito instável, o RNAm deve ser recoberto por uma capa de lipídios que evita sua degradação e favorece sua ação. Dessa forma, o RNAm desempenhará sua função específica atuando no mesmo compartimento celular de sempre.**

Disponível em: https://sbim.org.br. Acesso em: 29 nov. 2021 (adaptado).

A imunização produzida por esse tipo de vacina é alcançada por meio da Alternativa **C**.

a) estimulação de leucócitos induzida pela capa lipídica contendo RNAm.

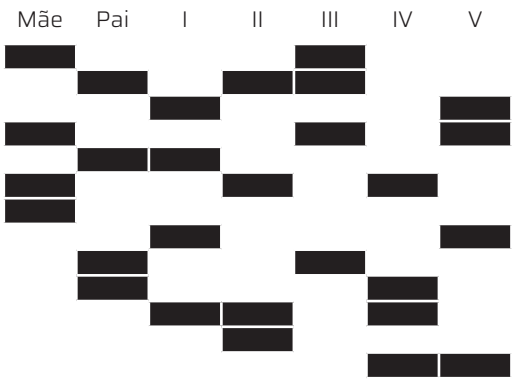
b) atuação do RNAm como sequestrador do vírus para o meio extracelular.

c) tradução do RNAm em proteína viral, desencadeando a resposta antigênica.

d) competição entre o RNAm vacinal e o RNA viral pelos sítios dos ribossomos.

e) incorporação do RNAm viral ao genoma do hospedeiro, gerando novo fenótipo.

3 **(Enem) O resultado de um teste de DNA para identificar o filho de um casal, entre cinco jovens, está representado na figura. As barras escuras correspondem aos genes compartilhados.** Alternativa **C**.



Enem. Fac-Símile/ID/BR

Qual dos jovens é filho do casal?

a) I

b) II

c) III

d) IV

e) V

4 **Um pesquisador realizou vários cruzamentos diferentes entre indivíduos da mesma espécie e obteve os seguintes resultados:** **4.** Sim, os resultados obtidos estão de acordo com a segregação dos alelos durante a formação dos gametas.

Cruzamento 1

Realizado entre drosófilas heterozigotas para determinada característica dominante.

O resultado mostrou que cerca de 75,5% do total de descendentes apresentou a característica fenotípica condicionada pelo alelo dominante, enquanto 24,5% desse total apresentou a característica fenotípica condicionada pelo alelo recessivo.

Cruzamento 2

Realizado entre uma mosca macho heterozigota para determinada característica dominante e uma fêmea homozigota recessiva. A prole apresentou o fenótipo recessivo e o dominante na proporção 1 : 1.

- Os resultados obtidos se aplicam ao esperado pela primeira lei de Mendel? Justifique sua resposta.

5 **Transcreva no caderno os quadros de Punnett a seguir e complete-os com os símbolos dos alelos que estão faltando.** Veja resposta em *Respostas e comentários* no Manual do Professor.

♂ \ ♀	////////////	**a**
A	////////////	////////////
a	Aa	aa

♂ \ ♀	////////////	**b**
B	Bb	Bb
b	////////////	////////////

♂ \ ♀	////////////	**a**
A	Aa	////////////
A	Aa	Aa

6 **(Enem) Gregor Mendel, no século XIX, investigou os mecanismos da herança genética observando algumas características de plantas de ervilha, como a produção de sementes lisas (dominante) ou rugosas (recessiva), característica determinada por um par**

Não escreva no livro.

de alelos com dominância completa. Ele acreditava que a herança era transmitida por fatores que, mesmo não percebidos nas características visíveis (fenótipo) de plantas híbridas (resultantes de cruzamentos de linhagens puras), estariam presentes e se manifestariam em gerações futuras. Alternativa **C**.

A autofecundação que fornece dados para corroborar a ideia da transmissão dos fatores idealizada por Mendel ocorre entre plantas

a) híbridas, de fenótipo dominante, que produzem apenas sementes lisas.

b) híbridas, de fenótipo dominante, que produzem sementes lisas e rugosas.

c) de linhagem pura, de fenótipo dominante, que produzem apenas sementes lisas.

d) de linhagem pura, de fenótipo recessivo, que produzem sementes lisas e rugosas.

e) de linhagem pura, de fenótipo recessivo, que produzem apenas sementes rugosas.

7 **Na espécie humana, a fenilcetonúria é uma doença que se manifesta com o alelo recessivo de um gene em homozigose. Sabendo disso, considere três casais com os seguintes genótipos: Aa × Aa (casal 1); AA × Aa (casal 2); e Aa × aa (casal 3).**

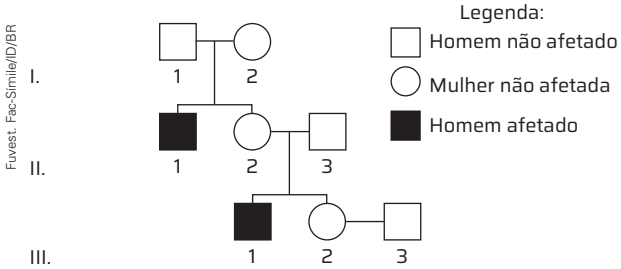
Calcule a probabilidade de cada casal ter os seguintes descendentes, independentemente do sexo.

a) Um filho portador de fenilcetonúria (**aa**).
Casal 1: 1/4 ; casal 2: 0; casal 3: 1/2.

b) Dois filhos portadores de fenilcetonúria.
Casal 1: 1/16; casal 2: 0; casal 3: 1/4.

c) Três filhos portadores dessa doença.
Casal 1: 1/64; casal 2: 0; casal 3: 1/8.

8 **(Fuvest-SP) A genealogia a seguir representa uma família em que aparecem pessoas afetadas por adrenoleucodistrofia. A mulher III.2 está grávida e ainda não sabe o sexo do bebê.** Alternativa **C**.



Fuvest. Fac-Símile/ID/BR

A relação correta entre o padrão de herança desta forma de adrenoleucodistrofia e a probabilidade de que a criança seja afetada é:

	Padrão de herança	Probabilidade de ser afetada
a	Ligado ao X recessivo	50% caso seja menino
b	Ligado ao X recessivo	25% caso seja menino
c	Ligado ao Y	100% caso seja menino
d	Autossômico recessivo	75% em qualquer caso
e	Autossômico recessivo	12,5% em qualquer caso

9 **A cor da pelagem dos coelhos é condicionada por um gene com quatro alelos, cuja relação de dominância pode ser expressa da seguinte forma: $C > C^{ch} > C^{h} > c$. Sabe-se ainda que o alelo C condiciona a pelagem aguti; o alelo C^{ch}, a pelagem chinchila; o alelo C^{h}, a pelagem himalaia; e o alelo c condiciona a pelagem albina. Com base nisso, considere os seguintes casais de coelhos:**

$CC^{ch} \times C^{ch}C^{ch}$;
$C^{h}c \times cc$;
$C^{h}c \times Cc$.

Esse é um caso de alelos múltiplos:
Casal CC^{ch} e $C^{ch}C^{ch}$: 50% aguti; 50% chinchila.
Casal $C^{h}c$ e cc: 50% albino; 50% himalaia.
Casal $C^{h}c$ e Cc: 50% aguti; 25% himalaia; 25% albino.

Calcule a probabilidade de cada casal ter descendentes com pelagem:

a) aguti;

b) chinchila;

c) himalaia;

d) albina.

10 **(Enem) A síndrome de Down é uma alteração genética associada à trissomia do cromossomo 21, ou seja, o indivíduo possui três cromossomos 21 e não um par, como é normal. Isso ocorre pela união de um gameta contendo um cromossomo 21 com um gameta possuidor de dois cromossomos 21. Embora, normalmente, as mulheres com a síndrome sejam estéreis, em 2008, no interior de São Paulo, uma delas deu à luz uma menina sem a síndrome de Down.**

Moreno, T. Três anos após dar à luz, mãe portadora de síndrome de Down revela detalhes de seu dia a dia. Disponível em: www.band.uol.com.br. Acesso em: 31 out. 2013 (adaptado).

Sabendo disso, um jovem casal, ambos com essa síndrome, procura um médico especialista para aconselhamento genético porque querem ter um bebê.

O médico informa ao casal que, com relação ao cromossomo 21, os zigotos formados serão Alternativa **E**.

a) todos normais.

b) todos tetrassômicos.

c) apenas normais ou tetrassômicos.

d) apenas trissômicos ou tetrassômicos.

e) normais, trissômicos ou tetrassômicos.

11 **(Enem) Instituições acadêmicas e de pesquisa no mundo estão inserindo genes em genomas de plantas que possam codificar produtos de interesse farmacológico. No Brasil, está sendo desenvolvida uma variedade de soja com um viricida ou microbicida capaz de prevenir a contaminação pelo vírus causador da aids. Essa leguminosa está sendo induzida a produzir a enzima cianovirina-N, que tem eficiência comprovada contra o vírus.** Alternativa **B**.

Oliveira, M. Remédio na planta. *Pesquisa Fapesp*, n. 206, abr. 2013.

A técnica para gerar essa leguminosa é um exemplo de

a) hibridismo.

b) transgenia.

c) conjugação.

d) terapia gênica.

e) melhoramento genético.

ORIGEM DA VIDA E DIVERSIDADE DOS SERES VIVOS

A jararaca-ilhoa (*Bothrops insularis*) é uma espécie que ocorre apenas na ilha da Queimada Grande, no litoral Sul de São Paulo. Ela é arborícola, tem hábitos diurnos e alimenta-se principalmente de aves. A jararaca continental (*Bothrops jararaca*), por sua vez, utiliza mais o chão da mata, tem hábitos noturnos e alimenta-se de roedores. Cientistas acreditam que a diferenciação entre a jararaca-ilhoa e a continental, a partir de um ancestral comum, possa ter ocorrido há cerca de 11 mil anos.

Mas por que muitos seres que viveram na Terra no passado são diferentes dos seres atuais?

Nesta unidade, você conhecerá algumas explicações científicas sobre a origem e a evolução da Terra e dos seres vivos.

OBJETIVOS

- Analisar e discutir explicações sobre o surgimento e a evolução da vida.
- Aplicar os princípios da evolução biológica para analisar a história humana.
- Compreender os critérios de classificação dos seres vivos baseados no parentesco evolutivo.

QUESTÕES PARA REFLETIR

1. Observe a foto de abertura da unidade. Quais características da jararaca-ilhoa permitem a esse animal explorar o ambiente retratado?
2. Crie uma hipótese para explicar como ocorreu a diferenciação entre essas duas espécies de jararaca.
3. Eventuais alterações no ambiente podem provocar alterações nos seres vivos de modo a gerar novas espécies? Explique.

1. Veja resposta em *Respostas e comentários* no Manual do Professor.
2. Veja resposta em *Respostas e comentários* no Manual do Professor.
3. Veja resposta em *Respostas e comentários* no Manual do Professor.

Bothrops insularis, a jararaca-ilhoa. Segundo pesquisadores, o veneno dessa serpente é cinco vezes mais potente que o da jararaca continental. Ilha da Queimada Grande (SP). ▸

4

1 A origem da vida

2 Evolução

3 Taxonomia, sistemática e diversidade da vida

João Marcos Rosa/Nitro Imagens

comprimento: cerca de 70 cm

CAPÍTULO 1

A ORIGEM DA VIDA

PARA COMEÇAR

1. Como surgiu a vida no planeta Terra?
2. Como os primeiros seres vivos se alimentavam?
3. Qual era a estrutura das primeiras células?

1. A hipótese mais aceita atualmente sobre a origem da vida na Terra é a da evolução molecular.

2. Os primeiros seres vivos provavelmente eram autótrofos quimiossintetizantes.

3. As primeiras células deveriam ser semelhantes às atuais células procariontes.

COMO SURGIU A VIDA NA TERRA?

Ao longo da história da humanidade, diversas hipóteses têm sido propostas para explicar a origem do Universo e dos seres vivos. Cientistas ou não, as pessoas sempre quiseram saber como surgiram e se desenvolveram o Universo e os corpos celestes que dele fazem parte, como as estrelas, os planetas e os cometas, particularmente os objetos celestes e os fenômenos diretamente associados a nós, como a Via Láctea, o Sistema Solar, a Terra e, por fim, a vida.

Observe a foto desta página. O lago, com cerca de 90 m de diâmetro e 50 m de profundidade, é alimentado por águas cuja temperatura pode ultrapassar 70 °C, devido à atividade vulcânica no subsolo. As cores do terreno ao redor do lago ocorrem por causa da deposição de minerais e de uma variedade de microrganismos presentes em cada área – seres que podem suportar temperaturas acima de 55 °C, consideradas letais para a maioria dos organismos conhecidos.

Em muitos aspectos, esse ambiente e os seres que o habitam são similares aos que devem ter existido há bilhões de anos.

Este capítulo aborda algumas das explicações para a origem da vida na Terra, com destaque para trabalhos científicos recentes que propuseram hipóteses para explicar o processo de formação de organismos a partir de moléculas simples, como o gás carbônico (CO_2), a amônia (NH_3) e a água (H_2O).

Fonte geotérmica no Parque Nacional de Yellowstone, em Wyoming, Estados Unidos. Foto de 2024.

Jamie Skinner/ Shutterstock.com/ID/BR

Não escreva no livro.

OS PRIMEIROS SERES VIVOS

Diversas pesquisas indicam que os primeiros vestígios de vida conhecidos foram produzidos por bactérias fotossintetizantes, cuja atividade pode ter provocado a precipitação de carbonato de cálcio e de outros sedimentos marinhos, formando as estruturas conhecidas como **estromatólitos** (imagens **A** e **B**). Na Austrália, foram encontrados estromatólitos com idade estimada de 3,5 bilhões de anos. Apesar de algumas pesquisas levantarem dúvidas sobre o caráter biológico dessas estruturas, sabe-se que estromatólitos ainda são produzidos por bactérias, atualmente. Além disso, as formações antigas e atuais são muito semelhantes, mostrando a mesma estrutura em camadas. Outros vestígios de bactérias também foram encontrados nas mesmas formações.

Blickwinkel/Alamy/Fotoarena

John Cancalosi/Alamy/Fotoarena

(**A**) Vista externa de estromatólitos na Austrália (cerca de 35 cm de largura). (**B**) Estrutura interna de um estromatólito.

Primeiras notícias falsas sobre vida fora da Terra

Notícias que anunciavam a existência de vida fora da Terra foram publicadas em um jornal nos Estados Unidos, em 1835.

Dois anos após ter lançado o jornal *The Sun*, em Nova York, o editor estadunidense Benjamin Henry Day (1810-1889) publicou uma série de seis textos que diziam revelar a descoberta de vida na Lua, o que multiplicou as vendas do jornal. Os textos atribuíam a origem das informações a uma fonte respeitável – o suplemento do *Edinburgh Journal of Science*, da Escócia –, ou, ainda, creditavam as informações a cientistas que nunca existiram. A falsidade dos textos foi revelada algumas semanas depois, mas parte dessas ideias permaneceram por décadas no imaginário de muitas pessoas.

A série ficou conhecida como "A grande farsa da Lua de 1835" e Benjamin Day foi considerado o primeiro editor e divulgador de desinformação.

Outras hipóteses consideram que os mais antigos fósseis de bactérias foram formados em uma área pertencente ao atual Canadá, há mais de 3,7 bilhões de anos.

Mesmo tão antigos, porém, os estromatólitos podem não representar exatamente os primeiros seres vivos que existiram na Terra. É possível que a vida tenha surgido antes ainda, por volta de 3,8 bilhões de anos, a partir de formas de vida desprovidas de estrutura celular, e esta teria se desenvolvido posteriormente nas bactérias.

Segundo a teoria científica mais aceita na atualidade, processos ocorridos sob as condições atmosféricas e geológicas da Terra primitiva teriam produzido as primeiras moléculas orgânicas. Uma parte dessas moléculas teria formado unidades isoladas capazes de se reproduzir e evoluir, comportando-se como entidades vivas. No entanto, é importante ressaltar que, assim como toda teoria científica, essa teoria também está sujeita a revisões.

Não escreva no livro.

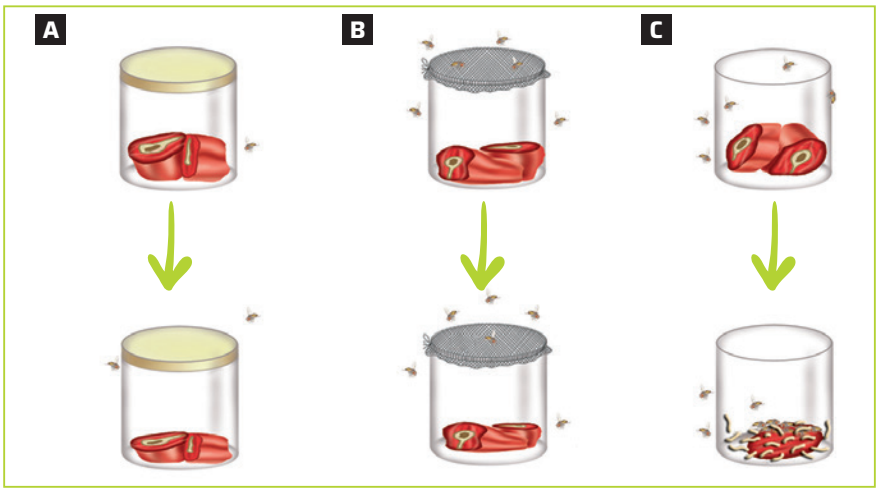
PRIMEIRAS IDEIAS SOBRE A GERAÇÃO DOS SERES VIVOS

A **biogênese** (do grego *bios*, "vida", e *genesis*, "origem") é a ideia, aceita atualmente pela ciência, de que todo ser vivo provém, por reprodução, de outro ser vivo semelhante. Já a **abiogênese**, também denominada "geração espontânea", pressupõe que seres vivos poderiam ser originados de substâncias ou de materiais não vivos. Nesse caso, haveria seres vivos que não teriam progenitores, já que não teriam se originado por reprodução.

A **geração espontânea** foi a hipótese mais aceita durante muito tempo, desde a Antiguidade, até meados do século XIX. Segundo seus defensores, ela ocorreria tanto a partir de substâncias inorgânicas existentes no ambiente como a partir de restos de animais ou de plantas. Porém, seria necessária a ação de um **princípio vital**, uma força capaz de gerar vida, para que a matéria inanimada se tornasse viva.

O filósofo grego Aristóteles (384 a.C.-322 a.C.) acreditava que a maior parte dos animais, como os ratos, fosse gerada de progenitores semelhantes a eles. No entanto, ele considerava que alguns animais, como as enguias, as ostras e certos insetos, podiam ser gerados espontaneamente. Isso aconteceria a partir de restos de vegetais ou de animais em decomposição na água do mar ou mesmo no interior do corpo de outros animais, desde que o princípio ou força vital atuasse sobre esses materiais.

A geração espontânea de animais como moscas permaneceu aceita por vários estudiosos que se seguiram a Aristóteles. No século XVII, essa ideia foi submetida a testes experimentais pelo biólogo italiano Francesco Redi (1626-1697). Nos experimentos, Redi colocou pedaços de carne em três frascos. Em seguida, fechou um deles com uma tampa, cobriu outro com um pedaço de gaze e deixou o terceiro aberto (imagens **A** a **C**). As moscas eram assim impedidas de entrar nos frascos fechados, mas entravam livremente no frasco aberto. Após alguns dias, Redi observou a presença de larvas apenas nesse terceiro frasco. Com esses experimentos, Redi mostrou que as larvas existentes na carne em decomposição não eram geradas espontaneamente, mas nasciam de ovos colocados por organismos já existentes: as moscas adultas.



Ilustrações: Studio Lettera/ID/BR

Representação sem proporção de tamanho.

Representação do experimento de Redi, cujos resultados contestavam a teoria da geração espontânea. As larvas não aparecem nos frascos (**A**) e (**B**), onde as moscas não entram. Esses insetos estão presentes no frasco (**C**), o único aberto. As setas verdes indicam a passagem do tempo. Cores-fantasia.

Embora os experimentos de Redi tenham enfraquecido a crença na geração espontânea, essa ideia continuou sendo aceita. O próprio Redi, por exemplo, acreditava na geração espontânea dos vermes intestinais.

No século XVIII, observações feitas com microscópios revelaram a existência de diversos seres muito pequenos antes desconhecidos. A discussão sobre sua origem – se teriam progenitores ou se seriam gerados espontaneamente na matéria em decomposição – alimentou diversas controvérsias científicas.

ROTEIRO

1. Diferencie os conceitos de biogênese e abiogênese.

A biogênese é a ideia de que todo ser vivo provém, por meio da reprodução, de outro ser vivo semelhante. Já a abiogênese pressupõe que seres vivos seriam originados de substâncias ou materiais não vivos.

Não escreva no livro.

As contribuições de Needham e Spallanzani

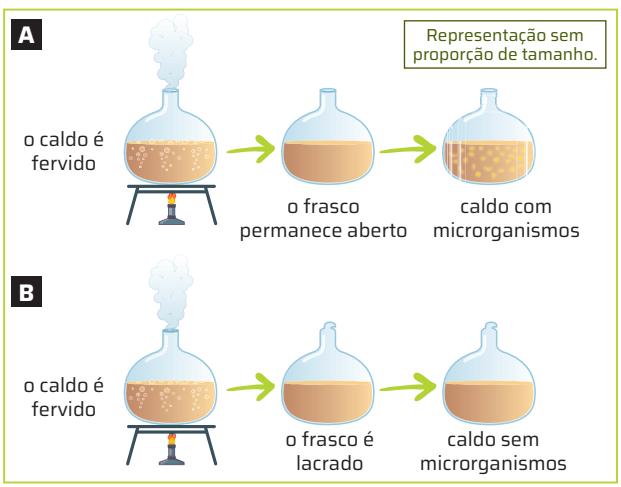
Um momento de importantes discussões sobre a geração dos seres vivos ocorreu na metade do século XVIII, entre o naturalista inglês John Needham (1713-1781) e o fisiologista italiano Lazzaro Spallanzani (1729-1799).

Needham realizou um experimento no qual colocou caldo de carne bem quente em um frasco e o fechou com uma tampa de cortiça. O frasco, então, foi depositado sobre brasas por alguns minutos, visando eliminar possíveis germes pela ação do calor. Passados alguns dias, Needham percebeu que o caldo estava repleto de "glóbulos móveis" ou animálculos (seres vivos microscópicos). Ele repetiu o procedimento utilizando urina, sangue e várias substâncias vegetais, obtendo o mesmo resultado.

Diante dessas observações, Needham concluiu que os animálculos foram gerados espontaneamente e que a matéria orgânica das infusões continha, então, a força vital capaz de gerar seres vivos mais simples. Ele acreditava que um aquecimento maior das infusões destruiria essa força.

Anos mais tarde, Spallanzani repetiu os experimentos de Needham adotando os mesmos procedimentos e, inicialmente, obteve os mesmos resultados. Porém, ele questionou alguns aspectos dos experimentos. Por exemplo, se o tempo de aquecimento teria sido suficiente para matar os germes presentes nas infusões, ou se a vedação dos frascos com a cortiça impediria a entrada de germes que estivessem no ar exterior.

Spallanzani refez os experimentos utilizando 19 frascos com infusões de animais e vegetais, que foram lacrados e fervidos durante 45 minutos (imagens **A** e **B**), e constatou que não houve a produção de microrganismos nas infusões. Ele também realizou diversos experimentos comparativos vedando os frascos com tampas de diferentes materiais e expondo-os a tempos diferentes de fervura. Aparentemente, a presença de microrganismos estava relacionada à entrada de ar, que não havia sido aquecido. Spallanzani concluiu, então, que não havia geração espontânea nos caldos.



Ilustrações: Reinaldo Vignati/ID/BR

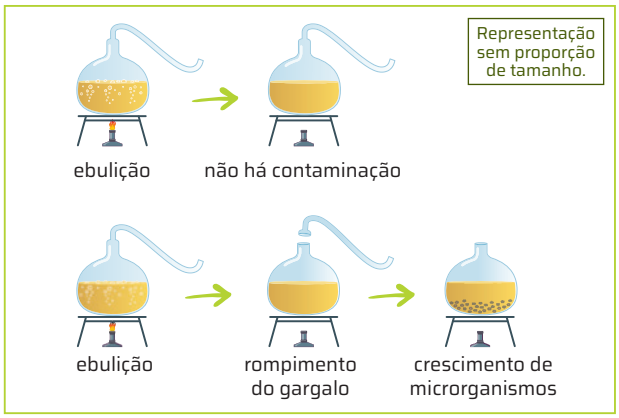
Representação do experimento realizado por Spallanzani. Em (**A**), o frasco com caldo fervido permanece aberto, e microrganismos proliferam no caldo; em (**B**), o frasco foi fechado após a fervura, e microrganismos não proliferam no caldo. Cores-fantasia.

Enquanto Spallanzani alegava que Needham não havia aquecido as infusões a ponto de matar os microrganismos, Needham, por sua vez, argumentava que Spallanzani as teria aquecido em excesso, destruindo a força vital e adulterando o ar contido nos recipientes, o que teria impedido a geração espontânea.

Como os experimentos de ambos haviam sido feitos de forma sistematizada e, na época, não se conhecia a composição do ar nem se a fervura prolongada poderia alterá-la, era difícil decidir, do ponto de vista científico, quem estava com a razão.

Pasteur e os experimentos com frascos de pescoço de cisne

Por volta de 1860, a polêmica em torno da geração espontânea e da ideia do princípio vital persistia. O químico francês Louis Pasteur (1822-1895) realizou uma série de experimentos utilizando frascos de vidro chamados "pescoço de cisne", cujos gargalos eram constituídos por um longo e estreito filamento recurvado (imagem **C**).



Ilustrações: Reinaldo Vignati/ID/BR

Esquema simplificado dos experimentos de Pasteur. Na série superior, após a fervura, os líquidos orgânicos permanecem estéreis, mesmo em contato com o ar. Na série inferior, uma vez eliminada a curvatura do gargalo, partículas sólidas contendo microrganismos depositam-se no líquido, ocorrendo, então, o desenvolvimento de microrganismos. Cores-fantasia.

Os frascos eram abastecidos com caldos nutritivos, e seu conteúdo esterilizado por fervura. O vapor de água produzido escapava pela abertura estreita do gargalo. Após o resfriamento, o vapor de água condensava-se na forma de gotículas que permaneciam aderidas ao interior do tubo estreito. Com isso, os materiais orgânicos do caldo poderiam ficar em contato com o ar – e supostamente com o princípio vital –, mas a poeira com os microrganismos vindos do exterior ficaria retida nas gotículas de água.

Os caldos assim tratados não desenvolveram microrganismos. Isso só aconteceu quando Pasteur quebrou o gargalo de alguns dos frascos, deixando os materiais orgânicos entrarem em contato direto com as partículas transportadas pelo ar.

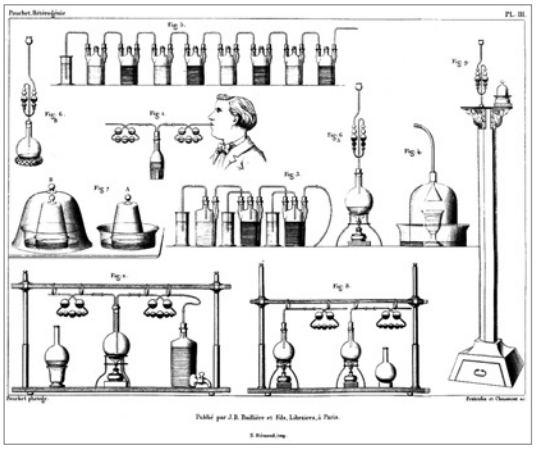
Esses resultados forneceram mais argumentos, fortalecendo a teoria da biogênese e desacreditando a ideia do princípio vital. Afinal, a matéria orgânica esterilizada e em contato com o ar era incapaz de gerar microrganismos espontaneamente.

CIÊNCIA TEM HISTÓRIA

OS TRABALHOS DE POUCHET E PASTEUR

Durante o século XIX, a forma como os primeiros seres vivos teriam surgido era considerada uma questão importante. Autores como o naturalista e biólogo francês Jean-Baptiste Lamarck (1744-1829) procuraram explicar a origem desses seres a partir de substâncias inorgânicas existentes no ambiente, sem a intervenção divina.

Em 1856, na França, o médico e naturalista Felix Archimède Pouchet (1800-1872) começou a publicar uma série de trabalhos em que apresentou os resultados de experimentos com organismos microscópicos, obtendo resultados favoráveis à geração espontânea deles. Em um desses experimentos, Pouchet colocou água fervida em um recipiente e fechou-o hermeticamente. Após a água esfriar, ele introduziu, no recipiente, oxigênio puro (produzido em laboratório) e feno, que havia sido aquecido em um forno à temperatura de 100 °C durante meia hora. Após uma semana, observou ao microscópio uma grande quantidade de seres vivos na mistura. Ele concluiu que esses seres haviam sido gerados espontaneamente.



Acervo Universidade de Ghent, Bélgica. Fotografia: ID/BR

Gravura de experimentos realizados por Felix Pouchet, presente em sua obra *Heterogênese ou tratado da geração espontânea* (Título original: Hétérogénie ou traité de la génération spontanée), publicada em 1859.

Pouchet apresentou os resultados de seus experimentos na Academia de Ciências de Paris, em uma época em que a ideia da geração espontânea estava enfraquecida, e a repercussão foi grande. Os procedimentos pareciam ter sido feitos com muito cuidado, e Pouchet era um cientista respeitado. Algumas das críticas aos experimentos afirmavam que os microrganismos observados poderiam ter vindo do ar, ou do próprio feno, apesar do aquecimento. Pouchet, então, repetiu os experimentos, e obteve os mesmos resultados.

Em 1859, após três anos de pesquisas, Pouchet publicou um livro sobre o assunto. Sua principal conclusão era que, quando houvesse água, ar e alguma substância orgânica em decomposição submetidos a aquecimento prolongado e sem entrada de ar exterior, "pequenos animais" surgiriam.

À época em que os trabalhos de Pouchet foram publicados, a origem da vida e das diferentes espécies de animais e vegetais não era um assunto científico, mas teológico. O tema também trazia implicações políticas, pois Igreja e Estado estavam associados. E, para a Igreja, a ideia de geração espontânea era considerada materialista e antibíblica.

Também em 1859, o lançamento da obra *A origem das espécies*, do naturalista inglês Charles Darwin (1809-1882), teve uma recepção bastante negativa na França. Apesar de não abordar a origem da vida, esse foi outro livro considerado materialista e antirreligioso. Entretanto, a repercussão da obra e os resultados obtidos nos experimentos de Pouchet levaram a Academia de Ciências de Paris a propor um prêmio de valor bastante alto à época (2 500 francos) para o melhor trabalho sobre o tema da origem da vida.

Foi nesse momento que Louis Pasteur (1822-1895), um jovem químico francês que estudava a cristalografia e a fermentação alcoólica, resolveu dedicar-se à questão. Na época, ele aceitava a intervenção de Deus na natureza, atacava o materialismo e era favorável ao governo monárquico vigente na França.

Pasteur fez vários experimentos utilizando água fervida com levedo de cerveja. Os resultados indicavam que, se os caldos não tivessem contato com o ar ambiente, não surgiriam microrganismos neles. Os microrganismos seriam introduzidos nos recipientes por germes, esporos ou ovos presentes no ar. Pasteur, porém, não fez uma análise microscópica da poeira, que pudesse indicar a presença daqueles organismos, também não repetiu os experimentos de Pouchet.

Com base em seus experimentos, Pasteur elaborou um trabalho com resultados contrários à geração espontânea para concorrer ao prêmio proposto pela Academia de Ciências de Paris. Pouchet, associado a dois colegas, também se inscreveu. Mas, ao perceber que a comissão designada pela Academia era totalmente contrária à ideia da geração espontânea, ele retirou seus trabalhos. Pasteur, candidato único, recebeu o prêmio em 1862.

Não escreva no livro.

Depois de ter submetido seu trabalho à Academia para concorrer ao prêmio, Pasteur fez outros experimentos. Preparou vários balões de vidro, enchendo-os com água de levedo de cerveja fervida e filtrada. Retirou o ar do interior dos balões e lacrou a abertura com a chama de um maçarico. Enquanto os balões permaneceram fechados, Pasteur percebeu que não surgiram microrganismos. Então, ele abriu esses balões em diferentes altitudes – a mais alta era 2 000 m – deixando o ar entrar; em seguida, lacrou-os novamente com a chama do maçarico. Após alguns dias, Pasteur observou os caldos ao microscópio e notou que, quanto maior a altitude, menor era a quantidade de microrganismos. Esses resultados ainda contrariavam a ideia da geração espontânea.

Museu Instituto Pasteur, Paris, França. Fotografia:BSIP/UIG/ Getty Images

Balões de vidro utilizados por Louis Pasteur em seus experimentos. Museu Pasteur, França. Foto de agosto de 2012.

> Em comunicação recentemente submetida à apreciação da Academia, demonstrei, por numerosas experiências [...], que é sempre possível obter, em determinado lugar, um volume significativo, mas limitado, de ar ordinário *que não tenha sofrido qualquer modificação física ou química* e que seja incapaz, porém, de provocar qualquer alteração em um líquido eminentemente putrescível. [...] Tenho a honra de entregar à Academia 73 balões, cada um com $\frac{1}{4}$ de litro de capacidade, preparados conforme relatei em minha comunicação de 3 de setembro; quer dizer, eles se encontravam inicialmente sem ar e preenchidos até sua terça parte com água de levedo de cerveja filtrada límpida. Como se sabe, a água de levedo de cerveja é um líquido que se altera fortemente, pois basta expô-la ao ar ordinário dois ou três dias para ver crescer nela pequenos infusórios ou mucedíneos [bolores] diversos.
>
> PASTEUR, L. Sequência de uma comunicação anterior referente às gerações ditas espontâneas. *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences de Paris*, v. 51, p. 675-678, 1860. Título original: Suite a une précédente communication relative aux generations dites spontanées. Tradução dos autores.

Para Pouchet e seus colegas, todos os balões utilizados por Pasteur deveriam ter se contaminado. Eles repetiram o experimento com água de feno fervida e filtrada em altitudes 1 000 m mais elevadas que aquelas em que Pasteur realizou seus trabalhos e observaram que os baloes haviam se contaminado.

Diante disso, propuseram que os experimentos fossem repetidos perante uma comissão nomeada pela Academia de Ciências. Pasteur concordou. No entanto, a comissão, que era contrária à ideia da geração espontânea, queria começar pelos experimentos de Pasteur, que corroboravam a posição da Academia. Apesar de não terem ficado satisfeitos com esse procedimento, já que os primeiros resultados poderiam influenciar a opinião pública, Pouchet e seus colegas concordaram em participar. Mas, quando a comissão resolveu permitir que Pasteur utilizasse seu material antigo, em vez de repetir os experimentos nas montanhas, eles se retiraram, protestando em nome da ciência. A Academia repetiu apenas alguns experimentos de Pasteur, obtendo os mesmos resultados, mas não tornou a fazer os experimentos de Pouchet. No entanto, o diretor do Museu de História Natural de Paris colocou um laboratório da instituição à disposição de Pouchet e de seus colaboradores, que reproduziram com sucesso seus experimentos, diante de testemunhas. A Academia de Ciências de Paris, contudo, ignorou esses resultados.

Sob o ponto de vista científico, os experimentos realizados por ambas as partes haviam sido bem concebidos e levavam a conclusões opostas. A ciência da época não tinha uma explicação para o que havia ocorrido. Assim, da perspectiva puramente científica, a questão estava em aberto. Percebe-se, portanto, que o que levou a Academia de Ciências de Paris a dar ganho de causa a Pasteur não foram evidências científicas geradas pelos experimentos, mas, sim, os interesses particulares da Academia.

Para discutir

1 **Imagine que você vivesse no século XIX, na França, à época em que Pouchet e Pasteur fizeram seus experimentos. Você tomaria partido de um deles? Justifique.** Veja resposta em *Respostas e comentários* no Manual do Professor.

2 **Você considera que os procedimentos adotados pela Academia de Ciências de Paris em relação ao assunto esclareceram a questão? Se não, sugira outros procedimentos e experimentos que poderiam ajudar a resolver a questão na época da controvérsia.**

3 **Anos depois, em 1876, descobriu-se que as infusões de feno permitem o crescimento de um esporo difícil de destruir pela fervura. Essa descoberta é relevante para resolver o impasse? Explique.**

2. Os procedimentos não ajudaram a esclarecer a questão. Para que isso ocorresse, seria necessário, ao menos, que todos os experimentos, tanto os de Pouchet quanto os de Pasteur, fossem replicados por outros cientistas, e os dados obtidos comparados com os dos experimentos originais.

3. Sim. Espera-se que os estudantes reconheçam que hoje se sabe que para tornar um fluido totalmente estéril, é preciso aquecê-lo sob pressão até uma temperatura de cerca de 160 °C e/ou submetê-lo a um ciclo de aquecimento e resfriamento (pasteurização). Nessa temperatura, os esporos não se desenvolvem, fato que corrobora as ideias de Pasteur.

TEORIAS SOBRE A ORIGEM DA VIDA NA TERRA

No final do século XIX, foram propostas novas teorias sobre a origem da vida. O médico e naturalista alemão Ernst Haeckel (1834-1919) acreditava na existência de um organismo ainda mais simples do que os unicelulares, constituído de matéria sem organização celular (protoplasma). Em 1866, ele chamou esses seres de moneras, termo cujo significado foi alterado ao longo do tempo.

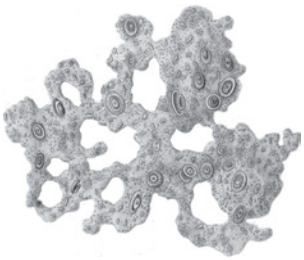
Nessa época, em que a biogênese já era amplamente aceita, Haeckel propôs que as substâncias constitutivas desse protoplasma poderiam se reunir e compor, após transformações químicas, formas primordiais de vida. Ele acreditava que esse processo não era tão raro a ponto de ter acontecido apenas no passado, mas que ainda acontecia no presente e continuaria a ocorrer no futuro.

A ideia da origem de seres vivos a partir de substâncias químicas simples, sem a intervenção de um princípio vital, estava lançada. Porém, ainda necessitava de alguma evidência. Haeckel afirmou que essas evidências não eram encontradas devido ao fato de, uma vez formados, os acelulares serem ingeridos por microrganismos celulares do mesmo ambiente. Em sua visão, o processo de nascimento dos moneras deveria ocorrer, então, em regiões isoladas, protegidas por longo período de tempo e distantes de seus predadores.

A descoberta dos moneras

O biólogo britânico Thomas Huxley (1825-1895) aceitou a teoria de Haeckel e procurou evidências que a apoiassem. Com o auxílio de microscópios, examinou amostras de lodo coletadas nas regiões abissais do oceano e conservadas em álcool havia alguns anos.

Em suas observações, Huxley afirmou ter encontrado massas de protoplasma que considerou serem os organismos descritos por Haeckel, designando-as pelo nome científico *Bathybius haeckelii*.



Em: Jenaische Zeitschrift für Medizin und Naturwissenschaft. Jenaische Journal of Medicine and Science. Band 5, 1870. Plate. Fac-símile: ID/BR

Representação de um precipitado inorgânico, confundido por Huxley com seres vivos primordiais. Posteriormente, John Murray comprovou o equívoco, mostrando que tais estruturas eram aglomerados de lodo.

Apesar da confirmação dessa descoberta pelo exame de outras amostras conservadas, restava ainda observar tais organismos frescos, recém-coletados. Assim, amostras de lodo submarino foram examinadas por vários naturalistas a bordo de navios oceanográficos, mas nenhum exemplar do *Bathybius* foi encontrado por eles.

Então, depois de analisar as amostras que supostamente continham o *Bathybius haeckelii*, o naturalista e oceanógrafo escocês-canadense John Murray (1841-1914) revelou que as massas protoplasmáticas eram, na verdade, um precipitado de natureza inorgânica produzido pela reação entre o lodo e o álcool.

Huxley acatou esses resultados e reconheceu seu erro de avaliação, mas Haeckel manteve sua teoria e continuou acreditando na existência dos moneras.

A história da descrição do *Bathybius* e sua posterior refutação é um bom exemplo de como o conhecimento científico é uma construção coletiva, formada pelo conjunto de trabalhos de vários cientistas. Essa construção não é necessariamente harmoniosa e cumulativa; ao contrário, muitas vezes é permeada de conflitos e rupturas.

Como será visto mais adiante, ainda neste capítulo, a suposição de que a matéria orgânica viva poderia provir de matéria inorgânica inerte seria retomada e desenvolvida no século XX por outros cientistas.

BIOLOGIA E LITERATURA

O livro *A guerra dos mundos* e o medo de uma invasão alienígena

O livro *A guerra dos mundos*, do escritor britânico H.G. Wells (1866-1946), foi publicado em 1898, no Reino Unido, e relata a invasão do planeta Terra por alienígenas marcianos. A obra é considerada um marco da ficção científica e ajudou a definir esse gênero literário.

Apesar das qualidades literárias da obra, foi uma adaptação dela para o rádio que a tornou uma das ficções científicas mais conhecidas do mundo.

Em 30 de outubro de 1938, às 20 horas, a rede de rádio estadunidense CBS interrompeu sua programação musical para noticiar a invasão da Terra por marcianos. A notícia extraordinária, na verdade, era o início da adaptação de *A guerra dos mundos* para o rádio, feita pelo ator, escritor e cineasta estadunidense Orson Welles (1915–1985). A grande sacada de Orson Welles foi adaptar a novela de Wells para o formato tradicional das transmissões radiofônicas da época, ambientando na zona rural de Nova Jersey a invasão marciana imaginada na Inglaterra do final do século XIX.

A dramatização tinha todas as características de um programa jornalístico da época: reportagens externas, entrevistas com testemunhas que estariam presenciando o fato, opiniões de peritos e autoridades, efeitos sonoros, gritos, explosões. Tudo para causar a impressão de que o acontecimento era real, com transmissão ao vivo.

O pânico tomou conta dos ouvintes, principalmente, de cidades próximas a Nova Jersey, com fuga em massa. No dia seguinte, a manchete do *New York Times* afirmava: "Ouvintes de rádio em pânico, tomando drama de guerra como fato".

1. **Livros e filmes de ficção científica muitas vezes utilizam descobertas da ciência para criar um cenário fictício e, em geral, são destinados ao entretenimento das pessoas. Por que a adaptação dessa obra para o rádio, na época, gerou desinformação na população?**
   Veja resposta em *Respostas e comentários* no Manual do Professor.
2. **Escolha uma descoberta científica e escreva uma história de ficção científica usando essa descoberta como pano de fundo.** Texto do estudante.

Não escreva no livro.

A TEORIA DA EVOLUÇÃO MOLECULAR DA VIDA

As teorias atualmente aceitas sobre o surgimento da vida na Terra consideram que moléculas orgânicas simples teriam sido sintetizadas na atmosfera primitiva do planeta e, então, acumuladas nos oceanos e em pequenos corpos d'água. Ali sofreriam novas reações e, gradativamente, estabeleceriam combinações entre si, formando moléculas mais complexas. Posteriormente, teriam adquirido certas propriedades existentes nos seres vivos, formando os chamados **sistemas protobiológicos** de moléculas.

O bioquímico russo Aleksandr Oparin (1894-1980) e o fisiologista inglês John Haldane (1892-1964) foram os primeiros cientistas a propor, de forma independente um do outro, as bases científicas dessa teoria.

Ambos consideraram que, nos primórdios de sua formação, a Terra era um oceano de rocha líquida à altíssima temperatura, sem gás oxigênio e agitado por erupções vulcânicas e terremotos.

Ocasionais solidificações de rochas eram cobertas por novos derramamentos de lava ou destruídas pelo impacto de meteoritos e asteroides. Estes bombardeavam constantemente a Terra, contribuindo para a constituição da massa do planeta e também fornecendo carbono e água, componentes essenciais para a vida.

Dada a elevada temperatura da superfície do planeta, a água estava constantemente sob a forma de vapor, que, atingindo as camadas superiores da atmosfera, se condensava e precipitava como chuva. Mas essa água líquida rapidamente evaporava e retornava às nuvens. Esse ciclo de evaporação e condensação provocou chuvas torrenciais por milhões de anos durante o período conhecido como **Éon Hadeano**, que se iniciou com a formação do planeta, há cerca de 4,5 bilhões de anos, e perdurou até aproximadamente 3,8 bilhões de anos atrás (imagem **A**).

No período geológico posterior, chamado **Éon Arqueano** (de 3,8 bilhões a 2,6 bilhões de anos atrás), a Terra foi resfriando, e uma crosta rochosa formou-se sobre a superfície incandescente de rochas fundidas (imagem **B**).

A partir de certo grau de resfriamento, a água líquida se acumulou nas depressões da crosta, dando origem a oceanos, lagos e outros corpos d'água.

Nessa época, a superfície do planeta era atingida por fortes descargas elétricas na forma de raios e por radiação ultravioleta de grande intensidade, que atravessava a atmosfera – não havia ainda a camada de ozônio.

Essas condições seriam potencialmente favoráveis ao surgimento de moléculas orgânicas, que teriam se formado a partir de compostos atmosféricos que continham carbono.

Sob tais condições, as moléculas reagiriam entre si, originando os primeiros compostos orgânicos, graças à energia fornecida pelas descargas elétricas e pela radiação ultravioleta do Sol.

Uma vez formados na atmosfera, esses primeiros componentes dos seres vivos seriam conduzidos pelas chuvas até a superfície, acumulando-se e dissolvendo-se nos cursos de água primitivos e formando uma mistura que é, por alguns cientistas, denominada **sopa** ou **caldo primordial**.

Richard Bizley/SPL/Fotoarena

B Christopher/Alamy/Fotoarena

Representações artísticas de paisagens terrestres durante os Éons Hadeano (**A**) e Arqueano (**B**). O astro presente no céu da imagem **A** representa a Lua em sua formação. Cores-fantasia.

AÇÃO E CIDADANIA

Divulgação científica

O século XIX foi um período de grande efervescência na comunidade científica. Mas, em qualquer época, é muito importante que o conhecimento científico se torne acessível não só a cientistas e pesquisadores, mas a toda a sociedade. Educar cientificamente a população é uma forma de contribuir para que todos tenham visibilidade do impacto da ciência em sua vida, e possam agir conscientemente sobre a realidade.

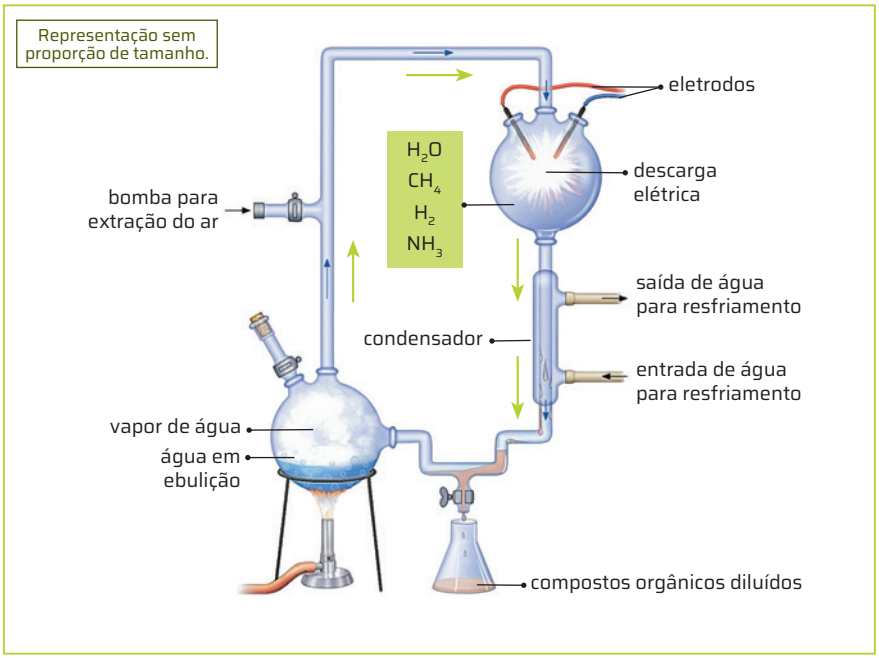
Nessa perspectiva, muitos pesquisadores e/ou comunicadores se dedicam à divulgação científica, ou seja, à democratização do acesso à ciência, apresentando as descobertas científicas à população leiga, de forma que possam ser, abertamente, debatidas e compreendidas.

1. **Faça uma pesquisa sobre as formas de divulgação científica praticadas nos séculos XIX e XX.**
   Veja resposta em *Respostas e comentários* no Manual do Professor.
2. **Eleja três pesquisadores, instituições de pesquisa ou fontes de divulgação científica que você recomendaria a um colega. Justifique a(s) indicação(ções).**
   Resposta variável. Espera-se que os estudantes utilizem argumentos que confiram credibilidade e confiabilidade às fontes citadas.

As moléculas primordiais

Parte da teoria da evolução molecular da vida foi submetida a teste experimental nos trabalhos dos cientistas estadunidenses Stanley Miller (1930-2007) e Harold Urey (1893-1981). Em 1953, eles construíram um aparelho com o objetivo de simular em laboratório as condições da Terra primitiva. Assim, poderiam verificar se seriam produzidas as moléculas orgânicas primordiais, que, segundo a teoria de Oparin e Haldane, formaram-se nos primeiros estágios da evolução química da vida.

Na época em que Miller e Urey desenvolveram seus experimentos, já se sabia, com base em análises de rochas, que a atmosfera primitiva da Terra não tinha gás oxigênio. Assim, o ar no interior do aparelho construído por Miller e Urey foi retirado e substituído por uma mistura de água (H_2O), gás metano (CH_4), gás hidrogênio (H_2) e amônia (NH_3), os gases predominantes na atmosfera primitiva, de acordo com a hipótese defendida por esses cientistas. Esses gases eram, então, submetidos a descargas elétricas de alta energia, simulando os raios que ocorriam em profusão durante as tempestades. Um frasco acoplado a uma fonte de calor fornecia vapor de água (imagem a seguir).



Reinaldo Vignati/ID/BR

Esquema que ilustra o experimento de Miller e Urey. As setas verdes indicam a circulação dos gases no interior do aparelho, que reproduziu o processo de síntese de moléculas orgânicas utilizando os gases supostamente presentes na atmosfera primitiva da Terra. Cores-fantasia.

Fonte de pesquisa: Raven, P. *et al. Biology*. 10. ed. New York: McGraw-Hill, 2014. p. 64.

Circulando pelo aparelho, os gases sofriam resfriamento e condensavam-se, gerando uma espécie de chuva artificial, retornando, no estado líquido, ao fundo do recipiente. Após uma semana de repetição desse ciclo, o líquido formado, de início transparente, tornava-se avermelhado. As análises mostraram que ele continha uma série de substâncias orgânicas, e as mais importantes eram os aminoácidos, constituintes básicos das proteínas e moléculas indispensáveis para a existência dos seres vivos.

De fato, foram produzidos mais de vinte tipos de substâncias orgânicas. Além dos aminoácidos alanina e glicina, surgiram o ácido fórmico, o ácido glicólico, o ácido lático, traços de ureia, dez ácidos orgânicos diversos e outras substâncias.

Os resultados dos experimentos de Miller e Urey foram recebidos com grande entusiasmo pela comunidade científica como um forte indício da validade da teoria da evolução molecular, já que era possível fabricar abiogenicamente (ou seja, sem a participação de matéria viva prévia) os componentes básicos de construção da vida. Posteriormente, outros cientistas obtiveram resultados semelhantes ao realizar experimentos com dados mais recentes sobre as condições da Terra primitiva e sobre a composição de sua atmosfera.

2. Moléculas orgânicas simples teriam sido sintetizadas na atmosfera primitiva da Terra e, então, acumuladas em pequenos corpos de água. Neles, teriam sofrido novas reações e, gradativamente, estabelecido combinações entre si, formando moléculas mais complexas. Posteriormente, teriam adquirido propriedades rudimentares existentes nos seres vivos, formando os chamados sistemas protobiológicos de moléculas.

ROTEIRO

2. Qual é a proposta da teoria da evolução molecular da vida?

Não escreva no livro.

A origem dos sistemas individualizados

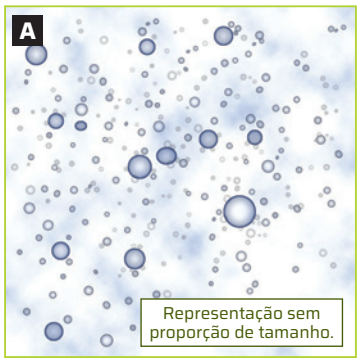
Até aqui, verificamos como podem ter surgido as substâncias químicas primordiais dos seres vivos, nas condições ambientais supostamente predominantes na Terra primitiva. Agora, estudaremos como os aglomerados de moléculas orgânicas poderiam ter adquirido duas propriedades biológicas fundamentais para serem considerados vivos: a individualidade e a capacidade de replicação, ou seja, de formar cópias de si mesmos.

A **individualidade** de um aglomerado de moléculas químicas é a capacidade de esse aglomerado manter uma identidade distinta em relação ao meio que o circunda. Tal distinção seria possível graças a uma membrana, assim como acontece nas células atuais. Essa membrana permitiria que a composição do meio interno fosse diferente da composição do meio externo. Mas ela também deveria permitir o fluxo de substâncias entre os meios, possibilitando, assim, a ocorrência de diversas reações químicas necessárias à manutenção da vida. Essas reações, chamadas em conjunto de **metabolismo**, individualizam o sistema biológico de seu meio circundante. Quanto menos sujeito às modificações das condições externas estiver esse sistema, mais ele estará individualizado. Em resumo, se a individualidade biológica for considerada uma propriedade fundamental dos seres vivos, a origem dos primeiros organismos estará relacionada com a aquisição de uma membrana e com a ocorrência de metabolismo.

Em uma série de experimentos realizados nas décadas de 1950 e 1960, o bioquímico estadunidense Sidney Fox (1912-1998) produziu em laboratório sistemas de moléculas que apresentavam essa individualidade. Ele obteve peptídios aquecendo misturas de aminoácidos e água a temperaturas relativamente altas. Esses peptídios se organizaram em estruturas esféricas, dotadas de relativa estabilidade, que Fox chamou de microsferas proteinoides (imagem **A**).

Em exames sob microscópio eletrônico com grande poder de aumento, Fox encontrou semelhanças entre as microsferas proteinoides e as células bacterianas simples. As microsferas também apresentavam barreiras seletivas que controlavam a entrada, a saída e o deslocamento de substâncias no meio interno. Fox observou, ainda, que elas podiam se dividir e formar brotos, de modo semelhante ao que acontece com as leveduras (fungos unicelulares). Muitas microsferas também se movimentavam, um tipo de comportamento celular.

Dessa maneira, as microsferas se mostraram uma importante peça do quebra-cabeça que é a teoria sobre o surgimento e a evolução molecular da vida.



Marcos Aurélio/ID/BR

Ilustração esquemática de microsferas proteinoides produzidas por Sidney Fox. Cores-fantasia.

CIÊNCIA SE DISCUTE

Teoria da panspermia

As modernas teorias sobre a origem da vida consideram que todos os passos da evolução química da vida ocorreram exclusivamente na Terra. Contudo, é possível que todo o processo tenha acontecido em um ambiente extraterrestre ou que parte dele tenha se iniciado fora da Terra e depois se completado nas fases primordiais da formação do planeta. Essa teoria, chamada panspermia (do grego *pan*, "todo", e *sperma*, "semente"), considera que a vida estaria dispersa por todo o cosmo na forma de sementes capazes de gerar a vida. A chegada de algumas delas à Terra explicaria a origem da vida no planeta.

Essa teoria, existente desde a Antiguidade, foi apresentada nos tempos modernos sob muitas versões. Em 1865, o médico e botânico alemão Hermann Richter (1808-1876) sugeriu que os germes de vida poderiam ter chegado à Terra no interior de meteoritos, protegidos das bruscas mudanças de temperatura e das radiações letais existentes no espaço.

Em 1908, o químico sueco Svante Arrhenius (1859-1927) propôs que esporos bacterianos resistentes teriam atingido a Terra, sobrevivendo às condições extremas de radiação e de variação de temperatura no espaço. Uma das objeções à sua hipótese afirmava que tais radiações destruiriam qualquer forma de vida conhecida. Apesar dessa objeção, recentemente a hipótese foi renovada, tornando-se objeto de intensa pesquisa científica. O matemático e astrônomo britânico Fred Hoyle (1915-2001) e o astrobiólogo cingalês Nalin Chandra Wickramasinghe (1939-) defenderam uma nova panspermia, segundo a qual os requisitos básicos para a existência da vida se encontrariam em nuvens moleculares de gás existentes no espaço.

1. Elabore uma crítica às teorias propostas por Richter e Arrhenius que não tenha sido apresentada no texto acima.

Resposta pessoal. Uma crítica possível seria a de que propor que os seres vivos na Terra surgiram de organismos vivos de origem extraterrestre apenas transfere o problema de lugar, uma vez que essas teorias não explicam como teriam surgido esses organismos extraterrestres.

Paula Radi/ID/BR

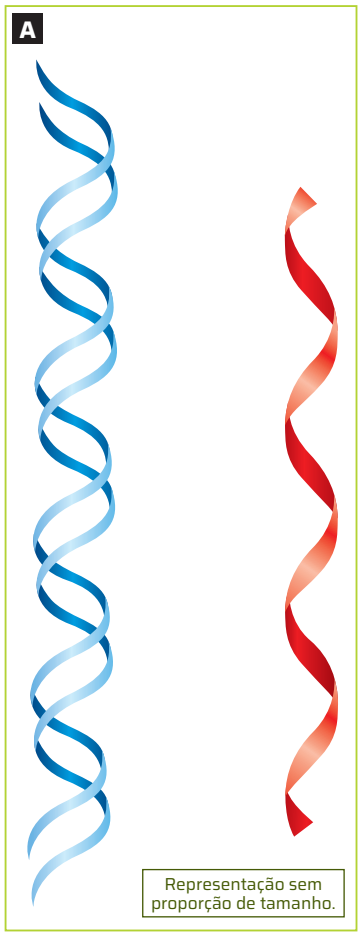


Ilustração esquemática de moléculas de DNA (em azul) e de RNA (em vermelho). Cores-fantasia.

Fonte de pesquisa: Tortora, G.; Funke, B. R.; Case, C. L. *Microbiologia*. 10. ed. Porto Alegre: Artmed, 2012. p. 289.

A origem das moléculas informacionais e replicantes

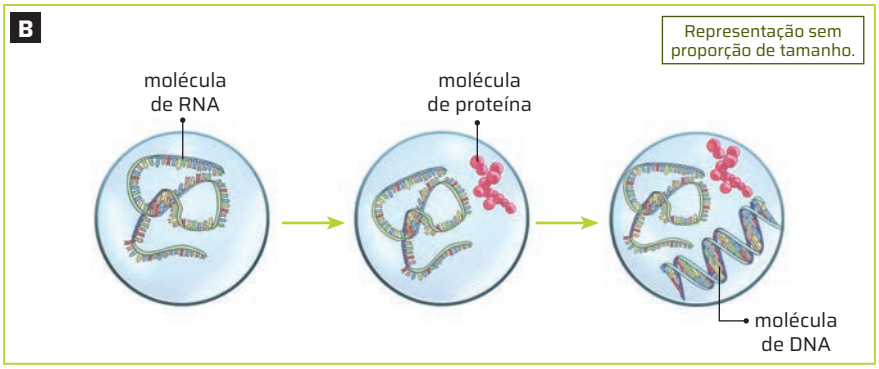
Assim como a presença de uma estrutura celular, a **capacidade reprodutiva** é uma característica quase universal dos seres vivos. Podemos observar a reprodução tanto na multiplicação dos organismos como na replicação dos ácidos nucleicos (DNA e RNA). Essa multiplicação está intimamente associada a duas outras propriedades: o armazenamento de informação biológica e a transmissão hereditária dessas informações de uma geração para outra. A capacidade de armazenar informações, na forma de um código, permite a síntese de proteínas. A capacidade de se autorreplicar permite sua transmissão à geração seguinte.

Os primeiros seres, portanto, seriam agregados ou sistemas de moléculas replicantes, como os atuais ácidos nucleicos (imagem **A**). Com essas moléculas, a vida não apenas teria início, mas, também, continuaria a existir e a evoluir. Assim, com base nessa hipótese, os cientistas passaram a investigar quais seriam os mais simples tipos de molécula capazes de armazenar informação biológica e de se replicar.

As células atuais realizam esses processos utilizando ácidos nucleicos e enzimas. O processo pode ser descrito como um ciclo: os ácidos nucleicos codificam a síntese de proteínas e, entre elas, estão enzimas que atuam na duplicação dos próprios ácidos nucleicos. Mas, se a vida só teve início com o aparecimento das moléculas informacionais e replicantes, cabe a pergunta: o que teria aparecido primeiro, os ácidos nucleicos ou as enzimas?

A tarefa principal para responder à pergunta foi identificar uma molécula que teria sido capaz de acumular as funções enzimáticas, de armazenamento de informações e de hereditariedade. Ela poderia ter constituído os primeiros seres vivos, muito mais simples do que os conhecidos hoje, e depois, com sucessivas modificações, desenvolvido estruturas cada vez mais complexas.

No final dos anos 1980, mostrou-se experimentalmente que moléculas de RNA poderiam se replicar sem a participação de enzimas. Surgiu, então, a hipótese de um "**mundo de RNA**", no qual essas moléculas seriam intermediárias entre as substâncias inorgânicas e os primeiros seres vivos (imagem **B**), pois seriam capazes de se multiplicar e de transferir informação biológica.



Studio Caparroz/ID/BR

Representação da hipótese do "mundo de RNA". Ela pressupõe que as moléculas de RNA surgiram antes das moléculas de DNA. Com base no RNA, outras moléculas teriam surgido, tais como o próprio DNA e as proteínas. Cores-fantasia.

De acordo com essa hipótese, o próprio RNA deveria se formar abiogenicamente nas condições primitivas. Entretanto, em experimentos que identificam moléculas formadas em condições similares às da Terra primitiva, a produção de ribose, um componente do RNA, é rara e insuficiente para sustentar essa ideia. Pesquisadores continuam procurando por outras moléculas com essa capacidade.

Pode-se dizer que atualmente vivemos em um "**mundo de DNA**", pois a maioria dos seres vivos – e também a maioria dos vírus – usa essa molécula para armazenar e transmitir informação genética de uma geração para outra. Alguns vírus não têm moléculas de DNA; o HIV, causador da aids, carrega sua informação genética em uma fita única de RNA, além de uma enzima que transcreve RNA em DNA. Assim, com base em uma visão genética da vida, o sistema biológico mais fundamental é formado pela interação entre DNA, RNA e enzimas.

Não escreva no livro.

EVOLUÇÃO DO METABOLISMO ENERGÉTICO

A energia de que todos os organismos precisam para viver provém da degradação metabólica, ou quebra, do alimento em moléculas mais simples e de tamanho reduzido. A energia liberada nessa quebra é utilizada pelas células. Nos seres vivos atuais, esse processo de obtenção de energia pode ocorrer de diferentes modos. Mas como esse fenômeno teria ocorrido nos primeiros seres vivos?

A hipótese heterotrófica

Segundo essa hipótese, os primeiros seres vivos teriam surgido em corpos d'água repletos de moléculas orgânicas. Tais moléculas serviriam de alimento a esses organismos primordiais. A obtenção de energia seria feita por um sistema simples, sem utilizar o gás oxigênio, já que ele não existia ou estava presente em pouquíssima quantidade nos ambientes da Terra primitiva. Assim, esses primeiros organismos teriam sido heterótrofos **anaeróbios** (do grego *a*, prefixo de negação, *aeros*, "ar", e *bios*, "vida"). Muitos organismos atuais obtêm energia da glicose por um processo chamado **fermentação**, que é realizado sem a necessidade de gás oxigênio (imagem **A**). A equação abaixo representa a fermentação alcoólica, um dos tipos desse processo.

Steve Gschmeissner/SPL/Fotoarena

Leveduras, fungos unicelulares heterótrofos que realizam fermentação e respiração aeróbia. Foto ao microscópio eletrônico de varredura; imagem colorizada; aumento de cerca de 2 200 vezes.

$$C_6H_{12}O_6 \rightarrow 2\ C_2H_5OH\ (\text{álcool etílico}) + 2\ CO_2\ (\text{gás carbônico}) + \text{energia}$$

Há evidências de que os primeiros organismos vivos realizavam um processo semelhante, porém mais simplificado. Esses organismos se reproduziram, e suas populações começaram a crescer, aumentando o consumo das moléculas nutritivas presentes nos corpos d'água primitivos. Com o tempo, essas moléculas, utilizadas como alimento, devem ter se tornado cada vez mais escassas. Isso pode ter ocorrido também devido a uma progressiva queda na produção das moléculas nutritivas, em razão das mudanças nas condições do clima e da atmosfera terrestres.

Como acontece com as populações de seres vivos atuais, a escassez de alimento pode ter provocado uma competição. Supondo que apenas os organismos mais eficientes tenham sobrevivido, isso levou a uma seleção do metabolismo energético, que acabou parecido com o de uma célula heterótrofa atual. Entretanto, considerando esse cenário, essas células heterótrofas mais complexas e eficientes também devem ter enfrentado escassez de alimento.

Ao longo do tempo, diversos processos metabólicos teriam surgido. Alguns deles, provavelmente, possibilitavam que as células utilizassem a luz do sol como fonte de energia extra. Essa teria sido a origem dos primeiros organismos **autótrofos**, que sintetizavam moléculas nutritivas a partir de outros compostos pela fotossíntese. A equação abaixo resume as diversas reações que compõem a fotossíntese atualmente. Nem todas essas reações surgiram ao mesmo tempo. É provável que os primeiros seres fotossintetizantes usassem sulfeto de hidrogênio (H_2S) em vez de água.

$$6\ CO_2\ (\text{gás carbônico}) + 12\ H_2O\ (\text{água}) \xrightarrow{\text{luz}}$$
$$\rightarrow C_6H_{12}O_6\ (\text{glicose}) + 6\ O_2\ (\text{gás oxigênio}) + 6\ H_2O\ (\text{água})$$

Os autótrofos primitivos passaram a ser, então, a nova fonte de nutrientes, agora de origem biótica, para os heterótrofos. O metabolismo que inclui a fotossíntese é bem mais complexo do que o heterotrófico e tem como subproduto o gás oxigênio – assim, a quantidade desse gás na atmosfera primitiva foi aumentando gradativamente. O acúmulo de gás oxigênio (O_2) deu origem à camada de ozônio (O_3), que reduziu a quantidade de radiação ultravioleta que atingia a superfície do planeta.

3. Organismos autótrofos são aqueles que conseguem sintetizar o próprio alimento a partir de materiais inorgânicos, como gás carbônico e água. Já os heterótrofos não têm essa capacidade e se alimentam de materiais orgânicos disponíveis no meio.

ROTEIRO

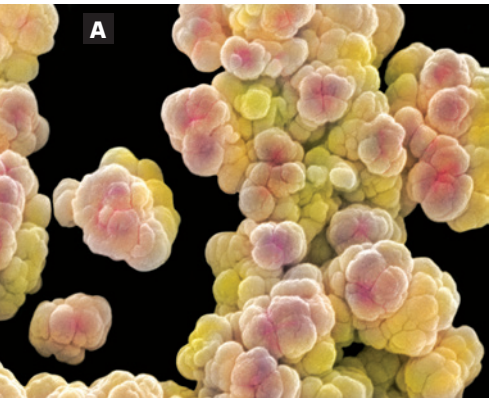
3. Diferencie organismos autótrofos de organismos heterótrofos.

Respiração aeróbia

O gás oxigênio, tóxico para organismos exclusivamente anaeróbios, teria causado a extinção de grande parte dos seres vivos da época. A presença desse gás também estaria relacionada ao estabelecimento de um novo processo de metabolismo energético: a **respiração aeróbia**, muito mais eficaz, em termos de obtenção de energia, do que a fermentação.

A equação da respiração aeróbia, também chamada de respiração celular, é:

$$C_6H_{12}O_6 \text{ (glicose)} + 6\ O_2 \text{ (gás oxigênio)} \rightarrow$$
$$\rightarrow 6\ CO_2 \text{ (gás carbônico)} + 6\ H_2O \text{ (água)} + \text{energia}$$



Power and Syred/SPL/Fotoarena

Colônia de arqueas produtoras de metano. Foto ao microscópio eletrônico de varredura; imagem colorizada; aumento de cerca de 6 300 vezes.

O surgimento da fotossíntese teria sido fundamental para o estabelecimento da atmosfera terrestre em sua composição atual, ainda que em um processo de centenas de milhões de anos. Esse processo é um bom exemplo de como a ação dos seres vivos pode modificar as condições ambientais do planeta.

A hipótese autotrófica

De acordo com essa hipótese, os primeiros seres vivos foram capazes de produzir as moléculas utilizadas em sua alimentação. A energia teria sido obtida mediante um tipo de metabolismo autotrófico chamado **quimiossíntese**. Nesse processo, a energia para a produção de alimento provém de reações químicas, e não da luz, como ocorre na fotossíntese.

Atualmente, há organismos procariontes que realizam esse processo utilizando substâncias inorgânicas como a amônia (NH_3), o sulfeto de hidrogênio (H_2S), os íons de ferro(II) (Fe^{2+}) e o monóxido de carbono (CO), entre outras.

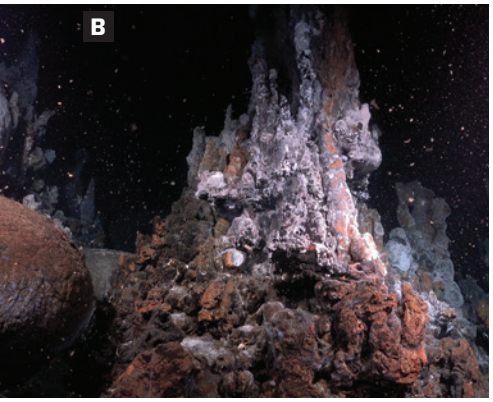
Certas arqueas (imagem **A**) obtêm energia com a seguinte reação:

$$4\ H_2 \text{ (gás hidrogênio)} + CO_2 \text{ (gás carbônico)} \rightarrow$$
$$\rightarrow CH_4 \text{ (metano)} + 2\ H_2O \text{ (água)} + \text{energia}$$

Repare que esses organismos não utilizam nem gás oxigênio nem luz para conseguir energia. Já a obtenção de energia por certos tipos de bactéria pode ser resumida da seguinte forma:

$$FeS \text{ (sulfeto de ferro(II))} + H_2S \text{ (sulfeto de hidrogênio)} \rightarrow$$
$$\rightarrow FeS_2 \text{ (dissulfeto de ferro)} + H_2 \text{ (gás hidrogênio)} + \text{energia}$$

Representação sem proporção de tamanho.



Handout/Schmidt Ocean Institute/AFP

Fontes termais em águas profundas do arquipélago de Galápagos. Foto de 2023.

Ainda de acordo com a hipótese autotrófica, os primeiros seres vivos seriam semelhantes às bactérias que utilizam esse segundo tipo de reação como fonte de energia para a vida. As duas substâncias reagentes teriam sido, então, compostos de ferro e de enxofre, provavelmente abundantes durante o período em que a vida deve ter surgido na Terra.

As arqueas são organismos unicelulares que podem realizar as duas reações acima, como fonte de energia para a síntese de compostos orgânicos. Elas vivem atualmente em diversos ambientes, incluindo alguns com características semelhantes às dos primeiros períodos geológicos, como regiões de temperaturas elevadas próximas a fissuras na crosta terrestre no fundo dos oceanos. Tais fissuras, denominadas **fontes** ou **chaminés termais**, liberam gases quentes e sulfurosos e abrigam uma rica comunidade de organismos, formando um complexo ecossistema com total ausência de luz e de gás oxigênio (imagem **B**).

Assim, segundo a hipótese autotrófica, os primeiros organismos obteriam energia utilizando exclusivamente compostos inorgânicos. Posteriormente, isso teria permitido o aparecimento de outros organismos, como os fermentadores, os fotossintetizantes e, finalmente, os que realizam a respiração aeróbia.

Não escreva no livro.

A ORIGEM DAS CÉLULAS, DA MULTICELULARIDADE E DA DIVERSIDADE CELULAR

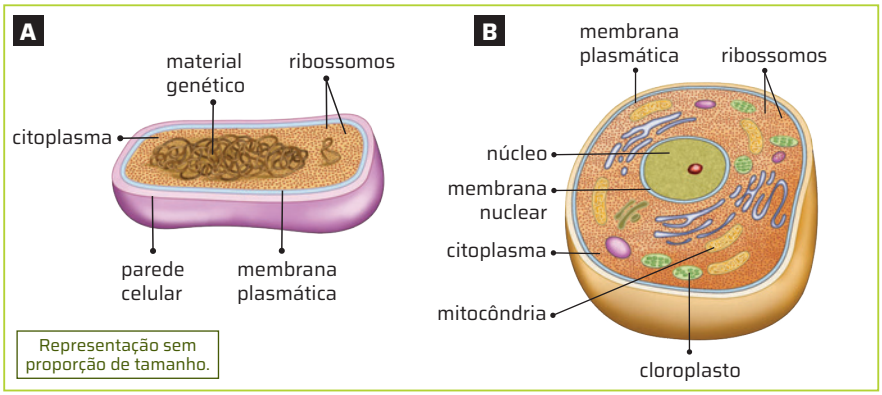
O surgimento das primeiras células está relacionado a processos que foram estudados em seções anteriores deste capítulo: individualidade, armazenamento de informação biológica, replicação e obtenção de energia.

Hoje, existem dois tipos básicos de célula: as **procariontes** e as **eucariontes**. Nas procariontes, o material genético não está contido no interior de um núcleo. Apenas as células eucariontes têm núcleo, um compartimento membranoso, com o material genético, além de uma série de organelas membranosas. Apesar das diferenças, esses tipos de célula apresentam algumas estruturas em comum, como os ribossomos.

A estrutura interna das células procariontes é comparativamente mais simples quanto à organização do citoplasma (imagem **A**). As células eucariontes, por sua vez, têm membranas e unidades internas na forma de compartimentos com funções específicas, as organelas e o núcleo (imagem **B**). Por exemplo, no citoplasma dessas células existem mitocôndrias – organelas responsáveis pela respiração celular – e pode haver também cloroplastos – organelas responsáveis pela fotossíntese –, além de outras organelas com funções específicas. As células procariontes não apresentam tais estruturas e, assim, de maneira geral, suas funções biológicas são realizadas pelo citoplasma e por membranas, e não por compartimentos internos especializados. Também há grandes diferenças na estrutura do material genético desses dois tipos de célula.

DE OLHO NO CONCEITO

Ribossomo
Aglomerado formado por proteínas e RNA que atua na síntese de proteínas.



Ilustrações: Paulo Cesar Pereira/ID/BR

Esquema simplificado de célula procariontе (**A**) e de célula eucariontе (**B**) e suas estruturas internas. Cores-fantasia.

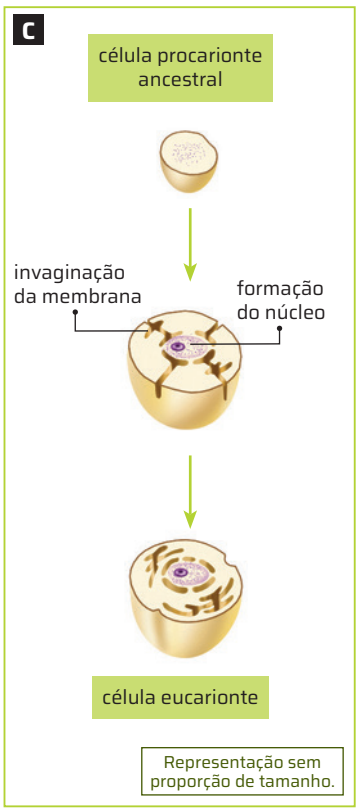
Fonte de pesquisa: Tortora, G.; Funke, B. R.; Case, C. L. *Microbiologia*. 10. ed. Porto Alegre: Artmed, 2012. p. 80 e 99.

De acordo com teorias aceitas atualmente, as primeiras células existentes tinham uma estrutura e um metabolismo semelhantes aos de uma célula procariontе. Bactérias e arqueas são exemplos de organismos procariontes atuais.

A origem das células eucariontes

Segundo muitos biólogos, as células eucariontes se originaram há cerca de 1,5 bilhão de anos a partir de células procariontes que sofreram dobras na membrana por meio de invaginações, ou dobras para dentro. Essas dobras teriam originado algumas organelas membranosas, além de separar o material genético do citoplasma mediante a formação de um **envoltório nuclear** (imagem **C**).

Sabe-se que muitos processos metabólicos ocorrem na superfície das membranas celulares. Assim, o aumento na superfície de membrana disponível para o metabolismo seria vantajoso, pois permitiria o aumento do tamanho e a complexidade da célula, com a criação de regiões celulares especializadas em cada etapa do metabolismo. Esse teria sido o mais profundo e importante evento da história evolutiva dos seres vivos.

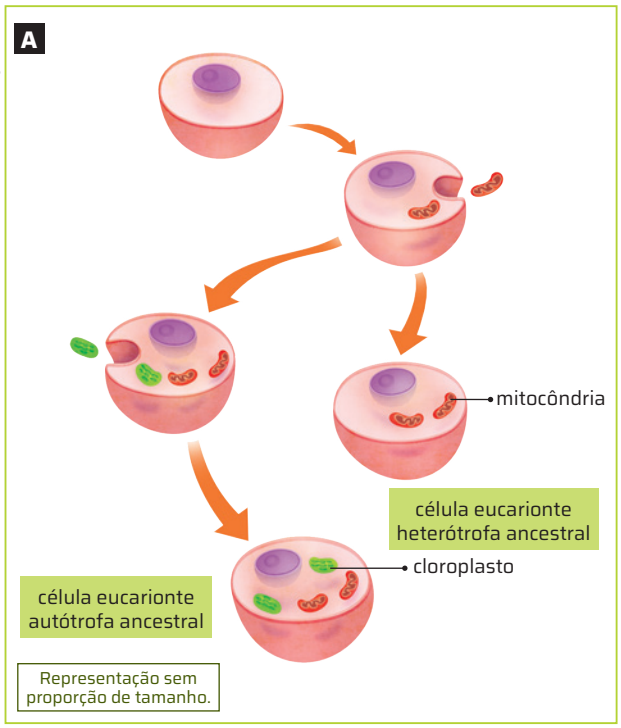


Luis Moura/ID/BR

Representação da evolução de células eucariontes a partir de células procariontes ancestrais. Observe as invaginações da membrana plasmática, resultando na formação de uma rede de canais internos e na dupla membrana que envolve o núcleo. Cores-fantasia.

Fonte de pesquisa: Reece, J. B. *et al*. *Biologia de Campbell*. 10. ed. Porto Alegre: Artmed, 2015. p. 110.

Fabio Eugenio/ID/BR



Esquema da endossimbiose de bactérias aeróbias, que podem ter originado as mitocôndrias, e de bactérias fotossintetizantes, que podem ter dado origem aos cloroplastos. Cores-fantasia.

Fonte de pesquisa: Reece, J. B. *et al. Biologia de Campbell*. 10. ed. Porto Alegre: Artmed, 2015. A 529.

A teoria endossimbiótica

A teoria endossimbiótica procura explicar a origem de mitocôndrias e cloroplastos nas células eucariontes.

Segundo essa teoria, células que inicialmente utilizavam bactérias como alimento, englobando-as por um processo de ingestão celular, passaram a não digerir algumas delas, mantendo-as como parte da própria célula. Tais bactérias tornaram-se, assim, **endossimbiontes**, nome dado aos organismos que vivem no interior de outro em uma relação vantajosa para ambos.

Primeiro, deve ter ocorrido endossimbiose com bactérias capazes de utilizar gás oxigênio e, com isso, a célula hospedeira, inicialmente anaeróbia, passou a realizar respiração aeróbia, aumentando a eficiência de seu metabolismo energético. As vantagens para a bactéria englobada seriam a proteção e a obtenção de nutrientes. Com isso, essas bactérias teriam se transformado, ao longo da evolução, nas atuais mitocôndrias (imagem **A**).

Posteriormente, um processo semelhante teria ocorrido com a ingestão de cianobactérias, capazes de realizar a fotossíntese. A célula hospedeira teria, então, incorporado um processo de síntese de moléculas orgânicas energéticas, provendo à cianobactéria proteção e substâncias necessárias a seu metabolismo fotossintético. Assim, teriam surgido os atuais cloroplastos.

Entre as evidências a favor dessa teoria estão o fato de as mitocôndrias e os cloroplastos atuais serem revestidos por membranas lipoproteicas duplas: a membrana externa dessas organelas seria derivada da membrana celular que forma a vesícula de fagocitose durante o processo de englobamento. Além disso, essas organelas possuem material genético e ribossomos próprios, sendo capazes de replicação e síntese de proteínas. Outra evidência é a sobrevivência de cloroplastos de certas algas marinhas dentro de animais (como alguns moluscos), mantendo sua estrutura e função fotossintetizantes.

A microbiologista estadunidense Lynn Margulis (1938--2011), que propôs a teoria endossimbiótica em 1967, considerava que o núcleo celular seria o produto da endossimbiose com uma arquea. Entretanto, a hipótese mais aceita atualmente pelos cientistas propõe que o núcleo teria sido formado por invaginações da membrana plasmática e que sua formação teria sido posterior ao surgimento da mitocôndria.

PARA EXPLORAR

Acesse

Uma justa homenagem a Lynn Margulis, autora da teoria da endossimbiose

Na coluna *Sustentáculos*, da *Rádio USP*, o professor José Eli da Veiga e o jornalista Antonio Carlos Quinto destacam a importância e a persistência da bióloga Lynn Margulis.

Disponível em: https://jornal.usp.br/radio-usp/uma-justa-homenagem-a-lynn-margulis-autora-da-teoria-da-endossimbiose/. Acesso em: 11 set. 2024.

4. Segundo essa teoria, células que inicialmente utilizavam bactérias como alimento, englobando-as por um processo de ingestão celular, passaram a não digerir algumas delas, mantendo-as como parte da própria célula.

ROTEIRO

4. Explique a proposta da teoria endossimbiótica.

A origem dos organismos multicelulares

A multicelularidade está ligada ao aumento do tamanho corporal, à especialização celular e à divisão de trabalho entre as células – características que podem favorecer a sobrevivência.

É provável que a multicelularidade tenha surgido quando organismos unicelulares resultantes de divisões sucessivas de uma célula permaneceram unidos, dividindo o trabalho e tornando-se cada vez mais incapazes de viver isoladamente. Ao longo do tempo, alguns dos componentes desse grupo podem ter assumido tarefas diferentes, formando um grande organismo coletivo cada vez mais organizado.

Existem evidências de que esse processo tenha ocorrido mais de uma vez na história da vida: a multicelularidade surgiu, de maneira independente, nos animais, em diversos grupos de plantas, em fungos e em outros seres. Certos microrganismos unicelulares atuais podem se associar sob certas circunstâncias, formando agregados multicelulares, chamados de colônias.

Não escreva no livro.

Astrobiologia

A astrobiologia, um ramo relativamente novo da Biologia, estuda cientificamente a possibilidade da existência e da manutenção de vida fora da Terra. Ao contrário da ufologia, a astrobiologia é considerada uma ciência e utiliza diversos métodos criteriosos de investigação, como a análise de radiações emitidas por astros distantes e o estudo de cometas, de fragmentos de meteoritos e de amostras de rochas coletadas por sondas espaciais. Nesta atividade, você e os colegas vão atuar como astrobiólogos buscando respostas para a pergunta: qual a possibilidade da presença de vida fora da Terra?

Como fazer

1. Organizem-se em grupos de quatro estudantes. Cada grupo vai representar uma equipe de astrobiólogos que analisará dados obtidos ao longo de um período de pesquisas.
2. Quando buscam vida em outros astros, os cientistas verificam características como temperatura, presença de atmosfera ou indícios de água nesses corpos celestes. O quadro abaixo apresenta alguns dados referentes a três astros do Sistema Solar.

Nome do astro	Mercúrio	Marte	Titã
Localização	Planeta mais próximo do Sol.	Quarto planeta mais próximo do Sol.	Satélite do planeta Saturno, o sexto planeta mais próximo do Sol.
Temperatura	−180 °C à noite e 430 °C durante o dia.	−125 °C nos polos e 25 °C na linha do Equador.	−180 °C.
Atmosfera	Praticamente ausente.	Presente. Contém pouco gás oxigênio e muito gás carbônico. Existem indícios de cristais de gelo e de outros gases, como nitrogênio.	Presente. Contém gás nitrogênio e metano e é semelhante à atmosfera da Terra primitiva. O satélite recebe radiação ultravioleta.
Superfície	O planeta recebe o impacto de muitos meteoros e sua superfície é marcada por crateras.	Apresenta vales, montanhas e vulcões extintos, além de calotas polares formadas por gelo. Recentemente, foi detectada a existência de água em estado líquido.	A superfície está sujeita à erosão, a ventos e à atividade vulcânica. É provável que existam rios e lagos de metano líquido, o qual se evapora e volta a se precipitar. Apresenta rochas e água no estado sólido.

Fonte de pesquisa: Rees, M. (ed.). *Universe*: the definitive visual guide. London: Dorling Kindersley, 2005.

3. Discutam as questões a seguir. Se necessário, busquem mais informações em livros ou na internet.
   a) Quais características de cada um desses astros possibilitariam a presença de vida?
   Veja resposta em *Respostas e comentários* no Manual do Professor.
   b) Caso seu grupo de pesquisa fosse convidado a escolher um astro para estudá-lo melhor, qual deles escolheria? Por quê? Respostas variáveis. Muitos grupos podem escolher Marte ou Titã. O importante, nesse caso, é analisar os argumentos que sustentam a escolha de cada um.
4. Cada grupo deve apresentar suas conclusões ao restante da turma. Vocês podem fazer uma apresentação oral acompanhada de um cartaz, ou de recursos multimídia, por exemplo. É importante mencionar as fontes de consulta utilizadas. Caso usem a internet, é preciso indicar os *sites* e as datas de acesso e explicar por que vocês os consideram confiáveis.

Para concluir

1 **Todos os grupos apresentaram a mesma conclusão?** Veja resposta em *Respostas e comentários* no Manual do Professor.

2 **Por que características como temperatura, presença de atmosfera ou de água líquida são apontadas como importantes para a existência de vida? A presença de gás oxigênio também deveria ser incluída nesse grupo de características? Justifiquem a resposta.**
Veja resposta em *Respostas e comentários* no Manual do Professor.

ATIVIDADES

4. a) O Evento 1 marca a presença de vestígios dos seres vivos mais antigos. Esses primeiros organismos não utilizavam nem produziam gás oxigênio em seu metabolismo.

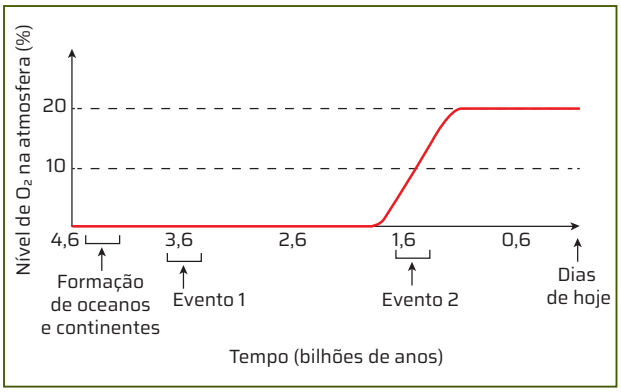
11. a) Van Helmont defendia a geração espontânea, pois acreditava que a matéria orgânica presente no trigo poderia gerar outros seres vivos.

1 A história da ciência está repleta de casos em que descobertas e teorias, muitas vezes recebidas com entusiasmo pela comunidade científica, são posteriormente refutadas – como ocorreu com a descoberta do *Bathybius haeckelii*. Em sua opinião, isso revela uma fragilidade do processo de construção do conhecimento científico? Justifique.
Veja resposta em *Respostas e comentários* no Manual do Professor.

2 Se a teoria da pré-formação apresentada na unidade 3 fosse atualmente sustentada por novos dados experimentais, ela poderia ser utilizada para negar que tenha ocorrido uma evolução molecular ou química da vida? Justifique sua resposta e argumente contrária ou favoravelmente à sustentação científica da pré-formação.
Veja resposta em *Respostas e comentários* no Manual do Professor.

3 Sob a orientação do(a) professor(a), realize uma pesquisa em livros ou *sites* sobre a radiação ultravioleta e responda: Por que a origem do ozônio foi fundamental para a diversificação dos seres vivos na Terra?
Veja resposta em *Respostas e comentários* no Manual do Professor.

4 O gráfico mostra as supostas variações na proporção relativa do gás oxigênio presente na atmosfera terrestre, desde a origem do planeta até os dias atuais. Com base nas informações do gráfico e no que se sabe da origem e evolução dos primeiros seres vivos, responda:



ID/BR

a) O que pode ter sido o Evento 1, assinalado no gráfico? Por que esse evento não modificou a disponibilidade de gás oxigênio na atmosfera?

b) E o que pode ter sido o Evento 2? Por que esse evento modificou a disponibilidade de gás oxigênio na atmosfera?

c) Como a maior disponibilidade de gás oxigênio atmosférico impactou a evolução dos seres vivos?
Veja resposta em *Respostas e comentários* no Manual do Professor.

5 Sabe-se que, nas fontes termais submarinas, vive uma rica fauna. Qual é a fonte de energia que sustenta as comunidades encontradas nesses locais?
Veja resposta em *Respostas e comentários* no Manual do Professor.

6 No século XVII, Francesco Redi realizou um experimento usando três recipientes contendo pedaços de carne. Um dos recipientes foi tampado e o outro, coberto com gaze. O terceiro foi deixado aberto. Dias depois, Redi notou a presença de larvas de moscas apenas no recipiente aberto.

a) Os resultados obtidos por Redi abalaram a crença na teoria da geração espontânea. Que resultados seriam esperados se essa teoria estivesse correta? As larvas teriam surgido nos frascos fechados também.

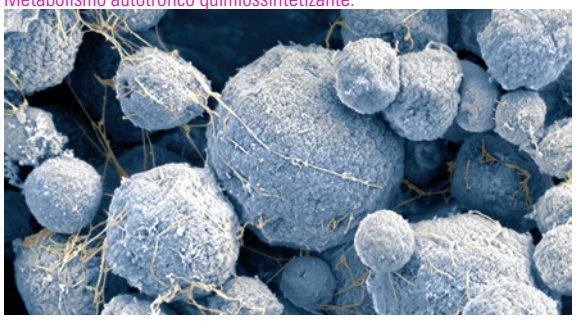
b) Imagine que, ao repetir esse experimento, você observasse larvas de moscas também nos frascos fechados. Você concluiria que as larvas surgiram espontaneamente? Que outra hipótese você formularia para explicar esse resultado?
Veja resposta em *Respostas e comentários* no Manual do Professor.

7 Por que os resultados dos experimentos de Miller e os de Fox podem ser reunidos de modo a sustentar experimentalmente a teoria da evolução molecular da vida? Veja resposta em *Respostas e comentários* no Manual do Professor.

8 A teoria da panspermia é completamente contrária à teoria da evolução química da vida? Explique.
Veja resposta em *Respostas e comentários* no Manual do Professor.

9 Compare as hipóteses autotrófica e heterotrófica para a origem dos metabolismos energéticos.
Veja resposta em *Respostas e comentários* no Manual do Professor.

10 A micrografia de varredura a seguir mostra arqueas da espécie *Methanosarcina mazei*, seres anaeróbios encontrados em locais com pouco ou nenhum oxigênio, como sedimentos de lagos, lixeiras, e também no intestino de alguns mamíferos e insetos. Essas arqueas digerem matéria orgânica e produzem metano, podendo sobreviver em condições que seriam mortais para a maioria das outras formas de vida. Qual é o tipo de metabolismo desses organismos?
Metabolismo autotrófico quimiossintetizante.


Eye of Science/SPL/Fotoarena

Arqueas anaeróbias. Foto ao microscópio eletrônico de varredura; imagem colorizada; aumento de cerca de 6 250 vezes.

11 Atribui-se ao médico e químico belga Jan Baptista van Helmont (1580-1644) a divulgação de uma receita para criar camundongos. A receita consistia em fazer uma mistura de grãos de trigo e camisas sujas. A camisa supostamente eliminaria uma espécie de "fermento", que, após cerca de 20 dias, resultaria na transformação dos grãos de trigo em camundongos. Responda:

a) Em sua opinião, van Helmont era partidário de qual concepção sobre a origem dos seres vivos? Justifique sua resposta.

b) Dentro dessa concepção citada acima, a que corresponde o "fermento" mencionado na receita?
Veja resposta em *Respostas e comentários* no Manual do Professor.

c) Elabore uma hipótese alternativa para o surgimento de camundongos na mistura de camisas sujas e grãos de trigo. Veja resposta em *Respostas e comentários* no Manual do Professor.

4. b) O Evento 2 marca o surgimento dos seres fotossintetizantes dotados de cloroplastos, o que resultou no enorme aumento da proporção relativa do gás oxigênio na atmosfera.

Não escreva no livro.

EVOLUÇÃO

1. Dizer que os seres vivos evoluem significa que as espécies sofrem modificações ao longo do tempo geológico. Aproveite as questões para verificar os conhecimentos que os estudantes trazem do Ensino Fundamental.

2. Há diversas evidências de que os seres vivos evoluem, como os registros fósseis e aquelas fornecidas pela anatomia comparada.

3. Atualmente, com base em estudos filogenéticos, os seres vivos tendem a ser agrupados em domínios.

A EVOLUÇÃO BIOLÓGICA

A ideia de que os seres vivos, assim como o Universo, estão em constante mudança faz parte da forma como entendemos o mundo hoje.

O nascimento de estrelas, a ocorrência das eras glaciais e a extinção dos dinossauros são exemplos de mudanças no mundo natural amplamente incorporadas por nós.

Desde os tempos do filósofo grego Aristóteles (384 a.C.-322 a.C., século IV a.C.) e durante toda a Idade Média (entre os séculos V e XV), predominou no pensamento ocidental um modelo de Universo, segundo o qual o mundo, desde seu aparecimento, teria permanecido inalterado, isto é, não teria sofrido nenhuma modificação ao longo do tempo.

Esse modelo, contudo, começou a ser questionado a partir da Revolução Científica (séculos XVI a XVIII). Diante de diferentes evidências de que não só a Terra e o Universo, mas também os seres vivos mudam ao longo do tempo, isto é, evoluem, passaram a surgir tentativas de explicar como ocorrem essas mudanças.

PARA COMEÇAR

1. O que significa dizer que os seres vivos evoluem?
2. Há evidências de que a evolução biológica realmente acontece? Comente.
3. Como os grupos de seres vivos podem ser classificados?

Marcos Amend/Pulsar Imagens

O urutau (*Nyctibius griseus*) é uma ave encontrada em diversas regiões do Brasil. Ao pousar nos troncos de árvores, ele permanece imóvel, passando despercebido a eventuais predadores. Sua camuflagem é um padrão explicado pela teoria evolucionista de Darwin e Wallace.

O PENSAMENTO EVOLUCIONISTA

Lanmas/Alamy/Fotoarena

Representação medieval da Grande Cadeia dos Seres. Note que cada degrau está associado a um ser (à direita na figura). Gravura da obra *Liber de ascensu et decensu intellectus*, de Ramon Llull (1232-1316), publicada em 1512.

Até o final da Idade Média, acreditava-se, no Ocidente, que todas as espécies vivas conhecidas teriam sido criadas uma única vez e permanecido inalteradas, isto é, teriam se mantido sempre com as mesmas características.

De acordo com essa ideia, os seres animados e inanimados estariam organizados em uma hierarquia chamada **Grande Cadeia dos Seres** (*Scala Naturae*). Nessa hierarquia, cada degrau, intransponível, seria ocupado por uma categoria de seres, disposta em ordem ascendente (imagem **A**).

Assim, os primeiros degraus estavam reservados aos seres inanimados, que eram seguidos pelas plantas; depois, pelos animais; em seguida, pelos seres humanos; até finalmente chegar aos anjos e a outros seres celestiais, que ocupavam os degraus mais altos. No último degrau, representando o ideal de perfeição, estava Deus.

A caminho do evolucionismo

A visão de que o Universo e os seres vivos permanecem imutáveis desde sua criação é chamada **fixismo**. Essa explicação, de cunho essencialmente metafísico, predominou até o final do século XVIII, quando conceitos consagrados começaram a ser desafiados pelo desenvolvimento da ciência experimental.

O conhecimento científico mostrava que a Terra não ocupava o centro do Universo, que as estrelas não eram fixas e imutáveis e que a própria Terra havia se transformado ao longo do tempo.

Os estudos geológicos evidenciavam que a crosta terrestre era formada por diversas camadas rochosas sobrepostas, depositadas em diferentes períodos e caracterizadas pela presença de diferentes espécies fósseis. Tais estudos passaram a formar as bases científicas que permitiram deduzir que a Terra era muito mais velha do que afirmavam as antigas escrituras.

A visão de mundo que incorpora e defende as mudanças e transformações do mundo natural, opondo-se à visão estática e fixista, foi chamada **transformismo** – ou **evolucionismo**, como é conhecida hoje.

O naturalista francês Georges-Louis Leclerc (imagem **B**), mais conhecido como conde de Buffon (1707-1788), foi um dos precursores do pensamento evolucionista. Em seu tratado de história natural (*Histoire naturelle générale et particulière*) (imagem **C**), ele considerava que as espécies tinham algo como um "molde" interno e sofriam alterações em virtude da ação do ambiente, o que gerava variedades de seres vivos a partir de um mesmo molde. Buffon considerava que os moldes, produzidos por geração espontânea, permaneciam fixos e imutáveis.

Quarenta anos depois, outro naturalista francês, Jean-Baptiste-Pierre-Antoine de Monet, cavaleiro de Lamarck (1744-1829), elaborou a primeira sistematização teórica, propondo mecanismos naturais para explicar como as espécies se alteram ao longo do tempo. A partir de 1858, com os trabalhos apresentados pelos naturalistas britânicos Charles Darwin (1809-1882) e Alfred Russel Wallace (1823-1913), o evolucionismo ganhou respaldo científico e se estabeleceu.

B

Museu Buffon, Montbard, França. Fotografia: Kean Collection/Getty Images

C

Musée-Site Buffon, Montbard, França. Fotografia: François Guénet/akg-images/Album/Fotoarena

HISTOIRE
NATURELLE
GÉNÉRALE ET PARTICULIÈRE,
SERVANT DE SUITE
À L'HISTOIRE DES ANIMAUX QUADRUPÈDES.
Par feu M. le Comte DE BUFFON, Intendant du Jardin & du Cabinet du Roi, de l'Académie Françoise & de celle des Sciences, &c.
SUPPLÉMENT, Tome Septième.
A PARIS,
DE L'IMPRIMERIE ROYALE.
M. DCCLXXXIX.

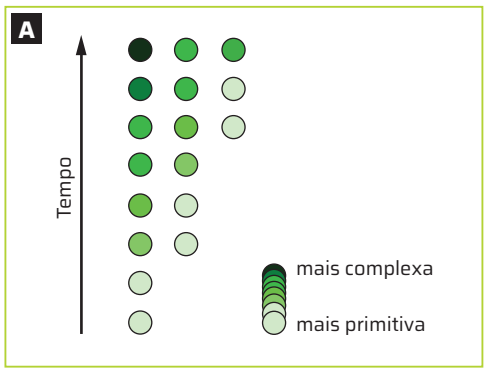
(**B**) Georges-Louis Leclerc, o conde de Buffon, um dos precursores do evolucionismo. Gravura de J. Chapman, 1801. (**C**) Página de abertura de um dos vários volumes que compõem a obra do naturalista.

Não escreva no livro.

As ideias evolucionistas de Lamarck

Lamarck ficou conhecido por sua tentativa de explicar, por meio de leis naturais, as mudanças observadas no mundo orgânico. Sua obra mais conhecida é *Filosofia zoológica*, publicada em 1809.

Segundo Lamarck, organismos muito simples estariam sempre se originando por geração espontânea a partir da matéria inanimada. Esses seres primitivos se tornariam, a cada geração, mais organizados e complexos, pois, para Lamarck, a matéria viva tinha uma tendência natural de se transformar rumo a uma organização e a uma complexidade crescentes. A modificação dos seres vivos seria, então, um processo natural, gradual e linear, próprio da matéria viva (imagem **A**).



ID/BR

Esquema da evolução linear das espécies, segundo Lamarck. Entre as espécies atuais, as mais complexas (círculos mais escuros) teriam ancestrais mais antigos.

Fonte de pesquisa: Meyer, D.; El-Hani, C. N. *Evolução*: o sentido da Biologia. São Paulo: Ed. da Unesp, 2005.

Biblioteca Nacional de Paris, França. Fotografia: Luisa Ricciarini/ Bridgeman Images/Easy Mediabank

Jean-Baptiste de Monet, cavaleiro de Lamarck, biólogo e naturalista francês que propôs uma das primeiras teorias evolucionistas. Litogravura colorizada de autor desconhecido, c. 1800.

Lamarck acreditava que essa modificação linear rumo à complexidade seria perturbada pela influência do ambiente sobre os seres vivos. O ambiente alteraria as necessidades de sobrevivência do organismo, levando-o a mudar seu comportamento. As mudanças comportamentais, por sua vez, ocasionariam maior ou menor uso de certas partes ou de certos órgãos do corpo.

O uso frequente de uma estrutura do corpo poderia aumentar a capacidade, o tamanho ou a aptidão de tal estrutura. O desuso, ao contrário, poderia causar uma diminuição de sua capacidade ou de seu tamanho e mesmo provocar o desaparecimento da estrutura ou do órgão. Esse princípio ficou conhecido como **lei do uso e desuso**.

Lamarck também compartilhava de uma ideia, que era consenso em sua época, de que as características adquiridas pelo indivíduo durante a vida eram transmitidas aos descendentes. Esse princípio ficou conhecido como **lei da transmissão dos caracteres adquiridos**. Em sua teoria, ele propunha que as alterações provocadas pelo uso ou pelo desuso seriam passadas de geração a geração, ou seja, seriam herdadas pelos descendentes.

Lamarck apresentou vários casos de como a lei do uso e desuso, segundo ele, atuaria sobre os seres vivos. As aves aquáticas, por exemplo, teriam se tornado pernaltas devido ao esforço continuado para esticar as pernas e não molhar as penas (imagem **B**). O pequeno aumento no comprimento das pernas obtido pelo indivíduo de uma geração seria transmitido à geração seguinte. Os indivíduos dessa nova geração também se esforçariam para não molhar as penas, o que faria as pernas crescerem ainda mais. Esse novo aumento seria transmitido à geração seguinte e assim, paulatinamente, as pernas das aves aquáticas teriam se tornado longas.

Outro exemplo explorado por Lamarck foram os ratos-toupeiras, que teriam ficado cegos pelo desuso da visão no ambiente escuro de suas tocas.

Lamarck, no entanto, não considerava tais modificações alterações evolutivas, mas, sim, desvios da tendência linear rumo a uma organização e a uma complexidade crescentes inerentes à matéria viva.

ROTEIRO

1. Como as ideias de fixismo e transformismo se opunham? Qual é a contribuição de Lamarck para o fortalecimento do pensamento evolucionista?

O fixismo defende a ideia de que o Universo e os seres vivos permanecem imutáveis desde sua criação. O transformismo defende as mudanças e transformações do mundo natural. A ideia do transformismo já era uma questão científica importante no início do século XIX; no entanto, Lamarck foi o primeiro naturalista que propôs os mecanismos naturais para explicar como as espécies se alteram ao longo do tempo.

Segundo as teorias lamarckistas, as pernas de certas aves, como do jaburu (*Jabiru mycteria*) na foto, teriam se desenvolvido pelo "esticar" repetido ao longo de sucessivas gerações.

Txanbelin/Shutterstock.com/ID/BR

Down House, Downe, Reino Unido. Fotografia: Historic England/Bridgeman Images/Easy Medialbank

Charles Darwin à época do retorno de sua viagem a bordo do navio Beagle. Detalhe de aquarela de George Richmond, 1840.

As ideias evolucionistas de Darwin e Wallace

Charles Darwin nasceu em Shrewsbury, na Inglaterra, em 1809. Prestes a completar 17 anos, foi enviado pelo pai para Edimburgo, na Escócia, para estudar medicina, mas logo ficou claro que ele não tinha vocação para a profissão. O pai o mandou, então, para Cambridge, na Inglaterra, para que se tornasse clérigo da Igreja anglicana. Em Edimburgo e Cambridge, Darwin entrou em contato com grandes naturalistas da época, com os quais discutia botânica, geologia e ideias como as de seu avô, o médico Erasmus Darwin (1731-1802), sobre a possibilidade de as espécies se modificarem ao longo do tempo.

Ao terminar os estudos, Darwin foi admitido no navio HMS Beagle como acompanhante do capitão Robert Fitzroy (1805-1865); mais tarde, Darwin assumiria o posto de naturalista da expedição. O mapa a seguir mostra a rota dessa expedição. De 1831 a 1836, Darwin conheceu diversas regiões, coletou espécimes e realizou observações fundamentais para o desenvolvimento do que viria a ser sua teoria da evolução.

TRECHO DA VIAGEM DE DARWIN A BORDO DO NAVIO HMS BEAGLE (1831-1836)

João Miguel A. Moreira/ID/BR

As setas verdes indicam a rota sul-americana simplificada da viagem de Darwin ao redor do mundo. Da América do Sul, onde aportou no Brasil, na Argentina, no Chile e no Equador, o navio seguiu para a Nova Zelândia, a Austrália e a Tasmânia; depois, contornou o cabo da Boa Esperança, rumo à Inglaterra, passando novamente pelo Brasil. A projeção apresenta distorções na área principalmente ao se distanciar da linha do Equador.

Fonte de pesquisa: Morgante, J. S.; Meyer, D. Darwin e a Biologia. *O biólogo* – Revista do Conselho Regional de Biologia – 1ª Região (SP, MT, MS), n. 10, abr./maio/jun. 2009.

Não escreva no livro.

As bases da teoria darwiniana da evolução

Ao embarcar no Beagle, Darwin acreditava que as espécies eram imutáveis. Entretanto, durante a viagem, ele observou e investigou aspectos biológicos e geológicos em lugares diversos; coletou numerosos exemplares de seres vivos, inclusive fósseis; e leu o livro *Princípios de geologia*, do geólogo escocês Charles Lyell (1797-1875), segundo o qual os processos que gradualmente e por milhões de anos moldaram o relevo da Terra no passado são os mesmos processos que atuam no relevo hoje.

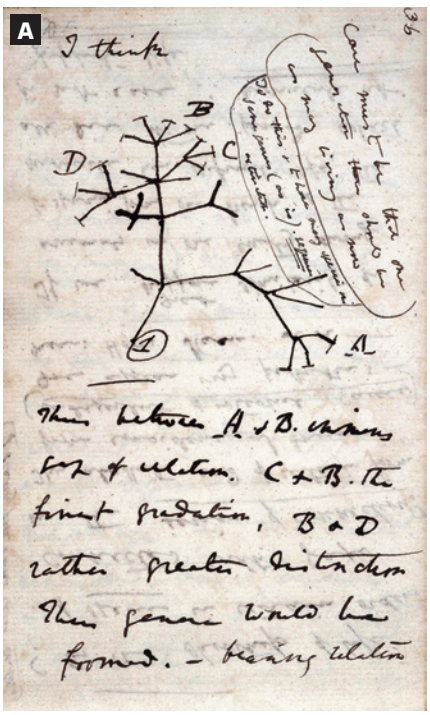
Ao retornar à Inglaterra, em 1836, Darwin enviou sua coleção de aves ao ornitólogo inglês John Gould (1804-1881). Ao examinar as aves conhecidas como tentilhões, recolhidas por Darwin em três ilhas diferentes do arquipélago de Galápagos, Gould insistiu que se tratava de aves do mesmo gênero, e não de gêneros diferentes, como Darwin pensava. Essa informação, associada ao conjunto de evidências coletadas durante a viagem e em estudos posteriores, levou Darwin a considerar a possibilidade de novas espécies se originarem de um ancestral comum (imagem **A**), contrapondo-se à visão linear de aumento de complexidade.

Darwin seguiu colecionando evidências sobre a evolução das espécies e tentando entender como ela ocorria. Em 1838, ele leu o livro *Ensaio sobre o princípio da população humana*, do economista inglês Thomas Malthus (1766-1834). Segundo Malthus, as populações humanas crescem mais rapidamente do que a produção de alimentos dos quais elas dependem e, portanto, o crescimento sem controle dessas populações levaria à fome. Darwin generalizou esse raciocínio para os demais seres vivos e, associando-o às suas observações, propôs que, na natureza, ocorreria uma seleção natural das variações hereditárias entre os indivíduos de uma população e que esse processo seria o principal responsável pela evolução.

Darwin ampliou e aprofundou seus estudos por mais duas décadas. Em 1858, ele recebeu do também naturalista Alfred Russel Wallace, que estava nas ilhas Molucas (Indonésia), um manuscrito com o pedido de que o lesse e, caso o aprovasse, o publicasse. Darwin ficou surpreso ao descobrir que, assim como ele, Wallace tinha lido o livro de Malthus e havia chegado a uma teoria da evolução das espécies a partir de um ancestral comum por meio de seleção natural. Apressou-se, então, a esboçar um manuscrito com suas ideias, que foi apresentado, no mesmo ano, junto com o de Wallace, em uma sociedade científica de Londres.

No ano seguinte, Darwin publicou o livro *A origem das espécies*, que estabeleceu sólidas bases científicas para o pensamento evolucionista.

De acordo com a teoria darwiniana, todos os seres vivos, incluindo a espécie humana, descendem de ancestrais comuns e teriam evoluído por seleção natural. Segundo esse princípio, os organismos com características mais vantajosas no ambiente em que se encontram teriam maiores possibilidades de sobreviver e se reproduzir. A prole desses organismos herdaria tais características vantajosas (adaptações). Esse processo se repetiria ao longo das gerações, podendo levar a uma melhor adaptação dentro da própria espécie ou à formação de novas espécies.



Biblioteca da Universidade de Cambridge, Reino Unido. Fotografia: ID/BR

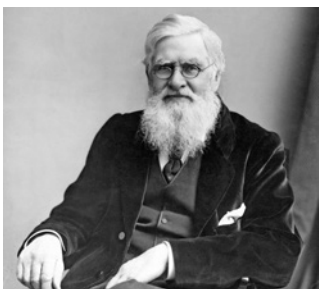
Esquema de uma árvore ramificada, desenhado por Darwin em um de seus cadernos para ilustrar o parentesco evolutivo. Nele, o número 1 seria um ancestral comum de A, B, C e D.

Wallace e a origem das espécies

Alfred Russel Wallace – coautor da teoria da evolução por seleção natural – nasceu em 1823, no País de Gales. Desde jovem, interessou-se por história natural. Por volta de 1843, começou a ensinar em um colégio em Leicester, onde se tornou amigo de Henry Walter Bates (1825-1892), que também viria a se tornar um importante evolucionista.

Em 1847, Wallace e Bates empreenderam uma viagem exploratória à bacia Amazônica, na qual Wallace fez muitas coletas e observações de vital importância para a sua concepção sobre as origens das espécies e para os estudos de biogeografia, ciência da qual é considerado um dos precursores. No caminho de volta para a Inglaterra, o navio de Wallace incendiou-se e afundou, pondo a perder grande parte do material coletado.

Dois anos depois, Wallace continuou com suas expedições de coleta, dessa vez no arquipélago malaio. Durante oito anos de exploração científica e coletas de material, desenvolveu suas concepções sobre a evolução e suas causas. Em 1855, escreveu seu primeiro ensaio sobre evolução, no qual esboçou a ideia da origem comum. Mas foi no artigo "Sobre a tendência das variedades a afastarem-se indefinidamente do tipo original", escrito em 1858 e publicado em 1859, que Wallace desenvolveu suas ideias sobre o mecanismo evolutivo.



Pictorial Press Ltd/Alamy/Fotoarena

Alfred Russel Wallace (1823-1913).

A EVOLUÇÃO POR SELEÇÃO NATURAL

Embora trabalhando de modo independente, Darwin e Wallace chegaram a ideias muito semelhantes, que fundamentam a teoria da evolução das espécies por meio da seleção natural. As ideias básicas dessa teoria são:

- Todas as espécies têm a capacidade de se reproduzir. O tamanho de uma população aumenta rapidamente quando as condições permitem que todos os indivíduos se reproduzam com sucesso.
- A despeito da enorme capacidade reprodutiva dos organismos, as populações naturais costumam manter um número relativamente estável de indivíduos.
- A disponibilidade de recursos naturais necessários à sobrevivência – alimento, locais de procriação, entre outros – é limitada, isto é, não acompanha o crescimento populacional.
- Na natureza, ocorre uma luta pela sobrevivência, pois a quantidade de recursos naturais é insuficiente para manter todos os indivíduos que nascem; além disso, outros fatores pressionam o tamanho das populações, como doenças e variações ambientais. Nessa luta, parte dos indivíduos morre, e isso colabora para que o tamanho das populações permaneça estável.
- Os indivíduos de uma população não são todos idênticos: eles diferem uns dos outros em relação a diversas características. Isso é o mesmo que dizer que as populações apresentam variabilidade e que os organismos de uma população apresentam variações.
- Parte das características que diferenciam os indivíduos de uma população é transmitida aos descendentes, isto é, parte da variabilidade das populações é hereditária.
- Parte da variação hereditária ocorre em características que afetam as chances de sobrevivência e de reprodução dos indivíduos. Os indivíduos bem-sucedidos na luta que ocorre na natureza são aqueles dotados de variações de características que aumentam as chances de sobrevivência (ou seja, aqueles com mais chances de conseguir alimento e de sobreviver a predadores e parasitas, por exemplo) e de reprodução no ambiente.

Quando essas características são hereditárias, elas são transmitidas aos descendentes. E exatamente porque aumentam as chances de sobrevivência e de reprodução de seus portadores, a probabilidade de que sejam transmitidas à geração seguinte é maior.

Assim, com o passar das gerações, a maior parte da população será portadora das variações vantajosas dessas características. Essa mudança na composição da população é o que se denomina **evolução**.

É importante observar que, no modelo de evolução por seleção natural, as mudanças ocorrem no nível de população. Ou seja, ao contrário do que pensava Lamarck, as mudanças evolutivas transcendem o período de vida de um único indivíduo (imagens **A** e **B**).

Os princípios fundamentais da teoria da evolução por seleção natural são amplamente aceitos até hoje e serviram de base para o desenvolvimento da biologia evolutiva e para a elaboração da teoria moderna da evolução, que incorporou os conhecimentos da genética para explicar a hereditariedade dos caracteres.

PARA EXPLORAR

Leia

***As vinte mil léguas de Charles Darwin*: o caminho até *A origem das espécies*, de Leda Cartum e Sofia Nestrovski. São Paulo: Fósforo, 2022.**

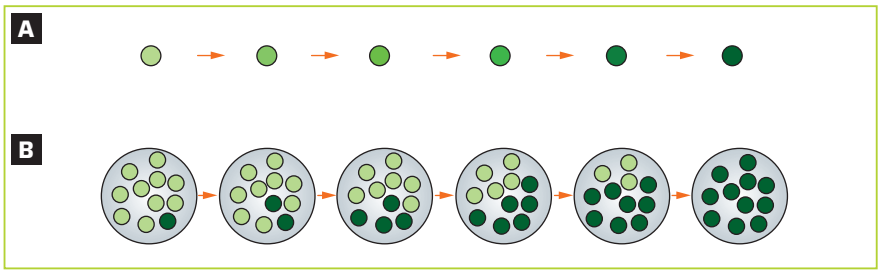
O livro, que teve origem nas pesquisas realizadas pelas autoras para um *podcast* de mesmo nome, reconstrói os caminhos que Charles Darwin percorreu até publicar sua obra mais importante.

ROTEIRO

2. Comente resumidamente a importância da viagem de Darwin a bordo do Beagle para o desenvolvimento de sua teoria da evolução.

Veja resposta em *Respostas e comentários* no Manual do Professor.

A viagem do HMS Beagle



Ilustrações: Paula Radi/ID/BR

Esquema da mudança evolutiva: **(A)** na concepção de Lamarck, ela ocorre no indivíduo; (**B**) na teoria proposta por Darwin e Wallace, ela ocorre na população.

Fonte de pesquisa: Meyer, D.; El-Hani, C. N. *Evolução*: o sentido da Biologia. São Paulo: Ed. da Unesp, 2005.

Não escreva no livro.

Exemplos da ação da seleção natural

Em um estudo com aves do gênero *Geospiza* (imagem **A**) – um dos gêneros dos chamados tentilhões de Darwin –, realizado em uma das ilhas Galápagos, o casal de biólogos britânicos Rosemary Grant (1936-) e Peter Grant (1936-) constatou que, nessas aves, as variações no tamanho do bico, uma característica hereditária, estão relacionadas ao tipo de alimento disponível.

Entre os tentilhões, a capacidade de comer sementes varia conforme o tamanho do bico. Aves com bicos menores têm mais dificuldade para comer sementes duras do que aves com bicos maiores. Depois do período de chuvas, surgem sementes de todos os tipos, desde as pequenas e macias até as grandes e duras, e, assim, diferentes grupos de aves podem se alimentar.

Entretanto, como os pesquisadores observaram, entre 1977 e 1978, houve um longo período de seca, e as sementes duras se tornaram mais abundantes. As aves de corpo e bico maiores foram mais eficientes para comer esse tipo de semente, e ocorreu grande mortalidade, por inanição, entre as aves de corpo e bico pequenos. Consequentemente, sobraram mais indivíduos com bicos grandes, que puderam proliferar. Na geração seguinte, foi constatado um aumento médio da ordem de 4% no tamanho dos bicos, acompanhado pelo aumento do tamanho do corpo.

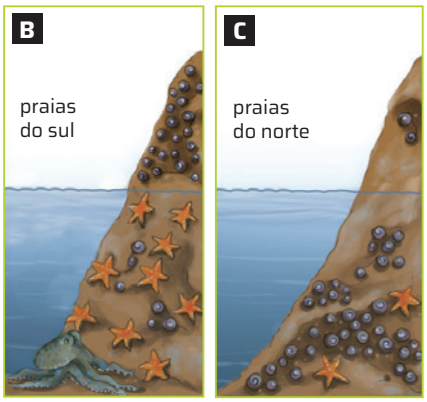
O estudo do casal mostrou que o fator seletivo para o aumento do bico das aves era a consistência da semente.

Já o pesquisador Michael H. Fawcett, em 1984, estudou caramujos da espécie *Tegula funebralis*, que habita os costões rochosos das praias da Califórnia, Estados Unidos, ocupando diferentes profundidades.

Nas praias do sul, a espécie habita preferencialmente as partes mais altas do costão, acima do nível da água (imagem **B**). Nas praias do norte, habita preferencialmente as partes submersas (imagem **C**). Polvos e estrelas-do-mar, predadores desses caramujos, são mais abundantes nas praias do sul do que nas do norte. Sabendo disso, Fawcett propôs que o padrão de distribuição do caramujo poderia ser explicado pela presença desses predadores, que atuariam como agentes seletivos.

Agami Photo Agency/Shutterstock.com/ID/BR

Tentilhão da espécie *Geospiza fortis* estudado pelo casal Grant. Galápagos, Equador. Foto de 2020.



Petra Elster/ID/BR

Representação sem proporção de tamanho.

Esquema de distribuição espacial de caramujos da espécie *Tegula funebralis* nas praias do sul (**B**) e do norte (**C**) da Califórnia, de acordo com as observações de M. H. Fawcett. Cores-fantasia.

Fonte de pesquisa: NATURAL selection at work: a case study. *Understanding evolution*, University of California Museum of Paleontology, Berkeley, 2008. Disponível em: https://evolution.berkeley.edu/evo101/IIIE1aTegula.shtml. Acesso em: 14 out. 2024.

Para testar sua hipótese, Fawcett coletou caramujos de ambos os locais, transferindo-os para as partes submersas dos costões. Com o tempo, ele observou que, na presença dos predadores, todos os caramujos subiam para regiões acima do nível da água e que os caramujos do sul se moviam mais rapidamente do que os do norte. Fawcett concluiu, então, que, pelo fato de os caramujos do norte serem mais lentos, ficariam mais sujeitos aos ataques de predadores.

Esse estudo permitiu concluir que, entre os caramujos do sul e os do norte, existem variações inatas na velocidade de locomoção. Essa característica pode levar a diferentes taxas de sobrevivência entre as duas formas, pois, na presença de predadores, os caramujos mais rápidos (do sul) seriam favorecidos pela seleção natural, deixando um número maior de descendentes, os quais também poderiam ter essa característica e, por sua vez, teriam mais chances de sobreviver e deixar descendentes.

BIOLOGIA E SOCIOLOGIA

O darwinismo social

No século XIX, surgiu o darwinismo social, uma aplicação equivocada das ideias de Darwin no campo das Ciências Humanas. No Brasil, o darwinismo social foi particularmente forte no final do século XIX e meados do século XX. Justificava-se, por exemplo, a concentração de riqueza com o argumento de que indivíduos mais aptos prosperam e enriquecem, ao passo que os menos aptos permanecem condenados à pobreza – o que fortalecia o racismo e legitimava a exploração de pessoas e a colonização de países.

Os preceitos propostos pelo darwinismo social são falsos, uma vez que a origem da desigualdade econômica está relacionada, entre outros fatores, a razões sociais, políticas e históricas.

1. **Forme um grupo com quatro colegas. Apontem três fatores que, na opinião de vocês, contribuem para a desigualdade econômica entre seres humanos. Apresentem a resposta de vocês à turma, comparem-na com as dos demais grupos e conversem sobre elas.**

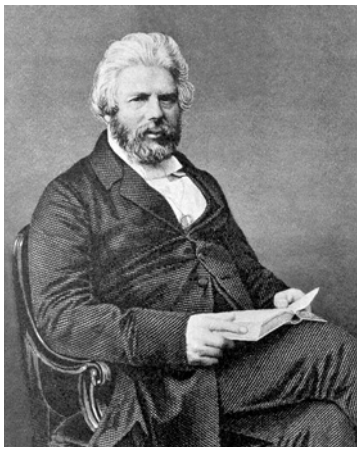
1. Respostas variáveis. Os estudantes podem citar distribuição desigual da riqueza, falta de democracia, falta de reparação pela escravidão, entre outros fatores.

Não escreva no livro.

CIÊNCIA TEM HISTÓRIA

ROBERT CHAMBERS E A TRANSMUTAÇÃO DOS SERES VIVOS

Antes da publicação de *A origem das espécies*, de Charles Darwin, em 1859, outros autores defenderam ideias sobre como poderiam ter surgido as várias espécies de seres vivos da Terra. Um deles foi o escritor e editor escocês Robert Chambers (1802-1871). Chambers publicou sua proposta no livro *Vestígios da história natural da criação*, em 1844, portanto, 15 anos antes do lançamento da obra de Darwin.



Biblioteca Britânica, Londres, Reino Unido. Fotografia: ID/BR

Robert Chambers. Foto de cerca de 1863.

Robert Chambers e seu irmão, William, eram pessoas cultas que viviam inicialmente da renda de uma livraria e de uma pequena editora em Edimburgo, na Escócia. Em 1832, os irmãos criaram o periódico semanal *Chambers's Edinburgh Journal*, que abordava temas de artes, ciência, religião, história e literatura. Muitos dos artigos publicados foram escritos por Robert, que era um entusiasta desses assuntos. Dentre os temas científicos, ainda na década de 1830, Robert Chambers começou a se interessar mais por geologia. Embora cientista amador, foi eleito membro da Sociedade Real de Edimburgo, em 1840, e da Sociedade Geológica de Londres, em 1844, mantendo correspondência com muitos pesquisadores.

Nessa época, astrônomos aceitavam que as estrelas e os planetas haviam se formado gradualmente, pela condensação de grandes nuvens de gases e poeira. Geólogos haviam estabelecido que a Terra existia havia milhões de anos, tendo passado por diversas mudanças. Quase todos os cientistas admitiam que a Bíblia não deveria ser interpretada literalmente: o mundo físico não teria sido criado diretamente por Deus em poucos dias, mas, sim, sofrido uma formação gradual, obedecendo às leis da natureza. Inspirado por esses estudos, Robert Chambers começou a cogitar que os próprios seres vivos teriam surgido e se desenvolvido de modo lento e progressivo na Terra, e imaginou a transformação gradual dos seres vivos em um processo semelhante ao do desenvolvimento de um embrião:

> Depois de longa cogitação, veio subitamente à sua mente a ideia [...] de que o fenômeno comum da reprodução era a chave para a gênese das espécies. Nesse processo – simples porque nos é familiar, mas na realidade misterioso, pois apenas podemos ver através das sombras os resultados do Agente inescrutável –, vemos uma evolução gradual do elevado a partir do inferior, do complicado a partir do simples, do especial a partir do geral, sempre em uma ordem invariável, e, portanto, totalmente natural, embora ordenado de forma divina. Não poderia ter havido, *per saecula saeculorum* [para sempre] com os quais lida o geólogo, uma evolução semelhante ou análoga do ser, produzindo como ramos, por assim dizer, as várias espécies à medida que progredia, até repousar (se é que repousa) com a própria humanidade?
>
> CHAMBERS, R. *Vestígios da história natural da criação*. 10. ed. Londres: John Churchill, 1853. p. VII-VIII. Título original: Vestiges of the natural history of creation. Tradução dos autores.

Essa ideia, no entanto, não era bem vista na Grã-Bretanha. A transmutação dos seres vivos – ou seja, a transformação dos seres vivos ao longo do tempo – contrapunha-se à teologia natural e à versão bíblica da criação da vida, as quais eram, à época, os modelos mais aceitos para a história dos seres vivos e da Terra.

Robert Chambers procurou desenvolver sua proposta mediante evidências da embriologia, da zoologia e da paleontologia, baseando-se em obras de naturalistas e de outros estudiosos da época:

> Sugeria um processo de caráter lento e gradual, e assim estava em harmonia com a hipótese do arranjo físico do universo. Não exigia qualquer poder ou meio novo na natureza, pois as mudanças de um embrião eram quase as mesmas exigidas para o avanço de espécie para espécie. A doutrina da unidade de organização; as afinidades percebidas em linhas de espécies; o fato curioso dos órgãos rudimentares; e, acima de tudo, a história real do avanço da natureza animada, como revelada pelas pesquisas do paleontólogo – todos estavam em harmonia com a ideia e não poderiam ser reconciliados com qualquer outra de caráter muito diferente. Assim, o autor adotou a doutrina do desenvolvimento progressivo como uma hipotética história da criação orgânica.
>
> CHAMBERS, R. *Vestígios da história natural da criação*. 10. ed. Londres: John Churchill, 1853. p. VIII. Título original: Vestiges of the natural history of creation. Tradução dos autores.

Não escreva no livro.

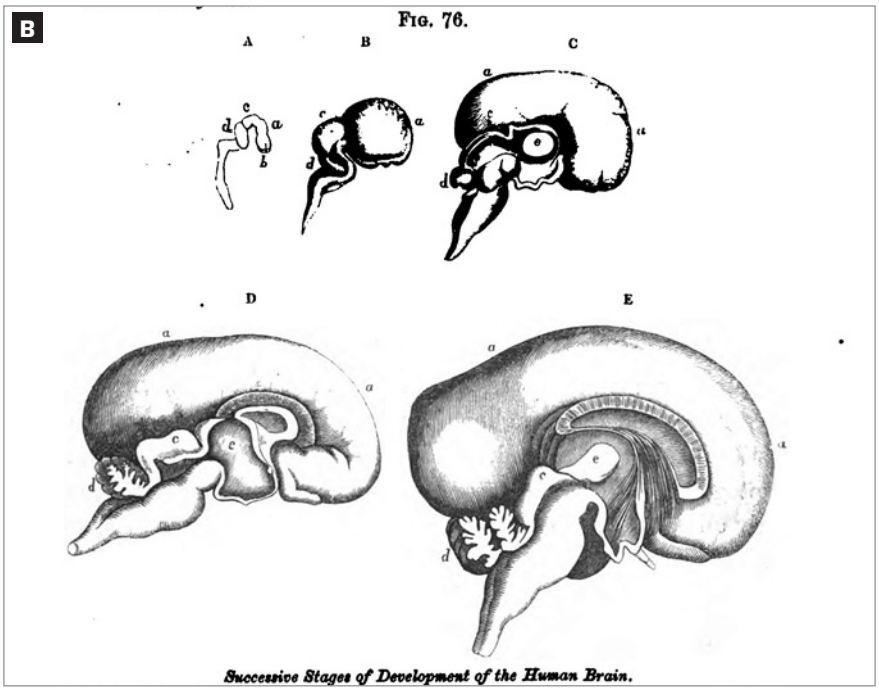
A proposta de Robert Chambers era ampla e polêmica, abrangendo a origem da vida (que teria surgido por causas físicas e químicas), o surgimento dos seres humanos e até mesmo as origens dos vários idiomas. Chambers foi cuidadoso ao mostrar, com base em dados paleontológicos, que as formas de vida foram se transformando na Terra, produzindo animais de maior complexidade ao longo das eras geológicas (imagem **A**). Segundo ele, o mecanismo de surgimento de novas espécies consistiria em alterações no processo de reprodução: o embrião sofreria pequenas mudanças, atingindo um estágio um pouco mais desenvolvido do que seus pais, gerando espécies mais perfeitas e complexas (imagem **B**). Suas ideias eram, portanto, diferentes do que se conhece e é aceito hoje.

A

Biblioteca Estatal de Vitória, Melbourne, Austrália. Fotografia: Morphart Creation/Shutterstock.com/ID/BR

Ilustração da obra *Vestígios da história natural da criação*, de Robert Chambers. Para demonstrar a transformação gradual da vida na Terra, Chambers utilizou descobertas paleontológicas inovadoras para a época. Ele comparou, por exemplo, as extintas preguiças-gigantes da América do Sul com as preguiças atuais.

B



Biblioteca Estatal de Vitória, Melbourne, Austrália. Fotografia: ID/BR

Ilustração da obra *Vestígios da história natural da criação*. A imagem mostra diferentes estágios do desenvolvimento do cérebro em um embrião humano: (**A**) corresponde à 7ª semana de gestação; (**B**) corresponde à 12ª semana; (**C**) corresponde à 15ª semana; (**D**) corresponde à 21ª semana; e (**E**) corresponde à 27ª semana de gestação. Segundo Chambers, as estruturas e as proporções dos quatro últimos estágios corresponderiam aproximadamente às dos cérebros de peixes, répteis, aves e de alguns grupos de mamíferos.

Com receio de reações negativas e críticas, Chambers publicou sua obra anonimamente. Muitos naturalistas da época eram ligados à Igreja anglicana e rejeitavam a ideia de que os seres vivos (inclusive o ser humano) pudessem ter evoluído, corroborando a visão fixista de que o Universo e os organismos permanecem imutáveis desde a sua criação. Contudo, o livro teve enorme sucesso de público, vendendo rapidamente milhares de cópias e atingindo a décima edição em 1853. Como Robert temia, ele foi criticado por naturalistas que apontaram diversas falhas em seu trabalho. Embora reconhecesse Deus como o responsável pelas leis da natureza, foi também acusado de ateísmo.

O trabalho de Chambers foi muito importante, pois colocou em evidência a evolução das espécies em um contexto desfavorável na Grã-Bretanha da época. Além disso, influenciou alguns evolucionistas, como Alfred Russel Wallace, e acabou abrindo caminho para a recepção posterior da obra de Charles Darwin.

Para discutir

1 **A proposta de Robert Chambers era semelhante à teoria da origem das espécies por seleção natural de Darwin? Explique.**

Veja resposta em *Respostas e comentários* no Manual do Professor.

2 **A quais motivos podem ser atribuídas as críticas feitas ao trabalho evolucionista de Robert Chambers?**

Veja resposta em *Respostas e comentários* no Manual do Professor.

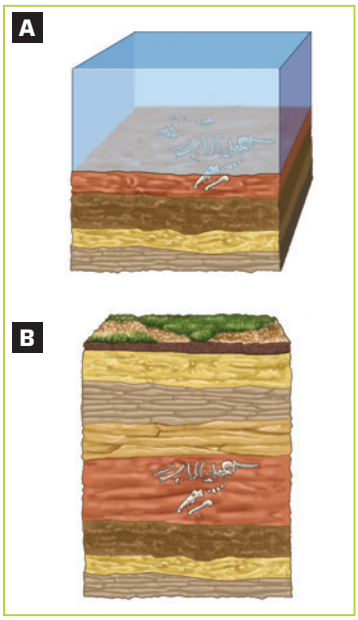
3 **O texto cita que Robert mantinha correspondência com vários pesquisadores. Em relação ao trabalho dele no meio científico, o que isso pode significar?**

O relacionamento com outros pesquisadores indica que Chambers era influenciado pelas ideias de seus colegas e que também os influenciava. Esse tipo de troca revela a importância desse pesquisador no meio científico.

Não escreva no livro.

Representação sem proporção de tamanho.

Paulo Cesar Pereira/ID/BR



Representação, em corte, (**A**) do processo de fossilização no fundo de um lago, em tempos remotos, e (**B**) da distribuição das camadas sedimentares que se formaram até tempos recentes. Cores-fantasia.

Beto Celli/Pulsar Imagens

Fóssil de tronco petrificado do Geossítio Floresta Petrificada do Cariri, em Missão Velha (CE). Foto de 2023.

Sovfoto/UIG/Fotoarena

Fóssil de filhote de mamute, que viveu há aproximadamente 42 mil anos, em exposição no Museu Oceânico em Kaliningrado, Rússia.

EVIDÊNCIAS DA EVOLUÇÃO

As evidências de que a evolução biológica ocorre são numerosas e provêm de diversas áreas do conhecimento. Entre elas, destacam-se o estudo dos fósseis e a anatomia, a embriologia e a bioquímica comparadas.

O estudo dos fósseis

Fósseis são restos ou vestígios de seres vivos que se preservaram por milhares de anos. Com base na análise de fósseis, sabe-se que, no passado remoto, a Terra abrigava seres muito diferentes dos que existem no presente.

A fossilização é um fenômeno relativamente raro, pois, na maioria das vezes, os organismos mortos se decompõem pela ação de microrganismos. Para que ocorra a fossilização, são necessárias condições que favoreçam a preservação do organismo (ou de partes dele) ou dos vestígios de sua atividade (como fezes, pegadas, entre outros) no ambiente.

Em geral, os fósseis são encontrados em rochas que se formaram da deposição de sedimentos no fundo de lagos. Nesse ambiente, os sedimentos presentes na água vão se depositando sobre os organismos. Conforme as camadas de sedimentos vão se acumulando, elas se compactam e sofrem alterações físico-químicas, transformando-se em rochas do tipo sedimentar, na qual os fósseis podem estar presentes (imagens **A** e **B**).

Processos de fossilização

Existem diversos processos de fossilização. Alguns preservam apenas as partes duras do organismo, como ossos, dentes e escamas. Esse é o caso da petrificação, ou **permineralização**, em que minerais como o carbonato de cálcio (imagem **C**) se depositam e preenchem os poros e canalículos de ossos ou troncos de árvores.

O processo de **substituição** consiste, como o nome diz, na substituição do material orgânico que forma uma parte dura (uma carapaça, por exemplo) por um mineral transportado pela água que se infiltra nessa estrutura.

Apesar de incomum, partes moles de um organismo, como pele, músculos e vísceras, também podem ser fossilizadas. Insetos e outros artrópodes, por exemplo, já foram encontrados, às vezes inteiros, dentro de um tipo de resina vegetal chamada âmbar. Organismos completos foram preservados no gelo, como os mamutes e os rinocerontes do Alasca e da Sibéria, alguns com cerca de 42 mil anos (imagem **D**).

Vestígios são evidências deixadas por seres vivos, mas que não são partes de seu corpo. Além de fezes e pegadas (imagem **E**), são vestígios as impressões formadas quando a parte orgânica de um ser vivo, como uma folha, é decomposta e não se fossiliza, mas deixa marcas nas rochas (imagem **F**).

Merdan Velhanov/Anadolu Agency/AFP

Museu de Paleontologia Plácido Cidade, Ceará, Brasil. Fotografia: Beto Celli/Pulsar Imagens

(**E**) Pegadas fossilizadas de um dinossauro, Parque Nacional de Koytendag, Turcomenistão. Foto de 2023.
(**F**) Impressão de planta conífera. Museu de Paleontologia Plácido Cidade Nuvens, em Santana do Cariri (CE). Foto de 2023.

Outro exemplo comum é o das conchas: os sedimentos do ambiente preenchem os espaços ao redor da concha e, com o passar do tempo, esses sedimentos transformam-se em rocha, formando um molde daquela estrutura. Essa concha envolvida pelo molde pode ser dissolvida pela água, deixando um espaço vazio que, ao ser preenchido por outro mineral, dá origem ao seu contramolde.

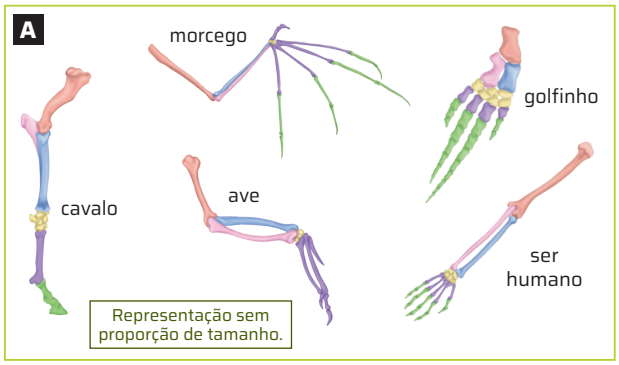
Não escreva no livro.

Anatomia comparada

A comparação da anatomia de diferentes espécies revela semelhanças e diferenças na estrutura corporal dos organismos (nem sempre óbvias ou aparentes) que podem ser explicadas pelo modelo evolucionista.

Muitas espécies animais distintas têm estruturas ou órgãos anatomicamente distintos, que podem, ou não, desempenhar a mesma função, mas com origem embrionária comum – o que indica alto grau de parentesco evolutivo entre tais espécies. Esses órgãos ou estruturas são chamados **homólogos**.

Por exemplo, os membros dianteiros de aves, de morcegos, de mamíferos marinhos – como os golfinhos –, do ser humano e do cavalo têm a mesma origem embrionária e um mesmo plano estrutural, o que fica evidente quando se analisa a correspondência entre os ossos que formam essas estruturas (imagem **A**). No entanto, apesar de terem a mesma origem, suas funções são bem diferentes: nas aves e nos morcegos, as asas estão adaptadas ao voo; nos golfinhos, os membros dianteiros estão adaptados à natação; nos cavalos, à locomoção, e, no ser humano, às inúmeras atividades que fazemos com os braços.



Reinaldo Vignati/ID/BR

Representação de cinco estruturas homólogas. A correspondência entre os ossos dos animais está indicada por uma mesma cor. Cores-fantasia.

Fonte de pesquisa: Ridley, M. *Evolução*. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2006. p. 79-83.

A presença de órgãos homólogos em diferentes espécies constitui evidência de que essas espécies evoluíram a partir de um ancestral comum, ou seja, de que houve **divergência evolutiva**, também chamada **radiação adaptativa**.

Os estudos de anatomia comparada revelam também, em diferentes grupos de organismos, a existência de órgãos ou de estruturas com a mesma função e, muitas vezes, com aparência externa semelhante, mas com origem embrionária muito diversa – o que indica grau muito menor de parentesco evolutivo. Esses órgãos ou estruturas são chamados **análogos**.

Por exemplo, a asa de uma mosca e a de um morcego, embora tenham ambas a função de voo, apresentam origens embrionárias muito distintas. Nos morcegos, as asas se formam a partir dos ossos dos membros dianteiros, presentes em todos os tetrápodes. Nas moscas, elas se formam a partir de uma dobra do revestimento externo.

A existência de órgãos análogos é evidência de que a seleção natural, por ação de pressões seletivas similares, pode levar ao surgimento de um mesmo tipo de solução adaptativa, ou seja, houve **convergência evolutiva**.

Órgãos vestigiais

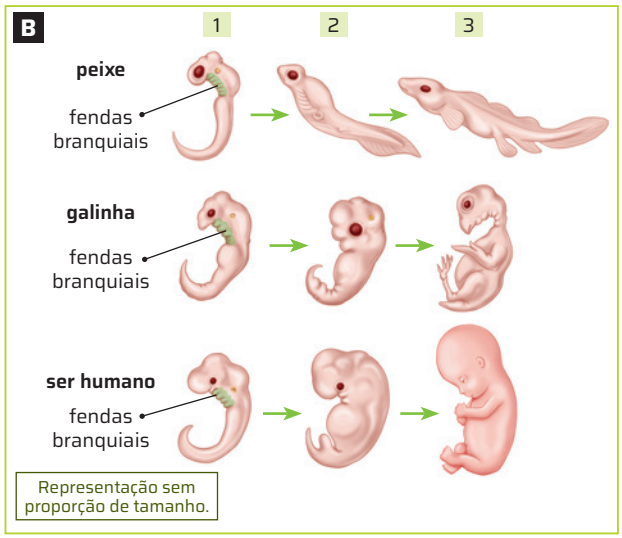
Órgãos vestigiais são estruturas que, em determinados grupos de organismos, perderam sua função original, mas são homólogas a órgãos funcionais em outros grupos, indicando uma origem evolutiva comum. Um órgão considerado vestigial pode, ainda assim, ter uma função.

Um exemplo é o pequeno músculo encontrado na base dos pelos dos mamíferos. Nos seres humanos, ele é o responsável pelo arrepio. Em outros animais, auxilia na defesa e na manutenção da temperatura do corpo. Nos humanos, há tão poucos pelos, que esses músculos, embora provoquem o arrepio, já não têm as funções originais.

Embriologia comparada

A análise comparativa do desenvolvimento embrionário de animais fornece outro tipo de evidência de evolução.

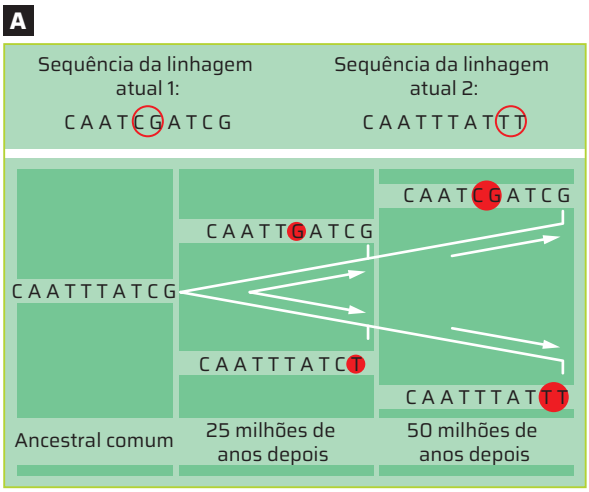
No início do desenvolvimento embrionário dos cordados, é possível observar a formação de estruturas anatomicamente semelhantes (imagem **B**). As fendas branquiais, por exemplo, ocorrem em todos os grupos, sejam aquáticos, sejam não aquáticos. Nos peixes, essas fendas dão origem às brânquias funcionais; nos vertebrados terrestres, entretanto, as fendas originam estruturas da cabeça e do pescoço. As fendas branquiais e outras estruturas constituem mais um indicativo de que os cordados compartilham um mesmo ancestral evolutivo, que teria transmitido esses caracteres a todas as demais espécies do grupo.



Reinaldo Vignati/ID/BR

Embriologia comparada de três cordados. (**1**), (**2**) e (**3**) representam as fases do desenvolvimento. Note as semelhanças na primeira fase. Cores-fantasia.

Fontes de pesquisa das imagens desta página: Futuyma, D. J. *Biologia evolutiva*. 3. ed. Ribeirão Preto: Funpec, 2009. p. 103 e 653; Ridley, M. *Evolução*. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2006. p. 452.



Paula Radi/ID/BR

Exemplo do uso do relógio molecular para duas linhagens (duas espécies) hipotéticas atuais.

Fonte de pesquisa: Relógios moleculares. Entendendo a evolução, São Paulo, [20--]. Tradução: Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo (USP). Disponível em: http://ecologia.ib.usp.br/evosite/evo101/IIE1cMolecularclocks.shtml. Acesso em: 10 set. 2024.

Bioquímica comparada

As descobertas da biologia molecular e da bioquímica, que são posteriores aos trabalhos de Darwin, também fornecem fortes evidências a favor da evolução dos seres vivos.

Uma das evidências mais importantes está na própria estrutura do material genético dos seres vivos. Essa estrutura determina como as sequências de nucleotídios na molécula de DNA são traduzidas, gerando proteínas. As bases nitrogenadas que formam os nucleotídios de todas as espécies de seres vivos são as mesmas, ou seja, o DNA é uma estrutura universal.

A análise bioquímica de proteínas e de ácidos nucleicos também tem sido amplamente utilizada para estimar o grau de parentesco entre espécies diferentes e tem confirmado o resultado de estudos de outras áreas da Biologia, como a anatomia e a embriologia comparadas.

Um dos métodos moleculares que ajuda a estimar quando ocorreram divergências evolutivas é o do relógio molecular. Ao longo do tempo, algumas mutações podem se acumular em trechos de DNA. Quando a frequência dessas mutações é conhecida, esse trecho de DNA pode funcionar como um relógio. Por exemplo, sabendo que certo trecho de DNA sofre mutação em uma base a cada 25 milhões de anos, podemos estimar que duas espécies que difiram entre si por quatro bases nesse trecho se originaram de um ancestral comum há pelo menos 50 milhões de anos (imagem **A**).

SELEÇÃO NATURAL E ADAPTAÇÃO

Durante o processo de evolução, a seleção natural atua sobre a variabilidade existente nas populações, favorecendo os indivíduos que, em relação ao restante da população, apresentam características hereditárias mais vantajosas em dado ambiente. Esses indivíduos têm mais chances de sobreviver e de se reproduzir com sucesso, deixando um número maior de descendentes ao longo das gerações. Isso significa que são selecionados os organismos mais adaptados ao contexto ecológico em que vivem, o que inclui desde adaptações aos aspectos físicos do ambiente, como clima e altitude, até adaptações relacionadas ao comportamento e às relações desses organismos entre si e com seres de outras espécies.

Exemplos clássicos de adaptação são a coloração de aviso, a camuflagem e o mimetismo.

Kurit afshen/Shutterstock.com/ID/BR

Rã (*Dendrobates leucomelas*) com coloração de aviso.

Coloração de aviso

A **coloração de aviso**, também chamada **coloração aposemática**, funciona como uma advertência ao predador, um sinal de que ele deve evitar o animal com essa coloração, que pode ser venenoso ou ter sabor muito desagradável. Dessa maneira, os predadores, por experiência ou de modo inato, passam a evitar presas que exibam coloração de aviso. Várias espécies animais, como certas rãs (imagem **B**), apresentam esse tipo de adaptação.

Christian Ziegler/Minden Pictures/Fotoarena

Sapo (*Bufo typhonius*) camuflado sobre folhagens da floresta.

Camuflagem

A **camuflagem** é a adaptação em que o animal apresenta uma coloração ou forma que o confunde com o ambiente. Presas camufladas podem passar despercebidas de seus predadores. Estes também, se camuflados, podem se confundir com o meio e não ser notados por suas presas, o que facilita sua aproximação. O urutau (imagem de abertura deste capítulo), por exemplo, é uma ave cuja forma e cuja coloração se confundem com as de galhos de árvores; insetos como o bicho-pau assemelham-se a gravetos; e certas espécies de sapo apresentam coloração e textura que as confundem com o substrato (imagem **C**).

Não escreva no livro.

Mimetismo

Mimetismo é a adaptação pela qual uma espécie se assemelha a outra. Um exemplo bem conhecido é o das borboletas dos gêneros *Dismorphia* e *Heliconius* (imagem **A**), de sabor agradável aos pássaros, mas que apresenta coloração semelhante à das borboletas da subfamília Ithomiinae (imagem **B**), cujo corpo contém substâncias tóxicas e apresenta sabor desagradável. As aves que aprendem a evitar as Ithomiinae evitam também as borboletas dos gêneros *Dismorphia* e *Heliconius*, de coloração muito semelhante – ou seja, mesmo sem serem tóxicas, essas borboletas, pelo mimetismo, acabam se protegendo de seus predadores.

Esse tipo de mimetismo é conhecido como **mimetismo batesiano**, em homenagem ao naturalista britânico Henry W. Bates (1825-1892), que descreveu o fenômeno no século XIX, ao observar borboletas em florestas brasileiras.

Outro exemplo de mimetismo batesiano ocorre entre serpentes. A falsa-coral, uma espécie de serpente não peçonhenta, apresenta coloração muito semelhante à da coral-verdadeira, cuja picada pode ser letal. Essa coloração desencoraja eventuais predadores, que não diferem os dois tipos.

Já o **mimetismo mulleriano** foi proposto pelo naturalista alemão Fritz Müller (1822-1897), que emigrou para o Brasil em 1852. Müller naturalizou-se brasileiro em 1856 e viveu no país até sua morte, em 1897. O naturalista descreveu o mimetismo pelo qual duas ou mais espécies de sabor desagradável apresentam um padrão de coloração semelhante. Dessa forma, o predador que teve experiência com alguma dessas espécies reconhece esse padrão e passa a evitá-las.

Paul van den Berg/ Shutterstock.com/ID/BR

Vanessa Thomaz/Stock/Getty Images

Exemplo de mimetismo batesiano: (**A**) borboleta do gênero *Heliconius* (não tóxica) e (**B**) borboleta da subfamília Ithomiinae (tóxica para seus predadores).

SELEÇÃO SEXUAL E SELEÇÃO ARTIFICIAL

Em seus estudos, Darwin reconheceu outros dois tipos de seleção, além da denominada seleção natural: a seleção sexual e a artificial.

De acordo com Darwin, a **seleção sexual** se refere às vantagens que certos indivíduos têm sobre outros do mesmo sexo e da mesma espécie no que diz respeito à reprodução. Na seleção sexual, os atributos dos machos de uma mesma espécie que são relevantes para a seleção sexual são chamados caracteres sexuais secundários. Eles tornam os machos mais atrativos às fêmeas ou mais aptos a competir com outros da mesma espécie pela conquista das fêmeas, aumentando as chances de acasalamento. Na natureza, há diversos exemplos de caracteres sexuais secundários relacionados à seleção sexual, como as magníficas plumagens dos machos das aves-do-paraíso ou o papo vermelho dos machos das fragatas (imagem **C**).

MintImage/Shutterstock.com/ID/BR

Casal de fragatas (*Fregata magnificens*) durante a corte. Observe que só o macho (à direita) tem o papo vermelho.

Ao contrário da seleção natural, pela qual o meio seleciona os organismos que apresentam características mais vantajosas para a sobrevivência e a reprodução; na **seleção artificial**, é o ser humano que define as características a serem priorizadas, realizando cruzamentos controlados em animais e plantas, selecionando, assim, as características que lhe interessam.

Por exemplo, para obter galinhas que produzam mais ovos, selecionam-se as mais produtivas para cruzá-las com galos descendentes de poedeiras também mais produtivas. Assim, o ser humano faz uma seleção dirigida, repetindo esse procedimento a cada nova geração, até obter a máxima qualidade e quantidade de ovos. É desse modo que determinadas características são selecionadas em plantas e em animais domésticos, por exemplo: raças de gado mais produtivas para o leite ou para a carne, cereais de melhor qualidade e mais rentáveis e novas raças de cães (imagem **D**) e de gatos com tamanhos, formatos e pelagens específicos e padronizados.

Otsphoto/Shutterstock.com/ID/BR

Várias raças de cães resultam de seleção artificial. Da esquerda para a direita: *curly-coated retriever* (cerca de 67 cm de altura), *golden retriever* (cerca de 60 cm de altura), labrador (cerca de 57 cm de altura), *retriever* da Nova Escócia (cerca de 51 cm de altura) e *flat-coated retriever* (cerca de 62 cm de altura).

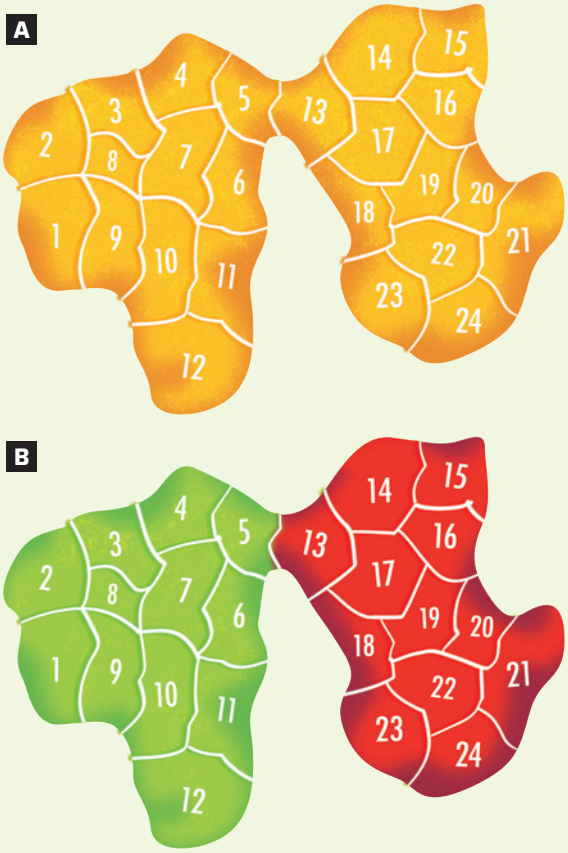
Jogo da seleção natural

O processo de evolução por seleção natural depende, basicamente, de três fatores: as características do meio ambiente, a variabilidade dos indivíduos de uma espécie e a transmissão das características aos descendentes. Mas é possível afirmar que esses três fatores exercem o mesmo impacto no mecanismo de seleção natural? Ou que um desses fatores é mais importante que os outros?

Nesta atividade, vocês vão simular e discutir a dinâmica da seleção natural mediante um jogo de tabuleiro.

Material

- tabuleiro com territórios amarelos (imagem **A**) ou tabuleiro com territórios verdes e vermelhos (imagem **B**)
- 3 dados
- 3 tipos diferentes de grãos para servirem como peças (feijão, milho, lentilha, etc.) (são necessários ao menos 100 grãos de cada tipo)
- 1 folha de papel sulfite tamanho A3 (42 cm × 30 cm) ou 2 folhas tamanho A4 (21 cm × 30 cm) unidas no verso com fita adesiva
- 2 folhas de papel sulfite tamanho A4 (21 cm × 30 cm)



Ilustrações: Fabio Eugenio/ID/BR

(**A**) Tabuleiro com territórios amarelos e (**B**) tabuleiro com territórios verdes e vermelhos. Note que ambos têm o mesmo aspecto e a mesma quantidade de territórios. Cores-fantasia.

Como fazer

1. Nesse jogo, a fim de simular a ação da seleção natural, considerem que os territórios do tabuleiro representem ambientes e que cada tipo de peça represente uma espécie.
2. Formem grupos de três ou seis estudantes, conforme orientação do(a) professor(a).
3. Cada grupo jogará em um tabuleiro (o dos territórios amarelos ou o dos territórios verdes e vermelhos). Portanto, cada grupo deve confeccionar, na folha de papel sulfite A3, um dos dois tabuleiros mostrados nesta página. A escolha do tabuleiro e sua confecção serão feitas conforme orientação do(a) professor(a).
4. Cada grupo deverá usar, ainda, as duas folhas de papel sulfite A4 para confeccionar 24 cartas. Para isso, peguem uma das folhas e dobrem quatro vezes. Em seguida, desdobrem-na e usem os vincos formados para recortar 16 cartas. Façam o mesmo com a outra folha, recortando mais oito cartas. Depois, numerem as cartas de 1 a 24. Os números das cartas correspondem aos territórios no tabuleiro.
5. Cada grupo será organizado em três equipes. Cada equipe deve escolher um tipo de grão para ser sua peça (por exemplo: a equipe 1 fica com os feijões; a equipe 2, com os milhos; a equipe 3, com as lentilhas).
6. Embaralhem as cartas e distribuam oito delas a cada equipe. Cada carta indica o território que pertence a cada equipe.
7. Coloquem três peças em cada território da equipe.
8. Uma das equipes iniciará o jogo, de acordo com as regras a seguir.

Regras

1. As equipes tentarão conquistar os territórios das demais equipes, enquanto estas vão se defender.
2. Só é permitido investir contra um território vizinho, isto é, um território que faça fronteira com um dos territórios da equipe investidora.
3. Para fazer um movimento de avanço, cada equipe deve ter no mínimo 2 peças no território, de onde moverá uma das peças para o território vizinho.
4. Para avançar, essa equipe deve jogar o(s) dado(s) e anotar o número obtido. Em seguida, a equipe defensora jogará o(s) dado(s) para realizar a defesa (leia a regra 8 para saber com quantos dados jogar em cada situação). O número mais alto vence; no caso de as duas equipes obterem o mesmo número, a equipe defensora ganha.

Não escreva no livro.

5. Quem perder deve tirar uma peça do seu território. Caso seja a última peça da defesa, a equipe investidora move uma peça do território que promoveu o avanço para o território conquistado.
6. Cada equipe poderá realizar três movimentos de avanço na sua vez de jogar.
7. Ao final de cada rodada (ou seja, depois de as três equipes terem jogado), cada equipe deve colocar uma peça em cada um de seus territórios, contanto que não exceda três peças por território.
8. Em cada tabuleiro, a quantidade de dados utilizada nos movimentos de cada equipe pode variar:
   - No tabuleiro de territórios amarelos: todas as equipes avançam e se defendem com um dado só.
   - No tabuleiro de territórios verdes e vermelhos: a equipe 1 avança e se defende sempre usando dois dados; a equipe 2 avança e se defende com três dados quando estiver em territórios verdes; e, em territórios vermelhos, com apenas dois dados; por fim, a equipe 3 avança e se defende com três dados quando estiver em territórios vermelhos, e, em territórios verdes, usa apenas dois dados. O(A) professor(a) vai decidir quais equipes devem seguir as regras descritas nesses casos.
9. O(A) professor(a) interromperá o jogo após 30 a 45 minutos transcorridos. Os grupos, então, não poderão desmontar os tabuleiros nem mexer na disposição das peças.

Fonte de pesquisa: Moraes, D.; Alonso, E. *et al*. Origem e diversificação da vida: seleção natural. *In*: *Instrumentação para o Ensino de Ciências Biológicas*. São Paulo: Instituto de Biociências da USP, 2008. v. 3. p. 242-246 [Adaptado].

Resultados

1. Com o auxílio do(a) professor(a), copiem no caderno os quadros a seguir e preencham-nos com o número de territórios com que cada equipe correspondente ficou ao final do jogo. Por exemplo: caso haja na turma duas equipes 1 que tenham jogado no tabuleiro de territórios amarelos, somem o número de territórios dessas equipes e registrem esse valor.
2. Calculem a média para cada situação: a média de um conjunto de valores numéricos deve ser calculada somando-se os valores de todas as equipes correspondentes (feito anteriormente) e dividindo-se o resultado pelo número de elementos somados (por exemplo: pelo número de equipes 1 que jogaram no tabuleiro de territórios amarelos).

Tabuleiro com territórios amarelos		
Equipe	Total de territórios conquistados	Média
1	//////////////////////////////////	//////////////
2	//////////////////////////////////	//////////////
3	//////////////////////////////////	//////////////

Tabuleiro com territórios amarelos		
Equipe	Total de territórios conquistados	Média
1	//////////////////////////////////	//////////////
2	//////////////////////////////////	//////////////
3	//////////////////////////////////	//////////////

Para concluir

3. Uma espécie nunca está adaptada a todos os ambientes. De modo análogo, as equipes que jogam com três dados só têm essa vantagem em um dos territórios; no outro, ela joga com dois dados.

1 **Uma vez que cada tipo de peça representa uma espécie e cada território do tabuleiro representa um ambiente, de que maneira esse jogo simula a seleção natural?** Veja resposta em *Respostas e comentários* no Manual do Professor.

2 **Observando os resultados dos tabuleiros com territórios verdes e vermelhos, qual das espécies parece estar menos adaptada ao ambiente? O que aconteceria com ela se o jogo continuasse por mais tempo?** A espécie representada pela equipe que joga apenas com dois dados. É esperado que essa equipe seja eliminada, da mesma forma que aconteceria com uma espécie pouco adaptada a determinado ambiente.

3 **Quando pensamos em adaptação, é importante considerar o ambiente onde está a espécie. De que maneira o tabuleiro com territórios verdes e vermelhos mostra isso?**

4 **Como podemos explicar os resultados observados nos tabuleiros com territórios amarelos?** Veja resposta em *Respostas e comentários* no Manual do Professor.

5 **Por que é importante conhecer a média dos territórios conquistados em cada tabuleiro, pensando no contexto de espécies e de ambientes?** Veja resposta em *Respostas e comentários* no Manual do Professor.

A TEORIA SINTÉTICA DA EVOLUÇÃO

Após a publicação do livro *A origem das espécies*, de Darwin, em 1859, a ideia de que os seres vivos haviam sido criados prontos e permaneciam imutáveis ao longo das gerações e por tempo ilimitado começou a tornar-se insustentável no meio científico.

A proposta de que as espécies evoluem, que já contava com alguns adeptos, tornou-se amplamente aceita depois que Darwin forneceu em seu livro muitas evidências convincentes.

Por sua vez, a aceitação da teoria da seleção natural, na época, foi diferente. Mesmo enfatizando que ela era o mecanismo mais importante no processo evolutivo, o próprio Darwin considerava que poderia haver outros mecanismos de mudança além da seleção natural, como a herança dos caracteres adquiridos. Essa flexibilidade permitiu aos naturalistas que tinham restrições à teoria da seleção natural aderirem, então, ao darwinismo.

Muitos naturalistas não aceitavam a ideia de que as variações individuais não fossem dirigidas pelas necessidades de sobrevivência dos organismos, e procuravam explicações que conferissem à evolução uma finalidade, ou seja, o aperfeiçoamento dos seres vivos em direção a uma configuração ideal do organismo, como se houvesse um projeto preexistente dos seres vivos a ser alcançado. Nos anos 1890, as teorias mais aceitas nesse campo eram o **neolamarckismo** e a **teoria da ortogênese**.

Os neolamarckistas negavam a teoria da seleção natural e propunham uma reinterpretação da teoria de Lamarck. Eles conferiam papel evolutivo à herança dos caracteres adquiridos (inclusive os decorrentes de uso e desuso) e consideravam que a evolução era impulsionada pela tendência intrínseca dos seres vivos rumo ao aperfeiçoamento.

Os ortogenistas, muitos deles paleontólogos, defendiam que havia algum tipo de força intrínseca direcionadora que promovia a evolução e negavam o papel evolutivo da seleção natural. Eles se baseavam principalmente nos registros fósseis, nos quais viam padrões que sugeriam um processo evolutivo com rumo preestabelecido.

O "eclipse do darwinismo"

Nos primeiros anos da década de 1880, o biólogo alemão August Weismann (1834-1914) – o mesmo que, em 1885, descreveria a meiose – publicou uma série de artigos e o livro *Ensaios sobre a hereditariedade*, nos quais defendia a seleção natural como único mecanismo evolutivo aceitável e argumentava que a herança dos caracteres adquiridos simplesmente não ocorria.

Diante da inflexibilidade proposta por Weismann, muitos naturalistas deixaram de apoiar o darwinismo, e as teorias evolutivas antidarwinistas prosperaram. Houve uma rejeição tão grande à teoria darwinista, que o britânico Peter J. Bowler (1944-), historiador de ciência, denominou esse período de "eclipse do darwinismo". No começo do século XX, mesmo com os trabalhos de Mendel e o surgimento da genética, o darwinismo ainda permanecia uma teoria questionável e pouco aceita no meio científico.

Os principais geneticistas mendelianos – o britânico William Bateson (1861-1926), o holandês Hugo de Vries (1848-1935) e o dinamarquês Wilhelm L. Johannsen (1857-1927) – não adotaram a teoria da seleção natural, pois verificaram em experimentos que as mutações provocavam alterações bruscas nos organismos, o que não se adequava ao processo gradual de mudança previsto por essa teoria. Eles defendiam que as mutações seriam as verdadeiras responsáveis pelas mudanças evolutivas.

O retorno do darwinismo

O darwinismo ressurgiu ao longo da década de 1920, especialmente com os trabalhos dos geneticistas Ronald Aylmer Fisher (1890-1962) e John B. S. Haldane (1892-1964), na Inglaterra, e do também geneticista Sewall Wright (1889-1988), nos Estados Unidos.

Esses cientistas mostraram, cada um de uma forma, que a herança mendeliana e a genética de populações podiam explicar a origem e a transmissão das variações entre indivíduos, bem como os efeitos da seleção natural sobre as populações.

A partir de então, estabeleceu-se intensa atividade entre os evolucionistas de diversas áreas, como sistemática, paleontologia e genética. Artigos e livros foram publicados e vários encontros foram realizados com o objetivo de reunir os conhecimentos e sistematizá-los na forma de uma teoria evolutiva, que foi denominada **teoria sintética da evolução**, ou **neodarwinismo**.

Entre os principais protagonistas dessa síntese destacam-se o paleontólogo estadunidense George G. Simpson (1902-1984), e seu compatriota, o botânico George L. Stebbins (1906-2000), o biólogo e sistemata alemão-estadunidense Ernst Mayr (1904-2005) e o geneticista ucraniano-estadunidense Theodosius Dobzhansky (1900-1975). Este último, autor de *Genética e a origem das espécies* (1937), obra que contribuiu para uma nova compreensão da teoria evolutiva, também trabalhou no Brasil, onde formou vários discípulos.

Na Conferência Internacional sobre Genética, Paleontologia e Evolução, realizada em Princeton, Estados Unidos, em 1947, a teoria sintética da evolução foi formalmente estabelecida. Trata-se de um todo coerente capaz de explicar, com o apoio de evidências robustas, vários aspectos da evolução das espécies.

No entanto, conhecimentos gerados por áreas da Biologia – sobretudo a genética molecular, a ecologia e a biologia do desenvolvimento – trouxeram novos desafios e, ao mesmo tempo, proporcionaram novas contribuições para o entendimento de como se formam as espécies e de como elas mudam ao longo do tempo.

Não escreva no livro.

AS BASES GENÉTICAS DA EVOLUÇÃO

A seguir, serão analisadas as principais contribuições da genética de populações para os estudos evolutivos.

A origem das variações

As variações entre os indivíduos de uma população são fundamentais para que ocorra a evolução, pois elas proporcionam o diferencial de sobrevivência e de reprodução sobre o qual a seleção natural atua.

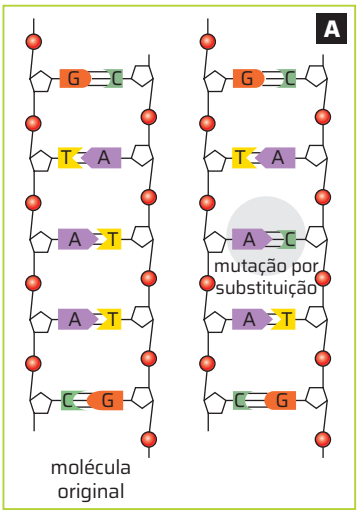
As características de um indivíduo não resultam apenas da ação dos genes. Entre outros fatores, elas são o resultado da interação do genótipo com o ambiente e de eventos ocorridos durante o desenvolvimento do embrião, que variam de indivíduo para indivíduo. No entanto, do ponto de vista da genética de populações, são analisadas especialmente as variações na molécula de DNA, que resultam de recombinação, reprodução sexuada e mutações.

A maior parte das variações genéticas de uma população surge por mutação nas sequências de nucleotídios do organismo (imagem **A**) e ocorre espontaneamente durante a replicação do DNA. Na natureza, as mutações pontuais em sequências de nucleotídios ocorrem ao acaso, e não de acordo com as necessidades do organismo, e podem ser benéficas, prejudiciais ou neutras para a sobrevivência e a capacidade de reprodução do indivíduo.

Existem também variações genéticas decorrentes de mutações cromossômicas que alteram o número ou a estrutura dos cromossomos, mas elas são menos frequentes porque, em geral, esse tipo de mutação afeta a viabilidade do organismo.

Nos seres multicelulares, só as mutações no material genético das células germinativas (as que originam os gametas) podem ter algum significado evolutivo, pois apenas essas mutações são hereditárias. Mutações em células somáticas não são hereditárias.

Representação sem proporção de tamanho.



Adilson Secco/ID/BR

Esquema de mutação em um dos nucleotídios de um segmento de DNA. Cores-fantasia.

AÇÃO E CIDADANIA

A seleção natural e a resistência aos antibióticos

Com o desenvolvimento de vacinas e de antibióticos, a humanidade vem conquistando vitórias na luta contra os microrganismos patogênicos. Todavia, novas mutações e a ação da seleção natural sobre elas podem originar linhagens resistentes de microrganismos, que não respondem aos tratamentos existentes. A resistência aos antibióticos é um exemplo de quão poderosa pode ser a ação da seleção natural.

Esse mecanismo pode ser entendido assim:

- Dentro das populações de bactérias ou de outros organismos sempre há variabilidade genética.
- Bactérias que carregam determinados alelos mutantes, que lhes garantem resistência contra antibióticos específicos, sobrevivem e se reproduzem com mais eficiência do que as que não têm essas mutações; as bactérias mais resistentes acabam disseminando seus alelos nas populações.
- As bactérias mutantes originam linhagens resistentes à ação dos antibióticos.

Um dos principais fatores que contribuem para o aumento da resistência das bactérias aos antibióticos é o uso indiscriminado e abusivo desse tipo de medicamento. Quando o antibiótico é usado de maneira inadequada, sem orientação médica, pode promover a seleção das **cepas** mais resistentes, em detrimento daquelas mais sensíveis.

Entre as bactérias resistentes aos antibióticos estão algumas linhagens do bacilo da tuberculose e linhagens de *Staphylococcus aureus*, bactéria causadora de diversas infecções, como meningite e pneumonia.

1. **O desenvolvimento de linhagens de bactérias cada vez mais resistentes aos antibióticos pode ser considerado uma adaptação? Explique.**
2. **Muitas pessoas praticam a automedicação, ingerindo antibióticos sem prescrição médica. Proponha uma campanha para alertar as pessoas sobre os riscos envolvidos nessa prática.**

1. A resistência aos antibióticos pode ser considerada uma adaptação porque uma nova condição do meio (a presença de antibióticos) acaba selecionando os indivíduos de uma população (as bactérias) resistentes aos antibióticos. Essas bactérias, ao se reproduzirem, passam os alelos que conferem essa resistência para a próxima geração (e assim por diante), até o ponto de os alelos que conferem a resistência estarem disseminados pela população.

2. Resposta variável. Além de apresentar elementos da resposta anterior, a campanha deve alertar para a resistência ao efeito dos antibióticos. Ou seja, a prática da automedicação pode reduzir a possibilidade de tratar infecções causadas por bactérias resistentes.

cepa: Linhagem de bactérias, de vírus ou de outros microrganismos com um número de mutações que altera uma ou mais de suas características fenotípicas.

DE OLHO NO CONCEITO

Fenótipo: Conjunto de características detectáveis de um organismo.
Genótipo: Conjunto de todos os genes em um gameta ou zigoto.
Mutação: Alteração no material genético de um organismo.

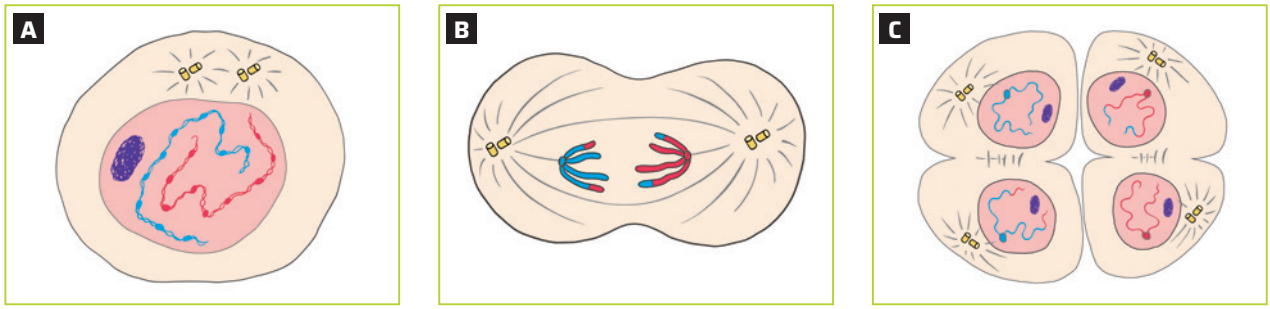
A amplificação das variações

Embora novos alelos sejam produzidos por mutações, as variações nas populações naturais se devem a processos que recombinam os genes dos conjuntos parentais, criando uma enorme variedade de novos genótipos.

Nos organismos com reprodução sexuada, os principais processos de recombinação do conjunto gênico são a **permutação** (ou *crossing-over*) e a **segregação independente** dos cromossomos homólogos. Esses dois processos ocorrem durante a meiose, a divisão celular que origina os gametas.

A permutação ocorre na primeira divisão da meiose e consiste na troca de trechos dos cromossomos homólogos parentais. Já a segregação independente ocorre durante a primeira divisão meiótica e consiste no movimento dos cromossomos para os polos da célula e, posteriormente, para as células-filhas (imagens **A**, **B** e **C**).

Representações sem proporção de tamanho.



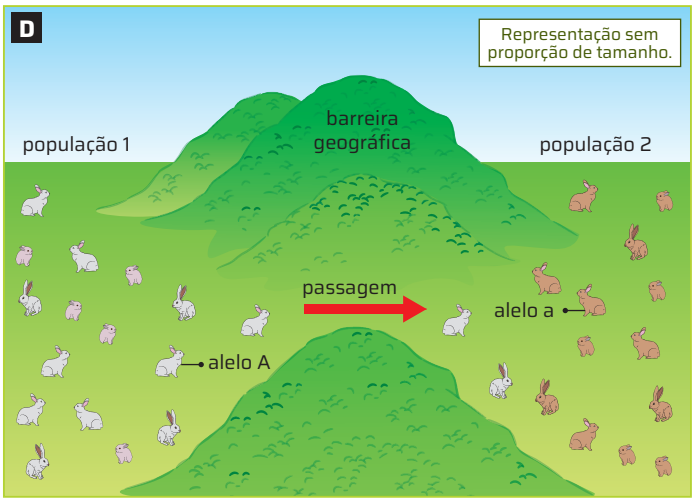
Ilustrações: Roberto Higa/ID/BR

Esquema de segregação independente durante a meiose. (**A**) Início da meiose. (**B**) Segregação independente dos cromossomos homólogos. Observe que existem trechos dos cromossomos que estão trocados, porque na primeira etapa da meiose I ocorre a permutação. (**C**) Final da meiose, com a formação das quatro células-filhas geneticamente diferentes das células genitoras. Cores-fantasia.

Fonte de pesquisa: Griffiths, A. J. F. *et al.* *Introdução à genética*. 9. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2011. p. 42-43.

A permutação e a segregação independente produzem conjuntos de genes com combinações diferentes das dos conjuntos parentais e, dessa forma, originam novos genótipos. Estes, por sua vez, proporcionam novos fenótipos, sobre os quais o processo de seleção natural pode atuar.

Outra fonte de ampliação da variabilidade em populações de organismos com reprodução sexuada é o acasalamento com indivíduos de populações vizinhas. Os descendentes gerados nessa situação têm, em seu genótipo, genes anteriormente inexistentes na população original. Esse intercâmbio de genes entre populações é chamado **fluxo gênico** (imagem **D**).



Reinaldo Vignati/ID/BR

Esquema de migração ou fluxo gênico. Ao migrarem, os indivíduos da população 1 levam o alelo A (dominante) para a população 2. Cores-fantasia.

DE OLHO NO CONCEITO

Alelos: Variantes sob as quais um gene se apresenta. O gene que determina a cor da vagem da ervilha tem dois alelos: o alelo recessivo (a) e o alelo dominante (A).
Heterozigoto: Indivíduo que tem alelos diferentes (Aa).
Homozigoto: Indivíduo que apresenta um par de alelos iguais AA (dominante) ou aa (recessivo).
Meiose: Divisão celular em que a célula-mãe forma células-filhas com metade do número original de cromossomos.

Nos organismos eucariotos de reprodução assexuada, as variações também surgem devido a mutações e, em geral, elas são a única fonte de variação genotípica e fenotípica nas populações. Nesse caso, se a mutação é benéfica, forma-se uma nova linhagem. Quando a mutação é prejudicial, a nova linhagem tende a ser extinta.

Entre os procariontes, uma das formas de recombinação do conjunto gênico é o processo de **conjugação**, no qual uma bactéria se une a outra e transfere a ela parte de seu material genético.

Não escreva no livro.

Variações e frequências gênicas

A **genética de populações** dedica-se ao estudo da evolução com base nas mudanças da composição gênica de uma população ao longo das gerações.

Imagine uma população hipotética de peixes na qual a cor é uma característica hereditária, determinada por um par de alelos. O alelo **V** condiciona a cor azul das escamas, e o alelo **v**, na forma homozigota, determina a cor amarela.

Em certo momento, verifica-se que a porcentagem do alelo **V** naquela população é 40%, e a porcentagem do alelo **v** é 60%. Passadas algumas gerações, uma nova avaliação mostra que a porcentagem do alelo **V** caiu para 30% e a do alelo **v** subiu para 70%. Essa alteração na frequência dos alelos indica que a população de peixes sofreu uma mudança evolutiva. Mudanças genéticas que ocorrem dentro das populações, como nesse exemplo, são chamadas **microevolução**.

Considera-se que uma população é uma unidade evolutiva quando seus indivíduos compartilham um conjunto gênico que pode ser transmitido às gerações seguintes por meio de reprodução sexuada. Essa população é chamada mendeliana. Assim, uma **população mendeliana** pode ser definida como um conjunto de indivíduos que se reproduzem sexuadamente e que compartilham um conjunto gênico comum, geralmente transmitido a seus descendentes. A composição genética de uma população mendeliana é avaliada com base na frequência de seus genes.

Frequências genotípicas e gênicas

Considere uma população mendeliana constituída de *N* indivíduos, em cujo conjunto gênico determinado gene se apresenta sob a forma de dois alelos, **A** e **a**. Assim, em relação a esse gene, os indivíduos da população poderão apresentar um dos seguintes genótipos: **AA**, **Aa** ou **aa**. Isto é, haverá uma parcela da população – *n* indivíduos – com genótipo **AA**, indicados por $n(\mathbf{AA})$; *n* indivíduos com genótipo **Aa**, indicados por $n(\mathbf{Aa})$; e *n* indivíduos com genótipo **aa**, indicados por $n(\mathbf{aa})$.

No exemplo hipotético citado, a frequência de cada um dos genótipos é o número de indivíduos portadores de determinado genótipo em relação ao número total de indivíduos da população. Assim, a **frequência do genótipo AA** será:

$f(\mathbf{AA}) = \frac{n(\mathbf{AA})}{N}$, em que $n(\mathbf{AA})$ é o número de indivíduos com genótipo **AA**, e *N* é o número total de indivíduos da população.

Da mesma maneira, a frequência do genótipo **Aa** e a do **aa** serão, respectivamente:

$$f(\mathbf{Aa}) = \frac{n(\mathbf{Aa})}{N} \text{ e } f(\mathbf{aa}) = \frac{n(\mathbf{aa})}{N}$$

A **frequência gênica** relaciona-se às frequências dos alelos de um gene em uma população. Considerando o exemplo hipotético apresentado, a frequência gênica é a frequência dos alelos **A** e **a** naquela população.

Para calcular essas frequências, lembre-se de que o alelo **A** está presente nos indivíduos homozigotos dominantes e nos heterozigotos. Da mesma maneira, o alelo **a** está presente nos homozigotos recessivos e nos heterozigotos. Assim, para calcular a frequência do alelo **A** na população, deve-se considerar as duas situações em que ele aparece, como expresso na seguinte fórmula matemática:

$$f(\mathbf{A}) = \frac{n(\mathbf{AA}) \cdot 2 + n(\mathbf{Aa})}{2N}$$

Observe que o número de indivíduos que apresentam genótipo **AA** é multiplicado por 2, pois cada indivíduo carrega dois alelos **A**. Esse produto é somado ao número de indivíduos com genótipo **Aa**, uma vez que cada indivíduo com esse genótipo carrega apenas um alelo **A**. Esse somatório deve ser dividido pelo tamanho total da população (*N*) multiplicado por 2, uma vez que cada indivíduo apresenta um par de alelos.

Para o cálculo da frequência de **a**, usa-se o mesmo raciocínio:

$$f(\mathbf{a}) = \frac{n(\mathbf{aa}) \cdot 2 + n(\mathbf{Aa})}{2N}$$

DE OLHO NO CONCEITO

Fórmula do equilíbrio de Hardy-Weinberg

Fórmula usada para verificar se uma população está em equilíbrio gênico. Para um gene com dois alelos (**A** e **a**), se simbolizarmos a frequência de **A** por p, e a frequência de **a** por q, obtemos a seguinte expressão:

$$p + q = 1$$

Para formar um indivíduo **AA**, é necessário que um espermatozoide **A** fecunde um óvulo **A**, cuja frequência é a mesma, logo, $p \cdot p = p^2$. De forma semelhante temos que $q \cdot q = q^2$. O indivíduo **Aa**, por sua vez, resulta de um espermatozoide **A** e de um óvulo **a**, e vice-versa. Logo, a probabilidade de ocorrência é $2 \cdot p \cdot q = 2pq$.

Assim, se f(**A**) = p; e se f(**a**) = q; então: f(**AA**) = p^2; f(**Aa**) = $2pq$; e f(**aa**) = q^2.

Populações em equilíbrio de Hardy-Weinberg

A variabilidade genética existente entre os indivíduos que compõem uma população pode ser expressa em termos de frequências gênicas. Mas quais são os fatores que determinam a frequência dos alelos em uma população? Essa questão foi elucidada em 1908, quando o matemático inglês Godfrey Harold Hardy (1877-1947) e o médico alemão Wilhelm Weinberg (1862-1937), de maneira independente, demonstraram matematicamente que, se não houver qualquer fator evolutivo atuando sobre uma população, as frequências de seus alelos e de seus genótipos permanecerão constantes de geração para geração, atingindo assim um equilíbrio estável. Tal postulado ficou conhecido como teorema ou **princípio de Hardy-Weinberg** e é válido somente para uma população em que a evolução esteja suspensa, ou seja, uma população hipotética.

A população ideal encontra-se em equilíbrio gênico e genotípico apenas se atender às seguintes condições:

- A população deve ser muito grande ou de forma efetiva ter um número virtualmente infinito de indivíduos.
- Os cruzamentos devem ocorrer totalmente ao acaso, condição que recebe o nome de pan-mixia.
- Não deve haver seleção. Isso significa que os indivíduos devem ter as mesmas chances de sobrevivência e de reprodução.
- Não deve haver migrações, ou seja, não deve haver entrada ou saída de indivíduos da população. A população não recebe um fluxo gênico capaz de alterar a sua composição gênica original e seus genes não sofrem mutações.

ROTEIRO

3. Considere uma população em equilíbrio de Hardy-Weinberg, em que a frequência de coelhos albinos (caráter recessivo) seja 9%. Determine a frequência dos alelos A e a e as frequências dos homozigotos AA e dos heterozigotos Aa.

f(a) = 0,3 ou 30%; f(A) = 0,7 ou 70%; f(aa) = 0,09 ou 9%; f(AA) = 0,49 ou 49%; f(Aa) = 0,42 ou 42%.

CIÊNCIA SE DISCUTE

Raças humanas

No século XIX, estudos científicos atribuíam tendenciosamente ao homem branco ocidental uma suposta posição de superioridade.

No século XX, essas ideias culminaram com a eugenia, ou seja, o conjunto de teorias e práticas que visava a um suposto melhoramento genético da espécie, fosse pela esterilização, fosse pela eliminação de indivíduos considerados indesejáveis.

A partir do final da Segunda Guerra Mundial (em 1945), com a divulgação dos crimes contra a humanidade praticados ao longo desse conflito, o conceito de raças humanas começou a ser questionado.

No Brasil, por exemplo, pesquisas recentes mostraram que, entre os brasileiros ditos brancos, há uma frequência considerável de genes de origem africana e ameríndia, o que fornece evidências do alto grau de miscigenação da população brasileira.

Estudos semelhantes realizados em nível global também corroboram a ideia de que não há diferenças genéticas significativas entre as supostas raças humanas. Assim, pode-se dizer hoje que o conceito de raça na espécie humana não tem respaldo genético. A humanidade faz parte de uma única espécie, em que diferenças genéticas existem apenas no plano individual.

No entanto, por estar associado a questões sociopolíticas, o conceito de raça (com um significado diferente das raças genéticas) é empregado nas Ciências Humanas.

Coleção do Governo do Estado de São Paulo, São Paulo. ©Tarsila do Amaral Licenciamento e Empreendimentos Ltda. Fotografia: ID/BR

Amaral, T. *Operários*, 1933. Óleo sobre tela, 150 cm × 250 cm. Nessa obra de Tarsila do Amaral, observam-se pessoas com características físicas diferentes, que refletem diferenças genéticas apenas no plano individual.

1. Em sua opinião, por que algumas pessoas discriminam outras por causa da aparência? O que você pensa sobre esse tipo de atitude?

Veja resposta em *Respostas e comentários* no Manual do Professor.

Não escreva no livro.

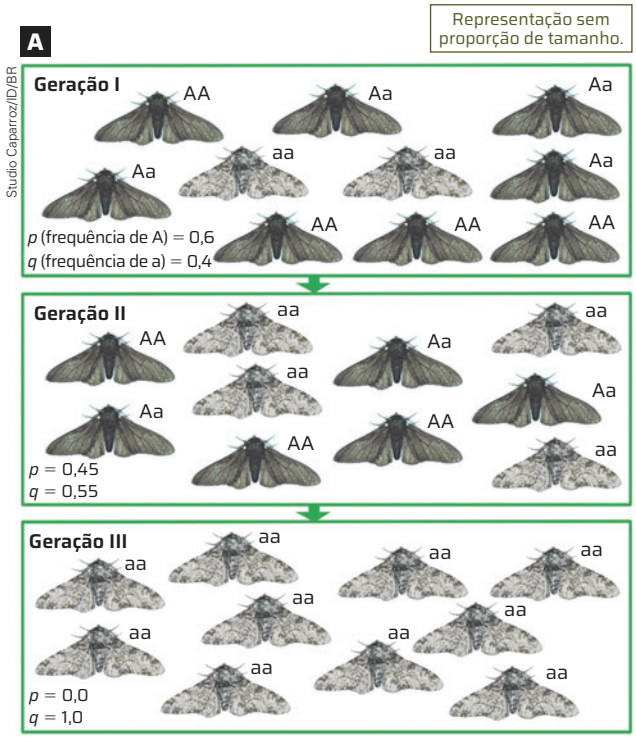
Dinâmica das variações nas populações

Os principais processos que promovem a variação das frequências dos alelos nas populações são a **deriva genética** e a **seleção natural**. Devido a esses processos, alguns indivíduos da população deixam mais descendentes do que outros, legando, assim, mais genes às gerações subsequentes.

Deriva genética

A deriva genética pode ser entendida como uma mudança que se dá totalmente ao acaso nas frequências gênicas de uma população. Ela é exemplo de um processo chamado **variação por amostragem aleatória**.

O conjunto de genes dos adultos de uma população é uma amostra finita de um universo muito maior, formado pelos genes dos gametas da geração de seus pais. Essa amostra, por ser aleatória, finita e bem menor que o universo em questão, apresenta uma frequência gênica um pouco diferente da frequência gênica desse universo. Isto é, ocorre evolução. Após várias gerações, a frequência gênica da população pode se tornar muito diferente da frequência inicial (imagem **A**).



Representação simplificada da deriva genética. Na primeira geração, há variabilidade de alelos (**A** e **a**) e de genótipos (**AA**, **Aa**, **aa**). Após três gerações, o alelo **a** foi fixado ($q = 1$), e o alelo **A** foi eliminado ($p = 0$). Essa mudança ocorreu por acaso. Uma mudança contrária também poderia ter ocorrido. Cores-fantasia.

A deriva genética pode aumentar ou diminuir a frequência de um alelo; pode até eliminá-lo ou fixá-lo (um alelo está fixado quando sua frequência é igual a 1, ou seja, ele é o único alelo do gene disponível na população). Ela atua sobre todos os alelos de uma população, inclusive sobre aqueles que conferem vantagens ou desvantagens adaptativas. No entanto, seus efeitos são significativos nos alelos neutros, isto é, naqueles que não aumentam nem diminuem as chances de sobrevivência e reprodução dos organismos, porque esses alelos não sofrem a ação da seleção natural.

Embora a deriva genética atue em todas as populações, é bom observar que ela não resulta em adaptação, pois as frequências dos alelos se alteram por puro acaso; contudo, há evolução, uma vez que a frequência dos alelos se altera.

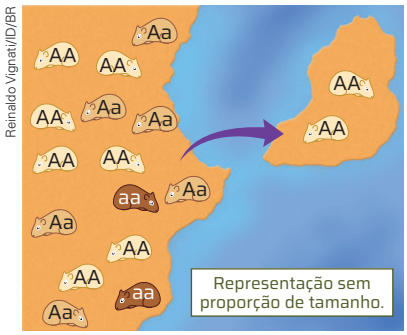
Efeito "gargalo de garrafa"

Esse efeito ocorre quando uma população é reduzida de maneira abrupta e intensa devido a condições ambientais adversas. Nessa situação, a deriva genética atua de forma drástica, e quando a nova população, que se estabeleceu a partir de um pequeno número de indivíduos sobreviventes, recupera seu tamanho original, alguns alelos frequentes na população original podem ter sido eliminados ou sua frequência pode ter sido muito reduzida; outros alelos raros podem ter sido fixados ou sua frequência pode ter sido muito aumentada.

Efeito do fundador

Quando alguns membros de uma população colonizam um novo ambiente, pode ocorrer um tipo específico de deriva genética, denominado **efeito do fundador**. Isso ocorre se o conjunto gênico desses poucos indivíduos não constituir uma amostra representativa do conjunto gênico da população original. Assim, ao se reproduzir, eles formarão uma população com frequências gênicas diferentes das frequências da população original.

Esse conceito foi proposto em 1942 pelo evolucionista alemão Ernst Mayr (1904-2005). Em 1952, ele utilizou o efeito do fundador para explicar um fenômeno comum a arquipélagos próximos ao continente: as populações de aves em cada uma das ilhas apresentavam fenótipos muito diferentes entre si, enquanto em áreas continentais, ou mesmo em ilhas maiores, as populações eram relativamente uniformes. Charles Darwin já havia chegado a essa conclusão nas ilhas Galápagos em relação aos fenótipos dos tentilhões, tão diferentes entre as populações insulares e as continentais e característicos de cada ilha (conheça outro exemplo na imagem **B**).



B

Esquema do efeito do fundador. Os preás que migram para a ilha ao acaso não carregam o alelo **a**. Assim, a população formada por seus descendentes não apresentará os tons de pelagem conferidos por esse alelo, a menos que ele surja por mutação. Cores-fantasia.

BIOLOGIA E HISTÓRIA

EUGENIA E RACISMO

A teoria da evolução proposta por Charles Darwin foi um marco na história da ciência, e mudou a forma como os seres humanos olhavam para si mesmos e para os outros seres vivos. No entanto, nem sempre essa mudança foi positiva.

[...]

Francis Galton, rico herdeiro de uma família tradicional, viu na periferia de Londres um problema darwinista. Ao pé da letra: ele era primo de Charles Darwin, e havia lido (ou melhor, devorado) a *Origem das Espécies* logo após o lançamento, em 1859.

[...]

Darwin não menciona o ser humano uma única vez no livro; mesmo assim, acendeu uma lâmpada na cabeça de Galton. Ele não só notou que a sobrevivência dos bem adaptados se aplicava ao *Homo sapiens* como concluiu que só havia um jeito de salvar a "raça europeia": acelerar artificialmente, (por decreto, até) a atuação da seleção natural.

[...] Em 1883, Galton deu à estratégia um nome: eugenia. Vem do grego: eu significa "bom", gene significa "linhagem", "raça", "parentesco".

"Estamos muito necessitados de uma palavra breve para a ciência de melhorar a estirpe", afirmou Galton. "Para dar às raças ou linhagens de sangue mais adequado uma chance melhor de prevalecer depressa sobre as menos adequadas."

[...]

Essas ideias foram recebidas como a vanguarda da ciência. No início do século 20, Londres sediaria o primeiro congresso internacional de eugenia. A Inglaterra não chegou a colocar em prática as ideias de Galton. Dezenas de outras nações, porém, as abraçaram. A mais dedicada delas, nas primeiras décadas, não foi a Alemanha – e sim os EUA.

[...]

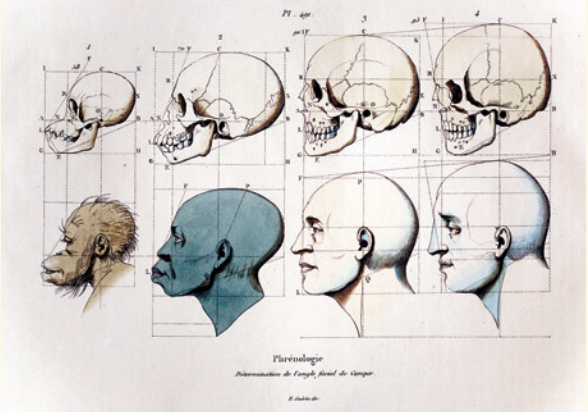
Um dos símbolos da eugenia americana foi Charles Davenport, manda-chuva do Eugenics Record Office (ERO) – o centro de pesquisa em Cold Spring Harbour, Nova York, que encabeçou os esforços de higienização genética. Ele era contra casamentos inter-raciais [...] e via a entrada de imigrantes do sul da Europa e da Ásia como um risco à boa estirpe americana.

[...]

No porto de Ellis Island, também em Nova York, imigrantes recém-chegados da Itália, da Grécia e dos países do bloco comunista eram submetidos a testes de QI. "O propósito de aplicar a escala de medição mental em Ellis Island é peneirar os imigrantes que podem [...] se tornar um fardo para o Estado ou produzir prole que vai requerer vagas em prisões ou asilos", afirmou em 1915 o médico Howard Knox. [...]

Racismo científico

Embora hoje eugenia seja associada a racismo no imaginário popular, Galton e Davenport não tinham nada a ver com os escravocratas retrógrados do sul dos EUA, associados à Ku Klux Klan. Foi um tipo de racismo diferente que pegou o bonde da eugenia. Se era possível isolar (e eliminar) os indesejáveis dentre os membros de uma raça, por que não seria possível hierarquizar as próprias raças? [...]



Paul D Stewart/SPL/Fotoarena

Imagem de um estudo de determinação de ângulo facial. A frenologia envolvia a medição de saliências do crânio para prever características mentais. É considerada uma pseudociência.

No livro *A Falsa Medida do Homem*, publicado em 1980, o biólogo Stephen Jay Gould [...] cita o caso de Robert Bean – um médico que em 1906 publicou um longo artigo comparando as medidas de várias partes dos cérebros de negros e brancos. Uma das áreas analisadas foi o corpo caloso – que conecta o hemisfério direito ao esquerdo. O corpo caloso é dividido em dois trechos, o joelho e o esplênio, e Bean havia percebido algo, em sua opinião, fantástico: o joelho e o esplênio de negros eram muito menores que os dos brancos.

Era racista demais para ser verdade. Tanto que Franklin Mall, o orientador de Bean na Universidade Johns Hopkins, suspeitou. Ele refez o estudo – dessa vez, medindo 106 cérebros sem saber, de antemão, a etnia dos indivíduos a que pertenciam. Resultado? Seus gráficos saíram neutros. [...]

[...]

[...] [A] eugenia foi uma invenção inglesa, aperfeiçoada nos EUA e disseminada por todo o Ocidente no entreguerras. O Holocausto foi só sua manifestação mais conhecida, mas todas as atrocidades ordenadas por Hitler (e rechaçadas pelos

Não escreva no livro.

2. Não, o que Francis Galton fez foi extrapolar o conceito de seleção natural para justificar práticas racistas. A teoria da seleção natural nunca mencionou seres humanos, ela se baseava na observação do comportamento de espécies animais na natureza.

Aliados após a 2ª Guerra Mundial) tiveram precursores entre os próprios Aliados. A descoberta dos campos de concentração desencadeou um surto de peso na consciência que culminou com a publicação, em 1950, de um documento da Unesco intitulado *A Questão da Raça*. A ciência pedia desculpas, e a palavra eugenia virava tabu.

[...]

VAIANO, B. Eugenia não é coisa do passado. *Superinteressante*. São Paulo, 26 fev. 2019. Disponível em: https://super.abril.com.br/ciencia/a-longa-historia-da-eugenia. Acesso em: 10 set. 2024.

Eugenia no Brasil

No Brasil, a eugenia encontrou terreno fértil entre a elite do país. No final do século XIX, a população brasileira era de 17 milhões de habitantes, mais da metade formada por ex-escravizados e seus descendentes.

Nessa mesma época, as cidades cresciam, muita gente vivendo no mesmo lugar, muita pobreza e muita sujeira, a combinação perfeita para a proliferação de epidemias. O movimento sanitarista surge, então, com o objetivo de resolver os problemas de saúde pública dos centros urbanos. O problema é que muitos sanitaristas também acharam que era possível não só limpar as ruas, mas também "purificar a raça".

Entre as teses defendidas pelos eugenistas brasileiros estava a de que o "sangue branco" se sobrepunha a qualquer outro e, como consequência, os descendentes da miscigenação entre negros e brancos ficariam progressivamente mais claros, até se tornarem brancos. Os defensores dessa tese viam a miscigenação como uma estratégia para o branqueamento da população.

Em 1879, Sílvio Romero (1851-1914), fundador da Academia Brasileira de Letras, escreveu um artigo defendendo que o fim da entrada de negros escravizados no Brasil, o desaparecimento dos indígenas e o aumento da imigração europeia favoreceriam o embranquecimento do Brasil. Nessa época, a taxa de mortalidade de pessoas negras ultrapassava o dobro do índice para pessoas brancas. A morte de negros e mestiços era vista como estratégica para o movimento eugenista.

As ideias racistas de teóricos como Cesare Lombroso (1835-1909), que criou a teoria do "criminoso nato", encontraram eco no país, mais precisamente com o médico baiano Raimundo Nina Rodrigues (1862-1906), que, em *Mestiçagem, degenerescência e crime*, descreveu negros e mestiços como "naturalmente delinquentes", e propôs uma reforma penal que atribuísse penas mais severas para essas pessoas.

Em São Paulo, o médico Renato Ferraz Kehl (1889-1978) se reuniu com colegas de profissão para discutir a eugenia, surgindo desse encontro a Sociedade Eugênica de São Paulo, que tinha membros ilustres como Vital Brasil (1865-1950), fundador do Instituto Butantan, e Arnaldo Vieira de Carvalho (1867-1920), fundador da faculdade de Medicina de São Paulo, o escritor Monteiro Lobato (1882-1948), imprimiu ele mesmo as primeiras publicações do movimento, os *Annaes de Eugenia*, lançados em 1919.

O braço político do movimento eugenista também foi bem atuante. Em 1926, foi proposto um projeto de lei, pelo deputado federal Alfredo Ellis Júnior (1896-1974), para dificultar a entrada de imigrantes asiáticos e negros no Brasil.

O artigo 134 da Constituição Federal de 1934 previa que "estimular a educação eugênica" era dever da União, dos estados e dos municípios. Em 1945, Getúlio Vargas (1882-1954) assinou o Decreto n. 7 967 de restrição racial de imigrantes que condicionava a entrada de imigrantes no Brasil "à necessidade de preservar e desenvolver, na composição étnica da população, as características mais convenientes da sua ascendência europeia.".

O movimento eugenista no Brasil perdeu força com o fim da Segunda Guerra Mundial, porém os estereótipos difundidos por seus defensores ainda encontram lugar na sociedade.

Museu Nacional de Belas Artes, Rio de Janeiro, Brasil. Fotografia: ID/BR

BROCOS, M. *A redenção de Cam*, 1895. Óleo sobre tela, 199 cm x 166 cm.

Conecte as ideias

1 **O que foi a eugenia e qual sua relação com a teoria da seleção natural de Charles Darwin?** Veja resposta em *Respostas e comentários* no Manual do Professor.

2 **A interpretação que Francis Galton fez da teoria de Darwin foi correta? Explique sua resposta.**

3 **Por que a eugenia é considerada racista?** A eugenia defendia que a raça branca de origem europeia era superior às outras raças, principalmente, negros, indígenas e asiáticos.

4 **Observe a obra de arte chamada *A redenção de Cam*, reproduzida nesta página. Discuta de que forma ela representa as ideias eugenistas brasileiras.**
Veja resposta em *Respostas e comentários* no Manual do Professor.

Especiação

Especiação é a formação de duas ou mais espécies a partir de uma espécie ancestral.

Como já visto, a deriva genética e a seleção natural alteram as frequências gênicas de uma população, o que pode produzir linhagens diferentes de uma mesma espécie. Dependendo do tipo de variação entre as linhagens, podem continuar a ocorrer cruzamentos entre os indivíduos com a produção de descendentes férteis. Assim, embora diferentes, as linhagens se mantêm como uma única espécie.

A especiação ocorre quando duas ou mais linhagens de uma mesma espécie apresentam diferenças genéticas que se expressam de forma a impedir o cruzamento e o sucesso reprodutivo entre elas; ou quando alguma circunstância, como a distância geográfica entre os indivíduos de uma população, favorece essas consequências (imagens **A** e **B**). Nessas situações, a espécie ancestral pode dar origem a duas ou mais espécies.

Agami Photo Agency/Shutterstock.com/ID/BR

Griffin Gillespie/Shutterstock.com/ID/BR

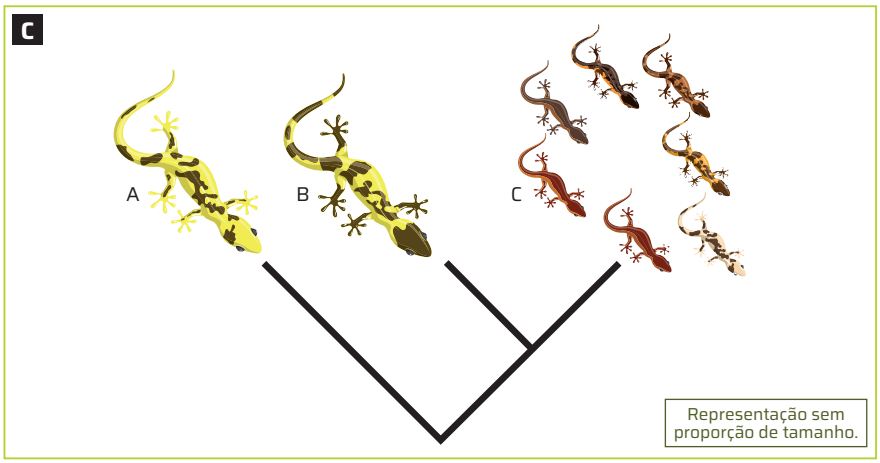
Durante mais de 150 anos, esses dois pássaros do gênero *Baeolophus*, comuns nos Estados Unidos, foram considerados uma única espécie, apesar das diferenças na vocalização e na distribuição geográfica. Análises de DNA revelaram que eles não cruzam entre si e são duas espécies distintas: em (**A**), a espécie *Baeolophus inornatus*; em (**B**), a espécie *Baeolophus ridgwayi*.

Os conceitos de espécie

O conceito de espécie mais amplamente divulgado e usado por biólogos é o **conceito biológico de espécie**, proposto por Ernst Mayr (1904-2005) na década de 1940. De acordo com esse conceito, os indivíduos da mesma espécie são capazes de cruzar e de gerar descendentes férteis em um ambiente natural, formando uma unidade ecológica e evolutiva, com características definidas. Segundo Mayr, as espécies seriam grupos de populações que se cruzam ou têm o potencial para isso, que estão reprodutivamente isoladas e que ocupam um nicho ecológico específico.

Assim, o conceito biológico de espécie abrange as propriedades reprodutivas – que mantêm as populações separadas, em isolamento reprodutivo – e as ecológicas – ao identificar as populações aos respectivos nichos. Mas esse conceito apresenta limitações: ele não pode ser usado para todos os seres vivos, pois não se aplica aos organismos que se reproduzem assexuadamente, e também não é adequado para casos de cruzamento entre espécies diferentes que produzem híbridos férteis.

O **conceito filogenético de espécie** define espécie como o menor grupo de organismos que compartilham um ancestral comum e que pode ser distinguido de outros grupos. Essa definição também se aplica aos organismos de reprodução assexuada. A imagem **C** apresenta um exemplo com diferentes espécies de salamandra.



Paula Radi/ID/BR

Árvore filogenética da salamandra *Ensatina* sp. De acordo com o conceito filogenético de espécie, o gênero *Ensatina* é composto de três espécies. Todas as subespécies da espécie C compartilham um ancestral comum, mesmo tendo aparência bem diversificada. Cores-fantasia.

Fonte de pesquisa: Conceito biológico de espécies. Entendendo a evolução, São Paulo, [20--]. Tradução: Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo. Disponível em: http://ecologia.ib.usp.br/evosite/evo101/VA1BioSpeciesConcept.shtml. Acesso em: 12 set. 2024.

4. Resposta variável. Alguns exemplos possíveis: conceito de reconhecimento de espécie – uma espécie é um conjunto de organismos que podem reconhecer uns aos outros como potenciais parceiros; conceito fenotípico de espécie – uma espécie é um grupo de organismos que são fenotipicamente similares e que parecem diferentes de outros grupos de organismos.

ROTEIRO

4. O conceito de espécie apresenta várias definições em ciência. Faça uma pesquisa e explique brevemente ao menos dois desses conceitos, excetuando os apresentados no texto.

Não escreva no livro.

Mecanismos de especiação

Alguns processos que levam à especiação são: especiação alopátrica, especiação peripátrica, especiação simpátrica e especiação parapátrica.

Especiação alopátrica

A formação de novas espécies em virtude de isolamento geográfico, ou espacial, é denominada **especiação alopátrica** (do grego *allós*, "diferente", "outro", e *pátra*, "pátria", "linhagem"), também chamada especiação geográfica. Um exemplo desse tipo de especiação é o dos lagartos do gênero *Eurolophosaurus* (imagens **A** e **B**) que habitam margens opostas do rio São Francisco.

Cortesia do Prof. Miguel Trefault Rodrigues/ Instituto de Biociências - USP

Cortesia do Prof. Miguel Trefault Rodrigues/ Instituto de Biociências - USP

(**A**) *Eurolophosaurus divaricatus* e (**B**) *Eurolophosaurus amathites* são espécies de lagartos que habitam margens opostas do rio São Francisco. De acordo com dados obtidos do DNA mitocondrial, a especiação deve ter ocorrido há 2 milhões de anos, quando, então, as diferentes populações passaram a evoluir até as formas atuais.

Especiação peripátrica

A **especiação peripátrica** (do grego *peri*, "em torno de", "ao redor") é um tipo de especiação alopátrica associado ao efeito do fundador, visto anteriormente. Nesse caso, o isolamento espacial ocorre não pelo surgimento de uma barreira geográfica, mas pela migração de uns poucos indivíduos para fora da região comumente ocupada pela espécie considerada. Essa população fundadora permanece isolada da população original e pode evoluir de modo diferente.

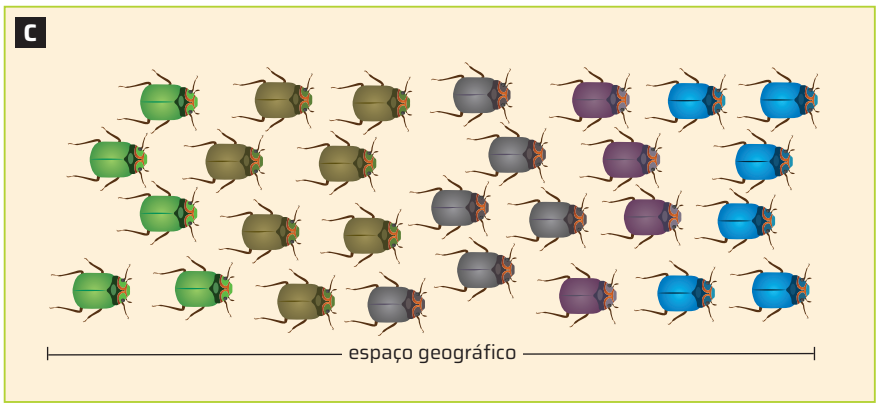
O exemplo mais comum é o de espécies características de pequenas ilhas próximas ao continente. A população fundadora, por ser constituída de poucos indivíduos, apresenta um conjunto gênico um pouco diferente daquele da população parental. Mutações, recombinações, deriva genética e seleção natural proporcionam mudanças nas frequências gênicas que podem levar ao isolamento genético das duas populações. Por ocorrer de maneira relativamente rápida e em populações pequenas e isoladas, dificilmente deixa vestígios nos registros fósseis.

Especiação simpátrica

A **especiação simpátrica** (do grego *syn*, "junto") consiste na formação de novas espécies a partir de duas populações que convivem em um mesmo espaço, mas mantêm o isolamento reprodutivo em virtude de barreiras biológicas, impedindo o fluxo gênico entre os dois grupos.

Especiação parapátrica

Na **especiação parapátrica** (do grego *para*, "ao lado de") não há barreiras geográficas para o fluxo gênico. A população ocupa de forma contínua um espaço geográfico, mas o cruzamento entre os indivíduos não ocorre de maneira aleatória. Por exemplo, dentro de uma mesma população, é mais provável ocorrerem cruzamentos entre indivíduos que estão mais próximos do que entre indivíduos que estão mais afastados. Com o tempo, a deriva genética e a seleção natural podem levar ao isolamento genético das duas novas populações (imagem **C**).



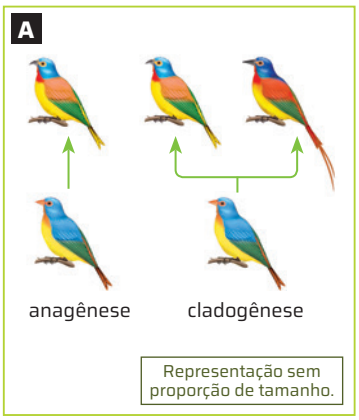
Paula Radi/ID/BR

Representação sem proporção de tamanho.

Esquema exemplificando a especiação parapátrica em uma população de besouros. Cores-fantasia.

Evolução e diversidade da vida

Anagênese e cladogênese



Studio Caparroz/ID/BR

Esquema exemplificando dois processos de evolução: na anagênese, uma espécie modifica-se ao longo do tempo; na cladogênese, uma espécie origina duas (como nesse exemplo) ou mais espécies. Cores-fantasia.

Anagênese (do grego *aná*, "para cima", e *génesis*, "origem") é o processo em que uma espécie passa gradualmente por sucessivas alterações em seu conjunto gênico. Esse processo explica a diversidade que ocorre na história evolutiva de uma única espécie.

Entretanto, se a evolução dependesse apenas dos processos anagenéticos, não haveria a imensa diversidade de seres vivos tão característica do mundo natural. A explicação para tamanha diversidade é um processo evolutivo que ocorre em outro plano, a **cladogênese** (do grego *kladós*, "ramos", e *génesis*, "origem"), em que duas populações de uma mesma espécie, isoladas reprodutivamente, diferenciam-se uma da outra, gerando duas ou mais espécies distintas (imagem **A**).

Tanto os processos anagenéticos quanto os processos cladogenéticos estão relacionados à formação de novas espécies. No entanto, quando os evolucionistas modernos falam em especiação, referem-se particularmente à formação de novas espécies por cladogênese.

Atualmente, apesar de não haver consenso sobre alguns aspectos dos processos evolutivos que levaram à diversificação dos seres vivos, vários evolucionistas consideram que os processos anagenéticos e cladogenéticos atuam em conjunto.

Um bom exemplo da interação entre esses dois processos é a evolução dos peixes pulmonados. Esses peixes ocorrem nos rios da América do Sul, da África e da Austrália (imagem **B**).

Estudos recentes mostram que eles surgiram a partir de uma espécie ancestral que teria habitado o antigo supercontinente Gondwana, que, em conjunto com Laurásia, fez parte do supercontinente Pangeia, do qual derivaram os continentes atuais.

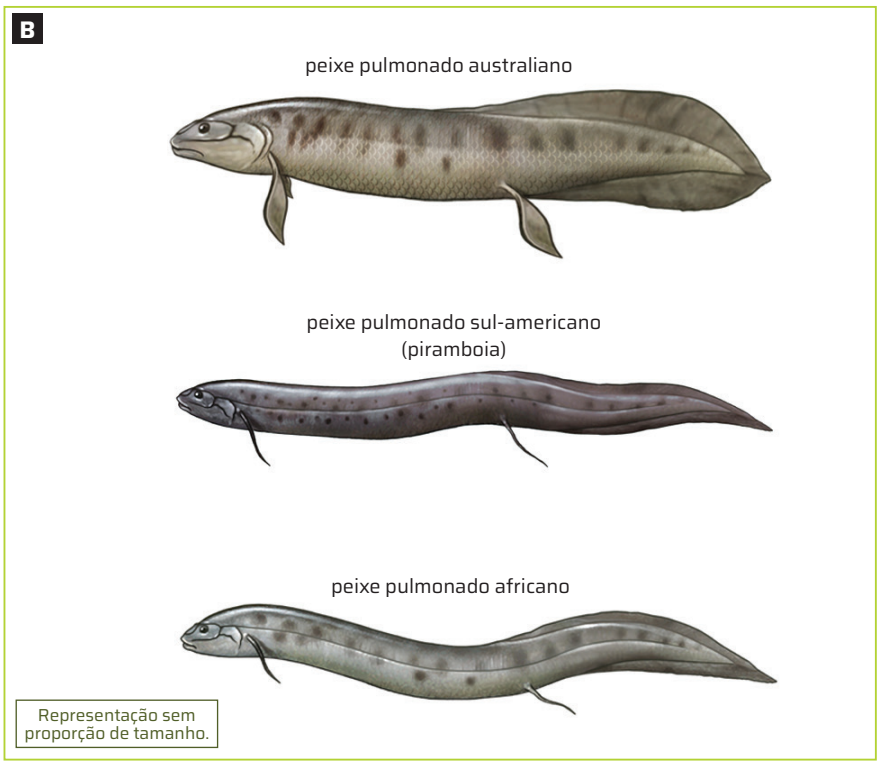
Com a separação do Gondwana, a espécie ancestral foi, inicialmente, fragmentada em três populações, que evoluíram para espécies distintas de peixes pulmonados, entre elas, os representantes atuais.

Quanto tempo demora a especiação?

Dependendo do tipo de organismo e de sua estrutura populacional, a especiação pode ser mais lenta ou mais rápida.

Certas espécies de aves e de plantas, com formas muito similares nos continentes europeu e americano, são exemplos de especiação lenta, pois, apesar de estarem em isolamento há provavelmente milhões de anos, não há indícios de que tenham formado novas espécies.

Ao contrário, peixes do gênero *Cyprinodon*, da região do vale da Morte, nos Estados Unidos, devem ter se originado há cerca de 30 mil anos. Outro caso notável é a diversidade de espécies de peixes ciclídeos endêmicas (restritas a uma região) do lago Nabugabo, no continente africano, que se separou do lago Vitória há apenas 4 mil anos.



Studio Caparroz/ID/BR

Representação dos três peixes pulmonados atuais, provavelmente originários de um ancestral que habitava a antiga Gondwana. Cores-fantasia.

Não escreva no livro.

ATIVIDADES

10. Frequências gênicas (B – alelo dominante, b – alelo recessivo): $f(B) = 0,9$; $f(b) = 0,1$. Frequências genotípicas esperadas: $f(BB) = 0,81$; $f(Bb) = 0,18$; $f(bb) = 0,01$.

1 Explique por que os fósseis são evidências importantes da evolução biológica.
Veja resposta em *Respostas e comentários* no Manual do Professor.

2 Quais são as principais diferenças entre a teoria de Lamarck e a de Darwin sobre a evolução das espécies?
Veja resposta em *Respostas e comentários* no Manual do Professor.

3 Que contribuição foi dada por Thomas Malthus para a teoria da seleção natural desenvolvida de modo independente por Darwin e Wallace? De que maneira essa ideia foi transposta à teoria de Darwin e Wallace?
Veja resposta em *Respostas e comentários* no Manual do Professor.

4 Explique o conceito biológico de espécie, dê exemplos de sua aplicação e cite suas limitações.
Veja resposta em *Respostas e comentários* no Manual do Professor.

5 Devido às suas enormes presas, os elefantes africanos há muito tempo vêm sendo perseguidos e abatidos por caçadores, que lucram com a venda ilegal do marfim. Por volta de 1930, cerca de 1% dos elefantes africanos não apresentava as longas presas. Pesquisas realizadas em uma reserva de Uganda indicam que cerca de 15% das fêmeas e 9% dos machos de elefantes já não nascem mais com as presas. Em 1997, a proporção de elefantes sem presas havia subido para 38%.
Veja resposta em *Respostas e comentários* no Manual do Professor.
- Explique, do ponto de vista evolutivo, as mudanças nas proporções de elefantes sem presas.

6 Considere que, em certas ilhas, predominam pássaros com bico grande e forte, que permite bicar sementes duras existentes no local. Em ilhas vizinhas, existem pássaros semelhantes, porém com bico delicado e longo, adequado à retirada de insetos e vermes de buracos existentes em troncos. Os dois tipos de pássaro evidenciam alto grau de parentesco evolutivo. De que maneira Lamarck explicaria a correspondência entre o tipo de bico e o tipo de alimento?
Veja resposta em *Respostas e comentários* no Manual do Professor.

7 Observe a foto a seguir, que retrata os participantes da Conferência Internacional sobre Genética, Paleontologia e Evolução realizada em Princeton, Estados Unidos, em 1947, na qual foi oficialmente estabelecida a teoria sintética da evolução.

Departamento de Antropologia/ Universidade de Princeton, EUA

Participantes da Conferência Internacional sobre Genética, Paleontologia e Evolução. Princeton (EUA), 1947.

7. b) Veja resposta em *Respostas e comentários* no Manual do Professor

a) Há mulheres ou negros na foto? O que isso significa, levando em consideração o panorama da época?

b) Em sua opinião, como é a representatividade da mulher e dos negros na ciência nos dias atuais?

7. a) Não há uma mulher ou um negro na foto, o que indica a grande dificuldade de mulheres e de negros trabalharem ou serem reconhecidos como cientistas na época.

8 Com o desenvolvimento de experimentos em genética no começo do século XX, o princípio da herança das características adquiridas foi rejeitado. Converse com os colegas: Qual é a importância de conhecer as hipóteses que, em determinada época do passado, foram amplamente aceitas, mas hoje são rejeitadas?
Veja resposta em *Respostas e comentários* no Manual do Professor.

9 O princípio de Hardy-Weinberg é válido apenas sob condições especiais. Esse tipo de modelo nulo, assim como o princípio da inércia, na Física, esclarece as situações em que não ocorrem mudanças. No entanto, essas condições especiais raramente são observadas na natureza ou mesmo em populações experimentais mantidas em laboratório. Qual seria, então, a utilidade do princípio do equilíbrio gênico para os biólogos evolucionistas?
Veja resposta em *Respostas e comentários* no Manual do Professor.

10 Em uma população em equilíbrio de Hardy-Weinberg, a frequência do gene recessivo **b** é 0,1. Calcule as frequências genotípicas esperadas de **BB**, **Bb** e **bb**.

11 Explique de que maneira o fluxo gênico se relaciona com a formação de novas espécies.
Veja resposta em *Respostas e comentários* no Manual do Professor.

12 Tigres e leões, espécies distintas, porém muito próximas, podem facilmente cruzar em cativeiro. Entretanto, esses felinos, apesar de terem vivido em regiões geográficas em comum desde a Antiguidade, nunca cruzaram na natureza. Hábitats e hábitos diferentes são algumas das explicações para justificar o improvável encontro dessas espécies no mundo natural. Seria esse mais um exemplo de limitação provocada pelo conceito biológico de espécie? Justifique.

13 Um dos principais passatempos de Darwin durante a viagem a bordo do Beagle era a leitura. Uma das obras mais importantes que ele leu foi *Princípios de geologia*, de Charles Lyell. Qual foi a importância dessa leitura para a elaboração de sua teoria da evolução?
Veja resposta em *Respostas e comentários* no Manual do Professor.

14 Em uma população, existem 3,6 mil indivíduos com genótipo **AA**, 6 mil com genótipo **Aa** e 2,4 mil com genótipo **aa**.

14.a) Frequências genotípicas: $f(AA) = 0,3$; $f(Aa) = 0,5$; $f(aa) = 0,2$. Frequências gênicas: $f(A) = 0,55$; $f(a) = 0,45$.

a) Calcule as frequências gênicas e genotípicas dessa população.

b) Essa população está em equilíbrio de Hardy-Weinberg em relação a esse par de alelos? Justifique.
Veja resposta em *Respostas e comentários* no Manual do Professor.

15 A falsa-coral (imagem **A**) e a coral-verdadeira (imagem **B**) são duas espécies parecidas, que habitam as mesmas regiões. Entretanto, o veneno da coral-verdadeira é muito mais perigoso que o da falsa-coral. Que tipo de adaptação está relacionado a essas duas serpentes?
Veja resposta em *Respostas e comentários* no Manual do Professor.

Andre Dib/Pulsar Imagens

Andre Dib/Pulsar Imagens

12. Não. De acordo com o conceito biológico, espécies são grupos de indivíduos que podem cruzar entre si e que permanecem reprodutivamente isolados de outros grupos.

CAPÍTULO 3

TAXONOMIA, SISTEMÁTICA E DIVERSIDADE DA VIDA

PARA COMEÇAR

1. Quais são os grandes grupos de seres vivos?
2. A que espécie os seres humanos pertencem?
3. A espécie dos seres humanos sempre foi a única espécie de hominídeo? Justifique sua resposta.

1. Os seres vivos são agrupados em cinco reinos: Monera, Protista, Fungi, Plantae e Animalia.

2. A espécie humana é a *Homo sapiens*.

3. Não, durante a evolução humana houve outras espécies de hominídeos; algumas, inclusive, coexistiram com os *Homo sapiens*, como os neandertais.

CLASSIFICAÇÃO DOS SERES VIVOS

Classificar significa agrupar elementos (objetos ou seres vivos) de acordo com certos critérios, como semelhanças ou diferenças entre eles. A classificação dos seres vivos é importante porque facilita o estudo da biodiversidade.

À medida que as primeiras civilizações humanas se desenvolviam, surgiam também as primeiras tentativas de classificação dos seres vivos conhecidos.

O filósofo grego Aristóteles (384 a.C.-322 a.C.) foi o primeiro a propor um sistema de classificação dos seres vivos. Nele, Aristóteles organizou os seres vivos em ordem decrescente de complexidade, na Grande Cadeia dos Seres (*scala naturae*), que tinha o ser humano no ápice; logo abaixo estavam os outros animais; em seguida vinham as plantas; e, na base, ele incluiu matéria não viva, como os minerais.

Os sistemas de classificação criados pelos naturalistas gregos foram usados durante muitos séculos. Na Idade Média, o filósofo e teólogo Santo Agostinho (354 d.C.-430 d.C.) propôs a classificação dos animais baseada na relação deles com o ser humano; ele separava os animais em úteis, indiferentes e nocivos.

Com o tempo, as classificações passaram a basear-se em descrições da morfologia, isto é, da estrutura anatômica dos seres vivos, e da fisiologia, ou seja, do funcionamento do organismo.

No século XVIII, o naturalista sueco Carl von Linné (1707-1778), conhecido como Lineu, considerava que a natureza estava dividida em três reinos: vegetal, animal e mineral. Lineu dividiu cada reino em classes; cada classe, em ordens; cada ordem, em gêneros; e cada gênero, em espécies. Lineu também estabeleceu as regras de nomenclatura científica, válidas até hoje, reduzindo os nomes das espécies a duas palavras: a primeira para indicar o gênero e a segunda para indicar a espécie. Esse tipo de nomenclatura ficou conhecido como **binomial**.

Ondrej Prosicky/iStock/Getty Images

Leopardus wiedii, nome científico do gato-maracajá. Essa espécie que habita as florestas brasileiras pertence ao reino Animalia, ao filo Cordata, à classe Mammalia, à ordem Carnívora, à família Felidae e ao gênero *Leopardus*.

comprimento: 60 cm

Não escreva no livro.

SISTEMÁTICA FILOGENÉTICA

Em muitos sistemas de classificação, as semelhanças eram usadas como critério para agrupar os seres vivos. Assim, sempre que os táxons apresentassem uma ou mais semelhanças em sua anatomia ou fisiologia, por exemplo, eles eram colocados na mesma categoria taxonômica.

Nem sempre, porém, as semelhanças refletem as relações evolutivas entre os seres vivos. Em um mesmo ambiente, espécies pouco aparentadas entre si podem apresentar as mesmas adaptações, o que as torna semelhantes na forma, na fisiologia, no comportamento, no hábitat, etc. Os musgos (imagem **A**), por exemplo, são plantas que se assemelham às hepáticas (imagem **B**) por serem de pequeno porte e não terem vasos condutores de seiva. Contudo, atualmente acredita-se que os musgos e as hepáticas não sejam plantas evolutivamente tão próximas.

Em 1966, o biólogo alemão Willi Hennig (1913-1976) propôs que a classificação expressasse as relações de parentesco evolutivo entre as espécies (vivas ou extintas). O sistema que considera essa proposta recebeu o nome de **sistemática filogenética** (do grego *phylon*, "grupo", e *genes*, "origem") e difere da sistemática clássica, principalmente por enfatizar as relações evolutivas entre as espécies. Assim, os seres vivos passaram a ser agrupados por suas **homologias**, isto é, características que sugerem uma ancestralidade comum.

Piemags/nature/Alamy/Fotoarena

Vankich1/Shutterstock.com/ID/BR

(**A**) Musgo (*Orthotrichum anomalum*) e (**B**) hepática (*Marchantia polymorpha*), duas plantas que fazem parte do grupo das briófitas.

As homologias podem ser de natureza variada: morfológica, fisiológica, comportamental, molecular, etc. Nas últimas décadas, a análise comparada de moléculas de DNA e de RNA, bem como de proteínas, vem sendo cada vez mais usada na sistemática filogenética de táxons em que as características morfológicas não parecem ser suficientes para esclarecer suas relações evolutivas.

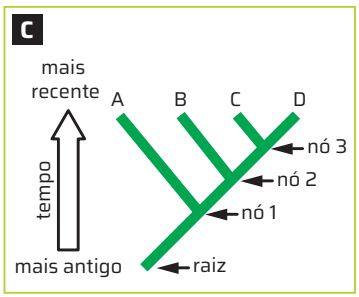
Representando o parentesco evolutivo

As relações de parentesco evolutivo entre os seres vivos – também chamadas filogenias – podem ser expressas por meio de diagramas, como as **árvores filogenéticas**.

Em uma árvore filogenética, parte-se de uma raiz, que se ramifica (imagem **C**). A extremidade de cada ramo representa um táxon (espécie, gênero, família, etc.). Já os pontos de ramificação – chamados **nós** – representam os ancestrais hipotéticos compartilhados entre dois ou mais táxons. Os nós também marcam o momento de separação entre duas linhagens – se os táxons forem espécies, serão eventos de especiação.

Para entender as relações expressas em uma árvore filogenética, é importante observar onde está cada nó em relação à raiz, pois isso informa quais táxons são mais antigos e quais são mais recentes. Os ramos que saem de nós mais próximos da raiz são mais antigos do que aqueles que saem de nós mais distantes dela. Assim, na árvore filogenética da imagem **C**, o táxon **A** é mais antigo que os táxons **B**, **C** e **D**, por exemplo. Isso não significa, porém, que **A** seja ancestral de **B**, **C** e **D** – o ancestral desses três táxons é representado pelo nó **2**.

Outro ponto importante é observar quais ramos saem de cada nó, pois isso informa quais táxons são mais aparentados entre si. Continuando com o mesmo exemplo, os táxons **C** e **D** são mais próximos evolutivamente, pois compartilham um ancestral comum exclusivo, que é representado pelo nó **3**. Já os táxons **B** e **C**, por sua vez, não compartilham um ancestral comum exclusivo (o nó **2** também é comum a **D**).



Paula Radi/ID/BR

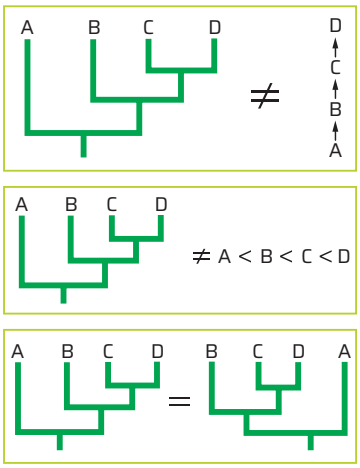
Árvore filogenética mostrando as relações de parentesco evolutivo entre quatro táxons (**A**, **B**, **C** e **D**). Note que o ancestral desses quatro táxons (nó **1**) é mais antigo do que o ancestral que deu origem aos táxons **B**, **C** e **D** (nó **2**), que, por sua vez, é mais antigo do que o ancestral que deu origem aos táxons **C** e **D** (nó **3**).

Não escreva no livro.

Equívocos comuns ao ler uma árvore filogenética

1. As relações de parentesco entre os táxons seguem um padrão ramificado, como o de uma árvore; logo, um táxon não dá origem a outro em uma árvore filogenética.
2. Os táxons representados do lado direito de uma árvore filogenética não são mais "avançados" ou "evoluídos" do que os que estão do lado esquerdo.
3. Os ramos que saem de cada nó podem "girar", sendo arbitrária a escolha de qual deles será representado do lado esquerdo ou do direito. Assim, as árvores filogenéticas mostradas no terceiro exemplo são equivalentes.

Ilustrações: Paula Radi/ID/BR



Fonte de pesquisa: Trees, not ladders. Understanding Evolution. University of California Museum of Paleontology, Berkeley, 2008. Disponível em: http://evolution.berkeley.edu/evolibrary/article/evo_07. Acesso em: 11 set. 2024.

1. a) Não, pois não compartilham um ancestral comum exclusivo.

ROTEIRO

1. Observando a árvore filogenética da imagem A, responda:

a) Hepáticas, antóceros e musgos formam um grupo monofilético? Justifique.

b) Cite três exemplos de grupos monofiléticos retratados nessa árvore e ordene-os do mais abrangente para o menos abrangente.

1. b) Veja resposta em *Respostas e comentários* no Manual do Professor.

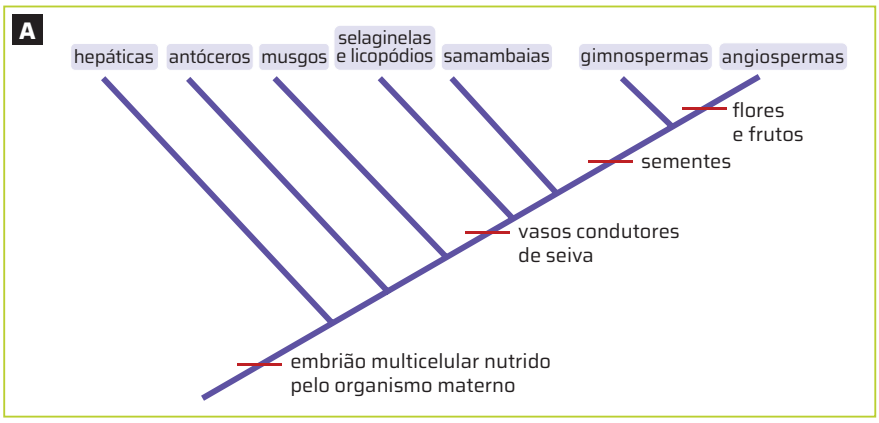
Construindo uma árvore filogenética

Para construir uma árvore filogenética, é preciso definir as características que serão usadas para estabelecer as relações de parentesco entre os táxons. Mas como escolher essas características?

Na sistemática filogenética, as características usadas devem ser as homologias, isto é, elas devem sugerir ancestralidade comum. Por exemplo, as flores têm uma estrutura similar em todas as angiospermas, o que sugere que as flores são homólogas e, portanto, devem ter sido herdadas de um ancestral comum a todas as plantas desse grupo.

Ao trabalhar com homologias, é preciso ainda observar como se manifesta uma dada característica. Por exemplo, o embrião das plantas pode ou não se desenvolver no interior de uma semente. Essas duas condições são os estados em que a característica embrião pode ser encontrada. Como a presença da semente é verificada apenas nas plantas gimnospermas e angiospermas, conclui-se que esse estado é mais recente do que a ausência de semente – estado inicial e presente nos grupos de plantas mais antigos, como musgos e samambaias (imagem **A**). O compartilhamento de um caráter no estado mais derivado, também chamado novidade evolutiva ou **apomorfia** (do grego *apo*, "separado", "distante", e *morfo*, "forma"), indica que os táxons são aparentados e, portanto, formam grupos naturais.

Paula Radi/ID/BR



Árvore filogenética representando as relações de parentesco entre os principais grupos de plantas. As apomorfias, indicadas por traços vermelhos, são compartilhadas pelos táxons localizados acima delas.

Fonte de pesquisa: Raven, P. H. *et al.* *Biologia vegetal*. 8. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2014. p. 241.

Os grupos naturais ou **grupos monofiléticos** são aqueles que reúnem um único ancestral comum exclusivo a todos os seus descendentes. Assim, cada grupo monofilético pode ser inserido em um grupo monofilético maior e mais abrangente, rumo à base da árvore filogenética (imagem **B**). Cada táxon, portanto, tem uma história evolutiva própria, mas sua história anterior é compartilhada com outros táxons.

ID/BR

Árvores filogenéticas hipotéticas destacando alguns grupos para exemplificar o conceito de grupo monofilético, que inclui um ancestral e todos os seus descendentes. Note que a cor rosa representa um grupo monofilético mais abrangente, que inclui os grupos monofiléticos em azul e em amarelo.

Fonte de pesquisa: Understanding phylogenies. Understanding Evolution. University of California Museum of Paleontology, Berkeley, 2008. Disponível em: http://evolution.berkeley.edu/evolibrary/article/0_0_0/evo_06. Acesso em: 29 set. 2024.

Não escreva no livro.

OS GRANDES GRUPOS DE SERES VIVOS

Inúmeros são os sistemas de classificação propostos para organizar em grandes grupos os seres vivos conhecidos. A descoberta de novas espécies, bem como o desenvolvimento de novas técnicas de investigação, provocam mudanças constantes na maneira como os seres vivos são classificados. Algumas dessas propostas serão discutidas a seguir.

A classificação em reinos

Até o fim do século XIX, os seres vivos eram classificados no **reino Plantae** (que englobava plantas e fungos) ou no **reino Animalia** (dos animais), ambos propostos pelo naturalista sueco Carl von Linné (1707-1778) com base no sistema de classificação aristotélico.

Em 1866, o biólogo alemão Ernst Haeckel (1834-1919) propôs a criação do **reino Protista** para acomodar as inúmeras espécies microscópicas, que, até então, eram classificadas como animais ou plantas. Contudo, com o surgimento do microscópio eletrônico em 1932, ficou claro que as bactérias eram microrganismos bastante diferentes dos demais protistas, o que levou o biólogo estadunidense Herbert Copeland (1902-1968) a incluí-las em um reino à parte, o **reino Monera**, em 1936. Em 1969, os fungos também deixaram de fazer parte do grupo das plantas e passaram a ser incluídos em um novo reino, o **reino Fungi**, criado pelo biólogo estadunidense Robert Whittaker (1920-1980). Na década de 1980, a cientista estadunidense Lynn Margulis (1938-2011) propôs que o reino Protista incluísse não apenas os protozoários, mas também as algas, antes classificadas como plantas (quadro a seguir).

QUADRO COMPARATIVO DOS CINCO REINOS DE SERES VIVOS

Reino	Núcleo celular	Parede celular	Nutrição	Número de células	Tecidos
Monera	Não	Sim	Autótrofos ou heterótrofos	Unicelulares	Não
Protista	Sim	Presente nas algas; ausente em protozoários	Autótrofos ou heterótrofos	Uni ou multicelulares	Não
Fungi	Sim	Sim	Heterótrofos	Uni ou multicelulares	Não
Plantae	Sim	Sim	Autótrofos	Multicelulares	Sim
Animalia	Sim	Não	Heterótrofos	Multicelulares	Sim*

(*) Exceção: poríferos (esponjas).

Fonte de pesquisa: Reece, J. B. *et al. Biologia de Campbell*. 10. ed. Porto Alegre: Artmed, 2015. p. 562.

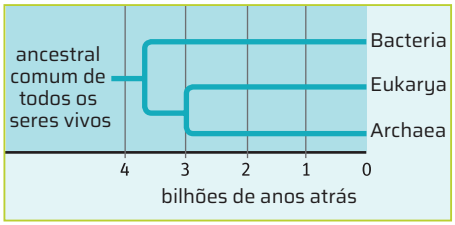
Análises moleculares mostraram, contudo, que o reino Protista não podia ser considerado um grupo monofilético, pois seus integrantes não compartilham um ancestral comum exclusivo. Assim, foram propostas novas maneiras de classificar os seres vivos em grandes grupos.

A classificação em domínios

Após comparar a sequência de nucleotídios do RNA ribossômico de muitos representantes de cada um dos cinco reinos, o biólogo estadunidense Carl Woese (1928-2012) propôs, em 1990, uma nova maneira de classificar os seres vivos conhecidos. Seu sistema de classificação, que é bem aceito atualmente, organiza os seres vivos em três **domínios**: Bacteria, Eukarya e Archaea (imagem a seguir).

O **domínio Bacteria**, como sugere o próprio nome, agrupa todas as bactérias – microrganismos unicelulares e procariontes (sem núcleo celular). Já o **domínio Eukarya** agrupa todos os organismos eucariontes (com núcleo celular), uni ou multicelulares, o que inclui os animais, as plantas, os fungos e os protistas.

O **domínio Archaea**, por sua vez, compreende os procariontes que não podem ser considerados bactérias. Inicialmente, pensava-se que as arqueas fossem microrganismos antigos que viviam restritos a ambientes de condições extremas (salinidade ou temperaturas elevadas, acidez excessiva, etc.), como aquelas provavelmente dominantes na Terra primitiva. Contudo, hoje sabe-se que as arqueas são muito mais recentes e comuns do que se supunha, podendo ser encontradas em ambientes não extremos.

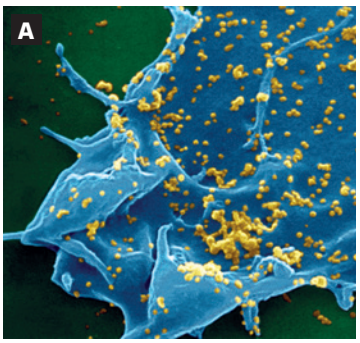


ID/BR

Árvore filogenética simplificada mostrando as relações de parentesco entre os grandes grupos de seres vivos.

Fonte de pesquisa: Reece, J. B. *et al. Biologia de Campbell*. 10. ed. Porto Alegre: Artmed, 2015. p. 454.

VÍRUS



Dr. Steve Patterson/SPL/Fotoarena

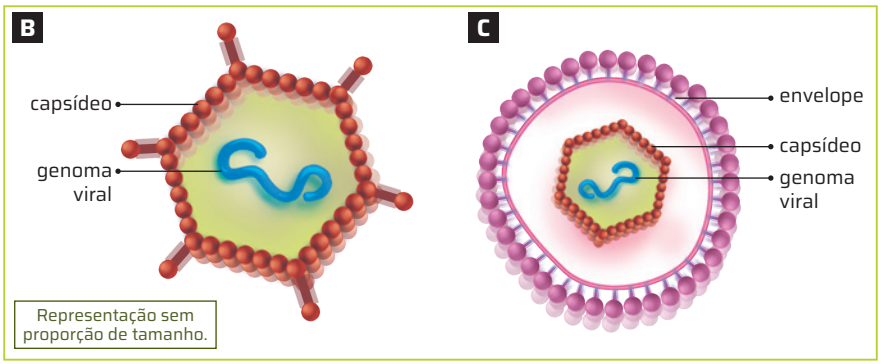
Inúmeros coronavírus (em amarelo) sobre uma célula humana (em azul). Foto ao microscópio eletrônico de varredura; imagem colorizada; aumento de cerca de 9 500 vezes.

As características dos vírus os colocam, de certa maneira, no limite entre a matéria viva e a não viva. Diferentemente de todos os seres vivos, os vírus não apresentam estrutura celular. Também não realizam atividade metabólica quando fora de uma célula hospedeira, dependendo desta para sintetizar suas moléculas e se multiplicar. Por essa razão, são considerados parasitas intracelulares obrigatórios (imagem **A**).

Essas e outras características geram intensos debates na comunidade científica sobre a classificação dos vírus como seres vivos. Por isso, eles não fazem parte de nenhum dos reinos ou domínios propostos nos vários sistemas de classificação dos seres vivos.

O genoma dos vírus é constituído de pequena quantidade de ácido nucleico, que pode ser DNA ou RNA, cuja fita pode ser única ou dupla. O genoma viral se encontra protegido por uma capa proteica, denominada **capsídeo** (imagem **B**). Em alguns vírus, como o HIV, que causa a aids, ou o vírus causador da gripe, há um segundo envoltório membranoso lipoproteico ao redor do capsídeo, denominado **envelope** (imagem **C**).

2. Resposta variável. Espera-se que os estudantes concluam que os vírus devem ter surgido apenas depois das primeiras células, uma vez que eles são parasitas intracelulares obrigatórios e não conseguem manter um metabolismo e/ou se reproduzir sozinhos.



Ilustrações: Fabio Eugenio/ID/BR

Esquemas da estrutura básica de dois tipos de vírus. (**B**) Vírus sem envelope. (**C**) Vírus envelopado. Cores-fantasia.

Fonte de pesquisa: Reece, J. B. *et al. Campbell Biology*. 10. ed. [*S. l.*]: Pearson, 2014. p. 394.

ROTEIRO

2. Você acha possível que os vírus tenham surgido antes das primeiras células? Por quê?

O processo de infecção ocorre devido à interação altamente específica entre as proteínas do vírus e as da superfície da célula hospedeira; estas atuam como receptores, permitindo a aderência do vírus na célula a ser infectada. Uma vez no interior da célula hospedeira, o vírus se torna ativo e dá início a uma série de eventos que permitirão a multiplicação viral.

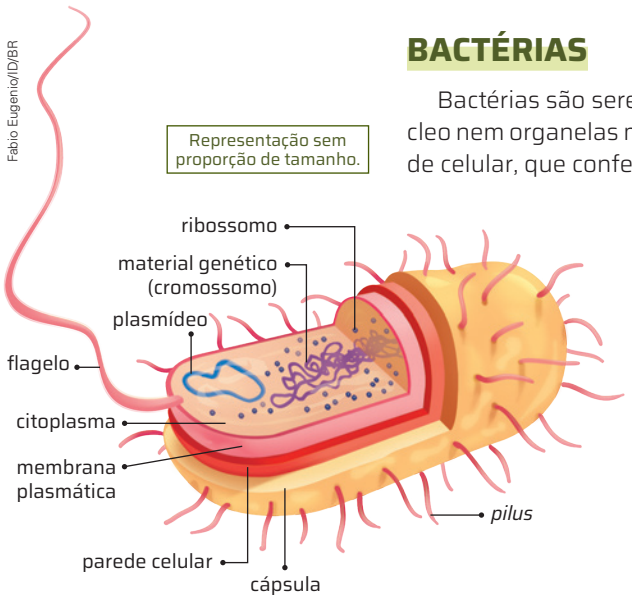
BACTÉRIAS

Bactérias são seres unicelulares e procariontes, ou seja, não apresentam núcleo nem organelas membranosas. A maioria das bactérias apresenta uma parede celular, que confere certa rigidez à célula, protegendo-a e impedindo que ela se rompa com a entrada excessiva de água, por exemplo.

Muitas bactérias têm uma cobertura glicídica, denominada **cápsula**, que, em bactérias patogênicas, facilita a aderência aos tecidos do hospedeiro e dificulta sua fagocitose pelas células de defesa.

A região onde se encontra a maior parte do material genético da bactéria é denominada **nucleoide**, onde se encontra um único cromossomo circular, formado de DNA. As bactérias também podem apresentar um número variável de plasmídeos (moléculas de DNA circular).

As bactérias se reproduzem assexuadamente por bipartição, processo também chamado de **divisão binária** ou **cissiparidade**, no qual a célula duplica seu material genético e, em seguida, divide-se em duas partes. Ao final do processo, as duas novas bactérias são geneticamente idênticas (a não ser que ocorram mutações).



Fabio Eugenio/ID/BR

Esquema de uma bactéria mostrada em corte. Cores-fantasia.

Fonte de pesquisa: Tortora, G. J.; Funke, B. R.; Case, C. L. *Microbiologia*. 10. ed. Porto Alegre: Artmed, 2012. p. 80.

Não escreva no livro.

PROTOZOÁRIOS

Os protozoários são seres unicelulares de célula eucariótica e a maioria é heterótrofa. Estão presentes em diversos ambientes e muitas espécies são de vida livre, embora também existam espécies parasitas, que podem causar doenças em plantas e em animais, incluindo os seres humanos.

Muitos protozoários locomovem-se utilizando uma ou mais estruturas especializadas. Os **pseudópodes** são expansões temporárias do citoplasma que ajudam na captura de alimento e na locomoção. Os **flagelos** (imagem **A**) são filamentos longos que provocam movimentos ondulatórios e, assim, permitem o deslocamento da célula. Já os **cílios** têm a mesma estrutura dos flagelos, mas são menores e estão presentes em maior número, revestindo toda superfície da célula (imagem **B**). Eles se movimentam em conjunto, criando um turbilhonamento que permite a locomoção da célula, bem como a obtenção de alimento.

Protozoários de água doce e de vida livre têm **vacúolos contráteis** (imagem **B**), que se contraem periodicamente e eliminam o excesso de água absorvido devido à diferença de pressão osmótica entre os meios intra e extracelular.

Eye Of Science/SPL/Fotoarena

Protozoários flagelados (gênero *Leishmania*). Foto ao microscópio eletrônico de varredura; imagem colorizada; aumento de cerca de 2 mil vezes.

Frank Fox/SPL/Fotoarena

Cílios (a) e vacúolo contrátil (b) presentes no paramécio (*Paramecium caudatum*). Foto ao microscópio de luz; aumento de cerca 280 vezes.

ALGAS

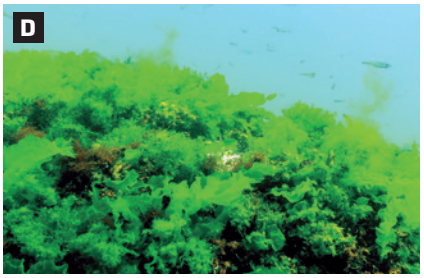
O termo "alga" é usado para se referir a um grupo muito diverso de seres vivos fotossintetizantes, que podem ser unicelulares (imagem **C**) ou multicelulares (imagem **D**) e apresentam hábito predominantemente aquático. Algumas espécies, porém, são também heterótrofas. A maioria das algas é marinha, mas há algas de água doce e até terrestres, que vivem em ambientes úmidos.

As algas possuem células eucarióticas, em geral revestidas por paredes resistentes, constituídas predominantemente de celulose, que pode estar combinada com outras substâncias, como ágar, sílica ou carbonato de cálcio. Todas as algas apresentam ainda ao menos um cloroplasto, organela que pode variar em forma, em tamanho e tipo de pigmentos fotossensíveis.

As algas unicelulares constituem grande parte do fitoplâncton, conjunto de seres microscópicos fotossintetizantes que vivem em suspensão nos ambientes aquáticos.

Gerd Guenther/SPL/Fotoarena

Algas unicelulares do gênero *Closterium*. Foto ao microscópio de luz; aumento de cerca de 210 vezes.



Oleg Kovturi/iStock/Getty Images

Alga do gênero *Ulva*, também chamada de alface-do-mar, alga verde comum na costa brasileira (comprimento do talo: 30 cm).

CIÊNCIA SE DISCUTE

Como classificar protozoários e algas?

Em 1866, o naturalista alemão Ernst Haeckel (1834-1919) propôs a criação de um novo reino, o reino Protista, para agrupar todos os seres vivos que não pareciam pertencer aos reinos Animalia ou Plantae, o que incluía tanto os protozoários e as algas quanto as bactérias e os fungos.

Desde então, vários sistemas de classificação dos seres vivos foram propostos, o que levou a grandes mudanças no reino Protista, que deixou de incluir as bactérias e os fungos. Além disso, esse grupo passou a ser considerado artificial, constituído de organismos não aparentados e, portanto, sem valor taxonômico. A relação de parentesco entre as algas também não é certa; muitos pesquisadores defendem que, entre as algas multicelulares, as verdes e as vermelhas são mais relacionadas às plantas do que às algas pardas.

Atualmente, os protozoários e as algas são classificados no domínio Eukarya, que inclui todos os seres vivos eucariontes, como animais, plantas e fungos.

1. **O que significa dizer que um grupo de seres vivos é artificial?**

Um grupo artificial é um grupo formado por seres vivos que não têm relação de parentesco, ou seja, um grupo sem valor taxonômico.

Não escreva no livro.

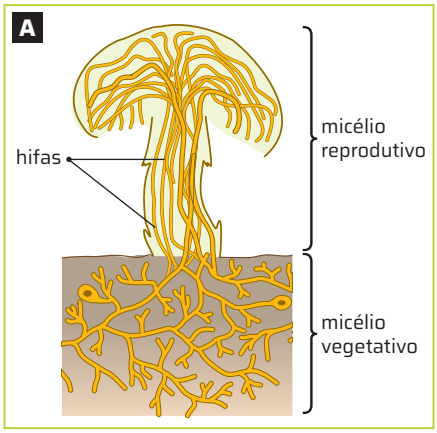
FUNGOS

Todos os fungos são seres eucariontes. A maioria é multicelular e pode ser observada a olho nu. Contudo, alguns são unicelulares, como as leveduras.

Os fungos multicelulares são formados por filamentos microscópicos, as **hifas**, cujo conjunto forma uma estrutura chamada **micélio** (imagem **A**).

Puttography/Shutterstock.com/ID/BR

O cogumelo shiitake (*Lentinula edodes*) é um fungo bastante usado na culinária (altura: cerca de 8 cm).



Adilson Secco/ID/BR

Representação sem proporção de tamanho.

Representação do micélio de um fungo. Nesse caso, o micélio reprodutivo corresponde à parte conhecida como cogumelo em certos tipos de fungos. Cores-fantasia.

Fonte de pesquisa: Raven, P. H. *et al.* *Biologia vegetal*. 7. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2007. p. 290.

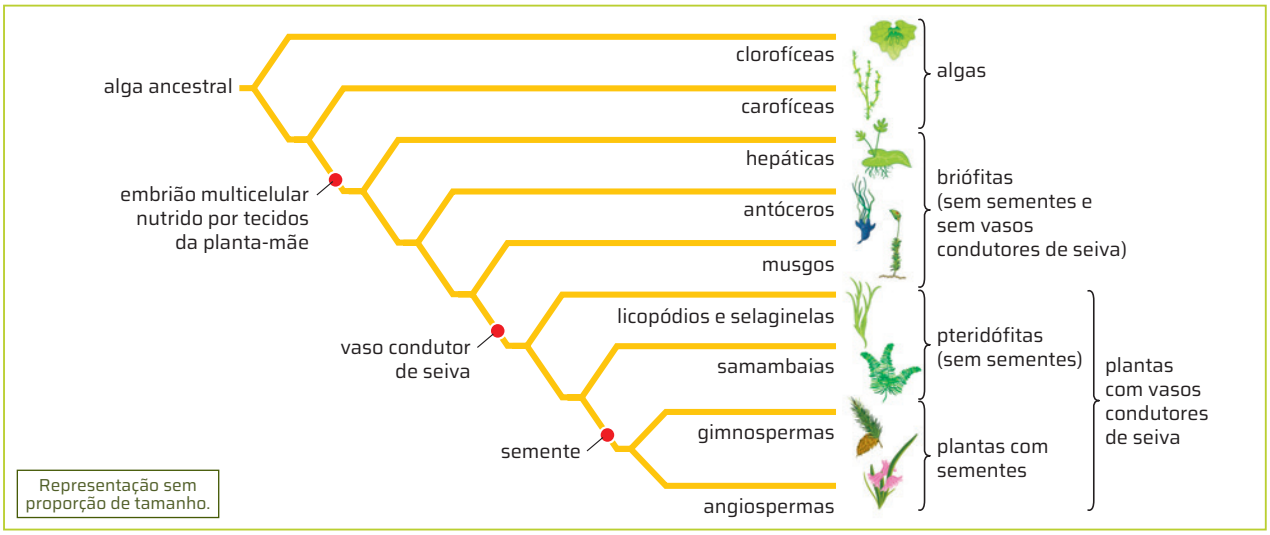
O micélio pode se diferenciar em duas partes: o **micélio vegetativo**, cujas hifas são sobretudo subterrâneas e assumem as funções de nutrição, crescimento e fixação no substrato; e o **micélio reprodutivo**, constituído de hifas especializadas na formação de esporos, células envolvidas na reprodução.

Todos os fungos são heterótrofos. Para se alimentar, eles lançam no ambiente enzimas digestivas que degradam as moléculas orgânicas complexas em moléculas menores e mais simples, que são, então, absorvidas.

PLANTAS

As plantas são organismos eucariontes, multicelulares e autótrofos. A capacidade de realizar fotossíntese é uma de suas características mais marcantes. No entanto, a fotossíntese também é realizada por representantes de outros reinos, como Monera e Protista. A característica que distingue as plantas das algas é que todos os membros do reino das plantas possuem embriões multicelulares cuja nutrição depende das plantas que os originaram.

Todas as plantas possuem como reserva energética nutritiva o amido – substância resultante da união de milhares de moléculas de glicose –, e a celulose é o principal componente da parede celular das plantas.



Reinaldo Vignati/ID/BR

Diagrama representando a origem e o parentesco evolutivo entre algas e plantas. Os círculos vermelhos indicam apomorfias, ou seja, novidades evolutivas. Cores-fantasia.

Atualmente, há cerca de 300 mil espécies de plantas catalogadas. Elas costumam ser divididas em quatro grandes grupos:

- **briófitas**, que incluem os musgos;
- **pteridófitas**, que incluem as samambaias;
- **gimnospermas**, que incluem os pinheiros;
- **angiospermas**, que incluem as plantas com flores e frutos.

Não escreva no livro.

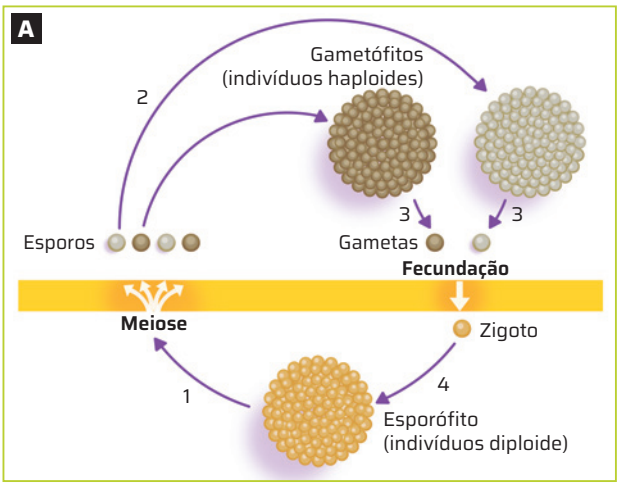
Evolução dos ciclos de vida das plantas

Os ciclos de vida dos diferentes grupos das plantas obedecem ao mesmo esquema geral e se caracterizam por apresentar **alternância de gerações**, ou seja, alternam entre uma fase de esporófito diploide e uma fase de gametófito haploide, entre a reprodução sexuada e a assexuada. O ciclo de vida com alternância de gerações também é conhecido como ciclo **diplobionte** (imagem **A**).

No ciclo diplobionte, o esporófito (2n) apresenta uma estrutura denominada esporângio, onde ocorre a meiose para formar os esporos (n) (**1**). Os esporos se desenvolvem nos gametófitos (n), que, em geral, apresentam sexos separados (**2**). Nos gametófitos ocorre a formação dos gametas por meio de mitoses (**3**). A fecundação produz um zigoto (2n) que se desenvolve em um novo esporófito (**4**).

Nas plantas, o esporófito e o gametófito são diferentes um do outro, e, ao longo da história evolutiva desse grupo, é observada a tendência de os esporófitos se tornarem cada vez maiores e dominantes no ciclo em relação aos gametófitos.

Representação sem proporção de tamanho.



Fabio Eugenio/ID/BR

Ciclo de vida das plantas, com alternância de gerações. Cores-fantasia.

Fonte de pesquisa: Raven, P. H.; Evert, R. F.; Eichhorn, S. E. *Biologia Vegetal*. 8. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2014. p. 506.

ROTEIRO

3. Faça uma pesquisa em fontes confiáveis sobre o ciclo diplobionte dos grupos de plantas briófitas, pteridófitas, gimnospermas e angiospermas, comparando-os.

Veja resposta em *Respostas e comentários* no Manual do Professor.

ANIMAIS

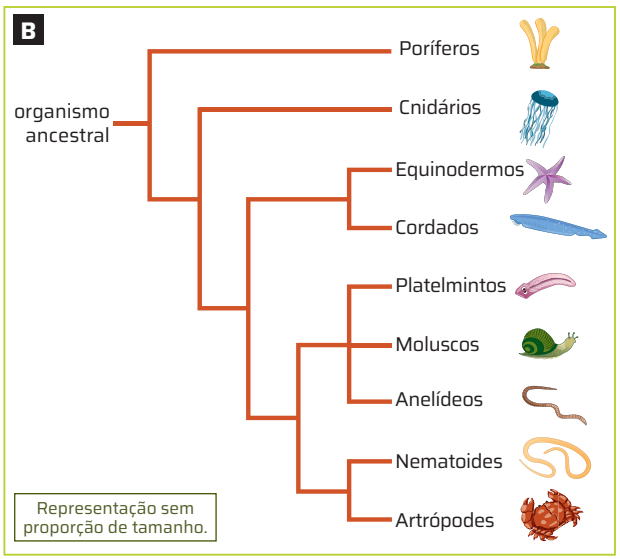
Os animais são organismos multicelulares, eucariontes, em sua maioria formados por tecidos bastante diferenciados e órgãos com funções específicas. Seus sistemas de órgãos desempenham diferentes funções, permitindo a sobrevivência do organismo.

Uma característica importante dos animais é o fato de serem heterótrofos. Grande parte dos grupos animais é dotada de um tubo digestório que permite a ingestão e o processamento do alimento dentro do próprio corpo. Entretanto, certos endoparasitas não possuem órgãos digestórios e absorvem, através da superfície do corpo, os nutrientes já digeridos pelo hospedeiro. Em esponjas, animais bastante simples, também se observa absorção direta de alimentos pela parede corporal.

Em geral, os animais possuem órgãos sensoriais. Esses órgãos permitem reconhecer o ambiente a sua volta, captando estímulos como luzes, sons e odores. A maioria dos animais tem um sistema nervoso capaz de receber, interpretar e responder aos sinais captados pelos órgãos sensoriais, bem como de integrar e coordenar o trabalho dos demais órgãos, da simples rede de células nervosas dos cnidários até o complexo sistema nervoso dos vertebrados (contidos no filo dos cordados).

Em animais como as esponjas e as águas-vivas, a água do ambiente circula em cavidades internas que banham as células diretamente, levando a elas alimento e gás oxigênio, além de remover excretas e gás carbônico. Em outros animais, o sistema circulatório tem papel crucial nessas funções.

Evidências morfológicas e moleculares indicam que toda a diversidade animal encontrada no planeta Terra surgiu a partir de um ancestral comum, que viveu entre 875 e 675 milhões de anos atrás. Essa grande diversidade de espécies animais é classificada em diversos grupos, chamados **táxons**. A árvore filogenética representada na imagem **B**, apresenta nove desses táxons.



Reinaldo Vignati/ID/BR

Árvore filogenética apresentando as relações evolutivas entre nove táxons de animais. Cores-fantasia.

Fonte de pesquisa: Reece, J. B. *et al. Campbell Biology*. 10. ed. [*S. l.*]: Pearson, 2011. p. 677.

AS ORIGENS DA HUMANIDADE

Desde a publicação do livro *A origem do homem e a seleção sexual* (1871), de Charles Darwin, esse tema vem gerando novas polêmicas e alimentando outras mais antigas, como a do criacionismo *versus* evolucionismo. De modo geral, antes de Darwin, e mesmo à sua época, o ser humano e as demais espécies eram vistos como obras da criação divina. Até mesmo Alfred Russel Wallace, coautor da teoria da seleção natural, julgava, por exemplo, que a mente humana era tão complexa que só poderia ser obra de uma força sobrenatural.

Em meados do século XIX, Darwin já cogitava o continente africano como centro de origem de nossa espécie. Ele fundamentou essa ideia na semelhança entre os humanos e os grandes símios, como os chimpanzés e os gorilas, originários da mesma região. E, de fato, todos os indícios fósseis descobertos até hoje remetem as origens humanas àquele continente, confirmando assim a ideia do naturalista.

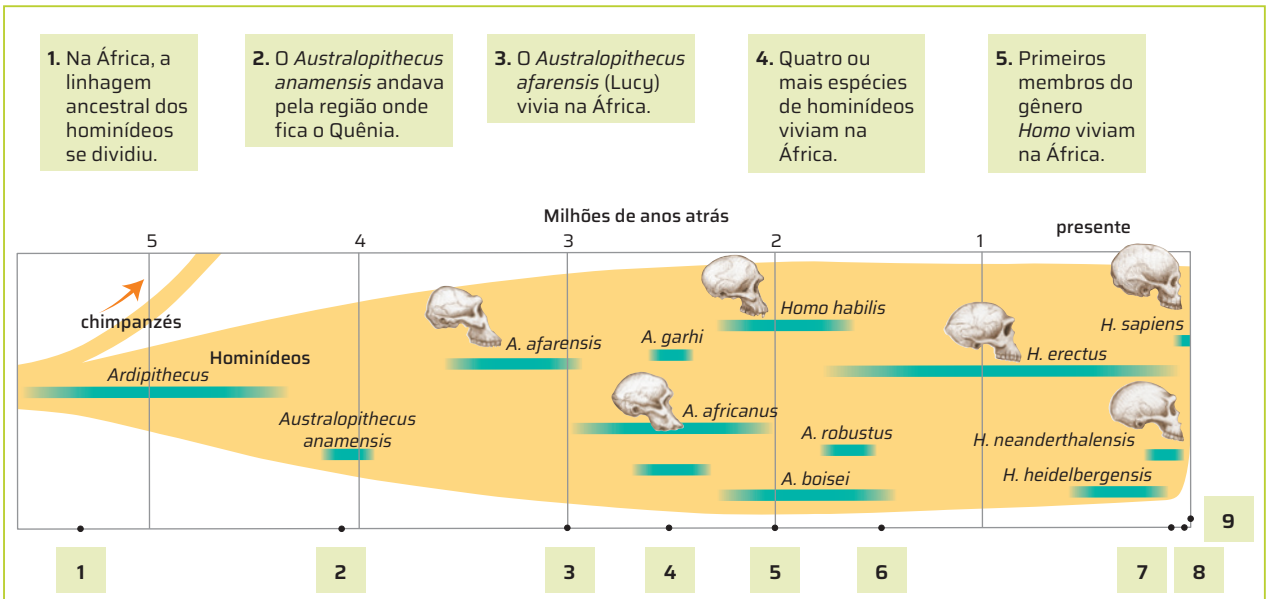
Por outras vias, o estreito parentesco dos humanos com os grandes macacos africanos vem sendo cada vez mais corroborado. Dados moleculares recentes, por exemplo, indicam que os seres humanos estão muito mais próximos dos chimpanzés do que dos gorilas, ao contrário do que pensavam alguns estudiosos.

Outros dados advindos da paleontologia e de análises filogenéticas indicam que o gênero *Homo* se originou de um ancestral comum aos australopitecos, grupo que surgiu por volta de 4 milhões de anos atrás. A evolução subsequente produziu o aparecimento de várias espécies e de diversos gêneros, que, muitas vezes, coexistiram no tempo e no espaço. Hoje, como se sabe, apenas uma delas sobreviveu: a espécie humana. Assim, embora tenha sido a única a sobreviver, nossa espécie é apenas uma entre várias do mesmo gênero.

4. Hipóteses científicas precisam ser explicáveis por leis naturais e serem passíveis de testes e observações, assim como devem permitir previsões e serem reprodutíveis.

ROTEIRO

4. Em geral, explicações sobre o surgimento do ser humano que envolvem acontecimentos ou entidades sobrenaturais não são consideradas científicas pelos pesquisadores. Explique por que os cientistas adotam essa postura.



Paula Radi/ID/BR

Linha do tempo da história evolutiva humana, com a indicação de alguns dos eventos ocorridos e suas datas aproximadas.

Fonte de pesquisa: Human evolution. Understanding Evolution. University of California Museum of Paleontology, Berkeley, 2008. Disponível em: https://evolution.berkeley.edu/human-evolution/. Acesso em: 11 set. 2024.

Não escreva no livro.

Os australopitecos

Há cerca de 4,1 milhões de anos teria surgido o *Australopithecus anamensis*, cujos fósseis foram encontrados em 1995 entre o Quênia e a Etiópia, na África. Pouco mais tarde, entre 3,8 e 3 milhões de anos, surgiu o *Australopithecus afarensis*, cujos fósseis foram descobertos entre a Etiópia e a Tanzânia. Essa espécie diferia do *A. anamensis* apenas com relação a detalhes da mandíbula e dos dentes.

Dentre os achados mais importantes relacionados ao *Australopithecus afarensis*, destacam-se as pegadas fósseis de 3,6 milhões de anos, descobertas em Laetoli, Tanzânia, em 1978 (imagem **A**). Essas pegadas foram uma das primeiras evidências de que os australopitecos eram bípedes.

John Reader/SPL/Fotoarena

Pegadas fósseis provavelmente deixadas por *Australopithecus afarensis*. As pegadas foram encontradas na Tanzânia na década de 1970.

Mais evidências foram obtidas após a descoberta e o estudo da anatomia de Lucy (imagem **B**), o espécime mais completo de *Australopithecus* já encontrado, datado de 3,2 milhões de anos. A análise do esqueleto de Lucy mostrou que o bipedalismo precedeu todas as outras mudanças que consideramos humanas, como a fabricação de ferramentas. Lucy apresentava muitas características tidas como "primitivas", como a face proeminente, semelhante à dos grandes símios africanos, e o volume cerebral quase igual ao dos chimpanzés.

A postura ereta dos australopitecos, todavia, não era como a nossa, já que ainda apresentavam algumas características de seus ancestrais arborícolas, o que lhes permitia explorar tanto hábitats arbóreos como terrestres.

John Reader/SPL/Fotoarena

Ossos fósseis de Lucy, um *Australopithecus afarensis*, encontrados na Etiópia.

O gênero *Homo*

O primeiro representante do gênero humano, o *Homo habilis*, remonta a mais ou menos 2,3 milhões de anos atrás. Existem evidências de que essa espécie teria se originado de um ancestral comum ao *Australopithecus africanus*.

O *Homo erectus* surgiu no leste da África por volta de 1,8 milhão de anos atrás. A partir dessa região, dispersaram-se para a Ásia e, em seguida, para a Europa. Descobertas recentes mostram que o *Homo erectus* teria sobrevivido até 40 mil anos atrás no continente asiático, desaparecendo com a chegada dos humanos modernos.

O *Homo erectus* provavelmente era onívoro, media cerca de 1,70 m de altura e deveria pesar em torno de 60 kg. Seu volume cerebral era de 850 cm^3 a 1 200 cm^3, bem menor do que os 1 400 cm^3 do *Homo sapiens*.

O *Homo heidelbergensis*, com volume cerebral entre 1 100 cm^3 e 1 200 cm^3, teria migrado para a Europa há mais ou menos 500 mil anos. Inicialmente identificado como uma forma antiga de *Homo sapiens*, hoje é considerado antepassado direto tanto do homem de Neandertal como do *Homo sapiens* anatomicamente moderno.

Evidências fósseis indicam que o *Homo heidelbergensis* já teria sofrido mudanças anatômicas na base do crânio que lhe permitiam produzir os sons necessários para a articulação de palavras. Outras evidências sugerem também que essa espécie já controlava o fogo e utilizava abrigos naturais, como cavernas.

Morfologicamente, o homem de Neandertal era muito semelhante aos humanos modernos, porém, era mais baixo e mais forte e tinha membros mais curtos. Do ponto de vista evolutivo, isso pode ser explicado como adaptação aos ambientes frios da Europa glacial. O neandertal apresentava ainda um crânio alongado (imagem **C**), que abrigava um cérebro de tamanho semelhante, em média, ao do *Homo sapiens* moderno ou mesmo maior que o dele. As sobrancelhas do neandertal também eram um pouco mais proeminentes.

Os instrumentos associados ao homem de Neandertal eram artefatos de pedra lascada simples, que não apresentaram mudanças significativas durante o período de existência desse hominídeo. Os neandertais viveram em um período de grandes variações climáticas, muitas vezes extremamente severas. Eles subsistiam alimentando-se do que encontravam ao se deslocar.

Pascal Goetgheluck/SPL/Fotoarena

Fóssil de crânio de neandertal encontrado na França.

Homo sapiens

A história do *Homo sapiens* iniciou-se no continente africano entre 200 e 300 mil anos atrás. Duas hipóteses principais procuram explicar sua origem: a hipótese da evolução multirregional e a da origem única.

Segundo a **hipótese da evolução multirregional**, a evolução dos humanos modernos se iniciou quando as populações de *Homo erectus* se espalharam pela Eurásia, há cerca de 1 milhão de anos. Essas populações, ao longo de centenas de milhares de anos, teriam adquirido traços anatômicos próprios, mas teriam, também, acasalado com populações de regiões vizinhas, mantendo entre si, por meio do fluxo gênico, a troca de características hereditárias.

Dessa forma, as diferentes populações de *Homo erectus*, com traços anatômicos distintos, teriam compartilhado, em uma ampla extensão geográfica, uma variedade cada vez maior de características modernas, como o aumento da caixa craniana. Segundo essa hipótese, também chamada **hipótese da continuidade**, gradualmente, as populações de *Homo sapiens* teriam se diversificado a partir de populações de *Homo erectus*. As diferenças fenotípicas entre as populações atuais seriam resultado de centenas de milhares de anos de evolução regional.

De acordo com a **hipótese da origem única**, o *Homo sapiens* moderno teria surgido uma única vez, na região subsaariana da África, por volta de 150 mil anos atrás, a partir de ancestrais comuns ao *Homo heidelbergensis*, e teria se dispersado pelo mundo – substituindo as populações pré-modernas, como as de *Homo erectus*, na Ásia, e as de neandertais, na Europa e no Oriente Médio. Essa hipótese é também chamada **hipótese da substituição**.

PARA EXPLORAR

Assista

Evolução humana | Nerdologia Ensina 12

O vídeo, da série "Nerdologia Ensina" explora, por meio de uma narrativa histórica, a evolução e os conceitos biológicos necessários para compreender temas como origem da vida, hereditariedade, reprodução, citologia e processos evolutivos, como a evolução humana. Publicado em 2019 pelo canal Nerdologia. Duração: 15 min 8 s.

Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=Comf5vc56zc&t=33s. Acesso em: 13 set. 2024.

John Reader/SPL/Fotoarena

A foto mostra fósseis de crânios encontrados na França: o de um homem de Neandertal (à esquerda; 22 cm de comprimento) em comparação ao de um *Homo sapiens* (à direita; 20 cm de comprimento).

Embora a hipótese da origem única ainda seja aceita por muitos cientistas, estudos genéticos e fósseis recentes mostraram que, provavelmente, o *Homo Sapiens* teve origem em diversos grupos ancestrais espalhados por vários pontos do continente, reforçando a hipótese da evolução multirregional.

Estudos comparativos recentes dos genomas de humanos modernos e arcaicos (entre os quais o homem de Neandertal) e as descobertas de fósseis com características híbridas (encontrados em Portugal e na Rússia) vêm corroborando a ideia de que, ao sair do continente africano, a espécie humana teria povoado o mundo e hibridizado com as formas arcaicas do gênero *Homo*. Estudos genômicos recentes indicam que compartilhamos uma porcentagem de nossos genes com essas formas arcaicas.

As principais características físicas que definem os *Homo sapiens* são: fronte alta e vertical, aberturas nasais pequenas, mandíbula formando queixo, caixa torácica cilíndrica e pelve estreita. Comparados aos neandertais, os *Homo sapiens* são mais altos e mais delgados e têm membros mais longos. A imagem **A** apresenta uma comparação entre os crânios de um neandertal e de um *Homo sapiens*.

Os primórdios da cultura humana

O comportamento cultural humano envolve vários aspectos: a vida em sociedade, a aquisição e a produção de alimentos, a fabricação e o uso de ferramentas, a utilização de abrigos, a confecção de vestimentas e a ocorrência de pensamento simbólico e sua expressão por meio da linguagem, da arte e da religião.

Os registros arqueológicos mostram que alguns desses aspectos já estavam presentes nas populações dos ancestrais do *Homo sapiens* e que a evolução cultural ocorreu de forma gradual e lenta. Os achados de um sítio no sudoeste da França, em 1868, permitiram construir os detalhes de como vivia uma população de *Homo sapiens* há 40 mil anos.

ROTEIRO

5. Em alguns trechos ao longo deste livro, são citados estudos paleontológicos e estudos arqueológicos. Mas qual é a diferença entre eles? Faça uma pesquisa em *sites* e livros e diferencie Paleontologia de Arqueologia.

A Paleontologia estuda a vida no passado da Terra e seu desenvolvimento ao longo do tempo geológico. Já a Arqueologia estuda as sociedades e as culturas humanas do passado.

Não escreva no livro.

A dispersão do *Homo sapiens*

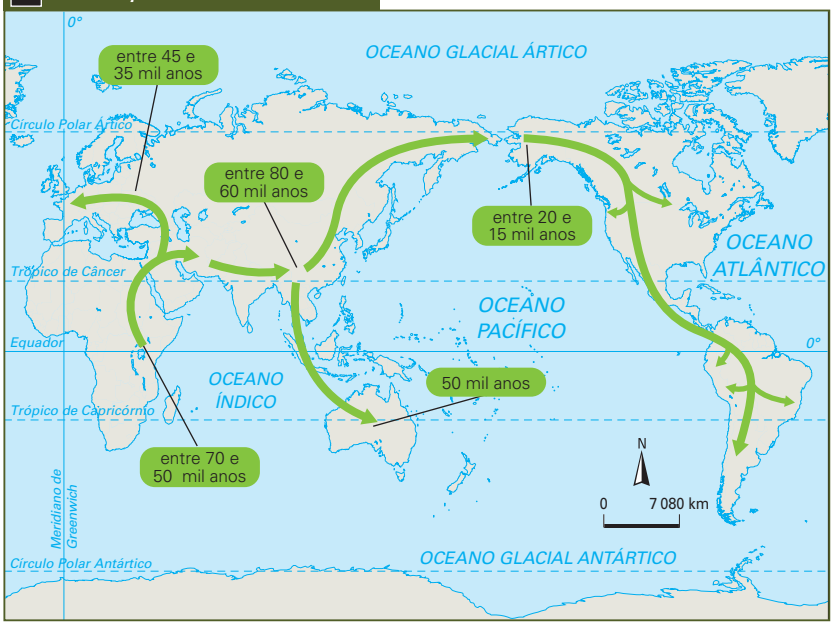
Os primeiros humanos modernos devem ter deixado o continente africano por volta de 100 mil anos atrás. Esses movimentos migratórios, provavelmente, demoravam milhares de anos e muitas gerações, e, certamente, não houve a intenção deliberada de atingir algum ponto específico nesses processos. Os humanos naquele tempo eram nômades e se deslocavam devido à necessidade de encontrar recursos melhores e mais abundantes.

O caminho mais provável da saída dos *Homo sapiens* da África foi pelo Egito, em direção ao Oriente Médio (imagem **A**). De lá teriam seguido pelas regiões costeiras da península Arábica até o Sudeste Asiático. Por volta de 50 mil anos atrás, teriam alcançado a Austrália, talvez usando balsas, cruzando os 100 quilômetros de mar que separavam a Ásia e a Oceania.

Outro grupo de *Homo sapiens* deve ter partido do Oriente Médio em direção ao interior do continente asiático, aonde teriam chegado há aproximadamente 43 mil anos, segundo registros de antigos artefatos encontrados no sul da Sibéria. Do Oriente Médio, uma onda migratória também teria alcançado a Europa há pelo menos 35 mil anos, como indicam fósseis descobertos na Romênia.

Entre 20 e 15 mil anos atrás, humanos que estavam na Ásia se deslocaram até o continente americano.

A MIGRAÇÃO DO *HOMO SAPIENS*



AllMaps/ID/BR

Rotas migratórias do *Homo sapiens* a partir de sua provável origem, a África, para outras partes do mundo.

A projeção apresenta distorções na área, principalmente ao se distanciar da linha do Equador.

Fonte de pesquisa: Global Human Journey. *National Geographic Magazine*, 19 out. 2023. Disponível em: https://education.nationalgeographic.org/resource/global-human-journey/. Acesso em: 11 set. 2024.

CIÊNCIA SE DISCUTE

Quem foram os primeiros americanos?

Desde a década de 1930, os arqueólogos norte-americanos defendiam a hipótese de que a chegada dos *Homo sapiens* às Américas teria ocorrido há, no máximo, 13 mil anos. Essa hipótese se baseava na datação radiométrica das pontas de flecha encontradas em sítios arqueológicos na cidade de Clóvis, Novo México, que mostrava que tinham 11,5 mil anos.

Esses achados corroboravam a hipótese de que os primeiros seres humanos atravessaram o estreito de Behring, que separa a Sibéria do Alasca, há 12 mil anos; que mil anos mais tarde eles teriam chegado à região central dos Estados Unidos; e só teriam chegado à América do Sul, há, no máximo, 10 mil anos.

Na década de 1970, porém, foram encontrados na América do Sul sítios arqueológicos que mostravam que os seres humanos estavam por aqui há pelo menos 14,8 mil anos. Foram 20 anos de discussões, mas em 1997 os arqueólogos norte-americanos reconheceram as datações sul-americanas, e a hipótese mais aceita passou a ser de que os primeiros seres humanos pisaram no Alasca há mais de 15 mil anos.

Mas, em 2018, um grupo de pesquisadores publicou os resultados de análises genéticas feitas a partir dos fósseis mais antigos encontrados na América do Norte e na América do Sul, que confirmam a existência de um único contingente populacional ancestral de todas as etnias ameríndias, passadas e presentes, que chegou ao continente por volta de 17 mil anos.

O DNA fóssil indica que os integrantes da corrente migratória que chegaram nas Américas tinham afinidade com os povos da Sibéria e do norte da China, e que não possuíam DNA africano ou da Australásia, como sugeria a teoria formulada pelo arqueólogo e antropólogo Walter Neves, com base nas características morfológicas de um fóssil de 11,5 mil anos encontrado em Lagoa Santa, nos arredores de Belo Horizonte.

O estudo de 2018 revelou que os descendentes daquela corrente migratória ancestral se diversificaram em duas linhagens há cerca de 16 mil anos. Os membros dessas linhagens migraram para a América Central separadamente, e povoaram a América do Sul em três levas consecutivas e distintas.

1. Pesquise em *sites* confiáveis informações sobre o modelo elaborado por Walter Neves para explicar o povoamento da América do Sul e esclareça por que os dados do estudo realizado em 2018 derrubam esse modelo.
Veja resposta em *Respostas e comentários* no Manual do Professor.

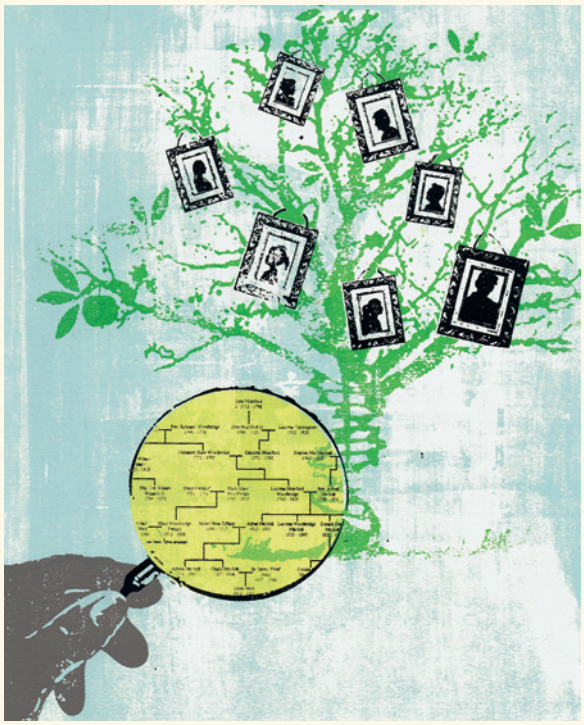
CIÊNCIA, TECNOLOGIA, SOCIEDADE E AMBIENTE

ANCESTRALIDADE: GENÉTICA, HERANÇA E IDENTIDADE

É muito comum que boa parte de nós, em algum momento, tenha curiosidade sobre nossas origens. Saber de onde são nossos antepassados é revelar a nós mesmos parte de nossa identidade. Mas, quando consideramos a história de miscigenação da população brasileira, a busca por essas origens pode se tornar uma jornada bastante complexa, já que essas referências podem ser tão diversas quanto as relativas ao Japão ou à Itália.

O termo ancestralidade é amplo e pode ter múltiplos significados – cultural, religioso e até mesmo político. Embora percebida em diferentes contextos, a ancestralidade está relacionada com o sentido de herança, e expressa a nossa conexão com os nossos antepassados. Do ponto de vista genético, tem um significado mais específico: os ancestrais são os indivíduos dos quais cada um descende biologicamente. A ancestralidade é a informação sobre tais indivíduos numa relação genética.

O desenho de uma árvore genealógica [...] talvez seja a representação mais intuitiva para sintetizar o conceito de ancestralidade. Porém, partes dessa história podem se perder, uma vez que a reconstrução de uma genealogia depende de fatores como a disponibilidade de informações que se tem sobre os antepassados e o quanto se tem acesso a elas. São raras as populações cujos membros possuam informações genealógicas completas por mais do que três ou quatro gerações, o que dificulta muito rastrear a origem dos antepassados, principalmente em populações miscigenadas, tal qual a brasileira.



Ikon Images/Katie Edwards/Picture Alliance/Fotoarena

Árvores genealógicas são representações gráficas que mostram relações de ancestralidade.

Os avanços tecnológicos das últimas décadas têm permitido investigações aprofundadas acerca do nosso material genético, que se tornou uma importante ferramenta para melhorar a compreensão da nossa história evolutiva e ajudar a suprir as limitações dos estudos genealógicos. Por meio de análises de sequências genômicas, que variam entre indivíduos e populações, tornou-se possível fazer inferências mais precisas em relação aos movimentos migratórios da espécie humana pelos continentes, bem como sobre a ancestralidade genética, isto é, a origem de um indivíduo e de seus antepassados, inferida com base no DNA.

[...]

A popularização dos testes de ancestralidade

Os estudos de ancestralidade genética têm suas bases em pesquisas tradicionalmente realizadas em renomadas universidades ou instituições acadêmicas e por muito tempo ficaram restritas a perguntas científicas específicas – por exemplo, como se deu o povoamento do continente americano ou qual o grau de miscigenação de uma determinada população.

Desse modo, os testes de ancestralidade comercializados por empresas privadas atendem a uma importante demanda de mercado, possibilitando que qualquer pessoa possa saber sobre suas origens ancestrais mais prováveis, com base em sua informação genética. No entanto, o valor monetário do teste [...] ainda é proibitivo para a maior parte da população, restringindo o acesso do produto às pessoas com maior renda. [...].

[...]

Apesar da facilidade para a obtenção dos dados genéticos, frequentemente surgem dúvidas a respeito dos resultados, que muitas vezes são disponibilizados com explicações vagas, dificultando a real compreensão do cenário revelado pelo teste[,] pois, em geral, basta fornecer uma amostra de saliva e enviar para a empresa contratada, de acordo com as instruções fornecidas. Então, fica a pergunta: o que os testes de ancestralidade realmente conseguem nos contar e com qual precisão?

[...] Hoje, os testes de ancestralidade prometem revelar não somente de que continente, sub-região de um continente, ou

Não escreva no livro.

mesmo de um país, nossos antepassados vieram, mas também têm o potencial de mostrar as relações de parentesco entre indivíduos. Ao inferir ancestralidade, o isolamento restrito a um período de tempo/gerações é condição para uma inferência ser mais ou menos precisa, uma vez que, quanto mais gerações se volta no tempo, menor será a contribuição de um antepassado à geração atual.

Sob a perspectiva da genética, as relações de parentesco podem ser compreendidas à luz dos seguintes fatos: nosso DNA é 50% idêntico ao do nosso pai e 50% ao da nossa mãe e, portanto, dizemos que compartilhamos 50% do nosso DNA com cada um deles; e esse compartilhamento fica em torno de 25% com cada um dos avós maternos e paternos [...]. Dessa forma, conforme gerações cada vez mais antigas são consideradas, percebemos que nosso genoma é formado pela contribuição de vários antepassados e o grau de compartilhamento de DNA com cada ascendente (ou com indivíduos que compartilham os mesmos ascendentes – tal como nossos primos) deve ser proporcional ao nível de parentesco. [...]

E a origem geográfica de nossos antepassados? Para inferir de onde nossos antepassados vieram é preciso comparar o nosso DNA com o de pessoas que vivem em outros continentes. A comparação não é feita diretamente com um grupo ancestral, mas sim com pessoas contemporâneas a nós. Há uma premissa importante a ser considerada: tanto nossos ancestrais como as pessoas com as quais seremos comparados, devem ter uma história em comum e devem ter vivido na mesma região geográfica em algum período no passado; sendo assim, nossos DNAs compartilharão variantes genéticas que permitirão atribuir uma origem comum.

[...]

Para onde vão os dados pessoais e o que acontece com eles?

[...] [As] informações genéticas de uma pessoa são capazes de identificá-la com uma especificidade até maior que uma série de identificadores pessoais, como o nome, os números do RG e do CPF ou uma fotografia.

Quando uma empresa ou um laboratório recebe a amostra de uma pessoa, é gerado um código identificador que garante a anonimização durante o processo de genotipagem, análise e armazenamento dos dados, que podem ser, inclusive, criptografados. Os computadores e servidores onde são depositados esses dados normalmente possuem sistemas de segurança robustos para evitar o acesso não autorizado às informações armazenadas. Além disso, é comum que as informações genéticas e os dados pessoais do indivíduo sejam armazenados em locais distintos e relacionados apenas pelo código identificador. Assim, no caso de alguém ter acesso indevido aos dados, não será possível relacionar diretamente as informações genéticas à pessoa a quem elas pertencem, reduzindo significativamente a utilidade da informação extraída.

Apesar de todo esse sistema de anonimização e segurança, existe uma crescente preocupação com o compartilhamento de dados, e embora os usuários tenham que consentir formalmente para esse compartilhamento, a preocupação não é completamente infundada. Alguns episódios tiveram destaque na mídia e acenderam um sinal de alerta. Em 2017, uma companhia israelense relatou o vazamento de dados de milhões de pessoas que haviam submetido seu material genético para estudos de ancestralidade. [...]

A possibilidade de apropriação dos dados genéticos por empresas ou planos de saúde causa sérias inquietações aos seus usuários, visto que esses dados podem ser utilizados para identificar indivíduos com risco genético acima da média para manifestar determinadas condições de saúde, tornando-se um pretexto para cobrar mais caro pela contratação de um plano por essas pessoas. Na mesma linha de raciocínio, empresas poderiam usar como critério de seleção de seus funcionários que atendam a determinados critérios genéticos [...].

O vazamento ou a exposição de informações como os dados genéticos sem consentimento [...] fere os direitos fundamentais de liberdade e privacidade previstos em nosso sistema legislativo. No Brasil, desde agosto de 2018, vigora a Lei Geral de Proteção de Dados Pessoais – LGPD (LEI Nº 13 709), que visa [a]o resguardo de informações pessoais, incluindo os dados genéticos, em quaisquer meios. A legislação, portanto, é um importante instrumento de prevenção contra o uso indevido de informações sem o devido consentimento.

[...]

Kimura, L.; Lemes, R. B.; Nunes, K. Ancestralidade: genética, herança e identidade. *Genética na escola*, v. 17, n. 1, 2022. Disponível em: https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/7637501/course/section/6483881/Kimura_Lemes_Nunes_2022%20%281%29.pdf. Acesso em: 11 set. 2024.

Para discutir

1. Os testes de ancestralidade baseiam-se na identificação de marcadores moleculares compartilhados entre indivíduos, que podem ser específicos (no caso da identificação de parentesco), ou com um grupo de indivíduos representantes de determinada população (no caso da identificação da origem geográfica de ancestrais).

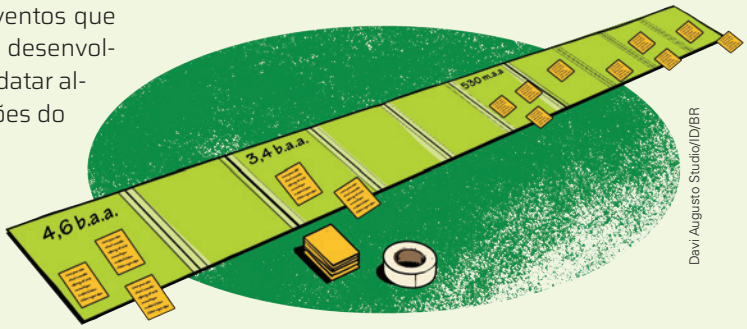
1 **A ancestralidade comum é uma das bases da teoria darwiniana da evolução. Como ela se relaciona à possibilidade de testes de ancestralidade?**

2 **Em sua opinião, quais seriam as motivações das pessoas pra realizar um teste de ancestralidade? Você realizaria? Por quê?** Veja resposta em *Respostas e comentários* no Manual do Professor.

3 **De acordo com o texto, quais são os cuidados tomados com as informações genéticas das pessoas que se submetem a testes de ancestralidade? Você acha esses cuidados importantes? Por quê?** Veja resposta em *Respostas e comentários* no Manual do Professor.

A fita do tempo

Qual a sequência cronológica dos eventos que marcaram a história da vida na Terra? Ao desenvolver esta atividade, você e os colegas vão datar alguns eventos e compreender as dimensões do tempo geológico (4,6 bilhões de anos).



Davi Augusto Studio/ID/BR

Exemplo de representação da fita do tempo. Cores-fantasia.

Representação sem proporção de tamanho.

Material

- 10 folhas de cartolina
- bloco com folhas adesivas ou folhas de papel sulfite A4
- fita adesiva larga ou cola branca
- caneta hidrográfica

Como fazer

1. Construa a fita do tempo com toda a turma, unindo as cartolinas (com fita adesiva ou cola) de modo que formem uma longa fita, como mostra a figura acima.
2. A linha do tempo começa em 4,6 b.a.a. (bilhões de anos atrás). Portanto, marque esse valor no topo da extremidade esquerda da fita (na primeira cartolina).
3. Na terceira cartolina, marque o valor 3,4 b.a.a. no topo da cartolina e centralizado. Na sexta cartolina, no canto superior direito, marque 530 m.a.a. (milhões de anos atrás).
4. Na tabela a seguir, são listados alguns eventos. Anote-os em diversas folhas do bloco ou em tiras do papel A4 – cada folha ou tira representará um evento, mas nem a fita nem a distância entre os eventos ficarão em escala.

EVENTOS A SEREM INSERIDOS NA FITA DO TEMPO		
Extinção dos mamíferos gigantes	*Homo sapiens*	Primeiros dinossauros
Angiospermas	Início da separação dos continentes	Primeiros invertebrados
Archaeopteryx lithographica	Lucy	Primeiros mamíferos
Colonização do ambiente terrestre	Muitos peixes	Primeiros primatas
Extinção dos dinossauros	Aves atuais	Primeiros anfíbios
Grande irradiação dos dinossauros	Primeiras gimnospermas	Tetrápodes
Surgimento dos mamíferos gigantes	Aparecimento das plantas vasculares	Primeiras aves
Homo habilis	Primeiros vertebrados	*Tyrannosaurus rex*

Tabela elaborada para fins didáticos.

5. Cada estudante receberá uma folha adesiva ou tira de papel correspondente a determinado evento. Façam pesquisas em *sites* confiáveis para descobrir quando cada evento ocorreu. Em seguida, colem cada folha adesiva ou tira de papel na fita do tempo correta.
6. A atividade resultará em um painel com uma sequência de eventos que marcaram a vida na Terra.

Para concluir

1 **Livros antigos e filmes muitas vezes retratam cenários em que aparecem dinossauros e humanos convivendo no tempo e no espaço. Observando a fita do tempo, esse cenário seria verossímil? Justifique.**

Não, porque viveram em períodos diferentes. Os dinossauros foram extintos (à exceção das primeiras formas de aves) antes do aparecimento dos seres humanos.

Não escreva no livro.

ATIVIDADES

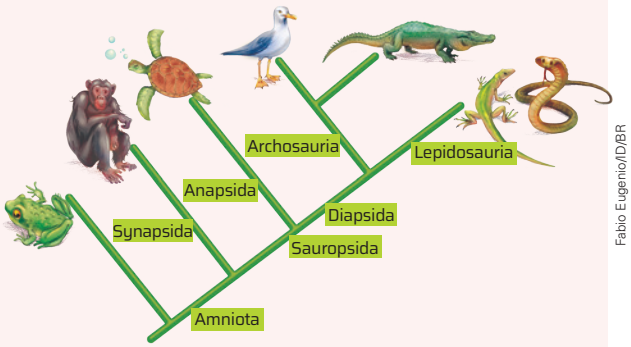
5. A classificação em reinos considera a morfologia e a fisiologia dos seres vivos para classificá-los. Na classificação em domínios, a análise feita é molecular, mais precisamente da sequência do RNA ribossômico para classificar os seres vivos.

ATIVIDADE RESOLVIDA

1 **Observe a árvore filogenética do grupo dos tetrápodes (filo Cordados).**

a) Os répteis podem ser considerados um grupo monofilético? Justifique sua resposta.

b) Copie a árvore filogenética no caderno e indique um grupo monofilético.

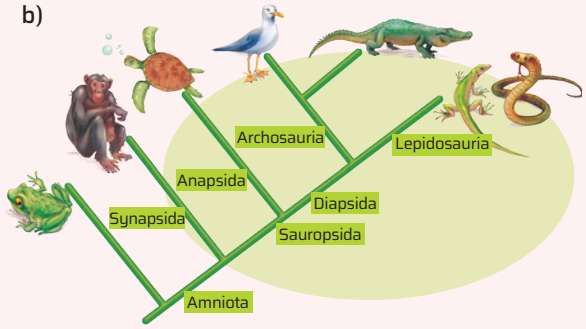


Fabio Eugenio/ID/BR

Resolução

a) Não, os répteis não são um grupo monofilético, pois não possuem um ancestral comum exclusivo. Observe que o grupo das aves compartilha um ancestral comum com os répteis.

b)



Fabio Eugenio/ID/BR

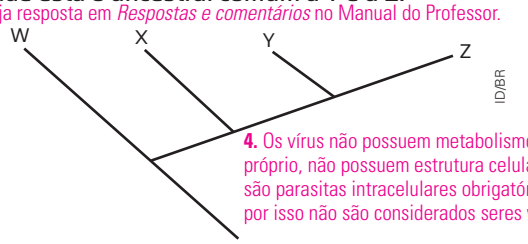
Um grupo monofilético possível é o formado pelos grupos dos répteis e das aves.

2 **Considere quatro táxons hipotéticos A, B, C e D. No caderno, construa uma árvore filogenética hipotética para esses táxons, indicando raiz, nó e terminal. Indique também um grupo monofilético.**

Veja resposta em *Respostas e comentários* no Manual do Professor.

3 **Reproduza no caderno a árvore filogenética a seguir e circule de azul o trecho correspondente à história comum de X, Y e Z; de vermelho o trecho correspondente à história particular de Y; e, de preto o local onde está o ancestral comum a Y e a Z.**

Veja resposta em *Respostas e comentários* no Manual do Professor.



ID/BR

4. Os vírus não possuem metabolismo próprio, não possuem estrutura celular e são parasitas intracelulares obrigatórios, por isso não são considerados seres vivos.

4 **Por que os vírus não são considerados seres vivos por muitos biólogos?**

5 **Qual é a diferença entre a classificação dos seres vivos em reinos e a classificação em domínios?**

6 **Leia o texto abaixo e responda às perguntas.**

Por que os *Homo sapiens* substituíram os neandertais

[...] **6.** Veja resposta em *Respostas e comentários* no Manual do Professor.

Antigamente, os antropólogos viam os neandertais como brutos estúpidos. Mas descobertas arqueológicas recentes mostram que eles se equiparavam a nós em termos de inteligência.

Os neandertais dominavam o fogo antes de nós. Eles eram caçadores mortais, pegando animais de grande porte como mamutes e rinocerontes lanudos e pequenos animais como coelhos e pássaros.

Eles colhiam plantas, sementes e mariscos. A caça e a coleta de todas essas espécies exigiam um profundo conhecimento da natureza.

Os neandertais também tinham um senso de beleza, fazendo contas e pinturas rupestres. Eram pessoas espirituais, enterrando seus mortos com flores.

Os círculos de pedra encontrados dentro de cavernas podem ser santuários neandertais. Assim como os caçadores-coletores modernos, a vida dos neandertais provavelmente era repleta de superstição e magia; seus céus eram cheios de deuses, as cavernas eram habitadas por espíritos ancestrais.

Além disso, há o fato de que o *Homo sapiens* e os neandertais tiveram filhos juntos. Não éramos tão diferentes assim. Mas encontramos os neandertais muitas vezes, durante muitos milênios, sempre com o mesmo resultado. Eles desapareceram. Nós permanecemos.

[...]

LONGRICH, N. R. Por que os humanos modernos substituíram os neandertais? A chave pode estar em nossas estruturas sociais. *The Conversation*, [*s. l.*], 8 abr. 2024. Disponível em: https://theconversation.com/por-que-os-humanos-modernos-substituiram-os-neandertais-a-chave-pode-estar-em-nossas-estruturas-sociais-226679. Acesso em: 11 set. 2024.

- Segundo o texto, atualmente os antropólogos têm uma imagem nova a respeito dos neandertais. Que imagem é essa? Que achados arqueológicos podem ter feito os pesquisadores mudarem de ideia sobre os neandertais?

7 **Esquematize, no caderno, um mapa-múndi e, com base no que aprendeu neste capítulo, trace no mapa as prováveis rotas de migração da espécie humana ao se dispersar a partir da África.**

Veja resposta em *Respostas e comentários* no Manual do Professor.

PENSANDO CIÊNCIAS

COMO ORGANIZAR A HISTÓRIA EVOLUTIVA DE UMA ESPÉCIE NOVA?

A sistemática filogenética tem como objetivo organizar os seres vivos de modo que essa classificação reflita as relações de parentesco entre eles, ou seja, é uma área da ciência que se baseia nos conceitos de ancestralidade e descendência com modificação.

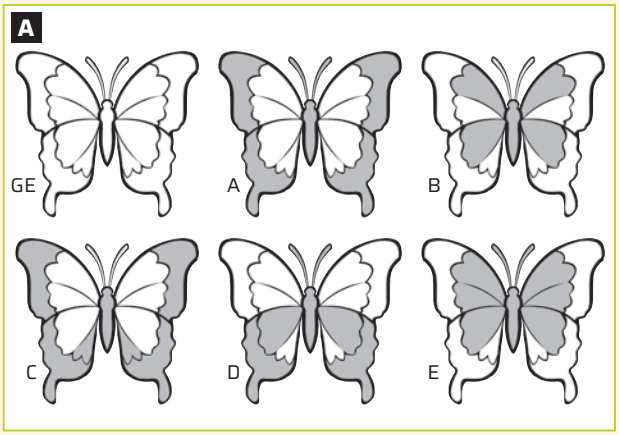
Em grupos, imaginem que, em uma expedição à Amazônia, vocês tenham descoberto uma nova espécie de borboleta (**E**). Essa nova espécie apresenta características muito semelhantes às de outras espécies já conhecidas, mas ainda não se sabe de que forma ela se relaciona evolutivamente com espécies semelhantes. Como vocês fariam para desvendar a história evolutiva desse grupo?

Decompondo o problema

Para resolver o problema "Como desvendar a história evolutiva de uma espécie nova?", vocês podem decompô-lo em problemas mais simples e que exigem procedimentos da sistemática filogenética.

Como já foi visto, na sistemática evolutiva, os organismos mais semelhantes entre si são considerados mais próximos evolutivamente; por isso, para identificar a história evolutiva de uma espécie, são consideradas as características em comum dessa espécie com outras já conhecidas, ou seja, os caracteres homólogos.

Fabio Eugenio/ID/BR



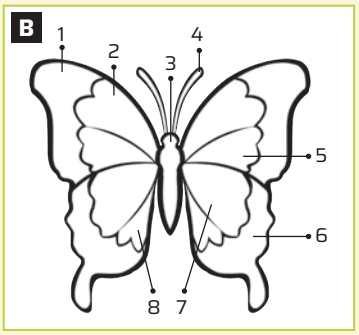
O grupo **GE** (grupo externo) apresenta apenas caracteres plesiomórficos. Os demais grupos (grupos internos **A**, **B**, **C**, **D** e **E**) apresentam apomorfias. O grupo **E** é a provável espécie nova descoberta.

Na imagem **A**, a borboleta **GE** representa o grupo externo, que é o nome dado ao grupo de organismos mais distantemente relacionado que serve de referência ao conjunto de organismos em estudo. Nesse caso, o grupo **GE** apresenta apenas caracteres **plesiomórficos**, ou seja, características consideradas primitivas, que foram ou não modificadas dentro da linhagem evolutiva. As outras borboletas representam espécies diferentes de uma mesma linhagem evolutiva, as características novas que esses grupos apresentam, quando comparados ao grupo externo, são chamadas de **apomorfias**.

Utilizando seus conhecimentos sobre filogenética e as informações disponíveis, podemos decompor o problema nas seguintes etapas de análise:

- Escolher quais características dos organismos estudados serão utilizadas para a construção da árvore filogenética (nesse caso, as manchas no corpo das borboletas).
- Identificar quais caracteres plesiomórficos e quais apomorfias o grupo **E** apresenta em relação às outras espécies em análise e identificar cada uma dessas características (imagem **B**).
- Identificar quais são os caracteres compartilhados entre as espécies analisadas.
- Organizar as espécies por grau de semelhança de acordo com a quantidade de caracteres compartilhados.

Fabio Eugenio/ID/BR



Os caracteres plesiomórficos do grupo externo estão identificados com números de 1 a 8.

Não escreva no livro.

Reconhecendo padrões

Nesta etapa, vocês devem identificar as características comuns que vão ajudar na solução do problema.

A sistemática filogenética utiliza a matriz de caracteres, que geralmente é usada para a indicação dos dois estados de caracteres que parecem ser homologias: plesiomorfia ou condição em que o caráter é herdado sem modificação e que não é utilizado para definir um novo grupo (**0**); apomorfia ou condição derivada, que tem o potencial de servir de determinante para definir um novo grupo (**1**). Em análises filogenéticas contendo uma grande quantidade de caracteres, a etapa de análise é feita por computadores.

As matrizes de caracteres são utilizadas como base para a construção de cladogramas ou árvores filogenéticas, representações gráficas utilizadas para retratar a relação de parentesco entre os diferentes grupos de seres vivos.

Caracteres	Táxons					
	GE	A	B	C	D	E
1	0	1	0	1	0	0
2	0	0	1	0	0	1
3	0	1	1	1	1	1
4	0	0	1	0	1	1
5	0	0	0	0	0	1
6	0	1	0	1	1	0
7	0	0	1	0	1	1
8	0	0	0	1	0	0

Matriz de caracteres.

Abstraindo o problema

Retomem a matriz de caracteres que vocês elaboraram para os grupos estudados. Nesta etapa, vocês vão considerar as informações relevantes para a construção da árvore filogenética dos grupos.

Observem que as características plesiomórficas e as características derivadas que só aparecem em um grupo são pouco informativas sobre as relações evolutivas entre os grupos estudados. Portanto, são as características derivadas compartilhadas que servem para construir árvores filogenéticas.

Com base nas informações da tabela, discutam como vocês fariam para identificar e representar as relações de parentesco entre as borboletas **A**, **B**, **C**, **D** e **E**.

Espera-se que os estudantes identifiquem que os grupos **A** e **C** estão mais próximos entre si, pois compartilham 3 caracteres (3, 1 e 6), assim como os grupos **B** e **E** que compartilham os caracteres 3, 4, 7 e 2. Apesar de o grupo **D** compartilhar o caractere 6 com os grupos **A** e **C**, ele compartilha os caracteres 3 e 4 com os grupos **B** e **E**, sendo considerado mais próximo a esses dois.

Buscando soluções

Este é o momento da elaboração de uma possível solução para o problema principal. Para criar uma árvore filogenética é necessário fazer o levantamento das apomorfias compartilhadas, definir o posicionamento da raiz da árvore filogenética com base na espécie que representa o grupo externo.

Os táxons (espécies de borboletas) devem ser agrupados pelas apomorfias que compartilham, as quais devem estar indicadas nos ramos da árvore. Porém, é possível obter árvores filogenéticas com algumas variações.

Comparem a árvore filogenética criada por vocês com a dos outros grupos. Quais são as diferenças e as semelhanças entre elas? Respostas variáveis. Espera-se que as árvores filogenéticas representem as relações filogenéticas identificadas no item anterior.

Elaborando o algoritmo

Esse é o momento de elaborar um algoritmo com o passo a passo necessário, ou seja, indicar os materiais e a sequência de etapas a serem realizadas para instruir alguém ou alguma máquina a representar uma árvore filogenética parcimoniosa, tendo como base a matriz de caracteres.

Para discutir

1 **Quais foram as dificuldades do grupo para identificar as relações de parentesco entre as 6 espécies de borboletas usando 8 caracteres homólogos?** Resposta pessoal. Espera-se que os estudantes indiquem as dificuldades encontradas. Incentive-os a compartilhar as estratégias adotadas para superar essas adversidades.

2 **Novos dados sobre a fisiologia e o comportamento das espécies de borboleta poderiam interferir na construção dessa árvore filogenética?** Sim, a inserção de novas características pode alterar o resultado final.

3 **Na página 196 é apresentada uma explicação sobre como construir uma árvore filogenética. Em sua opinião, essa explicação pode ser considerada um algoritmo? Justifique sua resposta.** A explicação da página 196 não pode ser considerada um algoritmo, pois não apresenta um passo a passo que possa ser reproduzido por uma pessoa ou uma máquina; é mais uma explicação geral de como construir uma árvore filogenética.

Não escreva no livro.

QUESTÕES GLOBAIS

1 (**Enem**) A classificação biológica proposta por Whittaker permite distinguir cinco grandes linhas evolutivas utilizando, como critérios de classificação, a organização celular e o modo de nutrição. Woese e seus colaboradores, com base na comparação das sequências que codificam o RNA ribossômico dos seres vivos, estabeleceram relações de ancestralidade entre os grupos e concluíram que os procariontes do reino Monera não eram um grupo coeso do ponto de vista evolutivo.

Whittaker (1969) cinco reinos	Woese (1990) três domínios
Monera	Archea
	Eubacteria
Protista	Eukarya
Fungi	
Plantae	
Animalia	

A diferença básica nas classificações citadas é que a mais recente se baseia fundamentalmente em

Alternativa **c**.

a) tipos de células.
b) aspectos ecológicos.
c) relações filogenéticas.
d) propriedades fisiológicas.
e) características morfológicas.

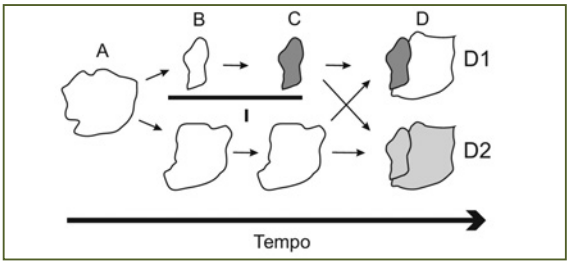
2 (**Ufam**) Segundo Charles Darwin (1809-1882), a evolução é um processo lento e gradual. Ao comparar estruturas homólogas, órgãos vestigiais e o desenvolvimento embriológico, Darwin adicionou evidências à sua ideia evolucionista. Analise as afirmativas a seguir:

I. A seleção natural não cria seres resistentes, ela os seleciona.
II. Lamarck sugeriu que as espécies evoluem através de descendência com modificações.
III. Uma característica favorável, herdada, sempre será favorável a certo indivíduo independente de mudanças de fatores ambientais.
IV. A seleção natural gera organismos resistentes em uma população onde eles não existiam.
V. Indivíduos que herdam características que lhes conferem maior probabilidade de sobrevivência e reprodução podem gerar uma prole mais numerosa.
VI. A seleção natural é exclusiva dos seres vivos, portanto vírus não evoluem, pois o darwinismo não se aplica a eles, afinal não são seres vivos.

Assinale a alternativa **correta**. Alternativa **a**.

a) Somente as afirmativas I e V estão corretas.
b) Somente as afirmativas II, III e VI estão corretas.
c) Somente as afirmativas V e VI estão corretas.
d) Todas as afirmativas estão corretas.
e) Todas as afirmativas estão incorretas.

3 (**Enem**) Uma população (momento A) sofre isolamento em duas subpopulações (momento B) por um fator de isolamento (I). Passado um tempo, essas subpopulações apresentam características fenotípicas e genotípicas que as distinguem (momento C), representadas na figura pelas tonalidades de cor. O posterior desaparecimento do fator de isolamento I pode levar, no momento D, às situações D1 e D2.



Enem 2020. Facsimile: ID/BR

A representação indica que, no momento D, na situação:

Alternativa **c**.

a) D1 ocorre um novo fator de isolamento geográfico.
b) D1 existe uma única população distribuída em gradiente.
c) D1 ocorrem duas populações separadas por isolamento reprodutivo.
d) D2 coexistem duas populações com características fenotípicas distintas.
e) D2 foram preservadas as mesmas características fenotípicas da população original A.

4 (**Fuvest-SP**) Pesquisadores do Museu Nacional, no Rio de Janeiro, encontraram o crânio e uma parte do fêmur de Luzia, o esqueleto humano mais antigo descoberto na América que revolucionou as teorias científicas sobre a ocupação do continente. Os fósseis foram achados há alguns dias (não foi divulgado quando) junto aos escombros do edifício parcialmente destruído por um incêndio em 2 de setembro. O crânio está fragmentado, porque a cola que mantinha os seus pedaços juntos se foi com o calor, mas a equipe está bastante otimista com suas condições.

Barbon, J. *Folha de S.Paulo*, out. 2018. Adaptado.

O esqueleto de Luzia, Alternativa **b**.

a) adquirido por D. Pedro II em 1876, foi incorporado à sua coleção pessoal, a mesma que deu origem ao Museu Nacional no período republicano.

Não escreva no livro.

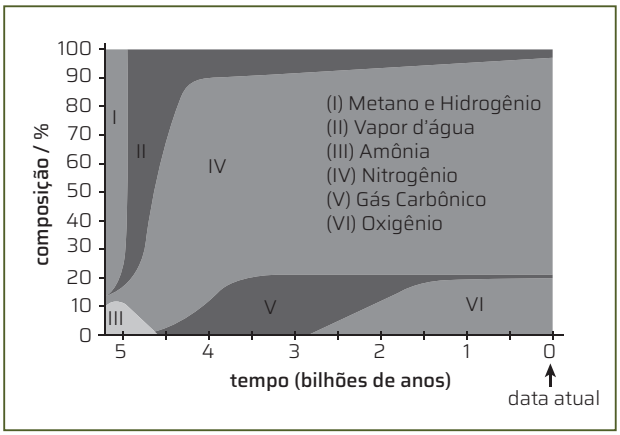
b) descoberto na década de 1970, em Minas Gerais, permitiu questionar a teoria de que a ocupação das Américas se deu por apenas uma onda migratória.

c) estudado por diferentes equipes de antropólogos, comprovou que grupos saídos diretamente da África foram os primeiros habitantes das Américas.

d) encontrado na atual Serra da Capivara, no Estado do Piauí, pertenceu à cultura que elaborou suas famosas pinturas rupestres.

e) mantido em uma coleção particular fora do país estava exposto para comemoração dos 150 anos da passagem de Charles Darwin pelo Brasil.

5 (**Enem**) **As áreas numeradas no gráfico mostram a composição em volume, aproximada, dos gases na atmosfera terrestre, desde a sua formação até os dias atuais.**



Enem. Fac-símile: ID/BR

Adaptado de *The Randon House Encyclopedias*. 3 ed., 1990.

Considerando apenas a composição atmosférica, isolando outros fatores, pode-se afirmar que

I. não podem ser detectados fósseis de seres aeróbicos anteriores a 2,9 bilhões de anos.

II. as grandes florestas poderiam ter existido há aproximadamente 3,5 bilhões de anos.

III. o ser humano poderia existir há aproximadamente 2,5 bilhões de anos.

É correto o que se afirma em: Alternativa **a**.

a) I, apenas.

b) II, apenas.

c) I e II, apenas.

d) II e III, apenas.

e) I, II e III.

6 (**Unesp**) **Aristóteles procurou explicar os fenômenos naturais a partir de argumentos teleológicos. A palavra teleologia provém de dois termos gregos, *telos* ("fim", "meta", "propósito") e logos ("razão", "explicação"), ou seja, uma "razão de algo em função de seus fins" ou uma "explicação que se serve de propósitos ou de fins". Na explicação teleológica, se algo existe e tem uma finalidade, é porque existe uma razão para essa finalidade. Nesse sentido, uma explicação teleológica estará centralizada na finalidade de alguma coisa. Por exemplo, na explicação teleológica, nossos dedos são articulados para que possamos manipular objetos, ao contrário da explicação não teleológica, que afirma que manipulamos objetos porque nossos dedos são articulados.**

Silveira, M. M. *et al*. Argumentos. *Revista de Filosofia*, jul./dez. 2016. (Adaptado.)

Considerando as características adaptativas dos organismos, a teleologia Veja resposta em *Respostas e comentários* no Manual do Professor.

a) refuta a proposta de Lamarck, no que concerne à transmissão dos caracteres adquiridos.

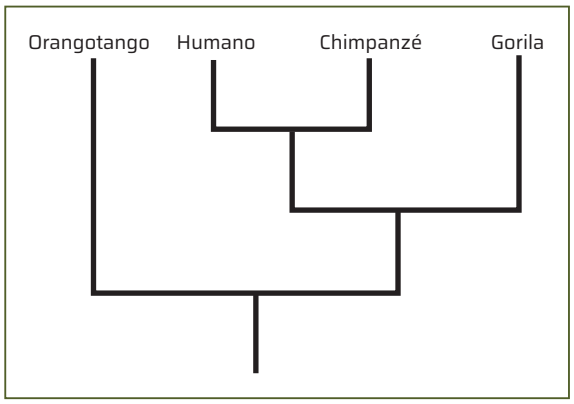
b) contribui para a explicação da origem da variabilidade a partir da ocorrência de mutações.

c) contraria as fundamentações teóricas propostas pela Teoria Sintética da Evolução.

d) fortalece as explicações da Teoria Sintética da Evolução, quanto ao resultado da ação da Seleção Natural.

e) sustenta tanto as ideias evolucionistas de Lamarck como as de Charles Darwin e da Teoria Sintética da Evolução.

7 (**UFSM-RS**) **Os seres humanos e os macacos antropoides, também chamados de "grandes macacos", pertencem à ordem dos primatas. Os estudos de Dian Fossey (1932-1985) sobre gorilas, e de Jane Goodall (1935-), sobre chimpanzés, permitiram compreender vários aspectos do comportamento e evolução dessas espécies, além de contribuir para a sua conservação. A figura abaixo apresenta as relações evolutivas entre humanos e grandes macacos.**



UFSM. Fac-símile: ID/BR

Sobre essas relações, é correto afirmar que Alternativa **c**.

a) seres humanos evoluíram a partir de chimpanzés.

b) seres humanos e chimpanzés evoluíram a partir de gorilas.

c) seres humanos e chimpanzés compartilham um ancestral comum.

d) chimpanzés e gorilas são mais próximos entre si do que qualquer um deles com seres humanos.

e) seres humanos não apresentam parentesco evolutivo com outros macacos antropoides.

PODCAST SOBRE BIOTECNOLOGIA

COMPARTILHANDO INFORMAÇÃO DE QUALIDADE

O que será feito

A biotecnologia é um assunto presente na vida de todos nós. Quando ficamos doentes, por exemplo, utilizamos remédios e tratamentos que foram desenvolvidos com o uso da biotecnologia. Ela também está presente em processos relacionados à prevenção de doenças, como o desenvolvimento de vacinas e a produção de alimentos. Entretanto, a desinformação ainda impede que muitas pessoas confiem nos produtos gerados pela biotecnologia.

Atualmente, existem diversos meios de informação que noticiam temas ligados a tecnologia e saúde. No entanto, as informações veiculadas, recorrentemente, não são claras o suficiente, o que leva muitas pessoas a terem dúvidas, ou até mesmo desconfiança, a respeito de determinadas notícias relacionadas à saúde individual e à saúde pública.

Além da dificuldade referente à clareza das informações difundidas pelos veículos de comunicação há, ainda, o problema das informações falsas que circulam, principalmente, nas redes sociais e em veículos pouco confiáveis.

SeventyFour/iStock/Getty Images

Os *podcasts* têm sido um formato de mídia digital amplamente utilizado para divulgar diversos assuntos.

Neste projeto, vocês vão levantar os principais problemas relacionados à divulgação de informações sobre biotecnologia e produzir uma série de *podcasts* com o objetivo de informar à comunidade escolar e às pessoas da comunidade local, ou seja, do entorno da escola, sobre temas referentes à biotecnologia.

Objetivos

- Pesquisar e sistematizar informações sobre temas de biotecnologia.
- Elaborar roteiros para a produção de episódios do *podcast*.
- Gravar e editar áudios/episódios do *podcast*.
- Publicar a série de *podcasts* e divulgá-la na comunidade escolar e na comunidade local.

Preparação

Conhecendo os temas

O ponto de partida, antes de começar a produção dos episódios do *podcast*, é listar os temas que vocês gostariam de abordar neste projeto. Os temas devem tratar de questões de biotecnologia que sejam de interesse de vocês e da comunidade, como produção de vacinas, transgênicos, produção de medicamentos, terapia gênica, fertilização *in vitro*, entre outros.

Não escreva no livro.

Organizem-se em grupos e escolham o tema com o qual cada grupo vai trabalhar.

Após a escolha do tema, façam um levantamento dos conhecimentos e das principais dúvidas que vocês têm sobre o assunto.

1. **Utilizando esse levantamento como um roteiro, façam pesquisas e selecionem as mídias (*sites* do governo, de instituições de saúde e de revistas especializadas) nas quais poderão encontrar informações confiáveis e corretas que respondam às dúvidas elencadas sobre o tema escolhido.**
2. **Registrem as principais informações sobre o tema do grupo.**
3. **Organizem as informações coletadas e preparem uma breve apresentação à turma.**
4. **Compartilhem com a turma as dúvidas iniciais do grupo e as informações encontradas.**
5. **Após cada uma das apresentações, discutam entre si sobre a qualidade das informações obtidas e apresentadas pelos grupos. É interessante, também, que cada grupo exponha as dificuldades que tiveram, ou não, de encontrar respostas às dúvidas.**
6. **Ao final, anotem as dúvidas de cada grupo sobre o tema em questão. É possível, nesse momento, que os grupos optem por trabalhar com um tema diferente daquele escolhido inicialmente.**

Investigando o nível de informações da comunidade

Tão importante quanto a qualidade das informações é o acesso a elas. Nessa etapa, vocês vão avaliar o quão acessíveis são as informações disponíveis sobre o tema escolhido.

Para isso, pesquisem, nos *sites* dos veículos de informação mais populares da região em que vivem, informações sobre o tema com o qual vocês estão trabalhando e analisem a facilidade de buscar informações nesses *sites*, bem como a clareza e a qualidade das informações apresentadas.

As perguntas a seguir podem auxiliar nesse processo:

- A área de busca no *site* é facilmente encontrada?
- Os resultados da busca estão relacionados ao tema pesquisado?
- Os textos são claros? As informações são facilmente encontradas?
- As informações estão corretas? São apresentadas as fontes das informações veiculadas?

Com base nas observações, verifiquem se as informações sobre saúde fornecidas pelos veículos mais utilizados pela comunidade têm veracidade e se são acessíveis.

Após averiguarem a qualidade da informação a que a comunidade tem acesso, vocês farão um levantamento do nível de conhecimento que a comunidade tem sobre os temas escolhidos.

Para isso, elaborem um questionário com o auxílio do(a) professor(a). Definam uma amostra da pesquisa, ou seja, o número de pessoas que vão responder ao questionário. A amostra deve ser dividida entre estudantes, membros da comunidade escolar e da comunidade local. As questões devem tratar do tema escolhido pelo seu grupo.

Vejam, a seguir, alguns exemplos de perguntas:

- Você sabe como as vacinas são produzidas?
- Você sabe o que são transgênicos?
- O que você sabe a respeito do sequenciamento de DNA? Você sabe para que ele serve?
- Você sabe o que é terapia gênica?

Avaliem a possibilidade de utilizar um dispositivo eletrônico como um *tablet* ou um *smartphone* para anotar as respostas dos entrevistados. É importante que as perguntas elaboradas permitam respostas do tipo "sei" e "não sei"; dessa forma, os dados ficam mais simples de serem organizados e analisados. Ainda assim, registrem outras impressões dos entrevistados que julgarem oportunas.

Organizem os dados obtidos utilizando uma tabela ou uma planilha eletrônica.

FG Trade/iStock/Getty Images

A elaboração do questionário deve ser feita de forma coletiva.

Organizando as etapas seguintes

O planejamento do projeto é essencial para ele seja bem-sucedido, tanto durante seu desenvolvimento quanto na construção do produto final: os episódios do *podcast*.

Portanto, com o auxílio do(a) professor(a), definam:

- **as tarefas a serem realizadas** – listem todas as tarefas que devem ser realizadas até a finalização do projeto.
- **a organização das equipes** – façam a divisão das tarefas dentro dos grupos. As tarefas devem ficar igualmente distribuídas, de forma a não sobrecarregar ninguém.
- **o cronograma de trabalho** – montar um cronograma é uma etapa essencial de qualquer projeto, portanto, estabeleçam, com o(a) professor(a), as datas de entrega de materiais, de reuniões, de publicação dos episódios do *podcast*, entre outras.

Organizem os materiais necessários para a gravação do *podcast*. Sugestões:

- Um gravador (um celular ou um computador com microfone são suficientes).
- Para melhor apresentação do conteúdo, utilizem um programa ou aplicativo que permita a edição do arquivo gravado.
- Durante a edição, excluam trechos desnecessários ou vazios e adicionem efeitos sonoros para tornar o programa mais atrativo e dinâmico.

Desenvolvimento

Elaborando o roteiro para o *podcast*

Após o estudo inicial dos temas e a análise dos dados obtidos nas entrevistas, cada equipe deverá desenvolver um roteiro para a produção de um episódio do *podcast*.

Incluam no roteiro respostas às principais dúvidas que os entrevistados apresentaram sobre o tema.

O roteiro também deve conter uma introdução sobre o tema tratado no episódio, apresentando-o ao ouvinte e discorrendo sobre sua importância para a saúde pública e a saúde individual. Em seguida, foquem o desenvolvimento do assunto pesquisado. Nessa etapa, as dúvidas que surgiram nas entrevistas devem orientar a abordagem do conteúdo. Concluam o roteiro com opiniões, questionamentos e comentários que julgarem adequados.

Cada grupo vai produzir um roteiro para um programa com duração de 15 minutos. O roteiro pode ser elaborado coletivamente ou alguns estudantes do grupo podem assumir essa tarefa.

Durante a elaboração do roteiro, é importante buscar informações confiáveis. Lembrem-se de sempre incluir a fonte das informações inseridas no roteiro.

Como forma de organizar a estrutura do roteiro, podem-se listar os temas mais importantes a serem tratados e/ou as principais dúvidas apresentadas pelos entrevistados.

A linguagem usada no roteiro também precisa de atenção. A ideia é que o público-alvo do *podcast* seja a comunidade escolar, incluindo colegas de escola, professores, funcionários, vizinhos, entre outros. O ideal é que o conteúdo soe como uma conversa, um bate-papo.

A seguir, veja um exemplo de como estruturar um roteiro sobre vacinas, com dúvidas sobre o tema:

- Como são produzidas as vacinas?
- Como as vacinas agem no organismo?
- Que doenças podem ser evitadas pela vacinação e qual é o calendário nacional de vacinação?

Para que todos os episódios sejam similares na apresentação, criem, coletivamente, um título para a série de *podcasts* e também vinhetas de abertura e de encerramento.

É importante revisar o texto, depois de finalizá-lo. Se possível, mostrem o texto a especialistas nos temas ou a outros professores, a fim de garantir a adequação e a precisão das informações. Para isso, nessa etapa, procurem também o auxílio do(a) professor(a) de Linguagens e suas Tecnologias.

Courtney Hale/iStock/Getty Images

Mesmo que apenas alguns estudantes do grupo se responsabilizem pela elaboração do roteiro, é importante que todo o grupo participe das discussões para sua elaboração.

Gravação dos episódios

O roteiro elaborado deve ser utilizado como base para a fala que será gravada. Evitem a simples leitura do texto.

Definam quem serão os apresentadores – o ideal é que dois estudantes apresentem o episódio em forma de diálogo.

Não escreva no livro.

Verifiquem a possibilidade de convidar um profissional da área da saúde para participar da gravação. Se isso for possível, preparem com antecedência as perguntas a serem feitas. Vocês podem, também, gravar depoimentos e falas de profissionais da saúde e, depois, inserir esses trechos no *podcast*.

Uma etapa essencial deste projeto é definir a plataforma de hospedagem dos episódios do *podcast*. Há diversas plataformas de áudio *on-line*. Considerem também verificar a possibilidade de publicá-los no *site* da escola ou nas redes sociais.

PARA EXPLORAR

Leia

Chegou a hora de inserir o *podcast* na sua aula

Nesse artigo de Débora Garofalo, publicado na revista *Nova Escola*, em 2019, há dicas de elaboração de *podcasts* e exemplos de formatos que podem ser utilizados para divulgação.

Disponível em: https://novaescola.org.br/conteudo/18378/chegou-a-hora-de-inserir-o-podcast-na-sua-aula. Acesso em: 29 jul. 2024.

Refinando o *podcast*

Em uma data previamente agendada pelo(a) professor(a), todos os grupos devem apresentar os episódios gravados para a avaliação da turma.

Cada grupo vai apresentar seu episódio e, em seguida, será feita uma rodada de discussão com toda a turma. É importante que as críticas tenham como foco o aperfeiçoamento do material e que a turma trabalhe de forma coletiva para construir a série de *podcasts*.

Nesse momento, será possível identificar problemas de gravação, como ruídos e cortes em falas, entre outros. Ouçam a opinião e as sugestões dos colegas e, caso seja necessário, complementem ou reeditem o episódio para melhorá-lo.

Conclusão

3. Resposta variável. Os episódios do *podcast* podem ser úteis ao disponibilizar informações claras e de qualidade sobre temas relacionados à biotecnologia.

Publicação e divulgação do *podcast*

Decidam, com todos os grupos, a ordem de apresentação dos episódios e a periodicidade com que serão disponibilizados (se de uma só vez ou aos poucos).

Hospedem os programas produzidos na plataforma definida anteriormente.

Divulguem o *podcast* nas redes sociais da escola e criem uma conta em outras redes sociais para o *podcast*. Nesse caso, postem, junto à divulgação de cada programa, um pequeno texto com os dados técnicos do episódio e um resumo do assunto tratado.

Organizem uma sessão de lançamento para a comunidade escolar. Verifiquem a disponibilidade de equipamentos de som para realizar a transmissão dos episódios, além de outros materiais necessários ao evento. Conversem com a direção da escola e solicitem a definição de um local que poderá ser utilizado para essa transmissão.

Elaborem previamente um questionário para avaliar a qualidade dos episódios e a compreensão dos ouvintes sobre os temas tratados. O questionário deve ser aplicado a todos os ouvintes, ao final da transmissão na escola. Esses questionários serão um bom "termômetro" para avaliar se as informações veiculadas foram úteis e responderam ao propósito de informar o público-alvo sobre os temas abordados.

m-imagephotography/iStock/Getty Images

Criem um canal de contato com os ouvintes do *podcast* para receber sugestões, dúvidas e comentários.

Avaliação

1. Respostas pessoais. Peça aos estudantes que deem exemplos dos problemas e de como foram enfrentados durante a execução do projeto.

1 **Quais foram os principais problemas enfrentados durante a execução do projeto? Como esses problemas foram solucionados?**

2 **Como a experiência de execução deste projeto teve impacto em seu conhecimento sobre os temas de biotecnologia abordados nos *podcasts*?** Veja resposta em *Respostas e comentários* no Manual do Professor.

3 **Os episódios do *podcast* foram úteis para o público-alvo? Como?**

4 **De que outras maneiras o formato *podcast* pode ser usado para levar informação de qualidade para a sua comunidade?** Resposta variável. Estimule os estudantes a levantar e a identificar outros temas de interesse da comunidade que poderão ser veiculados em *podcasts*, de modo a intervir de forma positiva nas comunidades escolar e local.

O ESTUDO DOS SERES VIVOS

Ao interagir com o meio externo, os seres vivos regulam seu meio interno de modo a mantê-lo constante ou, ainda, com uma variação dentro de certos limites. Essa busca pela estabilidade do meio interno é o que caracteriza a homeostase.

Nesta unidade, você vai estudar algumas estruturas e mecanismos regulatórios envolvidos no controle do volume interno de água, da concentração iônica e de gases, dos nutrientes e dos resíduos gerados no metabolismo, entre outros, necessários à homeostase dos seres vivos.

OBJETIVOS

- Analisar a nutrição, a excreção, a circulação e a troca gasosa nos seres vivos.
- Compreender o processo de coordenação e de percepção de estímulos dos seres vivos.

QUESTÕES PARA REFLETIR

1. **Quais estruturas você identifica no animal da foto? Elabore hipóteses sobre como é o provável ambiente em que ele vive, justificando sua resposta.** Veja resposta em *Respostas e comentários* no Manual do Professor.
2. **Em sua opinião, como a elevação da temperatura média do planeta poderia afetar os anfíbios? E os demais seres vivos?**
3. **Por que é importante o investimento de instituições públicas e privadas em pesquisas voltadas para o estudo dos seres vivos?**

2. Veja respostas em *Respostas e comentários* no Manual do Professor.

3. Resposta variável. Os estudantes devem entender a importância de se conhecer aspectos biológicos e ecológicos dos seres vivos, uma vez que todas as espécies estabelecem relações entre si e com o meio. Além disso, esse conhecimento pode gerar benefícios para o ser humano. Os anfíbios, por exemplo, apresentam princípios ativos que podem ser usados em medicamentos, e também são ótimos indicadores da qualidade ambiental, já que são muito sensíveis às alterações do meio.

Os anfíbios anuros da família *Centrolenidae* medem em média 30 milímetros de comprimento e têm pele ventral translúcida, que permite a visualização de estruturas e órgãos internos. Pesquisas recentes sugerem que a pele transparente desses animais funciona como um mecanismo de camuflagem e defesa contra predadores. ▸

UNIDADE 5

1 Nutrição e excreção

2 Circulação e trocas gasosas

3 Coordenação e percepção do ambiente

Lukas Gogh/Alamy/Fotoarena

1. Veja resposta em *Respostas e comentários* no Manual do Professor.
2. Veja resposta em *Respostas e comentários* no Manual do Professor.

NUTRIÇÃO E EXCREÇÃO

3. Veja resposta em *Respostas e comentários* no Manual do Professor.

Guia Alimentar para a População Brasileira

PARA COMEÇAR

1. Que tipos de troca a célula, que é a unidade estrutural e funcional dos seres vivos, pode estabelecer com o meio externo?
2. O citoplasma da célula pode ser considerado uma solução? Justifique.
3. O que você entende por metabolismo celular?

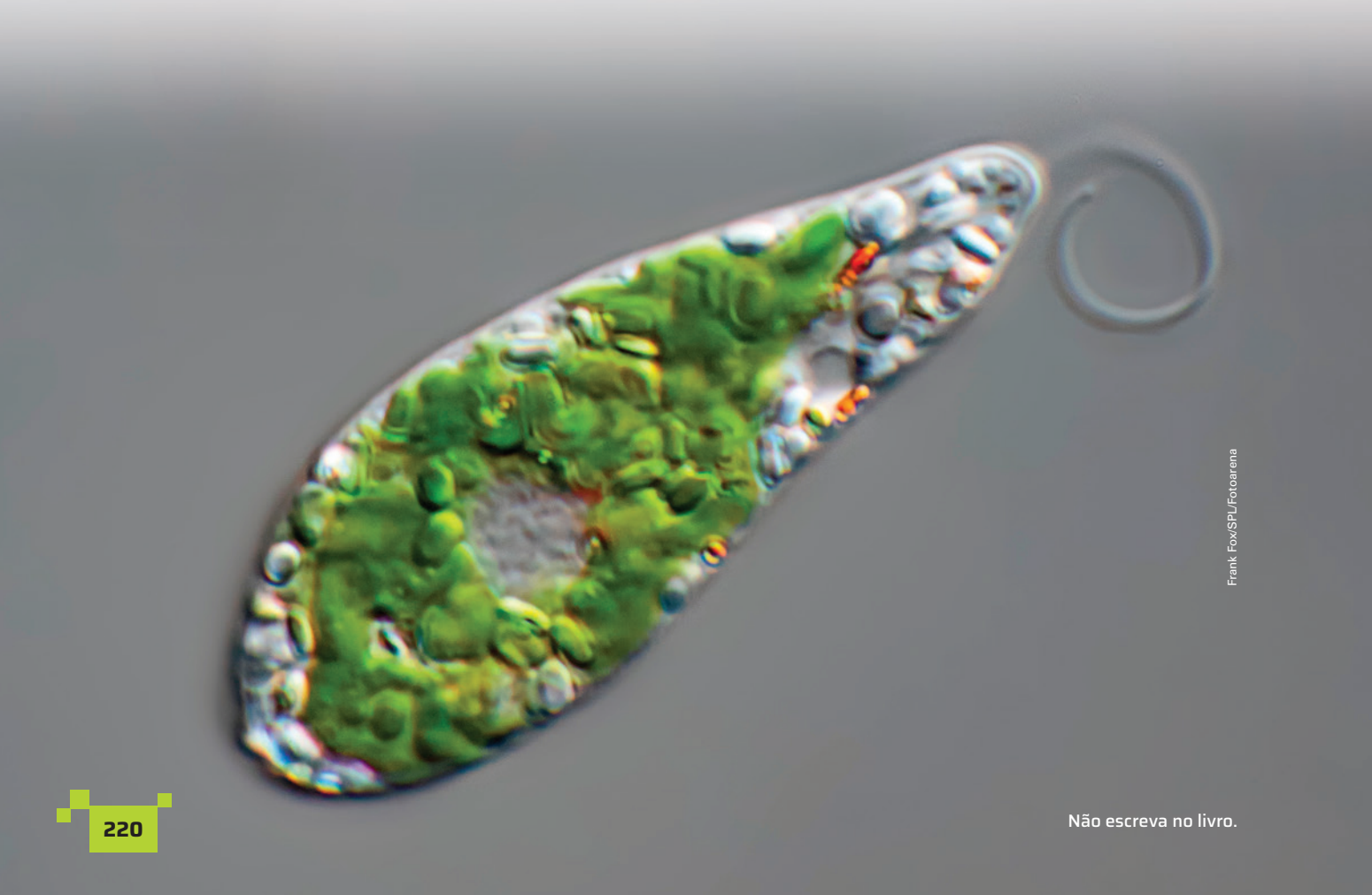
OS SERES SE NUTREM E EXCRETAM RESÍDUOS

Qualquer elemento ou composto químico necessário para o funcionamento de um organismo vivo e que constitui os alimentos é chamado **nutriente**. Há nutrientes orgânicos formados por carbono, hidrogênio e oxigênio; e nutrientes minerais, como nitrogênio, fósforo, potássio, ferro, cálcio, enxofre, entre outros. Enquanto alguns desses nutrientes são usados para a construção e a reparação da matéria viva (função estrutural), outros são desdobrados para a reserva e para a liberação da energia indispensável às atividades vitais (função energética).

Seres que produzem nutrientes orgânicos são chamados **autótrofos** (do grego *autos*, "próprio", e *trophe*, "alimento, "nutrição"). É o caso de plantas, algas e alguns tipos de bactérias que realizam fotossíntese, processo que produz moléculas orgânicas, como a glicose, a partir de água, gás carbônico, sais minerais e energia luminosa.

Os animais, fungos, protozoários, algumas plantas parasitas e grande parte das bactérias conhecidas não produzem matéria orgânica e são chamados **heterótrofos** (do grego *heteros*, "diferente", e *trophe*, "alimento", "nutrição"). Os seres heterótrofos obtêm de outros seres vivos a matéria-prima de que necessitam para realizar todas as suas atividades.

Nutrição é, portanto, uma área da ciência que estuda o conjunto de processos pelos quais um organismo ou uma célula recebe, utiliza e elimina os nutrientes ingeridos. A degradação metabólica dos nutrientes, por sua vez, gera outras substâncias, algumas delas tóxicas, dependendo da concentração. Por isso, os seres vivos apresentam processos de **excreção**, em que são eliminados resíduos nitrogenados do metabolismo, bem como excesso de sais e de água.



Na imagem, é possível visualizar os pigmentos verdes de clorofila em uma alga verde unicelular fotossintetizante, um organismo autótrofo. Micrografia com luz de contraste; aumento de cerca de 780 vezes.

Frank Fox/SPL/Fotoarena

Não escreva no livro.

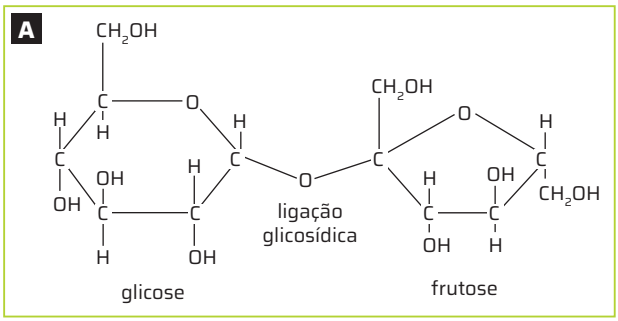
NUTRIÇÃO

A **nutrição** dos seres vivos corresponde a um conjunto de processos que ocorrem para que os nutrientes possam ser absorvidos pelas células.

Nutrientes

Os **carboidratos** são moléculas formadas por átomos de carbono (C), hidrogênio (H) e oxigênio (O). Também chamados glicídios ou açúcares, esses compostos apresentam a seguinte fórmula molecular: $(CH_2O)_n$.

Os carboidratos mais simples são constituídos de uma única unidade, chamada **monossacarídio**. A combinação de dois monossacarídios forma um **dissacarídio** (imagem **A**). Essa combinação ocorre por meio de uma ligação chamada glicosídica. As ligações glicosídicas, por sua vez, podem ser rompidas, liberando, então, dois monossacarídios.

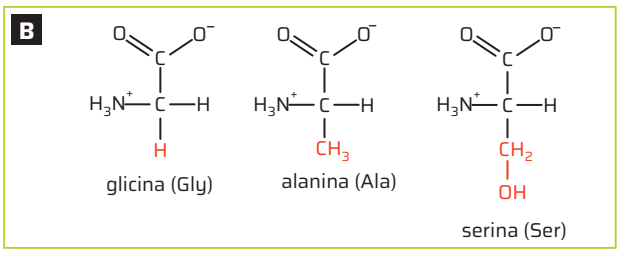


Estrutura da molécula de sacarose ou açúcar de cozinha. Esse carboidrato é composto de duas unidades de monossacarídios (glicose, à esquerda, e frutose, à direita). Os dissacarídios também exercem papel energético nos seres vivos.

Fonte de pesquisa das imagens **A**, **B** e **C**: McNaught, A. D. e Wilsinson, A. *Compendium of chemical terminology* (Compêndio de terminologia química) (Gold Book): IUPAC recommendations. 2. ed. Oxford, Reino Unido: Blackwell Scientific Publications, 1997.

Os carboidratos podem ser combinados, formando os **polissacarídios**. São moléculas grandes, sem ramificações (lineares) ou ramificadas, compostas de um único tipo de monossacarídio ou da combinação de diferentes monossacarídios. Os polissacarídios têm função estrutural ou de reserva energética dos seres vivos.

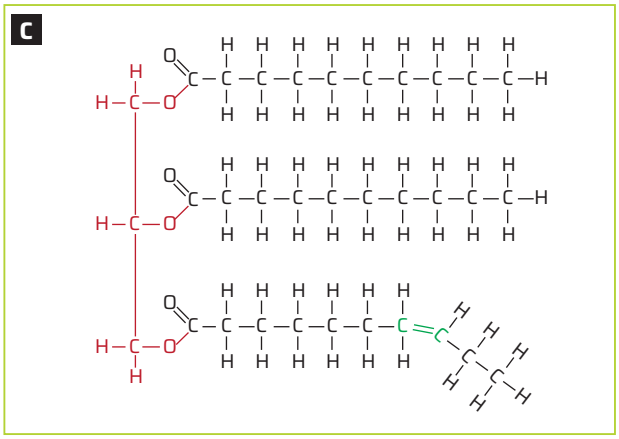
As **proteínas** são formadas a partir de um conjunto de moléculas menores, os **aminoácidos**, ligados entre si. Os aminoácidos são formados por carbono, hidrogênio, oxigênio e nitrogênio – e alguns contêm enxofre (imagem **B**).



Representação da estrutura molecular dos aminoácidos glicina, alanina e serina. Note que as diferenças entre as moléculas se limitam aos radicais (destacados em vermelho).

Há vinte tipos de aminoácidos, cada um deles constituído de um átomo de carbono ligado a um grupo carboxila (COOH), a um grupo amina (NH_2) e a um radical (R). A combinação de aminoácidos em diferentes sequências e números resulta em uma enorme variedade de moléculas de proteína com propriedades e características muito diversas. As proteínas desempenham funções fisiológicas e estruturais fundamentais nos seres vivos.

Os **lipídios** também são moléculas formadas por carbono, oxigênio e hidrogênio. Entretanto, nos lipídios, a quantidade de carbono e de hidrogênio é muito maior do que a de oxigênio, o que confere a essas substâncias propriedades diferentes daquelas dos carboidratos. Além disso, o fósforo, o enxofre e o nitrogênio também são encontrados em associação com os lipídios. Entre as funções que essas moléculas desempenham no organismo, estão a função de reserva energética e a de composição de membranas celulares, hormônios e vitaminas. Gorduras (imagem **C**) e óleos são exemplos de lipídios.



Representação da estrutura molecular de um triglicéride, tipo de gordura formado pela combinação de uma molécula de glicerol (em vermelho) com três de ácidos graxos (em preto). Note que uma das cadeias de ácido graxo é monoinsaturada (há uma ligação dupla entre dois carbonos, indicada em verde), enquanto as outras duas são saturadas (ligações simples).

Proteínas, carboidratos e lipídios são nutrientes que devem ser ingeridos em maiores quantidades pelos seres vivos; por isso, são conhecidos como **macronutrientes**. Compostos que também desempenham importantes funções, mas que devem ser ingeridos em quantidades menores, são conhecidos por **micronutrientes**. Entre eles, estão as vitaminas e alguns sais minerais.

Vitaminas são moléculas orgânicas necessárias para o funcionamento de vários processos metabólicos. Muitas vitaminas atuam como facilitadores da ação enzimática e, por isso, recebem o nome de **cofatores**.

Os sais minerais têm funções relacionadas tanto à estrutura do organismo quanto à regulação geral dos processos orgânicos. Sódio, potássio, cloro, fosfato e cálcio estão presentes em grandes quantidades no organismo. Em quantidades menores, estão o ferro, o magnésio, o iodo, entre outros. Os sais minerais dissolvidos se encontram na forma de íons.

Não escreva no livro.

PARA EXPLORAR

Assista

Macrófagos em ação

A videomicroscopia produzida pelo Instituto Butantan mostra macrófagos, células de defesa, fagocitando bactérias. Duração: 1 min 16 s.

Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=QFESCVmdacs. Acesso em: 11 out. 2024.

Digestão

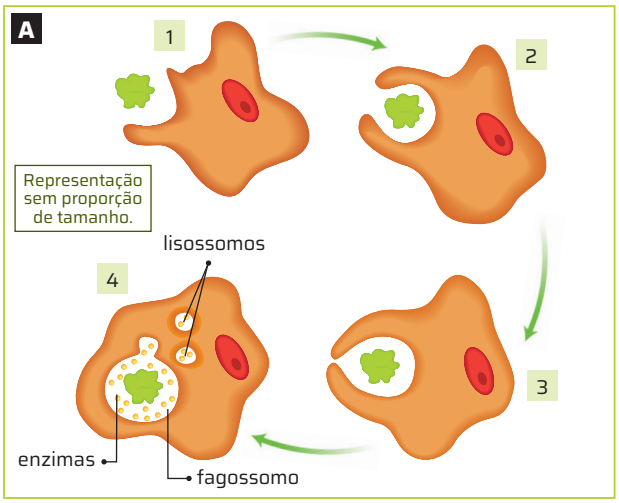
A digestão é o processo que garante o fornecimento de água, íons e nutrientes aos seres vivos. Esse processo pode envolver **fenômenos físicos**, que compreendem a trituração do alimento em partículas menores, e **fenômenos químicos**, os quais envolvem a quebra de moléculas complexas em monômeros (do grego *mono*, "unidade", e *mero*, "parte"). Um polissacarídio como o amido, por exemplo, ao passar pela digestão, dá origem a várias moléculas de glicose, um monossacarídio.

A digestão pode ocorrer dentro das células (intracelular) ou fora delas (extracelular).

Digestão intracelular

A incorporação de partículas pelas células ocorre por processos de **endocitose**, os quais se iniciam na membrana plasmática e permitem que macromoléculas, como os polissacarídios e as proteínas, ou mesmo microrganismos, sejam levados para o interior da célula.

Reinaldo Vignati/ID/BR



Esquema da fagocitose em células animais. Cores-fantasia.
(**1**) Formam-se pseudópodes em direção ao exterior da célula.
(**2**) A partícula é envolvida pelos pseudópodes.
(**3**) Forma-se um fagossomo, vesícula membranosa que se desprende da membrana celular e passa ao citoplasma.
(**4**) O fagossomo se funde aos lisossomos, vesículas citoplasmáticas que contêm enzimas digestivas.

Fonte de pesquisa: Reece, J. B. *et al. Biologia de Campbell*. 10. ed. Porto Alegre: Artmed, 2015. p. 138.

Existem vários tipos de endocitose, mas todos apresentam um mecanismo similar: o alimento é envolvido por uma pequena porção da membrana plasmática até formar uma vesícula, chamada **endossomo**. Essa vesícula se separa da membrana plasmática e migra para o interior da célula. No citoplasma, o complexo golgiense libera outras vesículas que contêm enzimas digestivas, os **lisossomos**, os quais se fundem aos endossomos e dão início ao processo digestório. O material digerido é lançado no citoplasma, onde pode ser utilizado; os materiais não digeríveis são eliminados por vesículas, que se fundem com a membrana celular, no processo de **exocitose**.

A endocitose pode ser classificada de acordo com o tamanho das partículas: **pinocitose**, em que pequenas vesículas (pinossomos) se formam após a captura de solutos de baixo peso molecular, macromoléculas e fluidos; e **fagocitose** (imagem **A**), em que partículas maiores ou células inteiras são englobadas, formando fagossomos.

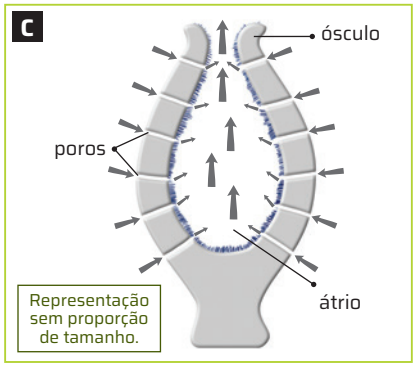
A fagocitose e a pinocitose ocorrem em algumas células de animais e em muitos protozoários. A pinocitose é utilizada pelos tripanossomos, causadores da doença de Chagas, para obter fluidos do plasma sanguíneo. Já os plasmódios, causadores da malária, fagocitam partes de hemácias ou de células hepáticas.

Em poríferos (imagem **B**), animais invertebrados de organização bastante simples (imagem **C**), observa-se a absorção direta de alimentos pela parede corporal. Esses organismos apresentam células especializadas na absorção de partículas de alimento, realizando a digestão intracelular.

ROTEIRO

1. As esponjas, como animais filtradores, dependem das correntezas e do movimento das marés para obtenção de alimento. Você concorda com essa frase? Justifique.

John A. Anderson/Shutterstock.com/ID/BR



Marcos Aurélio/ID/BR

(**B**) Esponja (*Aplysina fistularis*) em recife de coral. (**C**) Representação da circulação da água (setas) em um porífero. A água do meio circundante penetra pelos poros existentes na parede corporal. O movimento da água é provocado pelo batimento dos flagelos de células chamadas coanócitos. À medida que a água circula pelo átrio, os coanócitos fagocitam e digerem as partículas nutritivas. Cores-fantasia.

1. Não. O batimento ciliar dos coanócitos é responsável por gerar o fluxo de água que percorre o corpo das esponjas, trazendo-lhes as partículas alimentares.

Não escreva no livro.

Digestão extracelular

A maioria dos animais invertebrados e todos os vertebrados realizam suas funções por meio de tecidos e órgãos, que, em geral, se organizam em sistemas. Muitos animais apresentam um tubo digestório que permite a ingestão e o processamento do alimento dentro do próprio corpo. É nesse tubo que ocorre a **digestão extracelular**.

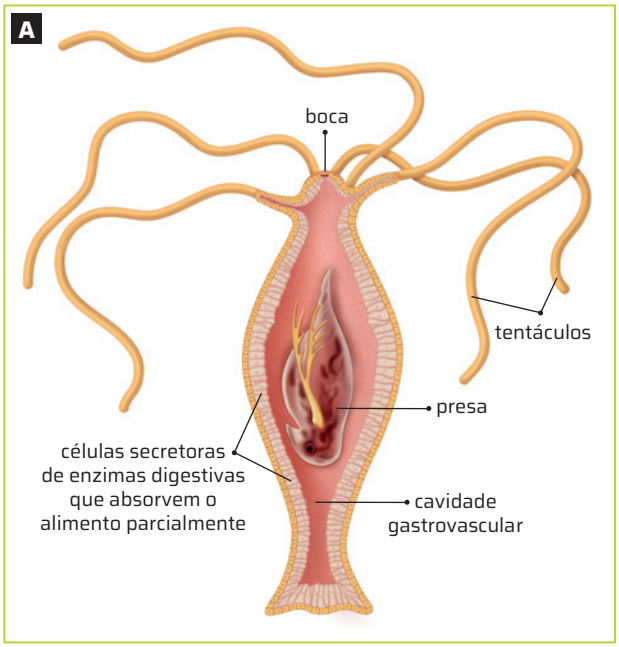
Os sistemas digestórios menos complexos pertencem aos cnidários – corais, águas-vivas, caravelas, anêmonas e hidras. Nesses animais, o tubo digestório apresenta uma cavidade gastrovascular com uma única abertura, por onde entram os alimentos e saem resíduos (imagem **A**). Células do revestimento interno da cavidade gastrovascular secretam enzimas que iniciam a digestão química do alimento. As partículas formadas são capturadas por endocitose e a digestão intracelular finaliza a transformação do alimento.

Nos platelmintos, como a planária da imagem **B**, o tubo digestório tem partes diferenciadas, nas quais ocorre a digestão extracelular, mas há apenas uma abertura, que é usada tanto na ingestão de alimentos quanto na eliminação de materiais não digeridos. Como não existe ânus, o tubo digestório apresenta fluxo bidirecional.

Na maioria dos animais, os sistemas digestórios são **completos**, isto é, são formados por duas aberturas, a boca e o ânus. O sistema digestório completo está associado à maior complexidade da estrutura do tubo digestório, com grande especialização de regiões e surgimento de órgãos acessórios e glândulas produtoras de enzimas, permitindo um maior aproveitamento dos materiais ingeridos. Assim, no interior dos tubos, são lançadas as enzimas e outras substâncias que auxiliam na transformação do alimento. Os produtos da digestão extracelular são absorvidos e os resíduos saem pelo ânus.

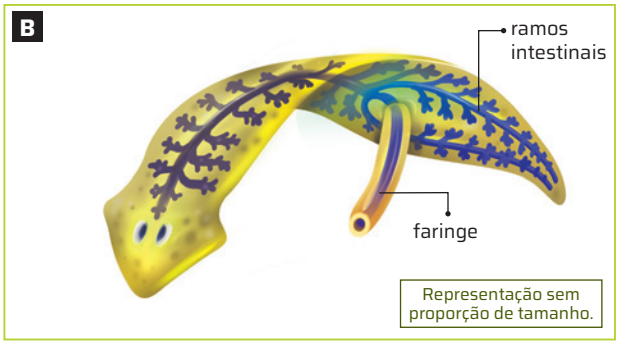
O sistema digestório de vertebrados tem uma estrutura comum, formada por: boca, na maioria das vezes com dentes (ausentes nas aves atuais, nas tartarugas e em alguns outros grupos com dietas específicas) e língua (exceto nos peixes); glândulas salivares (nos vertebrados terrestres); esôfago; estômago; glândulas acessórias (fígado e pâncreas); intestino delgado; intestino grosso; e ânus (imagem **C**).

Representação sem proporção de tamanho.



Reinaldo Vignati/ID/BR

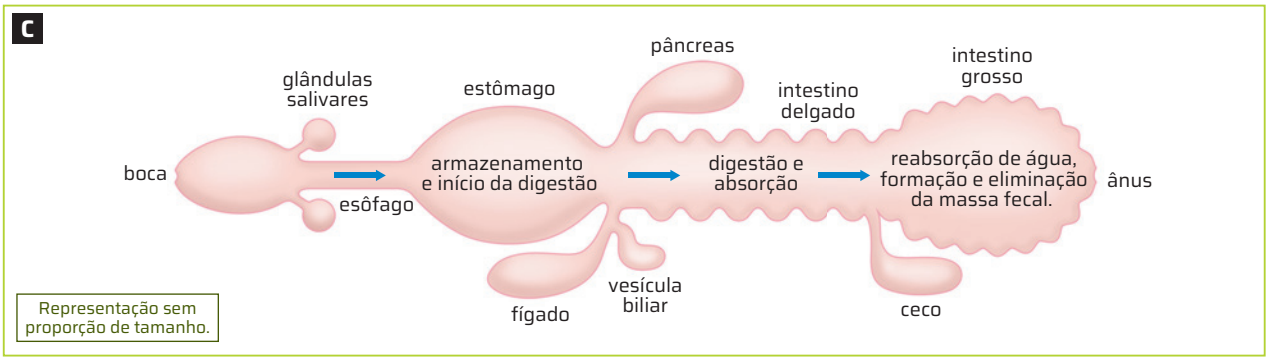
Representação de um cnidário em corte longitudinal. O alimento é parcialmente digerido na cavidade gastrovascular, e a digestão se completa no interior das células. Cores-fantasia.



Fabio Eugenio/ID/BR

Representação do sistema digestório de uma planária. As ramificações do intestino levam os nutrientes a todas as células do corpo. Cores-fantasia.

Fonte de pesquisa das imagens: Reece, J. B. *et al. Biologia de Campbell.* 10. ed. Porto Alegre: Artmed, 2015. p. 684-690.



Reinaldo Vignati/ID/BR

Estrutura simplificada do sistema digestório de vertebrados com as funções gerais de cada parte representada.

Fonte de pesquisa: Storer, T. I. *et al. Zoologia geral.* São Paulo: Companhia Editora Nacional, 1991. p. 78.

Não escreva no livro.

Adaptações do sistema digestório dos vertebrados

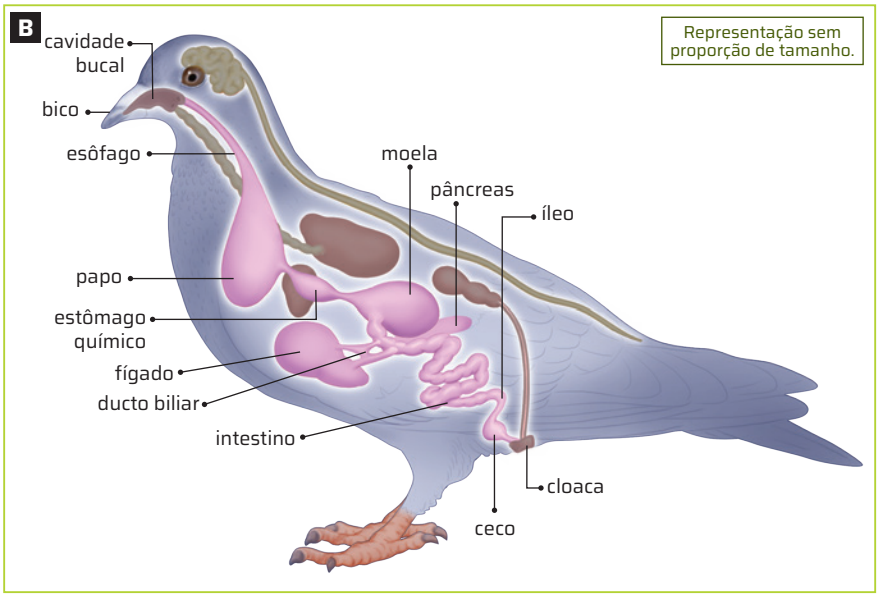
Pukhov K/Shutterstock.com/ID/BR

Crânio de um urso-pardo (*Ursus arctos*). A maioria dos mamíferos tem dentes com formas e funções diferentes: os incisivos (roxo) cortam o alimento; os caninos (azul) se afundam na presa para mantê-la segura; os pré-molares (verde) esmagam e trituram o alimento; e os molares (laranja), apesar de serem maiores do que os pré-molares, têm funções semelhantes.

O plano comum do sistema digestório dos vertebrados apresenta muitas variações, as quais, em geral, estão associadas à dieta desses animais.

A maioria dos vertebrados consome porções grandes de alimento em relação ao tamanho da cabeça, o que requer um processamento físico antes da digestão química. Esse processamento começa pela boca, com a ação da língua, dos dentes (imagem **A**) e da ação muscular da bochecha e do tubo digestório.

O esôfago da maioria dos vertebrados é um órgão muscular, pelo qual o alimento passa em direção ao estômago. Na maioria das espécies de aves, o esôfago apresenta uma dilatação: o papo, que é revestido de epitélio espesso e queratinizado. No papo, o alimento é armazenado e nele ocorrem sua umidificação e fermentação, preparando-o para a digestão. O papo permite, ainda, que o alimento seja regurgitado para os filhotes (imagem **B**).



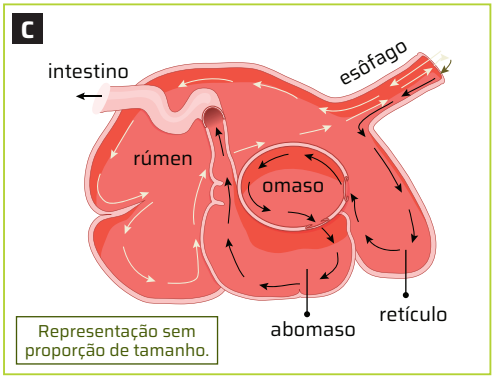
Reinaldo Vignati/ID/BR

Representação do sistema digestório de uma ave. Além do papo, note que as aves são dotadas de um pré-ventrículo ou estômago químico, onde ocorre a digestão química dos alimentos, e de um ventrículo ou moela, um órgão muscular com capacidade de trituração. Cores-fantasia.

Fonte de pesquisa: Postlethwait, J. H.; Hopson, J. L. *Modern Biology*. Texas: Holt, Rinehart and Wiston, 2006. p. 846.

Representação do sistema digestório dos ruminantes. As setas escuras representam a entrada no tubo digestório, e as setas brancas, o regurgitamento. O rúmen funciona como uma câmara de fermentação e o abomaso exerce papel semelhante ao do estômago dos outros vertebrados. Cores-fantasia.

Fonte de pesquisa: Reece, B. J. *et al. Biologia de Campbell.* 10 ed. Porto Alegre: Artmed, 2015. p. 908.



ttsz/iStock/Getty Images

As dimensões e a estrutura do estômago também variam entre os vertebrados. Herbívoros ruminantes, como bovinos, caprinos, ovinos, veados e antílopes, têm estômago muito grande e dividido em quatro câmaras (imagem **C**), as quais abrigam proteínas e microrganismos que digerem a celulose presente nas estruturas vegetais e para a qual os mamíferos não produzem enzimas digestivas.

O intestino apresenta adaptações à digestão e à absorção de nutrientes, além da absorção de água e da formação e armazenamento das fezes. Essa porção do tubo digestório, na maioria dos animais vertebrados, é mais longo do que o comprimento do próprio corpo, e, nos herbívoros, chega a ser maior ainda. Muitos grupos, como aves e mamíferos, apresentam vilosidades ou projeções do revestimento interno do intestino, as quais, por sua vez, são recobertas por **microvilosidades**, o que também amplia a superfície interna do intestino e aumenta a sua capacidade de absorção de nutrientes.

Os mamíferos apresentam um **ceco** na junção entre os intestinos delgado e grosso. Em animais herbívoros não ruminantes, o ceco pode ser bem grande e funcionar como uma câmara de fermentação, que abriga microrganismos.

DE OLHO NO CONCEITO

Microvilosidades: Projeções da membrana plasmática das células, que ampliam a área de contato com o meio extracelular.

Não escreva no livro.

CIÊNCIA TEM HISTÓRIA

EXPERIMENTOS SOBRE A DIGESTÃO NO INÍCIO DAS CIÊNCIAS

Ao longo de vários séculos, o conhecimento sobre o processo digestivo se desenvolveu com a contribuição de muitos estudiosos que formularam diferentes teorias, instrumentos e técnicas de investigação.

Na Antiguidade, acreditava-se que os alimentos eram convertidos em líquidos orgânicos e, depois, assimilados pelo corpo. Segundo os médicos que seguiam as ideias de Hipócrates (460 a.C.-375 a.C.) e de Galeno (129 d.C.-216 d.C.), a transformação dos alimentos seria um processo semelhante à maturação ou ao cozimento, chamado "cocção", que dependia da ação do calor. Essa teoria dominou o pensamento médico por vários séculos.

A partir do século XVII, houve novidades consideráveis nos conhecimentos sobre a fisiologia da digestão. Planejados à luz de novos conceitos e teorias, observações e experimentos foram executados com grande variedade de animais, incluindo o próprio ser humano. Esses avanços foram possíveis, em grande parte, devido à expansão dos estudos das ciências naturais em universidades e academias da Europa.

O médico e naturalista italiano Francesco Redi (1626-1697) pode ser considerado um autêntico exemplo de investigador da corte e representante do fenômeno do mecenato do século XVII. O mecenato era uma forma de incentivo, proteção e auxílio (financeiro e institucional) que se concedia a artistas, literatos e estudiosos em geral. Sob a proteção do grão-duque Ferdinando II e de seu filho e sucessor, Cosimo III, de Florença, Redi podia oferecer recompensas aos que lhe traziam informações e organismos de todas as regiões da Itália. Além disso, com acesso a plantas e animais raros vindos de outros países e presenteados ao grão-duque, Redi podia, assim, ampliar as possibilidades de realizar experimentos e práticas anatômicas com organismos distintos, comparando os resultados.

Entre vários outros assuntos, Redi se dedicou ao tema da digestão. Como alguns contemporâneos, ele queria esclarecer se a digestão era decorrente de processos que envolviam líquidos dissolventes ou de um processo meramente mecânico, ou, ainda, de ambos.

Em 1684, Redi publicou o livro *Observações sobre animais vivos encontrados no interior de outros animais vivos*, no qual relata experimentos que mostram o vigor da trituração mecânica dos alimentos pelo papo de aves que se alimentam de grãos, como as galinhas. O experimento consistia em forçar as aves a engolir pequeninas bolas de vidro e, então, observar como eram eliminadas nas fezes. Ele constatou que as bolas nunca eram eliminadas inteiras, mas esmigalhadas.

Algumas décadas mais tarde, o biólogo e naturalista francês René-Antoine Ferchault de Réaumur (1683-1757) também investigou a digestão, em experimentos novos e bastante engenhosos. Réaumur fez galinhas, galinhas-d'angola e patos engolirem pequenos tubos de metal, abertos nas duas extremidades e preenchidos com cevada. Sacrificando os animais algumas horas depois, encontrou os grãos de cevada intactos no interior dos tubos retirados do estômago dessas aves. Confirmava-se, assim, sua suposição inicial, baseada nos estudos de Redi e de outros contemporâneos, de que a digestão daqueles grãos não resultava de um processo de dissolução, mas da trituração promovida pelos músculos do estômago, ou seja, um processo mecânico que havia sido impedido pelos pequenos tubos de metal.

Quinze anos mais tarde, Lazzaro Spallanzani (1729-1799), fisiologista e professor de História Natural da Universidade de Pavia, também aprofundou esses estudos. Ele refez os experimentos com aves granívoras, aves carnívoras e outros grupos de animais, incluindo seres humanos. Habilidoso experimentador, Spallanzani aperfeiçoou e diversificou os procedimentos. Utilizou grãos que faziam parte da alimentação habitual dessas aves, como trigo, ervilha, grão-de-bico e feijão. Optou por usar tubos feitos de estanho e menores dos que os de Réaumur. Além disso, nas extremidades dos tubos, prendeu filetes em forma de grade que retinham as sementes, mas não impediam a entrada de líquidos do estômago. Depois de fazer as aves engolirem os tubos, sacrificou os animais em três intervalos de tempo distintos: após 24 horas, dois dias e três dias. O resultado nos três casos foi semelhante ao obtido pelo acadêmico francês:

> Ainda que, com os novos procedimentos, uma quantidade maior de líquidos pudesse alcançar o alimento do interior dos pequenos tubos, tornando-o inchado e com sabor mais amargo, ele não sofreu qualquer dissolução, mesmo ficando longo tempo no ventrículo.
>
> Spallanzani, L. *Dissertazioni di fisica animale e vegetabile: sei dissertazioni sopra la digestione.* Modena: Società Tipografica, 1780. v. 1, p. 6. Tradução dos autores.

Spallanzani também quis entender a presença frequente de pedrinhas dentro do estômago das aves, ingeridas com o alimento que elas ciscam do chão. Redi acreditava que os pedregulhos exerciam papel semelhante ao dos dentes de outros animais; Já Réaumur os considerava necessários para a digestão.

Não escreva no livro.

Para testar essas ideias, Spallanzani imaginou duas alternativas: tentar extrair os pedregulhos do interior das aves ou impedir que fossem ingeridos.

Para o primeiro teste, Spallanzani criou diversas aves (galinhas, galinhas-d'angola, pombos e patos) isoladas em gaiolas de vime, fornecendo-lhes alimento livre de impurezas. Com o passar do tempo, as "pequenas pedras" que as aves continham em seu estômago foram sendo eliminadas com os excrementos até desaparecerem completamente, ao final de um mês. Spallanzani observou que não havia ocorrido alteração na capacidade dessas aves, que, aparentemente, não tinham mais pedregulhos no estômago, de triturar objetos duros, feitos de lata, aço e vidro.

Para o segundo teste, Spallanzani criou filhotes de pombos recém-saídos do ovo. Apartadas dos pais e isoladas em gaiolas, as aves foram alimentadas pelo próprio pesquisador, evitando, assim, que ingerissem os pedregulhos pelo bico dos progenitores. Ao final de um mês, fez os pombos criados no cativeiro desde o nascimento engolirem tubos de lata, bolas de vidro, etc. Assim ele expressou os resultados obtidos:

> Dois dias depois, foram mortos. Nenhum dos pombos tinha qualquer pequena pedra em seu estômago, embora os tubos de latão estivessem esmagados e as bolinhas e lascas de vidro, quebradas.
>
> Spallanzani, L. *Dissertazioni di fisica animale e vegetabile: sei dissertazioni sopra la digestione*. Modena: Società Tipografica, 1780. v. 1, p. 19. Tradução dos autores.

Depois de repetir o experimento com galinhas-d'angola, obtendo os mesmos resultados, ele concluiu:

> Está, portanto, esclarecido, contra a opinião de tantos anatomistas e fisiologistas antigos e modernos, que essas pequenas pedras não são absolutamente necessárias às aves, para a moedura dos alimentos [...]; mas não nego, contudo, que, quando são colocadas em movimento pelos músculos do estômago, elas possam ocasionar alguma contusão ou ruptura aos corpos ingeridos junto com elas.
>
> Spallanzani, L. *Dissertazioni di fisica animale e vegetabile: sei dissertazioni sopra la digestione*. Modena: Società Tipografica, 1780. v. 1. p. 19. Tradução dos autores.

Tendo se certificado de que os grãos e todos aqueles outros materiais experimentais que utilizou eram realmente quebrados, triturados e reduzidos a fragmentos bem pequenos pela ação dos músculos gástricos das aves que analisou, Spallanzani formulou uma nova questão investigativa:

> A trituração sozinha os converte nessa substância pastosa chamada quimo? Ou esta substância seria produzida por meio de sucos preparados e reunidos no interior do ventrículo, e a trituração, ao dividir o alimento, seria apenas uma ajuda, mas não produz a digestão?
>
> Spallanzani, L. *Dissertazioni di fisica animale e vegetabile: sei dissertazioni sopra la digestione*. Modena: Società Tipografica, 1780. v. 1, p. 25. Tradução dos autores.

Para responder a essa pergunta, Spallanzani variou os experimentos, colocando no interior dos tubos de latão outros tipos de alimentos, como migalhas de pão e carne de bezerro e de boi, sempre em pedaços bem pequenos. O exame posterior mostrou que todos esses alimentos triturados desapareceram dos tubos, levando Spallanzani a concluir que essas experiências atestavam, decisivamente, que os sucos gástricos são agentes da digestão.

Sheila Terry/SPL/Fotoarena

A gravura do século XIX representa o local de trabalho de Spallanzani, em que se observam as aves mantidas em cativeiro.

Para discutir

1 **Por que naturalistas dos séculos XVII e XVIII, como Redi, Réaumur e Spallanzani, repetiam tantas vezes o mesmo experimento? E por que o faziam com organismos diferentes?**

Veja resposta em *Respostas e comentários* no Manual do Professor.

2 **Desde 2008, o Conselho Nacional de Controle de Experimentação Animal (Concea), ligado ao Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI), estabelece normas para criação, produção, manutenção e utilização de animais em atividades de ensino ou em pesquisas científicas. Elabore argumentos favoráveis e contrários ao uso de animais na pesquisa científica e em atividades de ensino.**

Veja resposta em *Respostas e comentários* no Manual do Professor.

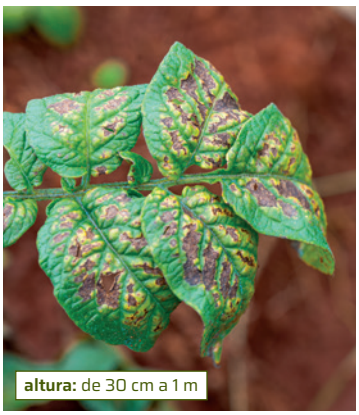
Não escreva no livro.

2. Ao dificultar a passagem da seiva pelo xilema, as partes superiores da planta, como folhas e frutos, terão o aporte de água e minerais prejudicado, o que afeta seu metabolismo e restringe o desenvolvimento dessas partes da planta.

Nutrição vegetal

A **fotossíntese** é um processo biológico essencial para a vida na Terra. É por meio da fotossíntese que plantas, algas e certos microrganismos produzem compostos orgânicos necessários a suas atividades vitais e que também serão consumidos por muitos seres heterótrofos. Ao produzirem nutrientes orgânicos, as plantas necessitam de nutrientes minerais absorvidos da atmosfera, da água e do solo.

Os nutrientes minerais, da mesma maneira como ocorre com os demais seres vivos, regulam diversas funções vegetais. Por isso, é essencial que eles sejam absorvidos constantemente pelas plantas. Esses elementos essenciais podem ser classificados em dois grupos: macronutrientes e micronutrientes.



Montree Srihawong/Shutterstock.com/ID/BR

A falta de nutrientes, às vezes, é identificada por mudanças no aspecto da planta. A falta de magnésio, por exemplo, torna as folhas mais velhas amareladas, como se observa nessas folhas de batateira (*Solanum tuberosum*).

Macronutrientes

Os nutrientes demandados pela planta em quantidades maiores são denominados macronutrientes. São exemplos: enxofre (S), fósforo (P), magnésio (Mg), cálcio (Ca), potássio (K), nitrogênio (N), oxigênio (O), carbono (C) e hidrogênio (H).

Alguns macronutrientes, como o carbono, o hidrogênio e o oxigênio, são essenciais para a formação das células vegetais, visto que formam, entre outras moléculas, a celulose, um carboidrato constituinte da parede celular.

O nitrogênio é constituinte dos aminoácidos, componentes básicos das moléculas de proteínas, e dos nucleotídios, que formam os ácidos nucleicos.

O magnésio é um constituinte fundamental da clorofila.

ROTEIRO

2. O amarelinho é uma doença que afeta plantas como laranjeiras, causando muitos prejuízos aos agricultores. Essa doença é causada por bactérias da espécie *Xilella fastidiosa*, as quais invadem o xilema e dificultam a passagem da seiva mineral (solução aquosa de sais minerais).

Explique por que a infecção por essa bactéria deixa a planta doente.

Micronutrientes

Os nutrientes demandados pela planta em menores quantidades são denominados micronutrientes.

Esses nutrientes são tão essenciais quanto os macronutrientes; diferem destes somente pela quantidade necessária. A falta de micronutrientes pode alterar, por exemplo, a forma das células, a permeabilidade de certos tipos de membrana e a formação de folhas novas.

Os micronutrientes correspondem aos elementos químicos ferro (Fe), boro (B), manganês (Mn), cobre (Cu), molibdênio (Mo), cloro (Cℓ), níquel (Ni) e zinco (Zn). Os micronutrientes sódio (Na) e cobalto (Co) são necessários somente para algumas plantas.

1. Resposta pessoal e variável. Os estudantes podem mencionar a redução de lixo gerado nas residências (no caso das empresas, vai depender da atividade desenvolvida); a redução na demanda de aterros sanitários, que, atualmente, estão sobrecarregados; a redução da emissão de poluentes, como também o uso de energia no transporte de lixo; redução de consumo de fertilizantes e, consequentemente, a menor contaminação do solo, dos lençóis freáticos e da atmosfera; entre muitos outros.

AÇÃO E CIDADANIA

Fertilizantes

Alguns solos são naturalmente pobres em nutrientes minerais, enquanto outros se tornam estéreis depois de serem utilizados de maneira inadequada. A prática da monocultura, a erosão e a lixiviação (carregamento dos nutrientes minerais pela água da chuva) diminuem a quantidade de nutrientes em certas áreas.

Os fertilizantes ou adubos são substâncias preparadas para aumentar a fertilidade natural do solo ou para recuperar solos empobrecidos, garantindo-lhes os nutrientes minerais que estão em falta, a fim de que essa carência não se torne um fator limitante para o crescimento das plantas.

Delfim Martins/Pulsar Imagens

Composteira doméstica.

Os fertilizantes podem ser obtidos de fontes orgânicas – como os provenientes de excrementos de animais e de restos vegetais – ou de compostos inorgânicos, processados em indústrias químicas.

Se adicionados em excesso, porém, podem prejudicar a planta ou contaminar corpos d'água.

1. A compostagem consiste em um conjunto de técnicas que visa fornecer as condições ideais para que microrganismos, como fungos e bactérias, degradem a matéria orgânica presente no solo e, assim, forneçam um material rico em nutrientes minerais para as plantas. Em sua opinião, quais são as vantagens de implementar técnicas baseadas em processos naturais de decomposição do lixo orgânico, independentemente da sua origem (urbana, doméstica, industrial, agrícola ou florestal)?

A ÁGUA E OS SERES VIVOS

A água está presente em todos os seres vivos. Nos seres humanos, de 65% a 70% de sua massa, em média, corresponde à água. A água também está presente no ambiente. A maior parte da superfície terrestre é coberta de água, que está distribuída por oceanos, geleiras, rios e lagos. A atmosfera terrestre também abriga grande quantidade de água, tanto na forma gasosa quanto condensada em nuvens.

A importância da água para os seres vivos está relacionada às suas propriedades físicas e químicas.

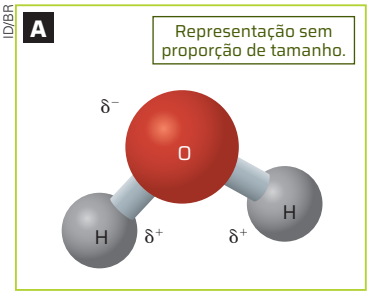
Propriedades da água

A molécula de água é composta de dois átomos de hidrogênio (representados por H) e um de oxigênio (representado por O). Sua fórmula é H_2O.

A molécula de água é uma molécula polar, ou seja, apesar de ser eletricamente neutra, suas regiões apresentam carga elétrica diferenciada. A região próxima aos átomos de hidrogênio é positiva, enquanto a região próxima ao oxigênio é negativa (imagem **A**).

A polaridade da água afeta o modo como as moléculas de água interagem entre si. O hidrogênio de uma molécula tende a se aproximar do oxigênio de outra molécula devido à atração elétrica das cargas opostas, formando uma ligação de hidrogênio. As propriedades da água estão, assim, relacionadas a essas ligações de hidrogênio.

ID/BR



Esquema de uma molécula de água. Os símbolos sigma δ^+ e δ^- representam as regiões positiva e negativa, respectivamente. Cores-fantasia.

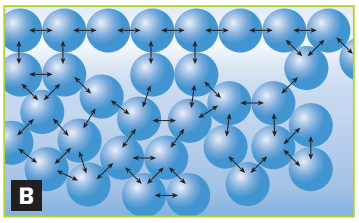
Propriedades de superfície

Quando não há força ou moléculas atraindo as moléculas de água para cima, surge uma força entre elas, direcionada para o interior do líquido. Isso provoca a concentração de moléculas na superfície da água. Juntas, elas formam uma película semelhante à de um plástico finíssimo esticado, fenômeno que é denominado **tensão superficial**.

Essa película se forma por causa da **força de coesão** existente entre as moléculas da água. A natureza dessa força não será discutida aqui. É importante, porém, saber que ela atua em todas as direções e, por isso, a força resultante no interior dos líquidos é sempre nula (imagem **B**).

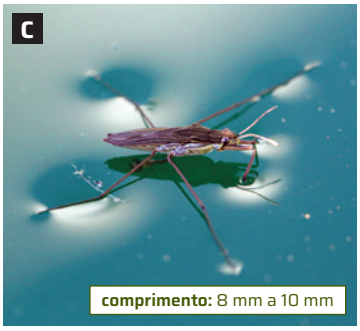
Entre os vários fenômenos explicados pela força de coesão da superfície dos líquidos estão a formação das gotas de líquidos e das bolhas de sabão, e a sustentação de corpos leves (imagem **C**).

Setup/Bureau/ID/BR



Esquema da tensão superficial da água. A força que surge entre as moléculas da superfície da água é direcionada para o interior do líquido, formando uma película resistente. Cores-fantasia.

Maleo/Shutterstock.com/ID/BR



Alfaiates (*Gerris lacustris*) apoiados na película formada em decorrência da tensão superficial da água.

Curvatura e capilaridade

A **capilaridade** é uma importante propriedade dos fluidos e consiste na subida espontânea dos fluidos por tubos tão finos quanto fios de cabelo, daí seu nome.

No interior de tubos estreitos, observa-se que a água sobe espontaneamente até certa altura. Em contato com vidro e plástico, em geral, a curvatura das bordas da água volta-se para cima, formando uma superfície côncava. Essa elevação ocorre por causa da tensão superficial, da coesão entre as moléculas de água e das interações entre a água, o ar e o vidro (ou o plástico). Essa coesão é chamada capilaridade. Quanto menor for o diâmetro do tubo, proporcionalmente maior será a altura que a água e essa curvatura atingirão. A capilaridade não é visível em tubos mais grossos que os capilares, pois o peso da coluna de líquido supera a força de atração entre as próprias moléculas e as do material de que é feito o tubo.

ROTEIRO

3. Para observar o fenômeno da capilaridade, separe um guardanapo de papel e um copo com água. Introduza uma das pontas do guardanapo na água. O que você nota?

3. As fibras do papel vão atuar como capilares, absorvendo a água e conduzindo-a por toda a superfície do guardanapo. Nesse caso, o que ocorre é a interação entre as moléculas das fibras do papel e as moléculas da água.

Não escreva no livro.

Propriedades ligadas à temperatura

O **calor específico** é uma propriedade relacionada à quantidade de energia necessária para que uma determinada substância mude sua temperatura. As moléculas de água têm um alto calor específico, ou seja, é necessário grande quantidade de energia para elevar sua temperatura. Isso acontece porque parte da energia é empregada para romper as ligações de hidrogênio. O alto calor específico da água é responsável, em parte, por evitar que, mesmo em condições de variação de temperatura, os organismos sofram variações bruscas de temperatura.

O **calor de vaporização** está relacionado à quantidade de energia que deve ser fornecida a uma substância para convertê-la do estado líquido ao gasoso. A água absorve energia térmica para romper as ligações de hidrogênio durante o processo de evaporação. Por isso, quando evapora na superfície de um ser vivo, a água dissipa a energia do organismo, atuando como um regulador térmico.

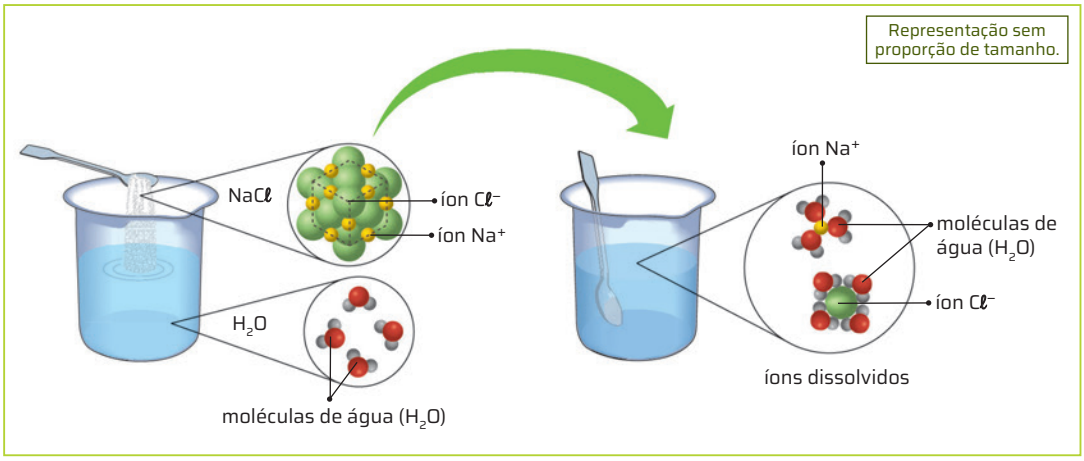
A **densidade** é a razão entre a massa de uma substância e o volume ocupado por ela. A maioria das substâncias sofre um aumento de densidade quando a temperatura diminui. Entretanto, a água se comporta de modo diferente. Existe uma faixa de temperatura, entre 0 °C e 4 °C, na qual ela se expande, em vez de se contrair, ou seja, há o aumento de volume e a consequente diminuição da densidade. É por esse motivo que o gelo flutua e que garrafas cheias de água podem estourar no congelador.

Propriedades como solvente

A água é capaz de dissolver inúmeras substâncias, razão pela qual é chamada de **solvente universal**. As moléculas de água interagem com as moléculas do soluto, envolvendo-as e separando-as das demais moléculas.

As moléculas de água interagem com substâncias polares, como sais, ácidos e bases (conforme mostra a imagem a seguir). Já as substâncias de baixa polaridade ou apolares, como óleos, ceras e gorduras, são pouco solúveis em água. Assim, os solutos podem ser divididos em dois grupos:

- **Hidrofílicos**: substâncias polares, solúveis em água.
- **Hidrofóbicos**: substâncias apolares, insolúveis em água.



ID/BR

O sal de cozinha (cloreto de sódio ou NaCℓ) é um exemplo de substância polar. Ao se dissolver na água, suas ligações são rompidas: o sódio (Na) fica com carga positiva, perdendo um elétron, e o cloro (Cℓ) fica com carga negativa. Ambos são, então, rodeados por moléculas de água orientadas de acordo com as cargas elétricas. Cores-fantasia.

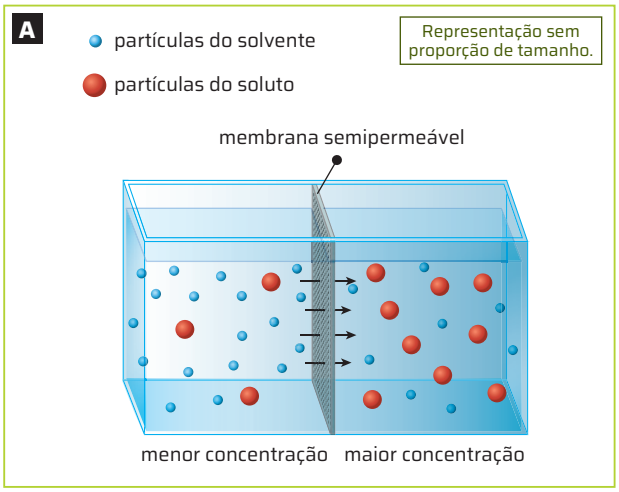
Gases respiratórios, açúcares e muitas outras substâncias presentes nos seres vivos são solúveis em água. Por isso, são transportadas no interior dos organismos na forma de soluções aquosas. Por ser um solvente muito eficaz, a água também é o meio no qual ocorre a maioria das reações químicas.

Não escreva no livro.

OSMOSE E PRESSÃO OSMÓTICA

Osmose

Quando duas soluções estão separadas por uma **membrana semipermeável**, ou seja, permeável apenas ao solvente, este se desloca do meio com menor concentração para o meio em que a concentração é maior. Esse fenômeno é chamado de **osmose**. Quanto maior for a diferença de concentração, maior será o fluxo de solvente da solução menos concentrada para a mais concentrada (imagem **A**). A tendência é que, com o passar do tempo, as concentrações se igualem.



AMj Studio/ID/BR

O esquema ilustra a ocorrência da osmose, ou seja, a passagem de solvente do meio mais diluído para o meio mais concentrado através de uma membrana semipermeável. A membrana semipermeável é permeável ao solvente (azul), mas não ao soluto (vermelho). Cores-fantasia.

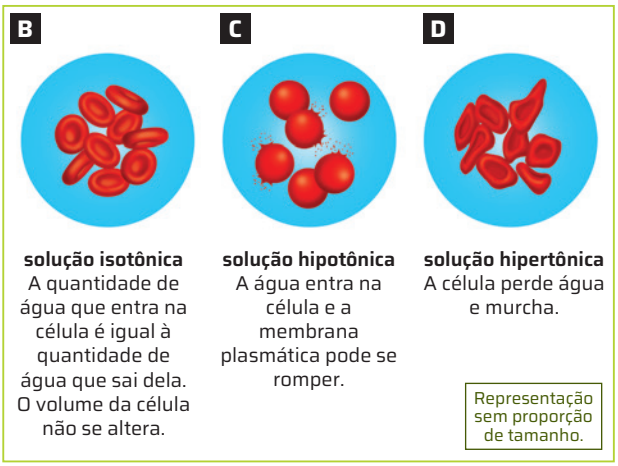
Pressão osmótica

Chama-se **pressão osmótica** a pressão que deve ser aplicada para evitar que o solvente atravesse a membrana. Quanto maior for a diferença de concentração entre os dois meios, maior deverá ser a intensidade da pressão aplicada para evitar a passagem de solvente.

Quando uma membrana semipermeável separa duas soluções de concentrações diferentes, a solução mais concentrada é chamada **hipertônica** (tem maior pressão osmótica), e a solução mais diluída, **hipotônica** (tem menor pressão osmótica). A pressão osmótica, como qualquer outra propriedade coligativa, só depende da concentração de partículas do soluto na solução.

Osmose em células animais

Quando células animais estão em um meio **isotônico**, ou seja, com a mesma pressão osmótica, a quantidade de água que entra nelas é a mesma que sai delas (imagem **B**). Se essas células forem submetidas a um meio extracelular **hipotônico**, ocorrerá passagem de água do meio menos concentrado – o lado exterior da célula – para o meio mais concentrado – o lado interior da célula (imagem **C**). Se a absorção de água for grande, elas incharão até romper a membrana plasmática e, então, morrerão. Mas se elas forem submetidas a um meio **hipertônico**, tendem a perder água para o meio. Isso acontece porque a água passa do meio menos concentrado – neste caso, o interior da célula – para o meio externo, mais concentrado, e as células podem murchar e até morrer (imagem **D**).



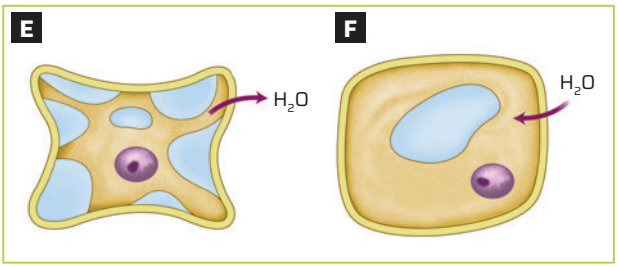
Reinaldo Vignati/ID/BR

Esquema de hemácias mergulhadas em soluções com diferentes concentrações. Cores-fantasia.

Osmose em células vegetais

As células vegetais também absorvem ou perdem água por osmose. Essas células, porém, têm uma parede celulósica que recobre a membrana plasmática. Quando as células murcham, a membrana se deforma, mas a parede celular, por ser menos flexível, não sofre a mesma deformação. Como consequência, pode haver o descolamento da membrana plasmática da parede celular, fenômeno denominado **plasmólise** (imagem **E**).

A plasmólise pode ser revertida se as células forem imersas em meio hipotônico, ou seja, elas absorvem a água por osmose, voltando ao estado normal, no fenômeno denominado **deplasmólise**. Se a diferença de concentração persistir, as células absorvem mais água, tornando-se **túrgidas** (inchadas). A presença da parede celular, porém, impede que elas continuem inchando. Assim, não ocorre o rompimento da membrana plasmática (imagem **F**).



Paulo Cesar Pereira/ID/BR

Representações esquemáticas de células vegetais imersas em solução hipertônica (**E**) e hipotônica (**F**). Cores-fantasia.

Representação sem proporção de tamanho.

Fonte de pesquisa dos esquemas: Reece, J. B. *et al. Biologia de Campbell*. 10. ed. Porto Alegre: Artmed, 2015. p. 131-132.

Não escreva no livro.

Osmose nas células vegetais

Os processos de entrada e saída de água das células vegetais alteram a aparência e a textura dos alimentos. Nesta atividade, você e os colegas vão observar exemplos dessas alterações e compreender como o fenômeno da osmose está presente em situações do cotidiano.

Antes de iniciar o procedimento, procure responder às seguintes questões:

- Haverá alteração na quantidade de água nas células vegetais de um pedaço de chuchu mantido em água de torneira?
- Haverá alteração na quantidade de água nas células vegetais de um pedaço de chuchu mantido em uma solução saturada de água e sal?

Material

- colher (de café)
- 3 copos plásticos transparentes de 200 mL
- faca
- 3 pedaços de mesmo tamanho de chuchu
- sal de cozinha (cloreto de sódio)
- fita-crepe e caneta

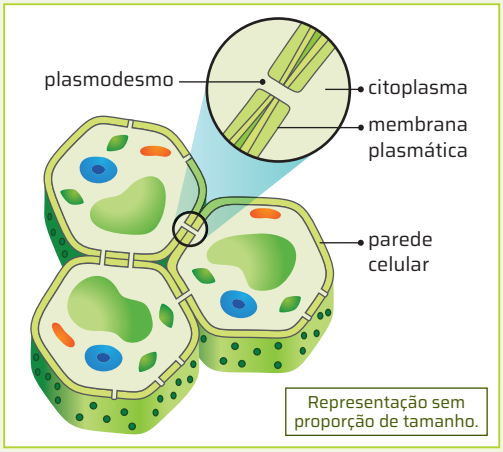
Equipamentos de segurança

Óculos de segurança e avental de mangas compridas feito de algodão.

ATENÇÃO! Tenha cuidado ao manusear a faca.

Como fazer

1. Coloquem água nos dois copos até atingir metade da altura. O terceiro copo deve ficar vazio.
2. Deixem o primeiro copo apenas com água e acrescentem sal no segundo copo até obter uma solução saturada. Logo depois, agitem a mistura.
3. Marquem os copos com a fita-crepe, escrevendo, no primeiro, "água" e, no segundo, "água e sal".
4. Coloquem um pedaço de chuchu em cada copo, de modo que os dois pedaços fiquem completamente imersos no líquido, e deixe-os assim durante 30 minutos. O terceiro pedaço de chuchu deve ficar no terceiro copo, para servir de referência.
5. Após esse tempo, retirem os pedaços de chuchu dos copos, colocando cada um próximo ao respectivo copo. Observem os dois pedaços de chuchu que estavam imersos e comparem o aspecto deles com o do terceiro pedaço.



AMj Studio/ID/BR

Esquema de células vegetais. Nas células vegetais, os plasmodesmos são pontos de contato entre as células vizinhas. Através dessas estruturas há troca de material entre as células. Cores-fantasia.

Fonte de pesquisa: Reece, J. B. *et al. Biologia de Campbell*. 10. ed. Porto Alegre: Artmed, 2015. p. 118.

Resíduos

Descarte os líquidos na pia e os sólidos no lixo.

Para concluir

1 **Retome as perguntas iniciais e verifique se as respostas coincidem com os resultados obtidos no experimento. Com base em seus conhecimentos, explique o que aconteceu com os pedaços de chuchu.** Veja resposta em *Respostas e comentários* no Manual do Professor.

2 **As mudanças observadas nas duas amostras de chuchu que ficaram imersas nos líquidos são irreversíveis? Justifique.** Veja resposta em *Respostas e comentários* no Manual do Professor.

3 **Por que o milho cozido em água salgada fica mais endurecido do que o milho cozido apenas em água pura?** O milho cozido em água salgada perde parte da água por osmose, tornando-se mais duro.

4 **Uma salada temperada com sal em um dia, no dia seguinte ou até algumas horas depois ficará murcha. Por que isso acontece?** Quando ocorre adição de sal, uma parte da água que se encontra no interior das células dos vegetais sai delas espontaneamente devido à diferença de concentração do sal existente entre os meios externo e interno das células, e o vegetal murcha.

OSMORREGULAÇÃO E EXCREÇÃO

Para se manterem vivos, os organismos necessitam que o volume e a composição dos fluidos corporais, que banham as células e os tecidos, sejam mantidos constantes e que os resíduos do metabolismo não sejam acumulados. O equilíbrio entre sais e água de seres que vivem em diferentes ambientes é mantido por meio de adaptações que mantêm a homeostase necessária à vida.

Osmorregulação

A membrana plasmática das células contém proteínas permeáveis à água, conhecidas como **aquaporinas**, e o movimento desse líquido através delas depende da concentração dos solutos nos meios interno e externo. Se o fluido tecidual contiver menos solutos do que o meio intracelular, a água se moverá para a célula, levando-a, então, ao risco de ruptura. Se ocorrer o contrário, a célula perderá água e também poderá sofrer danos.

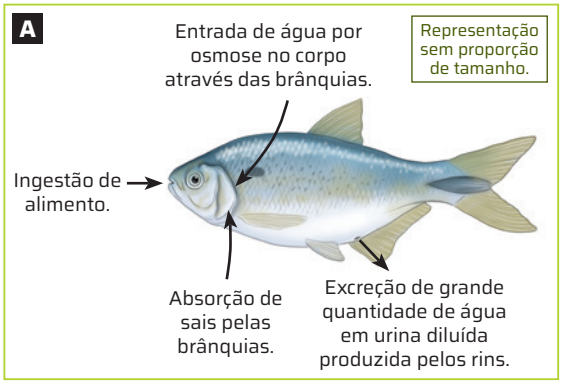
A maioria dos animais marinhos invertebrados apresenta fluidos teciduais com concentração osmótica similar à da água do mar. Assim, invertebrados marinhos que, por exemplo, vivem na zona entre marés, ora submersos, ora em poças com maior concentração de sal, podem sobreviver sem regular as quantidades relativas de água e sal, dentro de alguns limites. No entanto, para muitos seres vivos, a regulação da osmose, conhecida como **osmorregulação**, é imprescindível à sobrevivência e envolve processos que gastam energia.

A superfície do corpo dos peixes ósseos (teleósteos), por exemplo, é pouco permeável à água e a íons. Assim, os peixes ósseos que vivem em água doce (imagem **A**) tendem a absorver água por osmose pelas brânquias. Esses peixes compensam o influxo de água formando uma urina hiposmótica em relação ao sangue, o que é possível pela reabsorção ativa de sais pelos rins. A perda de sais nesse processo é reposta pelos alimentos e por células especializadas das brânquias que absorvem ativamente íons sódio e cloreto da água doce.

Os peixes ósseos marinhos (imagem **B**), por sua vez, tendem a perder água para o ambiente, principalmente pelas brânquias. Por isso, esses peixes bebem água do mar, absorvendo ativamente íons sódio e cloreto no intestino, o que leva à entrada de água no sangue por osmose. Células especializadas nas brânquias bombeiam ativamente o excesso de íons sódio e cloreto para o mar. Além disso, a quantidade de urina é pequena e hiperosmótica em relação ao sangue.

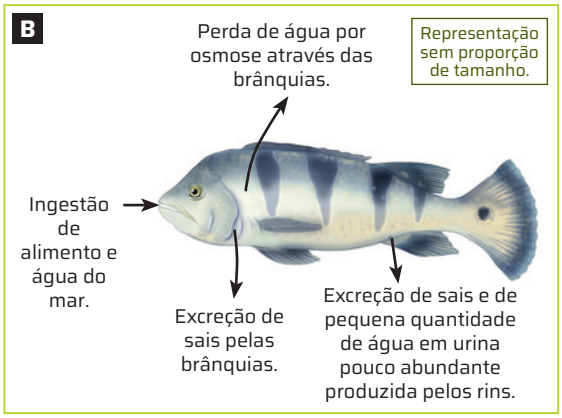
Aves marinhas que ingerem água salgada e comem organismos com alto teor salino eliminam o excesso de sais por glândulas nasais modificadas em glândulas de sal, localizadas na cabeça, sob a pele (imagem **C**). Quanto aos répteis, as glândulas de sal estão sobre a superfície da língua nos crocodilos e nas glândulas nasais em lagartos; nas tartarugas marinhas, os ductos das glândulas de sal se abrem junto aos olhos.

Reinaldo Vignati/ID/BR



Osmorregulação em peixe de água doce. Cores-fantasia.

Reinaldo Vignati/ID/BR



Osmorregulação em peixe de água salgada. Cores-fantasia.

Fonte de pesquisa das imagens: Reece, J. B. *et al. Biologia de Campbell*. 10. ed. Porto Alegre: Artmed, 2015. p. 973.

Paulo César Pereira/ID/BR

Localização das glândulas de sal em uma gaivota. Cores-fantasia.

Excreção de nitrogênio

Enquanto o metabolismo de carboidratos e de lipídios produz gás carbônico e água, facilmente eliminados do corpo, o metabolismo de proteínas e de ácidos nucleicos gera amônia, uma substância extremamente tóxica. A amônia deve ser excretada rapidamente após sua formação ou pode ser transformada em outros compostos nitrogenados menos tóxicos: o ácido úrico e a ureia. A excreção desses produtos, por sua vez, demanda perda de água dos organismos.

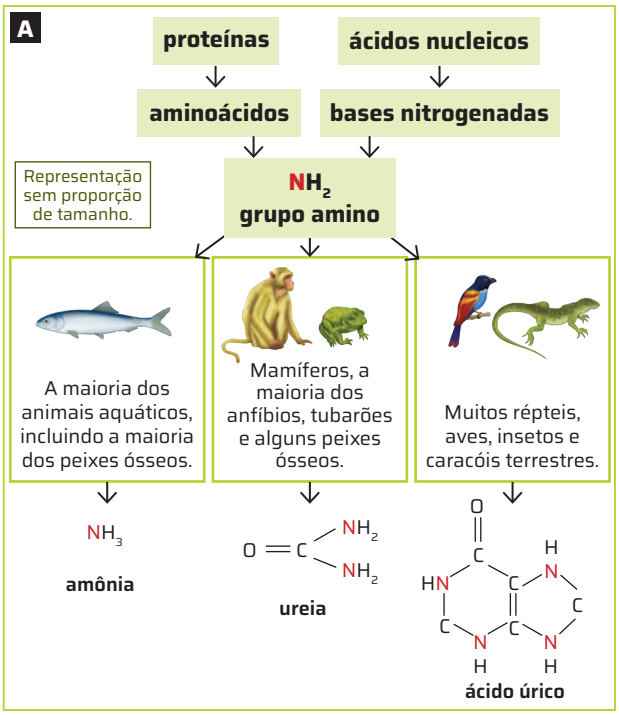
Não escreva no livro.

Assim, certos animais têm a amônia como forma de resíduo nitrogenado, enquanto outros gastam energia para convertê-la em compostos menos tóxicos antes da excreção (imagem **A**) – uma adaptação à vida terrestre.

Devido à grande solubilidade da amônia, muitos animais aquáticos que têm acesso a fontes abundantes de água, entre eles os invertebrados e a maioria dos peixes ósseos, eliminam esse tipo de excreta. Esses animais são chamados **amoniotélicos**.

Muitos animais terrestres, entre eles, mamíferos e a maioria dos anfíbios, e alguns peixes (por exemplo, os cartilaginosos), convertem a amônia em ureia. Esses são animais **ureotélicos**. A síntese de ureia requer mais energia do que a produção de amônia, mas a ureia é menos tóxica e requer menor volume de água para ser excretada.

Alguns animais terrestres, como répteis, aves, alguns anfíbios e os insetos, excretam ácido úrico, que é pouco solúvel, podendo ser eliminado em uma pasta esbranquiçada, altamente concentrada, e com pequeno volume de água. Eles são denominados **uricotélicos**.



Formas de excreção em diferentes grupos de vertebrados. Cores-fantasia.

Fonte de pesquisa: Reece, J. B. *et al. Biologia de Campbell*. 10. ed. Porto Alegre: Artmed, 2015. p. 977.

Sistemas excretores

Cabe aos sistemas excretores controlar o volume dos fluidos teciduais e a concentração de solutos neles. Por meio dos mecanismos de excreção, ocorre a eliminação do soluto em excesso e, quando necessário, a conservação de íons e outras substâncias. Esses sistemas também eliminam os resíduos nitrogenados do metabolismo.

Sistemas excretores de invertebrados

A forma mais simples de excreção dos seres vivos é a remoção de substâncias através da membrana plasmática, como ocorre com muitos protozoários, ou através da superfície do corpo, como é o caso de poríferos e cnidários. Nos poríferos, a eliminação de resíduos alimentares não digeridos é feita por exocitose. Esses resíduos são lançados no átrio e levados pelo fluxo de água que sai através do ósculo. A excreção de produtos metabólicos (como a amônia) e as trocas gasosas ocorrem pela superfície corporal.

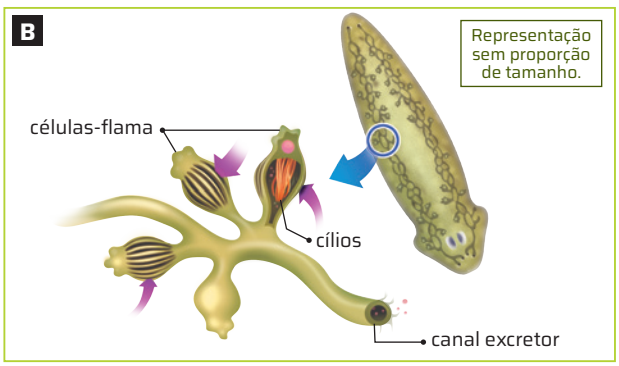
Cnidários, como as hidras, também eliminam amônia através da superfície corporal. Assim como ocorre com outros invertebrados de água doce, há um influxo contínuo de água, já que o meio é hiposmótico em relação aos fluidos teciduais. O excesso de água é removido, periodicamente, da cavidade gastrovascular pela boca.

ROTEIRO

4. Considere um animal A, com o corpo coberto por tegumento pouco queratinizado (impermeabilizado) e que excreta amônia, e outro animal B, cujo corpo é coberto por tegumento espesso e queratinizado e que excreta ácido úrico. Qual deles vive em ambiente terrestre e qual vive em ambiente aquático? Justifique.

Muitos invertebrados têm um sistema excretor mais especializado, que apresenta como unidade funcional um protonefrídio ou um metanefrídio.

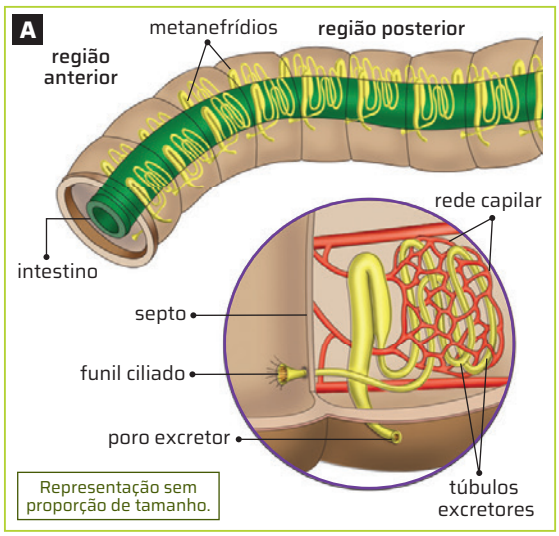
Os **protonefrídios** estão presentes, por exemplo, em platelmintos de água doce. Esse sistema excretor é formado por um conjunto de túbulos ramificados com uma extremidade fechada e outra que se abre em poros na superfície corporal. As excretas se difundem dos tecidos para o interior desses túbulos. Nas extremidades fechadas, encontram-se estruturas em forma de bulbo, denominadas **células-flama**, se houver cílios (imagem **B**), ou **solenócitos**, se houver flagelo. A agitação desses cílios e flagelos auxilia na eliminação das excretas através dos poros. O resíduo nitrogenado eliminado é a amônia. Restos metabólicos também podem ser excretados através da superfície corporal.



Representação de uma planária, um exemplo de platelminto de água doce, com protonefrídio. Cores-fantasia.

Fonte de pesquisa: Ruppert, E. E.; Barnes, R. D. B. *Zoologia dos invertebrados*. 6. ed. São Paulo: Roca, 1996. p. 221-223.

4. O animal **A** provavelmente vive em ambiente aquático, e o animal **B**, em ambiente terrestre. Os animais aquáticos excretam amônia, substância muito tóxica, que precisa ser diluída para ser eliminada. Os animais terrestres têm a pele espessa e queratinizada para evitar a desidratação e, geralmente, excretam ureia ou ácido úrico, substâncias que necessitam de menos água para ser eliminadas; assim, economizam água.



Studio Caparroz/ID/BR

Representação de um metanefrídio, em anelídeo. Cores-fantasia.

Fonte de pesquisa: Storer, T. I. *et al.* *Zoologia geral*. 6. ed. São Paulo: Companhia Editora Nacional, 2002. p. 448-449.

Os **metanefrídios** estão presentes, por exemplo, em anelídeos e moluscos. Nos anelídeos, cada metanefrídio (imagem **A**) consiste em um tubo com uma das extremidades em forma de funil ciliado, localizada em um segmento corporal. A extremidade oposta ao funil abre-se em um poro lateral na parede do corpo. O sangue é bombeado sob pressão e filtrado pela parede dos capilares, permitindo que a água e pequenas moléculas passem para o **celoma** em cada segmento do corpo. Ao passar pelo túbulo, o fluido tem moléculas reabsorvidas e recebe outras, vindo a formar uma urina hipotônica com amônia.

Alguns órgãos excretores derivados de metanefrídios são chamados nefrídios saculiformes. Pela localização nos aracnídeos, esses nefrídios saculiformes são chamados **glândulas coxais**. Quando eles se localizam na cabeça, como ocorre em vários crustáceos, são denominados **glândulas antenais** ou **maxilares**. Se o túbulo adjacente ao polo excretor for verde, como também ocorre em crustáceos, a glândula é chamada **glândula verde**. Nos insetos, o principal órgão excretor são os **túbulos de Malpighi**, embora eles possam estar ausentes em alguns grupos, como nas cigarras. Os nefrídios saculiformes e os túbulos de Malpighi consistem em estruturas com **fundo cego**, nas quais o fluido inicial é coletado em um túbulo onde ocorrem secreção e reabsorção, e em um poro excretor.

Sistema excretor de vertebrados

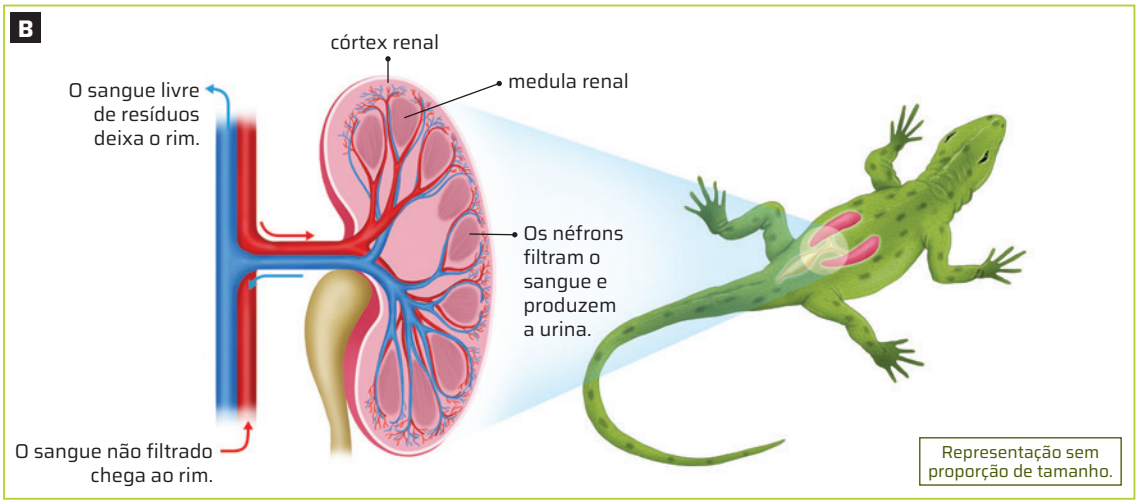
celoma: cavidade corporal totalmente delimitada por células derivadas da mesoderme; animais que apresentam celoma são chamados de celomados.

fundo cego: situação em que a extremidade de uma estrutura oca é fechada.

O sistema excretor de vertebrados é constituído de néfrons, a unidade funcional do rim (imagem **B**), principal órgão excretor desses animais. O rim pode eliminar água (em peixes de água doce, por exemplo) ou conservar água (em peixes de água salgada, por exemplo).

O néfron é formado por um componente vascular e um componente tubular. Um agrupamento de capilares filtra o sangue e produz um fluido que é levado para o túbulo. Nesse fluido, não estão presentes células ou grandes moléculas. Ao longo do túbulo, a composição do fluido é alterada, com absorção de algumas substâncias e excreção de outras. Os fluidos que deixam os túbulos renais constituem a urina.

A urina é levada dos rins para o exterior do corpo por ductos chamados **ureteres**. Anfíbios e mamíferos têm bexiga urinária, uma bolsa muscular de armazenamento, de onde parte um ducto, a uretra, a qual elimina a urina no meio externo.



Reinaldo Vignati/ID/BR

Representação de parte do sistema excretor de um vertebrado, o lagarto, com rim em corte longitudinal no detalhe. Cada rim tem um córtex renal externo e uma medula renal interna, regiões onde se encontra grande número de néfrons. Cores-fantasia.

Fonte de pesquisa: Reece, J. B. *et al.* *Biologia de Campbell*. 10. ed. Porto Alegre: Artmed, 2015. p. 980.

Não escreva no livro.

PLANTAS E O TRANSPORTE DA SEIVA MINERAL

A água desempenha um papel essencial em diversos processos vegetais, como na fotossíntese e no transporte de nutrientes.

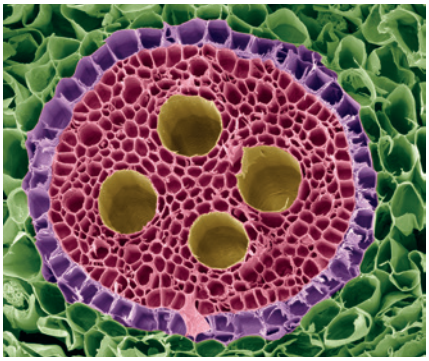
Absorção da água e dos sais minerais

Nutrientes do solo são absorvidos principalmente pelos **tricomas** absorventes, ou seja, por projeções das células da camada exterior das plantas (epiderme), encontrados na zona de absorção de raízes jovens. Após serem absorvidos e passarem pela epiderme, a água e os sais minerais passam por mais dois tecidos – o córtex (parênquima) e a endoderme –, até chegarem ao tecido vascular do tipo xilema, através do qual serão transportados para toda a planta.

Cadu De Castro/Pulsar Imagens

Cultura de hidroponia no assentamento Monte Alegre, no município de Araraquara (SP). A hidroponia é o cultivo de plantas sem contato com o solo, em soluções nutritivas que são absorvidas pelas raízes. Foto de 2023.

Steve Gschmeissner/SPL/Fotoarena



Corte transversal de uma raiz jovem de eudicotiledônea. Os vasos condutores do xilema (amarelo) transportam seiva mineral. Os vasos do floema (rosa) conduzem a seiva orgânica. As células do parênquima e a endoderme são representadas, respectivamente, em verde e violeta. Foto ao microscópio eletrônico de varredura; imagem colorizada; aumento de cerca de 224 vezes.

A **endoderme** está localizada entre o córtex e o tecido vascular (floema e xilema), e atua no controle da transferência de água e sais minerais. Essas substâncias devem necessariamente passar pela seletividade da membrana plasmática das células endodérmicas (imagem **A**). Isso ocorre porque, nessas células, há estruturas semelhantes a fitas chamadas **estrias de Caspary**, formadas por substâncias impermeáveis que envolvem as células sem deixar espaços entre elas, obrigando a água e os sais a passarem por seu interior.

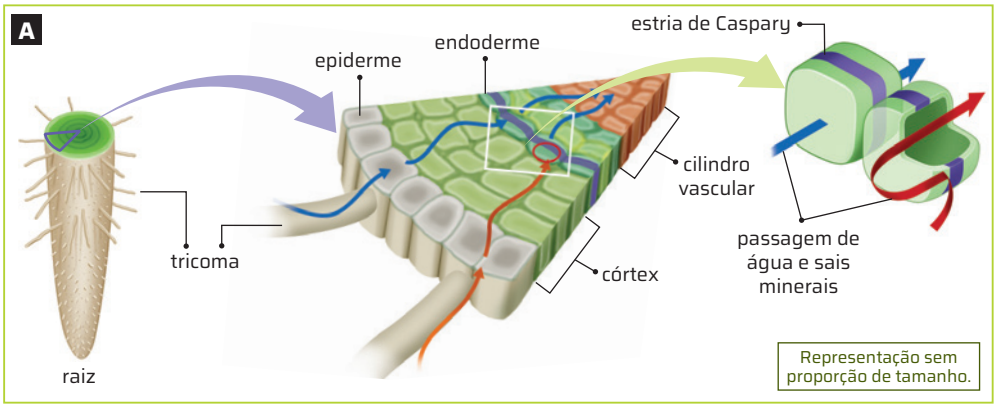
A água pode chegar à endoderme por duas vias distintas: passando por dentro das células epidérmicas e parenquimáticas do córtex (por osmose), ou então passando entre as paredes das células.

DE OLHO NO CONCEITO

Floema: Tecido especializado na condução da seiva orgânica. Com o xilema, forma o sistema condutor nas plantas vasculares.

Xilema: Tecido especializado na sustentação e na condução da seiva mineral.

Reinaldo Vignati/ID/BR



Esquema de absorção e transporte de água e de sais minerais pelas células da raiz. As setas azuis mostram o caminho por dentro das células, enquanto as setas vermelhas mostram o caminho entre as células. Nas estrias de Caspary, a seiva mineral é obrigada a passar pelo interior das células. Cores-fantasia.

Fonte de pesquisa: Nabors, M. W. *Introdução à botânica*. São Paulo: Roca, 2012. p. 235.

Condução da seiva mineral

Ao chegar às células do **xilema**, no cilindro vascular, a **seiva mineral** – uma solução de água e sais minerais – é transportada para toda a planta. Essas células se unem umas às outras, formando longos e finos tubos presentes desde a ponta da raiz até as folhas.

Para explicar o fluxo da água e dos sais minerais pelo xilema, foram propostas as teorias da pressão positiva da raiz e da coesão-tensão-transpiração.

Não escreva no livro.

Teoria da pressão positiva da raiz

Segundo a teoria da **pressão positiva da raiz,** ou **impulso da raiz**, a água, ao ser absorvida pelas raízes, é "empurrada" para cima por um gradiente de pressão positiva, ou seja, ela se desloca para os locais onde a concentração de substâncias orgânicas é maior.

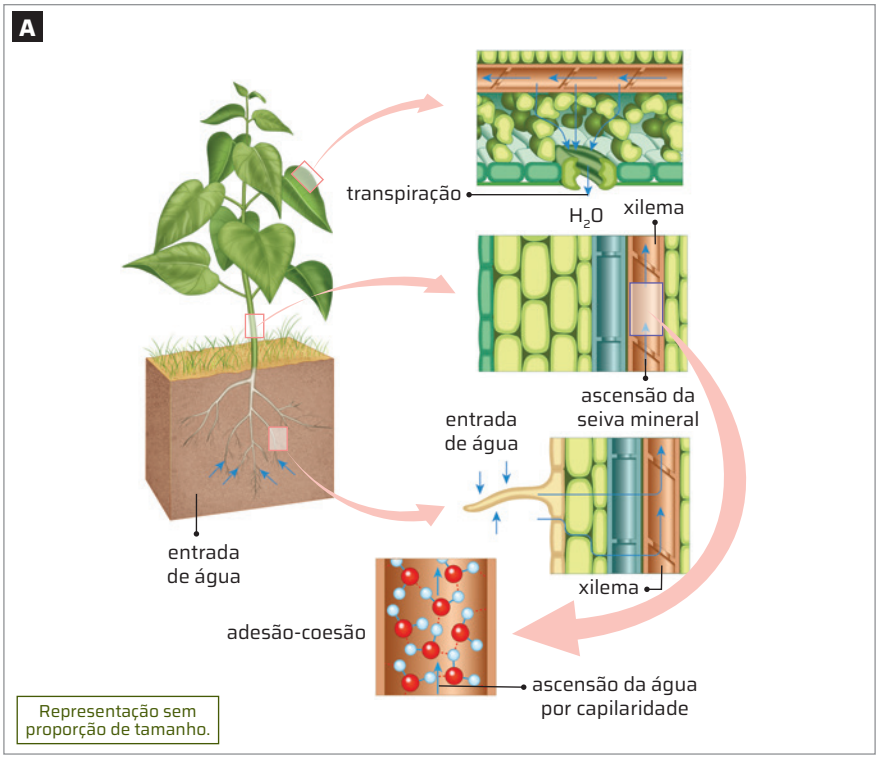
A **gutação**, processo no qual água e sais minerais são expelidos pelos hidatódios – estruturas secretoras localizadas nas bordas das folhas de certas espécies de plantas – é resultado da pressão positiva da raiz.

Essa teoria pode explicar a ascensão da seiva mineral em plantas de pequeno porte e em condições especiais, como em solos encharcados. Entretanto, a pressão positiva não é grande o suficiente para explicar a ascensão da seiva mineral em plantas altas.

Teoria da coesão-tensão-transpiração

Já a teoria da **coesão-tensão-transpiração**, ou **teoria de Dixon**, formulada pelo botânico irlandês Henry Horatio Dixon (1869-1953), explica a ascensão da seiva mineral na maioria das espécies de planta (imagem **A**). Segundo essa teoria, a perda de água por transpiração torna mais concentradas as células das folhas. Isso gera uma tensão que leva essas células a absorverem, por osmose, a água do xilema. Como as moléculas de água apresentam grande coesão entre si, toda a coluna de água presente no xilema se desloca em direção às folhas. Esse deslocamento é favorecido pela adesão das moléculas de água à parede interna do xilema.

Como consequência da subida da água pelo xilema, as células das raízes tornam-se mais concentradas, promovendo, por osmose, a absorção de água, pelas raízes, do substrato em que a planta se encontra, como o solo. Desse modo, a transpiração foliar funciona como uma "bomba de sucção", promovendo a ascensão da seiva mineral e a absorção de água pelas raízes.



Reinaldo Vignati/ID/BR

Esquema da ascensão da seiva mineral segundo a teoria da coesão-tensão-transpiração. As setas azuis indicam o deslocamento da água. Cores-fantasia.

Fonte de pesquisa: Nabors, M. W. *Introdução à botânica*. São Paulo: Roca, 2012. p. 234.

Fluxo inverso

Sabe-se que a água é absorvida pelas raízes, porém há alguns anos a ciência descobriu que ela também pode ser absorvida pelas folhas. Estudos recentes demonstraram que parte da água da neblina pode retornar ao solo pelas árvores. Isso ocorre especialmente em situações em que o solo está seco. Os pesquisadores observaram que o sistema vascular da árvore pode conduzir a água da neblina – absorvida pelas folhas – até suas raízes e liberar parte dela no solo. Estudos posteriores constataram ainda que, mesmo as folhas apresentando uma camada de cera impermeável, chamada cutícula, em condições de atmosfera muito úmida, ela pode tornar-se permeável e permitir a entrada de água.

Essa descoberta interfere na compreensão que se tinha sobre a interação entre as árvores e a atmosfera e é mais um elemento importante a se considerar nas relações entre as plantas e o clima.

Não escreva no livro.

ATIVIDADES

1. a) Porque o aumento do comprimento das microvilosidades aumenta a superfície de contato do intestino, tornando a absorção de nutrientes mais eficiente.

1 **Leia o trecho de um texto que relata alguns dos resultados obtidos em um estudo sobre a digestão nos répteis.** **1. b)** O aumento da atividade de certas enzimas, especialmente daquelas que digerem proteínas, uma vez que a dieta dessas serpentes (carnívoras) é rica em proteínas.

[...]

Nas pítons, antes da entrada do quimo no intestino delgado, esse tecido, até então dormente e atrofiado, já aumenta suas atividades; seis horas após a refeição, com a presa ainda intacta no estômago, o intestino delgado já responde duplicando o comprimento das microvilosidades das células epiteliais intestinais, a capacidade de absorção de aminoácidos e a atividade da enzima aminopeptidase, responsável pela degradação de peptídeos [...]. Um dia após a refeição, 17 [% a] 27% da presa entrou no intestino delgado, que tem a sua massa aumentada em 70%, as microvilosidades aumentam seu comprimento em quatro vezes e a absorção de nutrientes e a atividade das hidrolases aumentam de três a 10 vezes. Já no segundo e terceiro dia após a ingestão, picos na forma e na função do intestino podem ser observados; nesse estágio, cerca de 75% da presa já deixou o estômago. Na digestão e absorção de proteínas e carboidratos, as enzimas tripsina e amilase, provenientes do pâncreas, e a capacidade dos transportadores têm um pico; porém, nota-se uma ênfase maior na digestão e absorção de proteínas em relação aos carboidratos, refletindo a ocorrência adaptativa da composição da refeição e do desempenho intestinal: como carnívora, a dieta da píton é rica em proteínas e pobre em carboidratos (estimado em 60% e 5% de massa seca, respectivamente), por isso a ênfase na digestão de proteínas e absorção de aminoácidos [...].

Oliveira, P. R. C. de; Pedrosa, M. M. D. Fisiologia de extremos: digestão em répteis de alimentação esporádica. *Arquivos de Ciências Veterinárias e Zoologia da Unipar*, Umuarama, v. 19, n. 3, p. 195-202, jul./set. 2016. Disponível em: https://revistas.unipar.br/index.php/veterinaria/article/view/6095. Acesso em: 11 out. 2024.

a) Por que a alteração no comprimento das microvilosidades contribui para a eficiência da nutrição das serpentes? Justifique sua resposta.

b) Que outra adaptação você identifica nesse estudo?

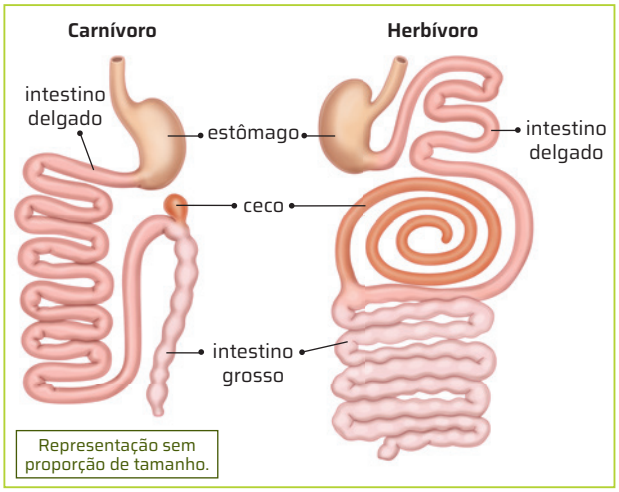
2 **A hidroponia é o cultivo de plantas sem a presença de solo. No lugar do solo, as raízes são mergulhadas em uma solução nutritiva, que é mantida em circulação por meio de um sistema hidráulico. Além da água, determinados elementos químicos são adicionados em quantidades relativamente grandes e outros em quantidades bem menores.**

a) Por que é preciso fornecer uma solução nutritiva às plantas? Veja resposta em *Respostas e comentários* no Manual do Professor.

b) Cite um elemento químico que deve estar presente nessa solução nutritiva, do qual as plantas necessitam em quantidade relativamente grande. Explique qual é sua participação na fisiologia da planta.

Resposta variável. Os estudantes podem citar o nitrogênio (N), que é absorvido sob a forma de nitratos e utilizado na síntese de proteínas e de ácidos nucleicos.

3 **Compare a representação esquemática (em cores-fantasia) de parte do sistema digestório de um herbívoro com a de um carnívoro e justifique as diferenças observadas.** Veja resposta em *Respostas e comentários* no Manual do Professor.



Reinaldo Vignati/ID/BR

4 **Por que os alimentos cozinham mais rápido quando se adiciona sal à água?**
Veja resposta em *Respostas e comentários* no Manual do Professor.

5 **Leia a manchete abaixo e faça o que se pede.**

2023 foi o ano mais quente já registrado no Brasil

Média verificada pelo Inmet chegou a 24,92 °C, acima de 2015 e 2019

Lacerda, L. *Folha de S.Paulo*, São Paulo, 9 jan. 2024. Disponível em: https://www1.folha.uol.com.br/cotidiano/2024/01/2023-foi-o-ano-mais-quente-ja-registrado-no-brasil.shtml. Acesso em: 11 out. 2024.

- Considerando a solubilidade dos gases em líquidos, comente os perigos da elevação da temperatura nas superfícies oceânicas.
Veja resposta em *Respostas e comentários* no Manual do Professor.

6 **Um estudante fez o seguinte comentário a respeito da osmose: "Quando ocorre osmose, há a passagem de soluto da solução mais concentrada para a solução menos concentrada".**

- Esse comentário está correto? Justifique.
Veja resposta em *Respostas e comentários* no Manual do Professor.

7 **Na desidratação infantil, aconselha-se a administração de soro fisiológico para reequilibrar o organismo. Quando o soro é injetado na veia, é preciso tomar alguns cuidados especiais com a sua concentração, uma vez que ele deve ser isotônico em relação ao sangue. Explique por que isso é necessário.**
Veja resposta em *Respostas e comentários* no Manual do Professor.

8 **Existem dois tipos de peixe ósseo: um tipo tem um rim com grande superfície de contato, ou seja, com uma rede de capilares sanguíneos para a absorção da água que vai compor a urina, e outro tipo com rim com uma pequena superfície de contato. Caracterize o tipo de rim do peixe de água doce e o do peixe marinho. Justifique sua resposta.**
Veja resposta em *Respostas e comentários* no Manual do Professor.

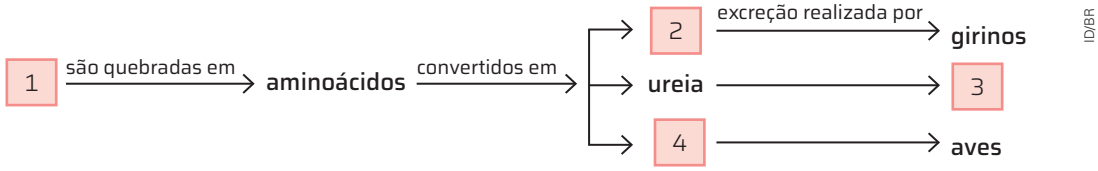
9. a) O ambiente açucarado é fortemente hipertônico em relação às células dos microrganismos que, eventualmente, entrem em contato com as frutas. Por conseguinte, as células perdem água por osmose, o que impede suas atividades metabólicas normais.

9 **As frutas, em geral, não se conservam adequadas ao consumo por muito tempo: a ação de microrganismos, como fungos e bactérias, sobre as substâncias orgânicas provoca seu apodrecimento. Porém, o mesmo não acontece com frutas cristalizadas ou em compota, que se conservam por meses.**

a) Explique por que as conservas açucaradas são mais resistentes ao ataque de microrganismos do que as frutas frescas.

b) Você conhece outro método de conservação de alimentos que tenha por base o mesmo princípio?
Os alimentos podem ser salgados para obter o mesmo efeito conservante, procedimento adotado para carnes (carne-seca) e peixes secos, como o bacalhau.

10 **O esquema representa a produção de compostos nitrogenados a partir do metabolismo de um composto orgânico, em diferentes grupos animais. Copie-o no caderno e substitua os números 1, 2, 3 e 4 pelos termos que o completam corretamente.**



1. proteínas; 2. amônia; 3. mamíferos; 4. ácido úrico.

11. b) Como a concentração salina é maior no meio exterior do que na célula do protozoário, ocorreria a saída de água da célula até o rompimento da membrana plamática.

11 **Os protozoários são seres unicelulares que vivem em ambientes marinhos ou de água doce. Eles apresentam uma membrana celular adaptada ao meio correspondente.**

a) O que aconteceria com um protozoário adaptado a ambientes marinhos se fosse colocado em água destilada? Como a concentração salina na célula do protozoário é maior, ocorreria, por osmose, a entrada de água na célula, provocando seu inchamento.

b) O que aconteceria com um protozoário de água doce se fosse colocado na água do mar?

12 **Imagine que você ganhou um arranjo de flores brancas e resolveu colori-las de vermelho. Para isso, você dissolveu anilina vermelha em um vaso com água e mergulhou a haste de um ramo dessas flores brancas nessa solução. Após algumas horas, as flores ficaram coloridas de vermelho. Como esse resultado pode ser explicado?** Veja resposta em *Respostas e comentários* no Manual do Professor.

13 **Leia o texto a seguir e faça o que se pede.**

Por que o mar Morto tem esse nome?

Porque o excesso de sal nas suas águas torna a vida praticamente impossível por ali. Com exceção da bactéria *Haloarcula marismortui*, que consegue filtrar os sais e sobreviver [...], todos os organismos que chegam ao mar Morto morrem rapidamente. Outra característica curiosa é que ninguém consegue afundar nas suas águas, graças novamente à alta concentração salina, que o torna muito mais denso do que o corpo humano. Os oceanos têm uma média de 35 gramas de sal por litro de água, enquanto o mar Morto tem quase 300 gramas. Isso se deve basicamente a sua localização – na divisa entre Israel e Jordânia. A região é quente e seca, o que acelera a evaporação e impede a reposição da água pela chuva – em um ano chove tanto quanto um dia chuvoso em São Paulo. Além disso, o mar Morto é o local mais baixo do planeta: alguns pontos ficam a mais de 400 metros abaixo do nível dos oceanos. Isso significa que grande parte das partículas que se soltam dos terrenos a sua volta escoa em sua direção. Para piorar, o rio Jordão, que ajuda a alimentá-lo, foi desviado em várias partes para irrigar plantações. [...] O diretor do Instituto Geológico Israelense, Amos Bein, garante que ele não corre risco de secar completamente, mas, por via das dúvidas, já está em fase de planejamento o "Canal da Paz", um aqueduto de mais de 80 quilômetros que puxaria água do mar Vermelho [...].

Lopes, A. L. Por que o mar Morto tem esse nome? *Superinteressante*, São Paulo, 22 fev. 2024. Disponível em: https://super.abril.com.br/mundo-estranho/por-que-o-mar-morto-tem-esse-nome. Acesso em: 2 ago. 2024.

a) Por que não é recomendado ingerir a água do mar? Justifique. Veja resposta em *Respostas e comentários* no Manual do Professor.

b) Faça uma pesquisa em *sites* e livros sobre o mar Morto. Em um breve resumo, explique o aumento da concentração salina nesse local ao longo dos anos. Se considerar oportuno, consulte reportagens recentes sobre esse assunto. Veja resposta em *Respostas e comentários* no Manual do Professor.

c) Vários estudos foram realizados para impedir a diminuição do mar Morto. Além do canal da Paz, uma obra avaliada em bilhões de dólares, projetos como a construção de aquedutos ligando o mar Morto ao mar Mediterrâneo foram criados. Porém, até 2016, ainda não se sabia que tipo de riscos ambientais o canal da Paz poderia causar. Faça uma pesquisa em *sites* e livros e cite pelo menos dois problemas ambientais que podem ser ocasionados pela execução desse projeto. Faça também um mapa esquemático dessa região mostrando os dois "canais" de transposição de água para o mar Morto.
Como a concentração de sais nesses mares é diferente, essa transposição pode ameaçar espécies que estão adaptadas ao mar Morto.

Não escreva no livro.

CIRCULAÇÃO E TROCAS GASOSAS

1. Os gases se deslocam por difusão.

2. Plantas e animais utilizam diversas estruturas para realizar trocas gasosas, de acordo com a espécie, mas, em todos os casos, o princípio básico envolvido é o da difusão.

3. Os estudantes podem responder que isso pode ocorrer de diversas formas, a depender da espécie. Algumas espécies apresentam estruturas próprias de circulação, como vasos sanguíneos e vasos condutores.

OS GASES E OS SERES VIVOS

Os gases interagem com a vida na Terra de diferentes maneiras. O gás oxigênio, por exemplo, é essencial para o processo de respiração celular de seres aeróbios, como os animais e as plantas, enquanto o gás carbônico é fundamental para a síntese de matéria orgânica pelos seres fotossintetizantes, como as plantas. Os seres vivos apresentam formas diversas de captar e de utilizar os gases presentes no meio ambiente.

Em muitos animais terrestres, o sistema respiratório conduz o ar do meio exterior para o interior do organismo, até os pulmões. Esses órgãos apresentam uma ampla superfície úmida, que favorece a difusão do gás oxigênio do ar para o sangue e do gás carbônico do sangue para o ar. O transporte do gás oxigênio às células é feito pelo sistema circulatório. Na circulação sanguínea fechada, as substâncias são transportadas pelo sangue, um tecido líquido que flui no interior dos vasos sanguíneos. O sangue é constantemente bombeado pelo coração, o órgão responsável por manter a circulação sanguínea.

Nesta unidade, você conhecerá algumas características dos gases, bem como algumas formas de realizar as trocas gasosas e o transporte de substâncias nos seres vivos multicelulares.

PARA COMEÇAR

1. Como os gases se deslocam no ambiente?
2. Como ocorrem as trocas gasosas em animais e em plantas?
3. Como os gases e os nutrientes circulam no interior dos seres vivos?

ISS/NASA

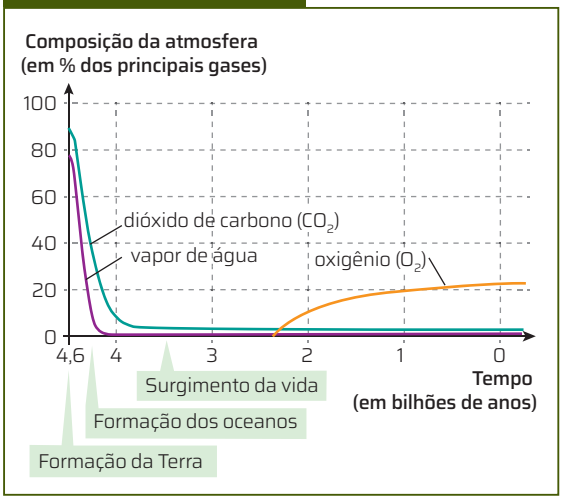
A curvatura da Terra, a atmosfera e a Lua fotografadas da Estação Espacial Internacional em 31 de julho de 2011. A troposfera, a camada mais inferior da atmosfera, com espessura entre 8 e 14,5 quilômetros, aparece alaranjada, e as camadas seguintes estão em tons de azul.

COMPOSIÇÃO DA ATMOSFERA

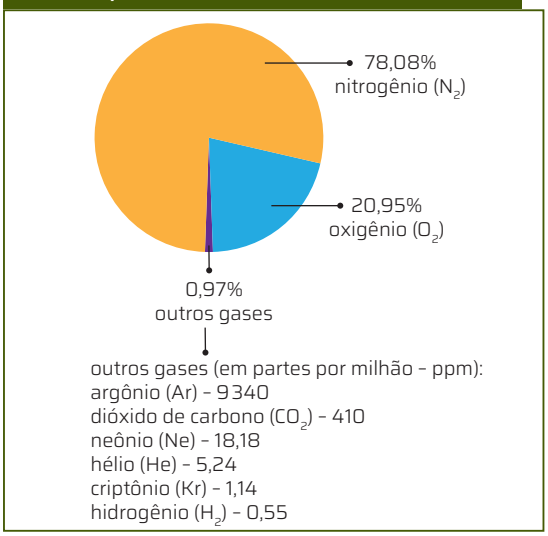
Uma das características da Terra que permitem o desenvolvimento da vida é a presença da atmosfera, que mantém o planeta aquecido e protegido contra as radiações ultravioleta nocivas. A atmosfera tem espessura de 10 mil quilômetros, mas a maior quantidade de gases se situa até 14,5 quilômetros de altura desde a superfície do planeta.

A composição atmosférica é dinâmica. Logo após a formação do planeta, há cerca de 4,6 bilhões de anos, a atmosfera provavelmente era composta de gases hidrogênio (H_2), hélio (He), amônia (NH_3), metano (CH_4) e vapor de água (H_2O). A intensa atividade vulcânica e os impactos de meteoritos e de cometas alteraram essa primeira atmosfera, que passou a ser composta de nitrogênio (N_2), metano (CH_4), dióxido de enxofre (SO_2), monóxido de carbono (CO), dióxido de carbono (CO_2) e vapor de água (H_2O). Há cerca de 3 bilhões de anos, as cianobactérias surgiram e passaram a liberar oxigênio (O_2) pelo processo de fotossíntese.

EVOLUÇÃO DA COMPOSIÇÃO DA ATMOSFERA TERRESTRE



COMPOSIÇÃO ATUAL DA ATMOSFERA TERRESTRE



Gráficos: ID/BR

Fontes de pesquisa: Scolan, M. *et al*. De l'atmosphère primitive à l'atmosphère actuelle. [*S. l.*], 1º fev. 2015. Disponível em: https://leclimatdanstoussesetats.wordpress.com/2015/02/01/de-latmosphere-primitive-a-latmosphere-actuelle/; Grimm, A. M. A atmosfera. *In*: Grimm, A. M. *Meteorologia básica*: notas de aula. Curitiba, set. 1999. Disponível em: http://fisica.ufpr.br/grimm/aposmeteo/cap1/cap1-2.html. Acessos em: 20 ago. 2024.

A quantidade de água na atmosfera é variável, podendo chegar a 4%.

A atmosfera também contém **poluentes**, substâncias que podem tornar o ar impróprio ou nocivo à saúde. Conheça, a seguir, os principais deles e suas fontes.

PRINCIPAIS POLUENTES ATMOSFÉRICOS	
Aldeídos	São emitidos na queima de combustível, especialmente o etanol.
Dióxido de enxofre	Pode ter origem natural, como nas erupções vulcânicas, ou antropogênica, ou seja, como resultado das atividades humanas, como na queima de combustíveis fósseis para a geração de energia.
Dióxido de nitrogênio	Existem fontes naturais (vulcanismo, ações bacterianas, descargas elétricas) e antropogênicas. Estas são as responsáveis pelo maior impacto poluente nas áreas urbanas e têm origem na queima de combustíveis.
Hidrocarbonetos (como o metano)	Nos centros urbanos, as principais fontes são os veículos, por meio da emissão,-queima e evaporação de combustíveis. Os gases emitidos pelos bovinos são outra importante fonte na área rural.
Dióxido de carbono	As origens principais são a queima de combustíveis e as queimadas.
Material particulado	A queima de combustíveis fósseis é a principal fonte, mas também tem origem nas queimadas, na agricultura e na construção civil.
Monóxido de carbono	A queima de combustíveis por veículos automotores é a principal fonte poluidora.

Fonte de pesquisa: Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. *Qualidade do ar*. Poluentes. São Paulo: Cetesb, [20--]. Disponível em: https://cetesb.sp.gov.br/ar/poluentes/#:~:text=Considera%2Dse%20poluente%20qualquer%20subst%C3%A2ncia,%C3%A0s%20atividades%20normais%20da%20comunidade. Acesso em: 20 ago. 2024.

Não escreva no livro.

BIOLOGIA E QUÍMICA

1. As consequências para os seres humanos são os riscos que a inalação desses materiais particulados representam para a saúde. Eles são carcinogênicos, podendo causar mutações nas células, comprometer os sistemas respiratório e cardiovascular e causar irritação ocular e eczema.

OS RISCOS À SAÚDE ASSOCIADOS ÀS QUEIMADAS FLORESTAIS

Material Particulado (MP), Partículas Totais em Suspensão (PTS), Partículas Inaláveis (MP_{10}), Partículas Inaláveis Finas ($MP_{2,5}$) e Fumaça (FMC) são termos usados para descrever um conjunto de poluentes formados por poeira, fumaça e diversos materiais sólidos e líquidos que permanecem suspensos na atmosfera devido a seu pequeno tamanho. O material particulado pode se formar na atmosfera a partir de gases como dióxido de enxofre (SO_2), óxidos de nitrogênio (NO_x) e compostos orgânicos voláteis (COV), que são emitidos principalmente em atividades de combustão e se transformam em partículas mediante reações químicas no ar.

Fonte de pesquisa: Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. *Qualidade do ar*. Poluentes. São Paulo: Cetesb, [20--]. Disponível em: https://cetesb.sp.gov.br/ar/poluentes/. Acesso em: 11 out. 2024.

Poluentes de queimadas florestais geram impactos físicos e mentais

Estudo aponta que queimadas e incêndios florestais já tornam a qualidade do ar nociva aos moradores da região da Amazônia Legal e do Centro-Oeste em pelo menos metade dos dias do ano. Segundo os pesquisadores, esse tipo de poluição afeta cerca de 20 milhões de brasileiros ou 10% da população do País. Os dados utilizados foram obtidos do satélite do Centro Europeu de Previsões Meteorológicas de 2010 a 2019. O estudo foi realizado por pesquisadores da Universidade do Estado do Mato Grosso (Unemat), da Fundação Oswaldo Cruz do Piauí, da Universidade Federal da Bahia (UFBA) e da Universidade de São Paulo (USP).

Segundo Mariana Matera Veras, bióloga e chefe do Laboratório de Patologia Ambiental e Experimental [...] do Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina da USP, essas queimadas acontecem algumas vezes por ano em períodos mais secos, mas estão se tornando cada vez mais frequentes. "O poluente que é tratado no estudo a gente chama de material particulado 2.5. O 2.5 se refere ao tamanho dessa partícula, então ela é muito pequenininha, capaz de entrar nos nossos pulmões e atravessar barreiras de proteção, cair na corrente sanguínea e fazer bastante mal para nossa saúde."

Essa poluição, por sinal, é diferente da observada nos centros urbanos, e a principal diferença é a concentração desse poluente particulado. "Quando você tem uma queimada, a concentração é extremamente alta e, por consequência, quando você inala esse ar, a quantidade desse material particulado é muito alta. O que é interessante deste estudo é que eles desenvolveram um indicador para se estimar a exposição dessas populações, porque nessas regiões nós não temos redes de monitoramento de qualidade do ar como na cidade de São Paulo", explica Mariana.

Riscos para a saúde

[...]

A partir da coleta desses dados, se tem uma dimensão dos impactos diversos para a saúde dos que estão expostos a esse tipo de poluição. "Essas partículas [poluentes] são muito ricas em hidrocarbonetos policíclicos aromáticos. Entre esses compostos, alguns são carcinógenos já conhecidos, e um estudo do nosso laboratório avaliou o potencial carcinogênico desta partícula e descobriu que essas partículas geradas pela queima de floresta na Amazônia podem induzir mutações nas células que eventualmente podem levar ao câncer", comenta a pesquisadora.

[...] "A exposição à poluição do ar faz um mal muito semelhante ao [do] cigarro, só que ela age mais lentamente. Em termos de efeitos vão ser os mesmos, principalmente no sistema respiratório e cardiovascular, mas existem outros quando a gente está falando desse volume de poluente muito alto, como irritação ocular, eczema e alergias respiratórias".

Também é preciso pontuar que a saúde mental é afetada, explica Mariana: "O que muitas vezes nós nos esquecemos é um impacto na saúde mental de quem lida para extinguir esse fogo e das pessoas no entorno com o medo e o calor gerado pelas queimadas".

Poluentes de queimadas florestais geram impactos físicos e mentais. *Jornal da USP*, São Paulo: USP/Estadão, 7 ago. 2023. Atualidades. Disponível em: https://jornal.usp.br/radio-usp/poluentes-de-queimadas-florestais-geram-impactos-fisicos-e-mentais/. Acesso em: 11 out. 2024.

Conecte as ideias

2. O material particulado 2.5 tem esse nome por causa de seu pequeno tamanho. Ele entra nos pulmões, atravessando barreiras de proteção, e cai na corrente sanguínea.

1 Quais são as consequências das queimadas e da emissão de poluentes na atmosfera para os seres humanos?

2 De acordo com o texto, como o material particulado 2.5 é capaz de prejudicar a saúde humana?

3 Proponha uma explicação para a presença de hidrocarbonetos no material particulado proveniente das queimadas. **3.** Espera-se que os estudantes expliquem que os hidrocarbonetos são formados por carbono e hidrogênio, principais elementos químicos presentes nos compostos orgânicos que constituem as plantas e outros seres vivos.

Não escreva no livro.

TROCAS GASOSAS EM ANIMAIS

O processo de **trocas gasosas** nos animais consiste na captação de oxigênio molecular (O_2) do ambiente e na liberação de gás carbônico (CO_2) para o ambiente.

Para compreender como ocorre esse movimento dos gases pelas superfícies respiratórias, devemos considerar as pressões parciais desses gases, pois, ao conhecê-las, é possível prever o movimento de um gás em uma superfície de trocas. Um gás sempre passa de uma região com pressão parcial mais alta para uma região de pressão parcial mais baixa, em um processo conhecido como **difusão**.

Como já visto, o O_2 é abundante no ar, compondo cerca de 21% do volume da atmosfera terrestre, o que torna o processo da respiração relativamente fácil. Já na água, a quantidade de O_2 dissolvido é sempre muito menor que no ar, o que faz os animais aquáticos gastarem quantidade considerável de energia nesse processo.

Veremos, a seguir, algumas das adaptações dos animais terrestres e aquáticos às trocas gasosas.

Hans Gert Broeder/iStock/Getty Images

O gastrópode marinho (*Chromodoris bullocki*) apresenta brânquias externas para as trocas gasosas.

Trocas gasosas em invertebrados

A **superfície respiratória** é a parte do corpo do animal onde ocorrem as trocas gasosas. Alguns animais simples, como os poríferos, os cnidários, os platelmintos e os nematoides, apresentam uma estrutura corporal em que todas as células estão próximas do ambiente externo, permitindo, assim, a rápida difusão dos gases do ar para as células e das células para o ar.

Porém, em muitos animais, a estrutura corporal não permite que as células estejam em contato direto com o ambiente. Esses animais apresentam uma superfície respiratória formada por um epitélio fino e úmido, o qual constitui o **órgão respiratório**.

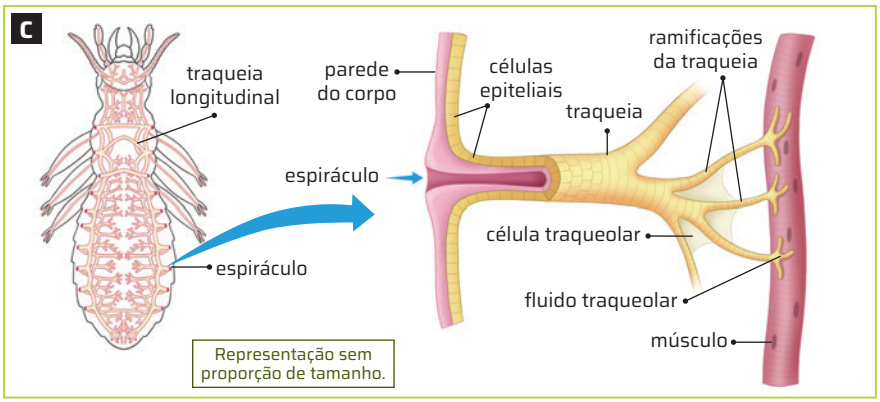
O grupo dos moluscos, por exemplo, apresenta diferentes estratégias para trocas gasosas. Nos moluscos marinhos e de água doce, a respiração é branquial (imagem **A**). Em alguns moluscos terrestres e de água doce, o órgão respiratório é o pulmão.

Os anelídeos, como as minhocas e as sanguessugas, apresentam **respiração cutânea**, na qual a pele serve de órgão respiratório; nesse caso, a pele é úmida e permeável e, logo abaixo dela, forma-se uma rede de capilares que facilita as trocas gasosas entre o sistema circulatório e o ambiente.

Nos artrópodes, estão presentes órgãos respiratórios diversos, como brânquias, traqueias e pulmões foliáceos. Os pulmões foliáceos estão presentes em aranhas e em escorpiões, aos pares, e são originados em uma invaginação da parede abdominal. Os artrópodes aquáticos têm brânquias, e a maioria dos insetos apresenta um sistema de **traqueias**, as quais se abrem na superfície do corpo em orifícios chamados espiráculos, por onde o ar entra e sai (imagem **C**). Nos equinodermos, como as estrelas-do-mar (imagem **B**), as trocas gasosas ocorrem por difusão pelo sistema ambulacrário, um sistema composto de diversos canais preenchidos por um líquido muito semelhante à água do mar.

David Shale/Nature PL/Fotoarena

Nas estrelas-do-mar, como a da foto, do gênero *Hymenaster* sp., as trocas gasosas ocorrem pelas brânquias dérmicas diminutas e ramificadas, chamadas pápulas, que se projetam para fora do corpo.



Reinaldo Vignati/ID/BR

Representação de inseto com tronco traqueal longitudinal. No detalhe, a estrutura de uma traqueia. Cores-fantasia.

Fonte de pesquisa: Ruppert, E. E.; Barnes, R. D. *Invertebrate zoology*. Fort Worth: Saunders College Publishing, 1994. p. 839.

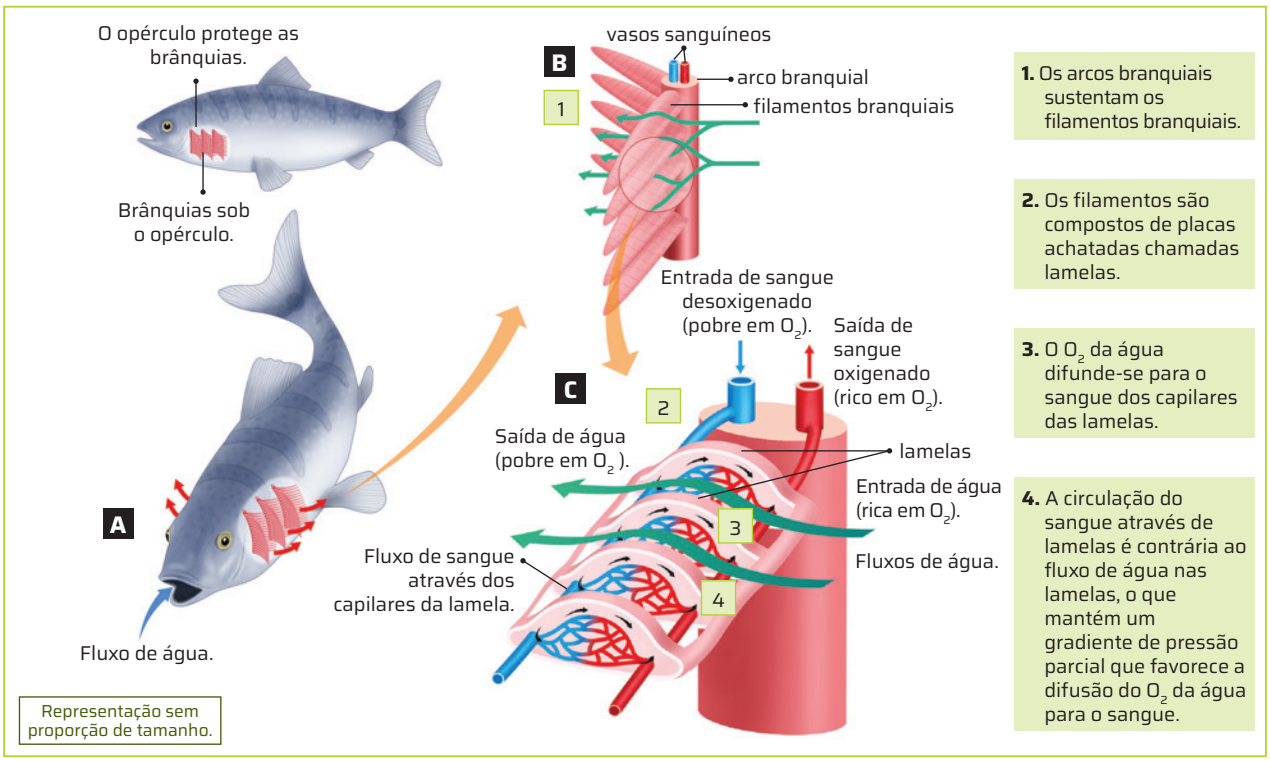
Não escreva no livro.

Estruturas respiratórias de vertebrados

1. Resposta variável. Muitos grupos animais – poríferos, cnidários, platelmintos e nematelmintos – não apresentam estruturas respiratórias e realizam a difusão célula a célula. Moluscos podem apresentar ctenídios, brânquias e ceratas. Alguns moluscos são chamados de pulmonados, pois têm a parte do manto altamente vascularizada, onde ocorrem as trocas gasosas. Anelídeos apresentam brânquias ou respiração pela superfície do corpo. Artrópodes podem ter respiração traqueal ou por pulmões foliáceos, além de brânquias. Equinodermos podem realizar trocas gasosas por pápulas. Vertebrados apresentam brânquias, como os anfíbios na fase inicial da vida e os peixes; pulmões com sacos aéreos, como as aves; e pulmões, como os anfíbios adultos, répteis e mamíferos. Anfíbios adultos também mantêm a respiração pela superfície do corpo.

Os vertebrados são dotados de diferentes estruturas respiratórias: as brânquias (estágios imaturos de anfíbios e peixes), a superfície do corpo (anfíbios), os pulmões e sacos aéreos (aves) e os pulmões (anfíbios adultos, répteis e mamíferos).

As brânquias dos peixes ficam localizadas entre a boca e o opérculo que as protege. A água entra pela boca e passa pelas brânquias ao sair, proporcionando as trocas gasosas. Cada brânquia é formada por centenas de filamentos, com dobraduras em suas superfícies, chamadas **lamelas**, onde ocorrem as trocas gasosas.



1. Os arcos branquiais sustentam os filamentos branquiais.

2. Os filamentos são compostos de placas achatadas chamadas lamelas.

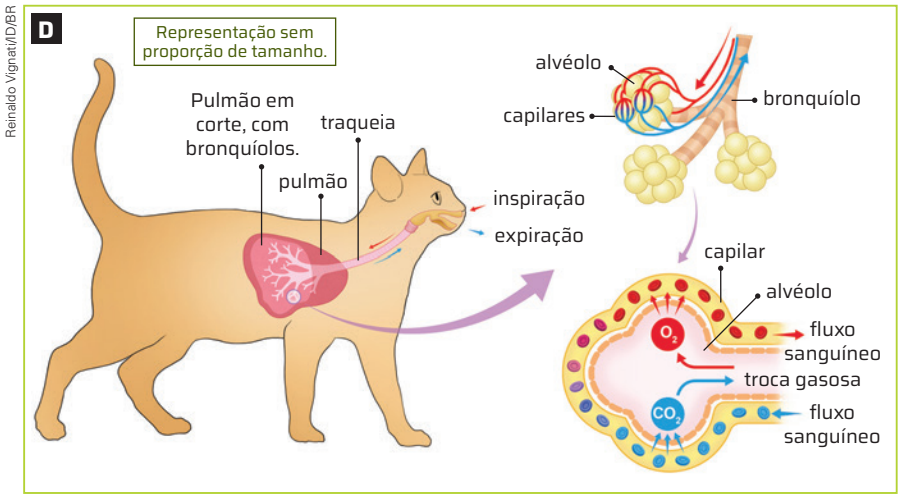
3. O O_2 da água difunde-se para o sangue dos capilares das lamelas.

4. A circulação do sangue através de lamelas é contrária ao fluxo de água nas lamelas, o que mantém um gradiente de pressão parcial que favorece a difusão do O_2 da água para o sangue.

Representação da respiração por brânquias de um peixe. A água passa pelas brânquias (**A**), banhando as lamelas presentes nos filamentos branquiais (**B**), onde ocorrem as trocas gasosas (**C**). Cores-fantasia.

Fonte de pesquisa: Purves, W. K. *et al. Vida*: a ciência da Biologia. Porto Alegre: Artmed, 2005. p. 854.

Nos mamíferos (imagem **D**), o ar passa pela traqueia, atinge os brônquios e suas ramificações, os bronquíolos, e chega aos alvéolos pulmonares, onde ocorrem as trocas gasosas. O ar sai, então, por onde entrou.



Representação esquemática do sistema respiratório de um mamífero, o gato doméstico. No detalhe, a estrutura de um alvéolo pulmonar, onde ocorrem as trocas gasosas. Cores-fantasia.

Fonte de pesquisa: Kuehn, N. F. Introduction to lung and airway disorders of cats. *MDS Manual. Veterinary Manual*, ago. 2018. Disponível em: https://www.msdvetmanual.com/cat-owners/lung-and-airway-disorders-of-cats/introduction-to-lung-and-airway-disorders-of-cats. Acesso em: 17 set. 2024

ROTEIRO

1. O uso de oxigênio pelas células no processo de respiração celular é comum a todos os animais, mas as estruturas de obtenção de oxigênio do ar ou dissolvido na água são bem variadas. Descreva as principais diferenças estruturais relacionadas à respiração encontradas ao comparar os grupos de animais estudados.

CIRCULAÇÃO NOS ANIMAIS

A circulação é considerada uma das funções de nutrição, pois mantém o transporte de substâncias entre os diversos sistemas do corpo, incluindo o dos nutrientes.

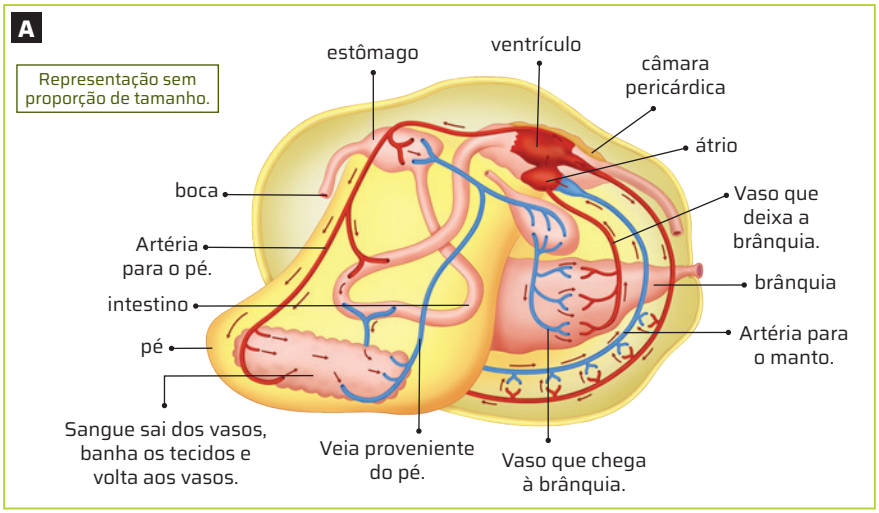
Circulação em animais invertebrados

Alguns animais invertebrados não têm órgãos especializados na circulação. Outros apresentam sistema circulatório com menor ou maior complexidade.

Poríferos, cnidários, platelmintos, nematoides e alguns crustáceos não têm sistema circulatório; neles, as substâncias chegam às células por difusão.

Moluscos (imagem **A**), com exceção de cefalópodes, têm **sistema circulatório aberto**. Nessa organização, a **hemolinfa**, líquido circulatório de composição semelhante à do líquido tecidual, circula em vasos sanguíneos bombeada pelo coração. As contrações do coração impulsionam a hemolinfa até as várias partes do corpo, onde ela sai dos vasos e banha diretamente os tecidos e, depois, volta para o coração.

2. Não, pois tanto as estruturas de maior complexidade quanto as de menor complexidade permitem a adaptação dos animais ao ambiente em que vivem e são compatíveis com o modo de vida deles. O aumento da complexidade por si só não indica melhor adaptação ou superioridade.



Reinaldo Vignati/ID/BR

Representação de molusco gastrópode com coração e vasos sanguíneos. O sangue sai dos vasos sanguíneos, banha os tecidos e volta novamente para os vasos. Cores-fantasia.

Fonte de pesquisa: Brusca, R. C.; Moore, W.; Shuster, S. M. *Invertebrados*. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2018. p. 615.

Os artrópodes também têm circulação aberta. O coração pode ser tubular ou não, mas é sempre perfurado por orifícios chamados **óstios**. A hemolinfa sai do coração por um vaso sanguíneo, banha os tecidos e volta, entrando pelos óstios.

Na circulação aberta, a hemolinfa flui com pressão menor do que na circulação fechada e o retorno ao coração é mais lento.

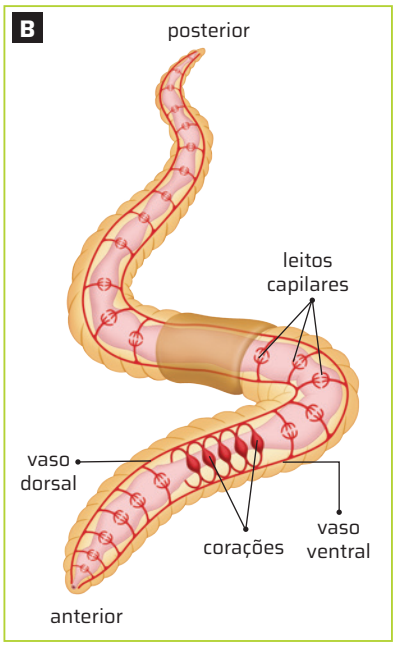
Nos invertebrados com sistemas circulatórios fechados, o líquido circulatório é o **sangue**, que é bombeado por um ou mais de um coração e flui com maior pressão dentro de vasos sanguíneos.

Na **circulação fechada**, o sangue não se mistura ao líquido tecidual, e as trocas entre os tecidos e o sangue ocorrem em vasos sanguíneos extremamente finos, os **capilares**. Nos sistemas circulatórios fechados, a pressão sanguínea relativamente alta e o transporte eficiente de O_2 e de nutrientes para as células favorecem uma atividade metabólica mais alta.

Os anelídeos (imagem **B**) e os moluscos cefalópodes, como polvos, lulas e náutilos, têm sistema circulatório fechado.

ROTEIRO

2. Ao longo do estudo sobre trocas gasosas e circulação, foram citados animais que apresentam menor complexidade nessas funções e outros com estruturas mais complexas. Isso significa que alguns animais estão mais bem-adaptados do que outros ou que são superiores a outros? Explique.



Reinaldo Vignati/ID/BR

Representação sem proporção de tamanho.

Representação do sistema circulatório de um anelídeo, a minhoca. Cores-fantasia.

Fonte de pesquisa: Purves, W. K. *et al. Vida*: a ciência da Biologia. Porto Alegre: Artmed, 2005. p. 868.

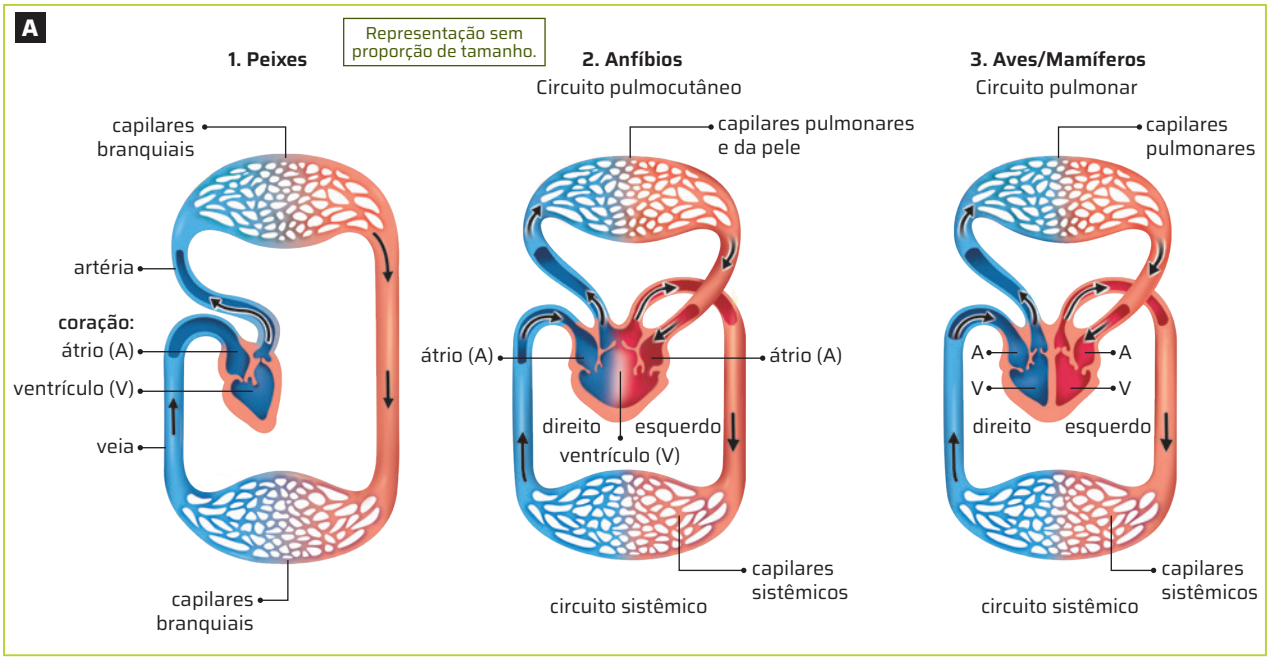
Não escreva no livro.

Circulação em animais vertebrados

Os animais vertebrados têm circulação fechada. Há um coração muscular contrátil e vasos sanguíneos. Os vasos sanguíneos que levam o sangue para o coração são chamados **veias**, e os que levam o sangue que sai do coração, de **artérias**. Os vasos sanguíneos se ramificam até formar capilares, que se infiltram nos tecidos, trocando substâncias com todas as células do corpo. Em cada tipo de vaso sanguíneo citado, o sangue flui em um único sentido.

Artérias e veias se diferenciam pela direção em que carregam o sangue, e não pela quantidade de oxigênio. As artérias levam o sangue do coração para os capilares, enquanto nas veias geralmente o sangue volta dos capilares ao coração.

A estrutura do coração varia entre os grupos de vertebrados (imagem **A**).



Fabio Eugenio/ID/BR

Representação esquemática do coração de diversos grupos de vertebrados. A cor azul representa o sangue pobre em oxigênio e a cor vermelha representa o sangue rico em oxigênio. Observe o aumento da complexidade e o coração com quatro câmaras, bem como a completa separação entre os lados direito e esquerdo do coração de aves e mamíferos. Cores-fantasia.

Fonte de pesquisa: Reece, J. B. *et al. Campbell Biology*. 10 ed. Porto Alegre: Artmed, 2015. p. 919.

Nos peixes, o sangue passa uma única vez pelo coração em cada volta completa pelo corpo; esse arranjo é chamado **circulação simples** (imagem **1**). O coração dos peixes é composto de duas câmaras, um átrio e um ventrículo. O sangue venoso dos tecidos, pobre em oxigênio, passa pelo átrio e, posteriormente, pelo ventrículo, onde é bombeado para as brânquias, lugar em que é oxigenado, seguindo, então, para os órgãos e tecidos.

Anfíbios, répteis, aves e mamíferos apresentam **circulação dupla**, ou seja, o sangue passa duas vezes pelo coração a cada circuito (imagens **2** e **3**). Nos anfíbios, as trocas gasosas ocorrem no circuito pulmocutâneo. Nos répteis, aves e mamíferos, o sangue venoso, vindo dos tecidos, é oxigenado nos pulmões, e depois retorna aos tecidos.

O coração de anfíbios e répteis tem três câmaras, dois átrios e um ventrículo. O sangue venoso dos tecidos de sapos e rãs entra no coração pelo átrio direito e segue para o circuito pulmocutâneo, onde ocorrem as trocas gasosas. O sangue arterial passa do átrio esquerdo para o circuito sistêmico. A divisão incompleta do ventrículo permite ajustar a circulação desses animais. Quando estão debaixo da água, o fluxo de sangue para os pulmões é temporariamente fechado, e as trocas gasosas continuam somente através da pele.

PARA EXPLORAR

Acesse

Por que as baleias encalham? Nós também temos uma parcela de culpa

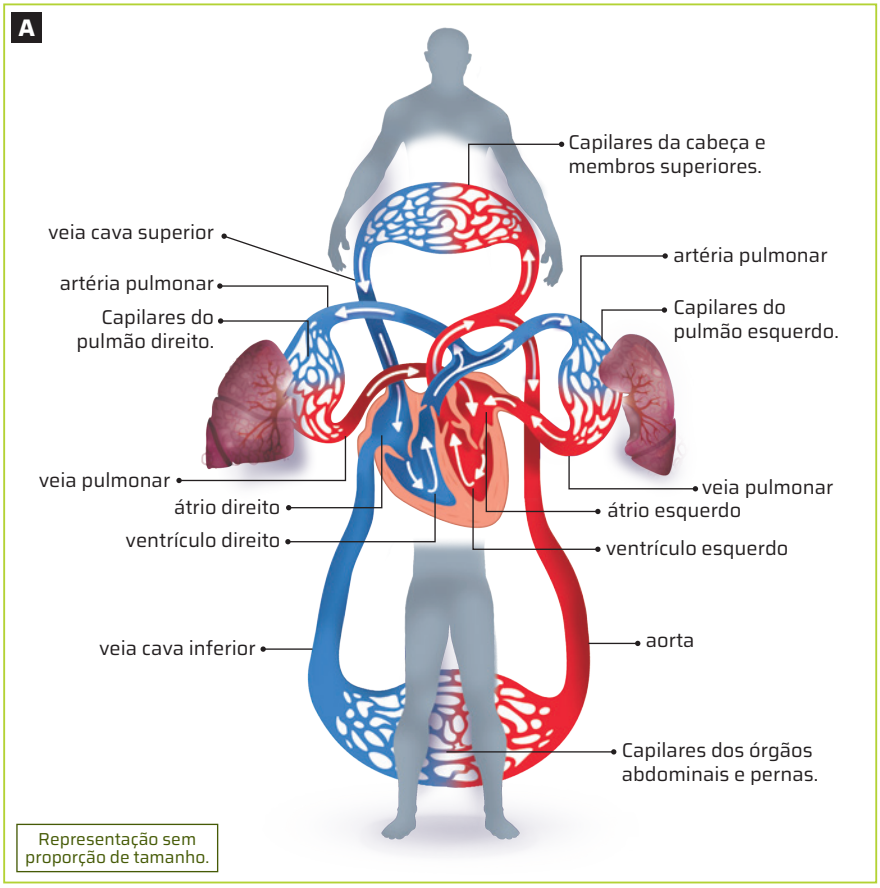
O artigo de Melissa Hobson para a *National Geographic Brasil* (2021) explora os motivos de as baleias encalharem e porque, apesar de possuírem respiração pulmonar, elas podem morrer se ficarem muito tempo fora da água.

Disponível em: https://www.nationalgeographicbrasil.com/animais/2021/04/por-que-as-baleias-encalham-nos-tambem-temos-uma-parcela-de-culpa. Acesso em: 2 out. 2024.

Nos répteis, começa a se formar um septo que separa, parcialmente, os ventrículos em esquerdo e direito. Artérias chamadas aortas fornecem acesso à circulação sistêmica. A circulação desses animais permite que a quantidade de sangue que flui para os pulmões e para o restante do corpo seja controlada, assim como nos anfíbios.

Já nos répteis crocodilianos e nos jacarés, o septo, agora completo, divide o ventrículo. Porém, o circuito pulmonar e o sistêmico se interligam pelas artérias que saem do coração. Assim, o fluxo sanguíneo pode ser desviado, mantendo a circulação fora dos pulmões quando o animal estiver submerso.

Aves e mamíferos têm a circulação bastante diferente da circulação dos demais vertebrados. O coração é constituído de quatro câmaras, dois átrios e dois ventrículos totalmente separados (imagem **A**). O fluxo sanguíneo é separado, de modo que o lado esquerdo recebe e bombeia o sangue oxigenado, enquanto o lado direito recebe e bombeia o sangue pobre em oxigênio.



Fabio Eugenio/ID/BR

Representação esquemática da circulação dupla em mamíferos. Os dois circuitos funcionam juntos. Os dois ventrículos bombeiam o sangue; ao mesmo tempo que uma parte está sendo transportada no circuito pulmonar, o restante flui no circuito sistêmico. Cores-fantasia.

Fonte de pesquisa: Reece, J. B. *et al. Campbell Biology*. 10. ed. Porto Alegre: Artmed, 2015. p. 920.

Aves e mamíferos são animais **endotérmicos**, ou seja, são capazes de manter a temperatura corporal constante, independentemente da temperatura ambiente; por isso, seu gasto energético pode ser até dez vezes maior do que o de animais **ectotérmicos** do mesmo tamanho, cuja temperatura corporal varia de acordo com a temperatura ambiente. Esse alto gasto energético só é possível porque o sistema circulatório de aves e mamíferos consegue fornecer grande quantidade de O_2 e nutrientes para seus tecidos, o que ocorre devido à separação e à independência dos circuitos pulmonar e sistêmico. O coração de quatro câmaras surgiu de modo independente nas aves e nos mamíferos, um exemplo de evolução convergente.

Vantagem evolutiva do coração de três câmaras nos anfíbios

O coração das rãs e de outros anfíbios têm três câmaras: dois átrios e um ventrículo. Um sulco no interior do ventrículo desvia a maior parte (cerca de 90%) do sangue rico em oxigênio do átrio esquerdo para o circuito sistêmico e a maior parte do sangue pobre em oxigênio do átrio direito para o circuito pulmocutâneo. Quando a rã está debaixo d'água, a divisão incompleta do ventrículo permite o ajuste da circulação, fechando a maior parte do fluxo de sangue para os seus pulmões temporariamente ineficientes. O fluxo de sangue continua para a pele, que atua como o único local de trocas gasosas enquanto a rã estiver submersa.

Fonte de pesquisa: Reece, J. B. *et al. Campbell Biology*. 10. ed. Porto Alegre: Artmed, 2015. p. 919.

Não escreva no livro.

TROCAS GASOSAS E TRANSPIRAÇÃO EM PLANTAS

As folhas são expansões laterais do caule e têm como principais funções a realização da fotossíntese, a transpiração e a respiração.

Seu formato característico, em geral, com uma grande área de superfície, favorece a absorção de luz para a fotossíntese, e a alta razão superfície/volume ajuda na absorção de CO_2 e na liberação de O_2 na fotossíntese. No entanto, apesar de o formato característico das folhas aumentar a taxa de fotossíntese, ele também aumenta a perda de água pela transpiração.

De toda a água que circula pelo interior das angiospermas, estima-se que mais de 90% volta para o ambiente pela **transpiração foliar**, principalmente pelos **estômatos**, aberturas ou poros presentes na epiderme vegetal que regulam as trocas gasosas e a perda de água pelas plantas.

Cada estômato tem duas células-guarda delimitando um poro. A abertura e o fechamento dos estômatos decorrem de alterações na turgescência das células-guarda, ou seja, nas alterações do volume dessas células devido à quantidade de água que entra ou sai por osmose. A entrada de água nas células-guarda torna-as túrgidas, o que mantém o poro aberto. No entanto, a saída de água dessas células leva ao fechamento do poro (imagem **A**).

A abertura e o fechamento dos estômatos permitem regular a transpiração e as trocas gasosas da planta. Esses processos são influenciados por fatores ambientais, como disponibilidade de água, luz, temperatura e concentração de dióxido de carbono no ar. Quando há condições hídricas ideais, os estômatos ficam abertos. Em estresse hídrico, ou seja, quando existe deficiência na quantidade de água disponível, os estômatos se fecham.

A maior parte das plantas mantém os estômatos fechados à noite e abertos durante o dia. Temperaturas acima de 30 °C e altas concentrações de CO_2 podem provocar o fechamento dos estômatos.

As **plantas xerófitas** (imagem **B**), como os cactos e outras plantas da Caatinga, estão adaptadas a viver em locais com baixa disponibilidade de água. Essas plantas têm mecanismos que evitam a desidratação.

A maioria delas apresenta folhas modificadas em espinhos ou com área reduzida, o que diminui a transpiração. Em outras, a lâmina foliar pode ser revestida por uma grossa camada de cutícula.

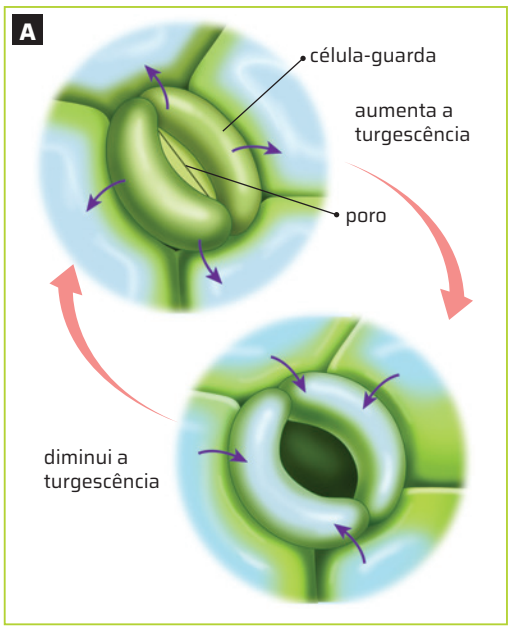
Nessas plantas, além de os estômatos se localizarem em cavidades na folha, eles se fecham durante o dia, o que reduz a transpiração nesse período. Com as temperaturas mais amenas da noite, os estômatos se abrem sem o risco de perder água em excesso. Além disso, muitas espécies perdem as folhas durante períodos longos de seca, ou seja, mais um mecanismo que diminui a transpiração quando a água é escassa.

As **plantas higrófitas** (imagem **C**) vivem em ambientes encharcados ou permanentemente úmidos. São plantas típicas de florestas tropicais, como a Mata Atlântica e a floresta Amazônica.

Como o ambiente é úmido, não há perda excessiva de água. Mesmo com uma alta taxa de transpiração, a perda é reposta pela água absorvida do solo.

As plantas higrófitas comumente apresentam folhas delgadas, com uma camada fina de cutícula e estômatos em ambas as faces da lâmina foliar, mais abundantes na superfície inferior.

Representação sem proporção de tamanho.



Reinaldo Vignati/ID/BR

O esquema mostra a abertura e o fechamento dos estômatos. As setas roxas indicam o deslocamento da água. Cores-fantasia.

Fonte de pesquisa: Nabors, M. W. *Introdução à Botânica*. São Paulo: Roca, 2012. p. 236.

Cacio Murilo de Vasconcelos/Stock/Getty Images

Plantas xerófitas em área de Caatinga, no estado da Paraíba. Foto de 2024.

Rubens Chaves/Pulsar Imagens

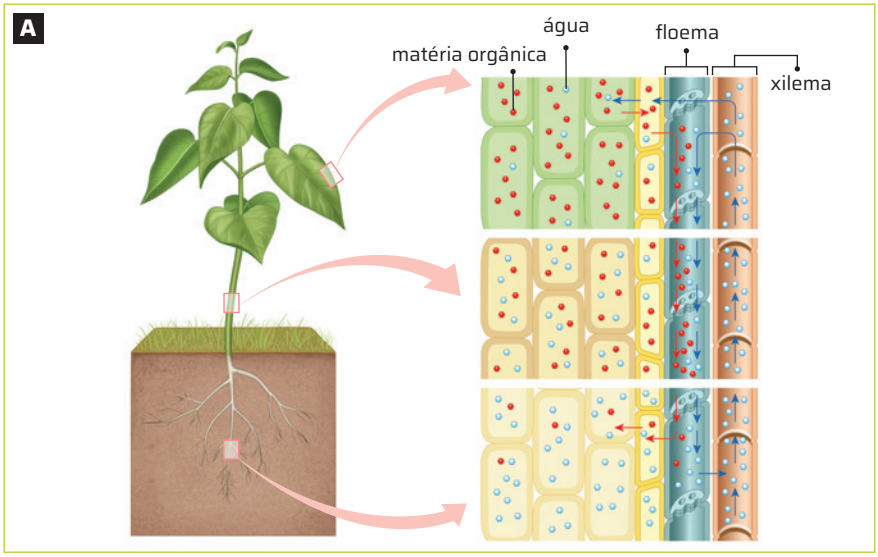
As plantas higrófitas vivem em local úmido. Igarapé Pirativa. Santana (AP). Foto de 2022.

Condução da seiva orgânica

A **seiva orgânica**, constituída de uma solução aquosa de produtos da fotossíntese, é transportada pelos vasos condutores do **floema**.

A teoria mais aceita para explicar a condução da seiva orgânica propõe que as substâncias orgânicas sintetizadas nas folhas durante a fotossíntese entram nos vasos condutores do floema por **transporte ativo**, ou seja, indo contra o gradiente de concentração e gastando energia. Isso provoca um aumento na concentração de solutos presentes no floema, o que leva a água existente no xilema a passar para dentro do floema por osmose.

Nas raízes e em outras estruturas, as substâncias orgânicas saem dos vasos do floema e passam, por transporte ativo, para os tecidos circundantes, onde serão consumidas. Assim, há uma diferença de concentração de soluto entre os locais de síntese e os locais de consumo dos produtos da fotossíntese, o que promove um fluxo contínuo de seiva orgânica das folhas para as demais partes da planta (imagem **A**).



Reinaldo Vignati/ID/BR

Representação sem proporção de tamanho.

Esquema da circulação da seiva orgânica. O deslocamento da água está representado pelas setas azuis na imagem em detalhe. As setas vermelhas indicam o trajeto da matéria orgânica sintetizada na fotossíntese. Cores-fantasia.

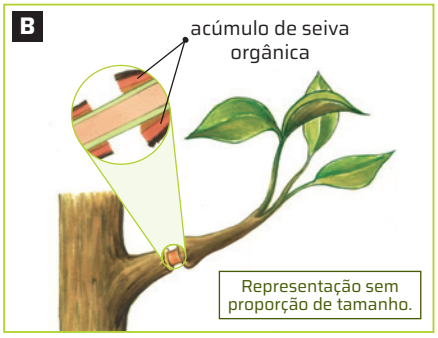
Fonte de pesquisa: Raven, P. H. *et al*. *Biologia vegetal*. 8. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2014. p. 701.

Anel de Malpighi

O xilema tem posição mais interna em relação ao floema. Essa posição pode ser evidenciada pelo experimento do **anel de Malpighi**, em que se retira um anel completo da casca, com o floema, de um ramo ou de um tronco. Após algumas semanas, a região logo acima do corte torna-se mais espessa, resultado do acúmulo de seiva orgânica nessa região (imagem **B**).

Como o xilema não foi afetado, as folhas continuam recebendo água e sais minerais. Assim, as folhas da planta continuarão realizando fotossíntese.

Se o anel for feito no tronco de uma árvore, ela morrerá, pois, com a eliminação do floema, as raízes não receberão os nutrientes produzidos pela fotossíntese.



Jurandir Ribeiro/ID/BR

Esquema de um experimento do anel de Malpighi realizado em um ramo. Note que a remoção do floema impede que a seiva orgânica chegue ao restante da planta, acumulando-se na região acima do corte. Cores-fantasia.

ROTEIRO

3. Os pulgões, pequenos insetos que vivem como ectoparasitas, alimentam-se de diversas plantas. Esses insetos têm o aparelho bucal semelhante a uma agulha, com o qual perfuram o caule das plantas e sugam um líquido açucarado. Indique o nome do tecido vegetal do qual os pulgões retiram o líquido açucarado.

O tecido é o floema, e o líquido açucarado retirado pelos pulgões é a seiva orgânica.

Não escreva no livro.

Construção de modelo de fluxo por pressão no floema

O modelo que explica o transporte de seiva orgânica no floema entre os locais de síntese e os locais de consumo dos produtos da fotossíntese foi desenvolvido pelo fisiologista vegetal alemão Ernst Münch (1876-1946) e recebe o nome de "modelo de fluxo por pressão no floema".

Na opinião de vocês, por que o modelo de movimento do floema é conhecido como modelo de fluxo por pressão?

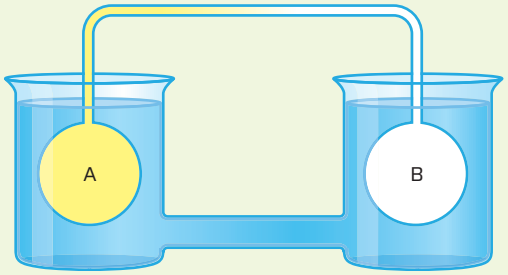
Nesta atividade, você e os colegas vão realizar algumas etapas de um experimento proposto por Ernst Münch, em 1930, e elaborar uma explicação para esse transporte.

Material

- 2 pedaços de aproximadamente 15 cm de comprimento de membrana de diálise
- água
- 10 colheres (sobremesa) de açúcar cristal
- corante alimentício
- 2 pedaços de elástico (gomas de látex)
- tubo transparente em formato de U
- 2 potes de vidro grandes ou 2 béqueres de 500 mL
- pipeta

Como fazer

1. Coloquem água nos potes ou béqueres e, em seguida, mergulhem as tiras de diálise. Elas devem permanecer mergulhadas por 1 hora.
2. Passada uma hora, amarrem uma das extremidades de cada tira de diálise e formem dois saquinhos.
3. Preparem uma solução com o açúcar e 10 mL de água.
4. Acrescentem o corante alimentício até colorir bem a solução de açúcar e água.
5. Encham um dos saquinhos com a solução de açúcar e água e prendam-no firmemente a uma das extremidades do tubo em U com o auxílio de um elástico.
6. Encham o outro saquinho com água e prendam-no à outra extremidade do tubo em U utilizando o outro elástico.
7. Mergulhem cada saquinho em um dos potes cheios de água. Usem um objeto para manter o pote do saquinho com água para que fique de 5 a 10 cm mais elevado do que o saquinho com a solução de açúcar e água.
8. Após a montagem, o experimento deve se assemelhar ao representado na imagem.
9. Observem a montagem durante 1 hora, em intervalos de 15 minutos. Registrem o que observaram.



Reinaldo Vignati/ID/BR

Representação da montagem do experimento. Cores-fantasia.

Representação sem proporção de tamanho.

Para concluir

1. Espera-se que os estudantes mencionem que a água entrará no saquinho, pois há maior concentração de soluto no interior dele em relação à água do pote, e a água se movimentará por osmose.

1 **Considerando a diferença de concentração de solutos entre a solução de açúcar dentro do saquinho e a água em que ele estava mergulhado, como se espera que a água se movimente: para dentro do saquinho ou para fora dele? Justifiquem.**

2 **O resultado observado foi o mesmo que vocês esperavam e registraram na resposta à questão 1? Justifiquem.** Resposta pessoal. Observe se todos notam que a água entra no saquinho devido ao processo da osmose. Espera-se que a coluna da solução colorida preencha o tubo e chegue ao saquinho com água, alterando seu volume e sua coloração.

3 **Essa montagem simula o que ocorre com a seiva orgânica entre o local de sua produção e os locais onde ela será consumida. Considerando isso, indiquem qual estrutura da planta é representada pelo:**

a) saquinho com a solução de sacarose; As folhas, que são os principais locais de produção de glicose no processo de fotossíntese.

b) saquinho com água; Locais em que os produtos da fotossíntese sejam utilizados, por exemplo, a raiz.

c) tubo em U. Sistema de condução de seiva orgânica, isto é, floema.

ATIVIDADES

1. A morte é causada pela destruição do floema, que fica próximo da casca. Com a destruição desse tecido, a planta deixa de receber a matéria orgânica produzida na fotossíntese e morre.

1 **Algumas pessoas prendem uma corda ou um arame forte em volta do tronco de pequenas árvores, atando-as a algum tipo de suporte, para que fiquem firmes e cresçam na vertical. A árvore cresce normalmente até um ponto em que a corda ou o arame produz um corte no tronco; a partir daí, a planta pode secar e morrer. Explique o que, nesse caso, pode causar a morte da árvore. Que tipo de procedimento pode ser adotado para evitar que isso aconteça?**

2 **Os sistemas circulatórios podem ser classificados em abertos e fechados. A respeito desses dois tipos de sistema, faça o que se pede.**

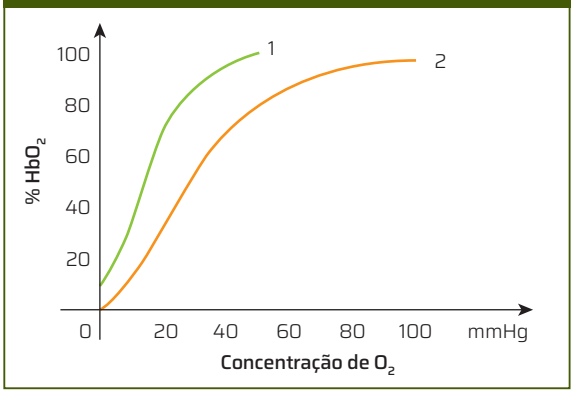
a) Explique o que caracteriza cada um deles.
Veja resposta em *Respostas e comentários* no Manual do Professor.

b) Dê dois exemplos de grupos animais com sistema circulatório aberto e dois exemplos de grupos animais com sistema circulatório fechado.
Veja resposta em *Respostas e comentários* no Manual do Professor.

3 **Muitos crustáceos respiram por brânquias; porém, nas espécies de menor porte, elas são ausentes. Como ocorrem as trocas gasosas nessas espécies?**
Nas espécies de tamanho menor, as trocas gasosas podem ocorrer em qualquer região do corpo em que a cutícula é mais fina e permeável.

4 **O gráfico hipotético a seguir mostra a influência da concentração de gás oxigênio, medida em mmHg (eixo das abscissas), em relação ao percentual de moléculas de oxiemoglobina no sangue (eixo das ordenadas). São duas curvas que se referem a mamíferos de diferentes espécies.**

CONCENTRAÇÃO DE O_2 EM RELAÇÃO AO PERCENTUAL DE MOLÉCULAS DE HbO_2 NO SANGUE



ID/BR

a) Explique o formato das curvas, relacionando os dados apresentados. Veja resposta em *Respostas e comentários* no Manual do Professor.

b) Com base nos dados do gráfico, diferencie a espécie **1** da espécie **2** quanto à saturação e à dissociação das moléculas de oxiemoglobina.
Veja resposta em *Respostas e comentários* no Manual do Professor.

5 **Leia o texto a seguir e faça o que se pede.**

Pigmentos respiratórios

Os pigmentos respiratórios são moléculas que se ligam ao oxigênio, transportando-o de forma mais eficiente do que na simples dissolução desse gás no sangue. Eles variam quanto à estrutura e às suas afinidades pelo oxigênio, mas todos têm um íon metálico (geralmente, ferro; algumas vezes, cobre), com o qual o oxigênio se combina.

Na maioria dos invertebrados, esses pigmentos estão dissolvidos no sangue, mas, em alguns invertebrados e em quase todos os vertebrados, podem estar em células sanguíneas específicas.

Os pigmentos respiratórios são carregados com o oxigênio nos locais de troca gasosa, nos quais os níveis de oxigênio do ambiente são relativamente altos em comparação com os líquidos teciduais, e são descarregados nas células e nos tecidos, onde os níveis de oxigênio locais são mais baixos.

As hemoglobinas são pigmentos avermelhados. As hemeritrinas têm a cor violeta ou cor-de-rosa quando oxigenadas e são incolores quando descarregadas. As hemocianinas são azuladas quando estão carregadas com oxigênio e incolores quando descarregadas. As clorocruorinas são verdes em concentrações diluídas, mas vermelhas em altas concentrações.

- Faça uma pequisa em livros ou em *sites* confiáveis e dê dois exemplos de grupos animais nos quais pode ser encontrado cada um dos pigmentos respiratórios citados no texto.

6 **Nos anelídeos, como a minhoca mostrada na foto, podem ser observadas várias maneiras de realizar trocas gasosas.**

D. Kucharski K. Kucharska/Shutterstock.com/ID/BR

Minhoca-da-terra (*Lumbricus terrestris*). Essa espécie pode atingir até 25 cm de comprimento.

7. c) Veja resposta em *Respostas e comentários* no Manual do Professor.

a) Quais são as estruturas envolvidas nas trocas gasosas? A superfície do corpo e as brânquias.

b) Associe o modo de respiração ao hábitat desses animais. Os animais que respiram pela pele podem ser aquáticos ou habitam ambientes terrestres úmidos, condição necessária para o gás se dissolver no líquido e para não ocorrer perda excessiva de água pela pele.

7 **Sobre a transpiração e a circulação de materiais nas plantas, faça o que se pede a seguir.**

a) Explique o que são estômatos e qual sua relação com a perda de água pelas plantas.
Veja resposta em *Respostas e comentários* no Manual do Professor.

b) Faça uma pesquisa em livros de fisiologia vegetal e explique qual é a relação entre a transpiração das plantas e a circulação de seiva.
Veja resposta em *Respostas e comentários* no Manual do Professor.

c) Descreva o modelo mais aceito para explicar a circulação de matéria orgânica nas plantas, proposto pelo fisiologista Ernst Münch.

5. Hemoglobinas: todos os vertebrados, com exceção de alguns peixes; anelídeos, crustáceos, insetos, moluscos e equinodermos. Hemeritrinas: anelídeos. Hemocianinas: moluscos, crustáceos e aranhas. Clorocruorinas: anelídeos poliquetas.

Não escreva no livro.

2. Respostas variáveis. Os estudantes podem citar diferentes formas com as quais os seres vivos podem captar os estímulos ambientais, como visão, audição, quimiorrecepção, entre outros.

CAPÍTULO 3 CAPÍTULO 3 CAPÍTULO 3 CAPÍTU

COORDENAÇÃO E PERCEPÇÃO DO AMBIENTE

INTRODUÇÃO AOS SISTEMAS SENSORIAIS

Como é possível ter a percepção dos ambientes? Como as sensações dos órgãos dos sentidos permitem que os seres vivos interpretem o próprio organismo e reajam aos estímulos do ambiente, interagindo com ele? De que forma as percepções do ambiente ocorrem nos diferentes animais e se diferenciam, entre si e em relação às percepções humanas, por exemplo? Como os seres humanos podem ampliar ainda mais a percepção que têm do ambiente ao redor?

A habilidade de sentir e de reagir a diferentes estímulos se originou há bilhões de anos com os procariontes, seres unicelulares sem núcleo ou organelas delimitadas por membranas. Seu processo evolutivo desenvolveu modificações que possibilitaram a comunicação entre as células e o desenvolvimento de sistemas especializados de células nervosas, o que permitiu aos animais sentir o ambiente e responder a ele.

Neste capítulo, você vai conhecer alguns dos processos sensoriais que envolvem o relacionamento dos organismos entre si e com o meio, além de identificar o sistema nervoso dos animais como um dos principais sistemas responsáveis pela coordenação e percepção do ambiente em que vivem.

PARA COMEÇAR

1. Feche os olhos e procure relaxar. Quais estímulos ambientais você percebe neste momento?
2. Como ocorre a captação desses estímulos? E os demais seres vivos, como percebem o ambiente?

1. Resposta pessoal. Os estudantes podem citar estímulos auditivos, olfativos e táteis.

Nadezhda1906/iStock/Getty Images

Seres humanos e borboletas, assim como os demais seres vivos, apresentam diferentes modos de perceber e de reagir aos estímulos do meio e de interagir com ele.

Não escreva no livro.

Células da glia

CÉLULAS NERVOSAS E CONDUÇÃO DE ESTÍMULOS

A unidade funcional do sistema nervoso são os **neurônios**, células especializadas em receber informação, codificá-la e transmiti-la para outras células.

Os neurônios possuem muitos prolongamentos, chamados dendritos, que, usualmente, recebem informação de outros neurônios. Essa informação é integrada no corpo celular, a região do neurônio que contém o núcleo e a maior parte das organelas celulares. Com base na informação recebida, o corpo celular envia sinais elétricos, chamados **impulsos nervosos**, que são conduzidos pelo prolongamento mais longo do neurônio, o **axônio**, a um outro neurônio ou a outros tipos celulares. O axônio, por sua vez, encontra-se envolto por dobras e pelo enrolamento da membrana plasmática de certas células, formando uma estrutura lipoproteica conhecida como **estrato mielínico** ou **bainha de mielina**. Essa estrutura funciona como um isolante elétrico, uma vez que impede o fluxo de cargas elétricas (imagem **A**).

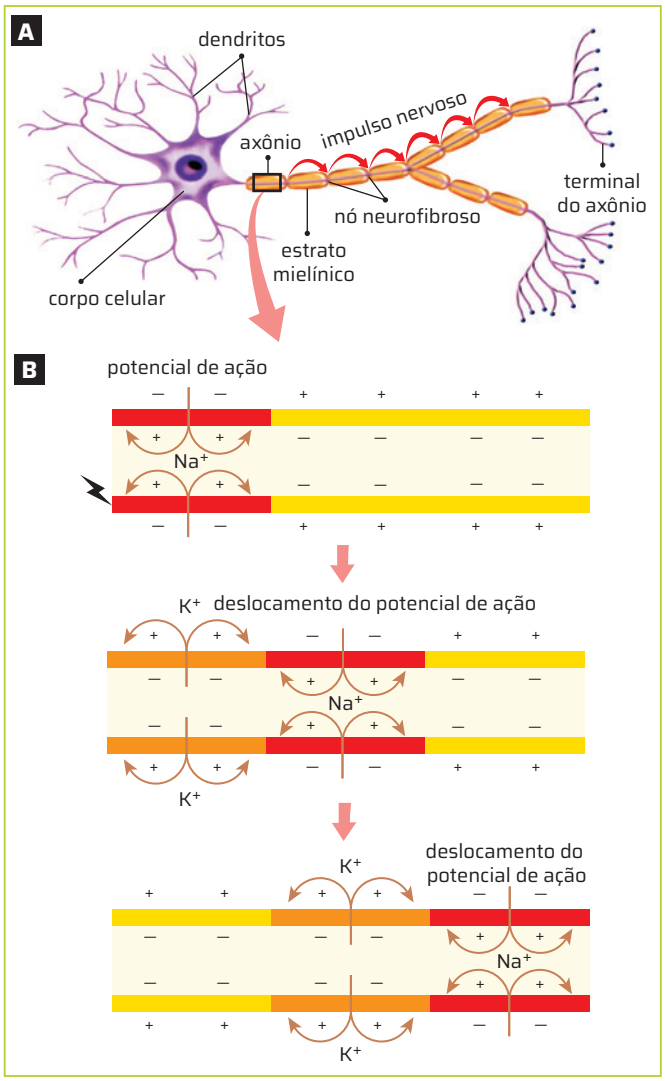
Os tecidos que compõem o sistema nervoso são formados pelos neurônios e por **células da glia**, um conjunto de células que fornecem nutrientes aos neurônios, formam a bainha de mielina e ajudam na manutenção de um ambiente iônico adequado ao funcionamento deles, além de atuarem na sustentação e proteção do tecido nervoso. Além disso, estudos recentes mostram que as células da glia podem comunicar-se química e eletricamente com outras células, exercendo importante papel na integração e na sincronização das informações.

ROTEIRO

1. Em algumas espécies animais, o estrato mielínico não está completamente formado no filhote que acaba de nascer. Nessas mesmas espécies, o filhote demora certo período para se apoiar nas pernas. Há relação entre essas duas situações? Explique.

Sim. Como as fibras que conduzem os impulsos nervosos para a musculatura das pernas ainda não estão completamente mielinizadas, a velocidade do impulso é insuficiente para que essa musculatura reaja de forma adequada para que o filhote possa ficar e manter-se em pé.

Representação sem proporção de tamanho.



Luis Moura/ID/BR

Alex Argozino/ID/BR

Potenciais de membrana, de repouso e de ação

O lado interno da membrana plasmática de um neurônio é eletricamente negativo em relação ao meio externo. Essa diferença na voltagem entre os dois lados da membrana plasmática é chamada **potencial de membrana**. Quando o neurônio não está recebendo ou gerando estímulo, o potencial de membrana é denominado **potencial de repouso**.

Um estímulo físico ou químico capaz de alterar o potencial de repouso de um neurônio origina um impulso nervoso, também chamado **potencial de ação**. Essa alteração em uma parte do neurônio causa um fluxo de íons, como o sódio (Na^+) e o potássio (K^+), que se espalha para o restante da membrana em uma corrente elétrica. O potencial de ação viaja ao longo da membrana plasmática e atinge as extremidades dos axônios em um processo muito rápido, durante o qual ocorre a **despolarizacão**, quando o lado interno da membrana se torna mais positivo que o lado externo. Porém, logo após esse curto intervalo, a membrana volta à situação de repouso, caracterizando a **repolarizacão** do neurônio (imagem **B**).

(**A**) Representação de um impulso nervoso em ser humano. O estrato mielínico não é contínuo ao longo do axônio; por essa razão, o impulso nervoso (setas vermelhas) se propaga por meio de saltos nas interrupções. Esse tipo de propagação resulta em uma rápida condução do impulso nervoso. Em detalhe (**B**), esquema da despolarização (em vermelho) e repolarização (em laranja) da membrana plasmática de um neurônio. A parte em amarelo indica o setor em repouso do axônio. Cores-fantasia.

Fonte de pesquisa dos esquemas: Reece, J. B. *et al. Campbell Biology*. 10. ed. [*S. l.*]: Pearson, 2014. p. 1069 e 1071.

Não escreva no livro.

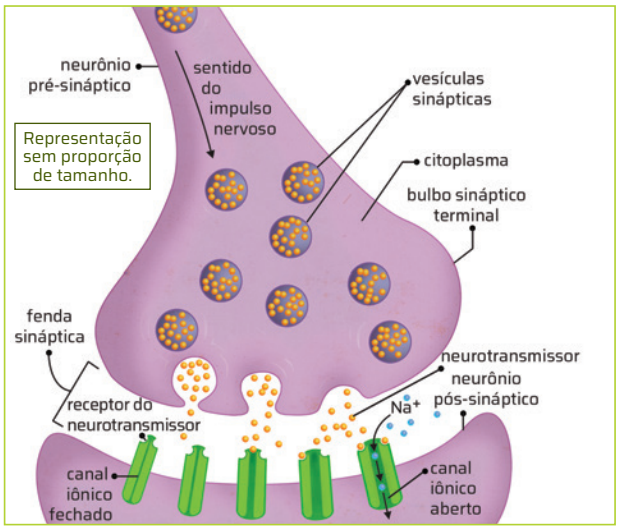
Neurotransmissores

Nas extremidades dos axônios estão as **sinapses**, ou seja, regiões em que o impulso nervoso é conduzido de um neurônio para outra célula. Na maioria das sinapses, a comunicação é feita pelos mensageiros químicos, chamados neurotransmissores, ou ocorre por meio do fluxo direto de íons entre as células. Um único neurônio pode estabelecer mais de mil sinapses com diversos neurônios diferentes.

Os **neurotransmissores** são moléculas produzidas pelos neurônios, que se acumulam em vesículas situadas nas extremidades dos axônios e são liberadas nas **fendas sinápticas**, ou seja, nos espaços entre um neurônio e a outra célula.

Os neurotransmissores são específicos para o receptor a que se ligam e provocam respostas específicas na célula pós-sináptica. Se a outra célula também for um neurônio, as sinapses podem ser excitatórias ou inibitórias. Assim, os neurotransmissores liberados se ligam às moléculas receptoras localizadas na membrana plasmática do neurônio seguinte, resultando em estimulação ou inibição do impulso nervoso.

Logo após, os neurotransmissores liberados são recapturados pelo neurônio pré-sináptico ou quebrados por enzimas na fenda sináptica. Esses processos eliminam os neurotransmissores da fenda sináptica, interrompendo seus efeitos sobre o neurônio pós-sináptico, de modo a evitar uma estimulação maior do que a necessária.



Fabio Eugenio/ID/BR

O esquema mostra a liberação de neurotransmissores na fenda sináptica e sua captação pelos receptores pós-sinápticos. Quando o impulso nervoso atinge a extremidade do neurônio pré-sináptico, as vesículas se fundem com a membrana plasmática, liberando os neurotransmissores na fenda sináptica, os quais interagem com os receptores da membrana pós-sináptica. Cores-fantasia.

Fonte de pesquisa: Reece, J. B. *et al. Biologia de Campbell*. 10. ed. Porto Alegre: Artmed, 2015. p. 1062 e 1072.

1. Alguns títulos que podem ser trabalhados sobre o tema: livros – *A redoma de vidro*, de Sylvia Plath, e *Canto dos malditos*, de Austregésilo Carrano; filmes – *Bicho de sete cabeças* (Brasil, 2001) e *Um estranho no ninho* (EUA, 1975).

CIÊNCIA SE DISCUTE

Eletroconvulsoterapia

Convulsão é um distúrbio que se caracteriza pela contratura muscular involuntária do corpo, ou de parte dele, provocada por aumento excessivo da atividade elétrica em determinadas áreas cerebrais.

Em 1934, o neurologista húngaro Ladislas von Meduna (1896-1964) realizou aplicações de uma droga chamada cardiazol, que induzia convulsões ao ser administrada, por via intramuscular, em pacientes psiquiátricos com quadros graves de catatonia – um estado de extrema passividade, em que o paciente não fala e se move muito pouco. Ele notou que os pacientes não só recuperavam a consciência, como também tornavam-se ativos, voltavam a falar e retomavam a rotina de atividades.

Esses resultados incentivaram o desenvolvimento de aparelhos de aplicação de eletrochoques. Assim, o uso da eletroconvulsoterapia (ECT) ao longo de décadas levou à observação de efeitos positivos na recuperação de outros quadros psiquiátricos graves, por exemplo, de depressão resistente a outros tratamentos, ou em substituição a medicações aplicadas em pacientes que apresentam restrições de uso, como gestantes e pessoas idosas. Entretanto, uma característica dos antigos manicômios era o uso indiscriminado da ECT no tratamento de diversos distúrbios psiquiátricos, sem aplicação de anestesia ou sedação.

A partir da década de 1970, muitas dessas práticas passaram a ser denunciadas, no Brasil e no mundo, e motivaram o surgimento de um movimento antimanicomial. A abordagem desse tratamento em obras da literatura e do cinema, como na obra da poetisa Sylvia Plath e no filme *Um estranho no ninho*, de 1975, dirigido por Milos Forman em uma adaptação do romance homônimo do escritor Ken Kesey, contribuiu para a formação de ampla resistência à aplicação terapêutica desse método em muitos países.

Atualmente, o tratamento com ECT tem sido feito sob sedação, reduzindo o risco de entorses e fraturas que, antes, ocorriam devido às fortes contrações musculares involuntárias. Estudos recentes mostram que, embora ainda não se compreenda o mecanismo de ação da ECT, ela tem se mostrado eficaz em casos de depressão grave. No entanto, esses estudos também apontam efeitos colaterais, como a possibilidade de comprometimento cognitivo e de perda de memória permanentes. Além disso, é preciso considerar que os riscos da ECT a longo prazo ainda não são conhecidos, e os pacientes nem sempre são informados sobre os efeitos colaterais.

1. O dia 18 de maio é o Dia Nacional da Luta Antimanicomial, que tem como objetivo combater o preconceito e o estigma contra pessoas com sofrimento psíquico grave. Pesquisem livros e filmes que falam sobre a luta antimanicomial, escolham um título para ler ou assistir e depois discutam suas impressões em sala de aula.

SISTEMA NERVOSO

A organização de um sistema nervoso (SN), além de permitir que os organismos recebam, interpretem os sinais captados pelos órgãos sensoriais e respondam a eles, integra e coordena o trabalho dos demais órgãos, atuando de forma significativa no processo de homeostase.

Sistema nervoso dos invertebrados

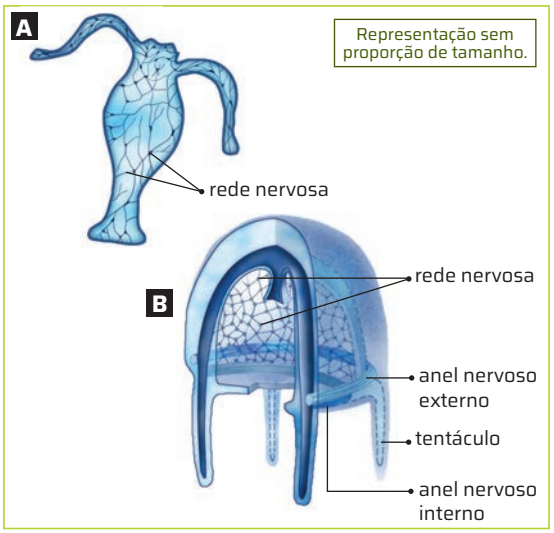
Em esponjas, invertebrados que não têm células especializadas na percepção ou na reação a estímulos nem estruturas de integração e coordenação, não há um sistema nervoso presente. A coordenação depende da difusão de substâncias pelo corpo do animal; a condução elétrica, que não envolve potenciais de ação, parece ocorrer entre células que estão lado a lado.

Na maioria dos cnidários, como hidras, há neurônios arranjados em uma rede nervosa irregular, formando um sistema nervoso difuso e não centralizado (imagem **A**). Em hidromedusas, forma-se um anel nervoso que se conecta com fibras, inervando tentáculos, musculatura e órgãos sensoriais (imagem **B**).

Entre os platelmintos, existem espécies com diferentes organizações nervosas. Em geral, observam-se a tendência de concentração de nervos em um gânglio cerebral bem desenvolvido e dois cordões nervosos, conectados por estruturas transversais, como ocorre em planárias (imagem **C**).

Alguns moluscos, como mexilhões, caracóis e lesmas, têm sistemas nervosos com gânglios relativamente pouco desenvolvidos e um anel nervoso que circunda o tubo digestório. Em lulas e polvos, os gânglios cerebrais formam um cérebro volumoso (imagens **D** e **E**). Eles integram o grupo dos moluscos cefalópodes, os quais apresentam grande capacidade de aprendizagem e de memória.

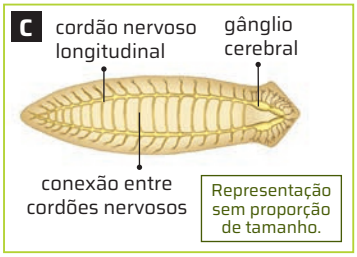
Marcos Aurélio/ID/BR



Representação esquemática de redes nervosas em hidras (**A**) e hidromedusas (**B**). Cores-fantasia.

Fonte de pesquisa: Ruppert, E. E.; Barnes, R. D. *Zoologia dos invertebrados*. 6. ed. São Paulo: Roca, 1996. p. 121.

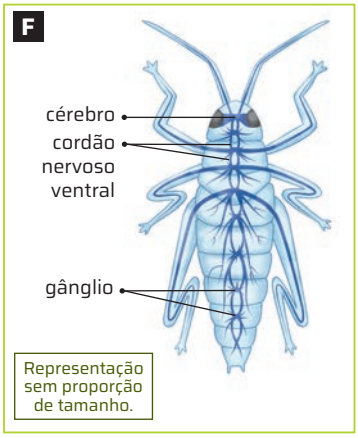
Roberto Higa/ID/BR



Organização do sistema nervoso em planária. Cores-fantasia.

Fonte de pesquisa: Ruppert, E. E.; Barnes, R. D. *Zoologia dos invertebrados*. 6. ed. São Paulo: Roca, 1996. p. 221-223.

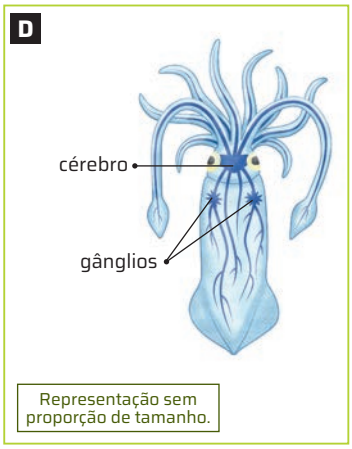
Bruno Badain/ID/BR



Representação esquemática do sistema nervoso de um inseto. Cores-fantasia.

Fonte de pesquisa: Reece, J. B. *et al. Biologia de Campbell*. 10. ed. Porto Alegre: Artmed, 2015. p. 1080.

Bruno Badain/ID/BR



Henner Damke/Shutterstock.com/ID/BR

Representação esquemática, em cores-fantasia, do sistema nervoso de um molusco, a lula (**D**). O grau de desenvolvimento do sistema nervoso dos moluscos cefalópodes, especialmente o de polvos (*Octopus vulgaris*) (**E**), como o da foto, é o maior entre os invertebrados.

Fonte de pesquisa: Reece, J. B. *et al. Biologia de Campbell*. 10. ed. Porto Alegre: Artmed, 2015. p. 1080.

Os gânglios cerebrais dos artrópodes (imagem **F**) estão ligados a um cordão ventral, simples ou duplo, que também contém gânglios e origina vários pares de nervos. Assim, é possível notar que, ao longo do processo evolutivo dos invertebrados, houve uma tendência à concentração do sistema nervoso e de órgãos sensoriais na região anterior do corpo, ou seja, à **cefalização**. Essa região nesses animais, em geral, é a que primeiro entra em contato com os estímulos do meio, especialmente naqueles que apresentam os dois lados do corpo simétricos, outra tendência da evolução desses grupos.

Não escreva no livro.

2. Resposta variável. Espera-se que os estudantes respondam que os comportamentos se tornam mais complexos, bem como a interação com o ambiente e com os outros seres vivos.

Sistema nervoso dos vertebrados

O sistema nervoso dos vertebrados é mais complexo que o dos invertebrados.

O **sistema nervoso central** (SNC) reúne a maior parte dos neurônios (imagem **A**). Em mamíferos, como o ser humano, o encéfalo, que faz parte do SNC em conjunto com a medula espinal, chega a ter 10 bilhões dessas células.

Existe, entretanto, uma grande variação na complexidade dessa parte do sistema nervoso entre os vertebrados. No cérebro humano, uma grande área se relaciona a comportamentos complexos, à aprendizagem, aos sentimentos e à memória, e esse órgão é proporcionalmente maior do que em outros animais. Nos porcos, a região cerebral associada ao processamento das informações olfatórias é proporcionalmente mais desenvolvida. Nos tubarões, o cerebelo integra as informações sensorial e motora. O tronco cerebral, por sua vez, integra informações associadas a funções biológicas básicas, como a circulação e a respiração. Observe e compare essas estruturas na imagem **B**.

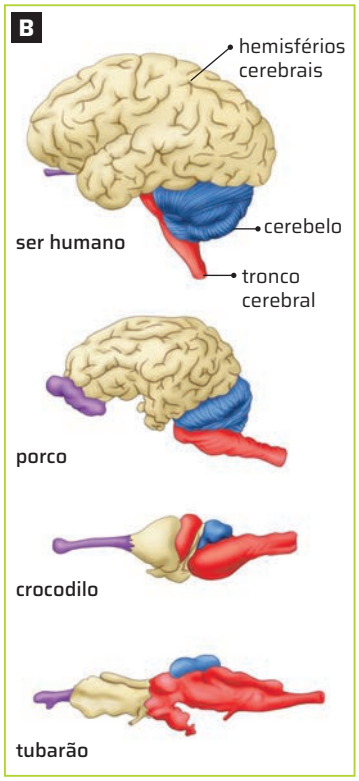
O **sistema nervoso periférico** (SNP) realiza a transmissão de informações entre o SNC e os demais tecidos corporais. Ele é formado pelos nervos que se associam ao encéfalo (nervos cranianos) e à medula espinal (nervos espinais).

A informação sensorial chega ao SNC por meio de neurônios aferentes (do latim *afferre*, "levar para dentro") que fazem parte do SNP e, depois de ser processada no SNC, as respostas seguem pelo SNP ao longo dos neurônios eferentes (do latim *efferre*, "levar para fora") até chegar aos músculos e às glândulas.

Dentre as diversas informações que são levadas pelo SNP ao SNC, algumas são percebidas pelo organismo, como as dos órgãos dos sentidos, dos músculos esqueléticos e das articulações. Outras informações, por sua vez, não o são, como a pressão sanguínea e a disponibilidade de oxigênio no sangue.

De forma semelhante, alguns comandos, como os que se dirigem aos músculos esqueléticos, para se contrair ou se estender, são **voluntários**, ou seja, movimentos que podem ser controlados . Outros, como aqueles dirigidos às glândulas e aos músculos lisos e cardíacos, são **autônomos** ou **involuntários**.

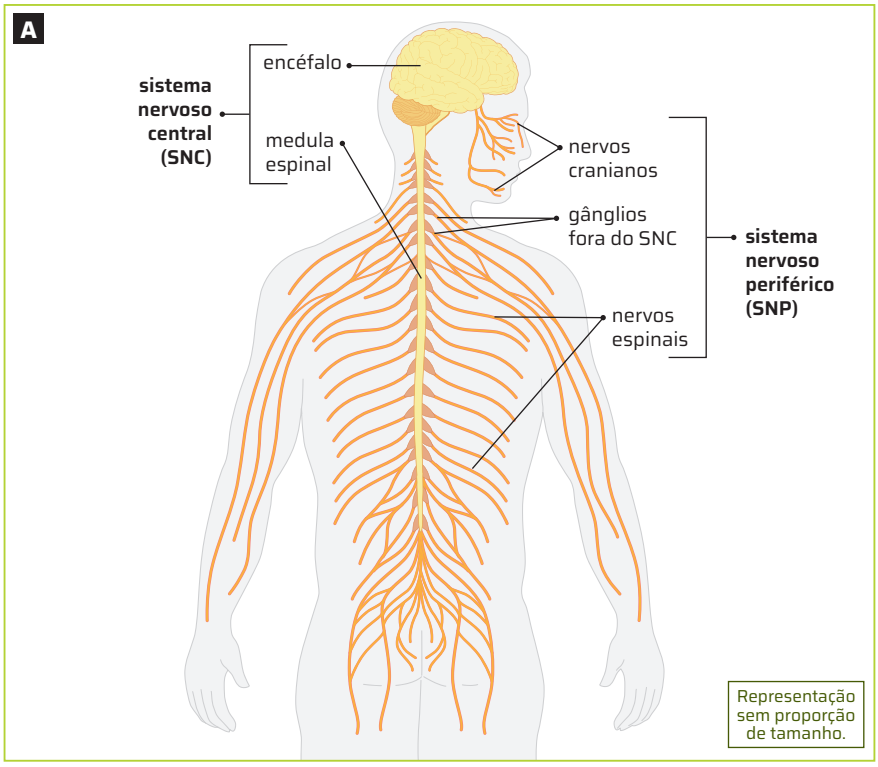
Assim, o SNP e o SNC, em conjunto, exercem importante papel no processo da homeostase dos animais.



Reinaldo Vignati/ID/BR

Representações, desenhadas para uma mesma escala, do sistema nervoso central de quatro vertebrados: o ser humano, o porco, o crocodilo e o tubarão. As cores identificam as mesmas estruturas: cérebro (bege); bulbo olfatório (roxo); tronco cerebral (vermelho); cerebelo (azul). Cores-fantasia.

Fonte de pesquisa: Purves, W. K. *et al. Vida*: a ciência da biologia. Porto Alegre: Artmed, 2005. p. 774.



Reinaldo Vignati/ID/BR

Modelo de organização do sistema nervoso em vertebrados.
O sistema nervoso central consiste no encéfalo e na medula espinal (amarelo). A maior parte do sistema nervoso periférico (laranja) é composto de pares de nervos cranianos, nervos espinais e gânglios. Cores-fantasia.

Fonte de pesquisa: Reece, J. B. *et al. Biologia de Campbell*. 10. ed. Porto Alegre: Artmed, 2015. p. 1082.

ROTEIRO

2. Como o aumento da complexidade do SNC na linha evolutiva dos vertebrados pode ser percebido no comportamento desses animais?

CIÊNCIA, TECNOLOGIA, SOCIEDADE E AMBIENTE

O QUE É BIOMIMÉTICA?

Carlos Takudzwa Kankhungwa/iStock/Getty Images

O edifício *Eastgate Centre*, no Zimbábue, África, foi construído com um sistema de ventilação inspirado nos cupinzeiros, que mantém fresco o interior, reduzindo o gasto de energia com aparelhos de ar-condicionado. Foto de 2024.

[...]

A biomimética é a ciência que se inspira nas estratégias e soluções da natureza para aplicá-las em projetos de diferentes setores. Isso inclui a biologia, o *design*, a arquitetura, a engenharia, a medicina, a agronomia, as geociências, entre outros.

Por meio da observação e da compreensão científica de elementos da natureza, a biomimética busca trazer soluções práticas para problemas reais do dia a dia de pessoas e empresas.

Um exemplo é a observação do sistema de circulação de ar em cupinzeiros para inspirar projetos arquitetônicos com melhor regulação térmica. É o caso do *Eastgate*, um complexo comercial localizado no Zimbábue, que dispensa o uso de [aparelho de] ar-condicionado e conseguiu uma redução de 40% no consumo de energia.

Diante das emergências globais atuais, a biomimética é uma estratégia que pode ajudar a trazer mais sustentabilidade aos processos e [às] soluções das empresas. Com ela, é possível torná-los mais eficientes (sobretudo do ponto de vista energético) e auxiliando na preservação do meio ambiente e na otimização dos recursos naturais.

Além disso, ao buscar inspiração em diferentes elementos da natureza, de seres microscópicos às relações ecológicas em uma floresta, a biomimética também ajuda na valorização da biodiversidade. Afinal, todo ser vivo e todo bioma passam a ser vistos como uma possível fonte de soluções sustentáveis para problemas reais.

Quais são as aplicações da biomimética?

A biomimética pode ser aplicada em diferentes segmentos, uma vez que parte do princípio de utilizar processos biológicos como fonte de inspiração para a inovação.

No Brasil, existem diversas iniciativas baseadas na biomimética, com a participação de empresas e *startups* em biomas como o Cerrado e a Amazônia. Ela busca não apenas a inovação na forma de novos insumos e materiais, mas também em se inspirar na natureza para otimizar processos.

[...]

BIOMIMÉTICA: conheça a tecnologia que se inspira na natureza. Jornada Amazônia, [*s. l.*], 15 set. 2023. Disponível em: https://jornadaamazonia.org.br/biomimetica-conheca-a-tecnologia-que-se-inspira-na-natureza/. Acesso em: 2 set. 2024.

Para discutir

2. Espera-se que os estudantes reconheçam a semelhança da construção com as plantas, que apresentam movimento em relação à fonte luminosa, garantindo melhor captação da energia solar, utilizada na liberação de energia nas células. Essa construção contribui para a redução dos gastos com energia elétrica no museu, pois a iluminação natural reduz gastos com iluminação artificial.

1 **Em sua opinião, como a biomimética pode contribuir para o desenvolvimento mais sustentável da sociedade?** Resposta pessoal. Espera-se que os estudantes reflitam sobre como a biomimética pode fornecer novos produtos, construções e processos inspirados na natureza.

2 **Assim como o edifício *Eastgate*, há obras arquitetônicas no Brasil que foram construídas com base na biomimética. Um exemplo é o Museu do Amanhã, no Rio de Janeiro. Seu *design*, inspirado em formas e estruturas da natureza, apresenta uma cobertura formada por 48 conjuntos que se movimentam ao longo do dia, possibilitando a iluminação natural de seu interior e a captação de energia solar por placas fotovoltaicas. Quais vantagens essas características trazem à construção e a quais seres vivos elas se relacionam?**

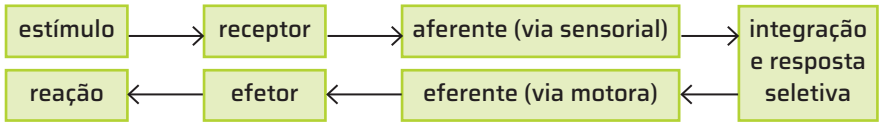
3 **Reúna-se com mais dois colegas. Criem um protótipo de um produto com base na biomimética. Para isso, considerem o que vocês aprenderam sobre sistemas sensoriais. O produto deve ser inspirado em uma estrutura ou em um processo relacionado a esses sistemas e contribuir de alguma forma para resolver algum problema que vocês identificam na comunidade em que vivem.**
Auxilie os estudantes na identificação de problemas e na criação dos protótipos. Verifique se eles se baseiam em estruturas sensoriais de outros animais ou até mesmo do ser humano.

Não escreva no livro.

MECANISMOS E RECEPTORES SENSORIAIS

O termo **receptor sensorial** corresponde a uma célula ou a um órgão sensorial que detecta estímulos. Existe grande variedade de receptores sensoriais, com mecanismos particulares, que fornecem informações aos animais sobre os ambientes externo e interno.

A via nervosa geral, envolvida na percepção de estímulos e na reação a eles, consiste em: neurônios da **via sensorial**, que transmitem informações sobre os estímulos externos ou as condições internas; neurônios no cérebro ou gânglios, os **interneurônios**, que integram e interpretam o estímulo sensorial; neurônios que se estendem pela **via motora** e desencadeiam uma resposta, como a contração muscular, por exemplo. Note a representação dessa via no esquema a seguir:



Via generalizada de percepção de estímulos e de reação a eles.

Fonte de pesquisa: Brusca, R. C. *et al. Invertebrados*. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2018. p. 215.

A conversão de um estímulo químico ou físico para uma mudança no potencial da membrana de um receptor sensorial é chamada **transdução sensorial**. Esses estímulos ativam proteínas específicas da célula receptora que os detectam e respondem com a alteração do fluxo iônico pela membrana (imagem **A**).

PARA EXPLORAR

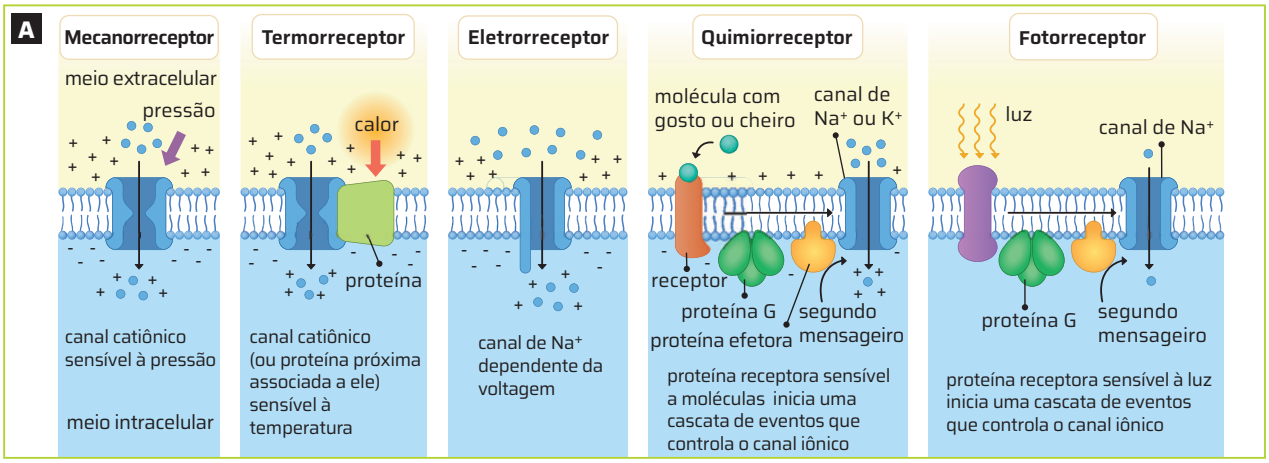
Leia

Grupo mapeia circuitos cerebrais que sinalizam insegurança imediata e criam memória do medo

O artigo de Ricardo Muniz, publicado na Revista *Pesquisa Fapesp* em julho de 2024, aborda estudo feito por pesquisadores do Instituto de Ciências Biomédicas da USP, que mapeou circuitos cerebrais em camundongos, que identificam ameaças imediatas e formam memórias de medo.

Disponível em: https://agencia.fapesp.br/grupo-mapeia-circuitos-cerebrais-que-sinalizam-insegurança-imediata-e-criam-memoria-do-medo/52333. Acesso em: 2 out. 2024.

Representação sem proporção de tamanho.



Bruno Badain/ID/BR

Representação de membranas plasmáticas de células receptoras sensoriais. Nos mecanorreceptores, termorreceptores e eletrorreceptores, ocorre a abertura de canais iônicos. Nos quimiorreceptores e fotorreceptores, a ativação das proteínas receptoras inicia reações bioquímicas que levam à abertura de canais iônicos. Cores-fantasia.

Fonte de pesquisa: Purves, W. K. *et al. Vida*: a ciência da biologia. Porto Alegre: Artmed, 2005. p. 795.

A modificação no potencial de repouso da membrana pelo fluxo iônico provoca um potencial de ação na própria célula receptora ou a modificação na secreção de um neurotransmissor. Nesse caso, o neurotransmissor também desencadeia potenciais de ação na célula nervosa associada à célula receptora.

A intensidade do estímulo é determinada pela frequência dos potenciais de ação gerados em uma via específica. Dependendo da via acionada, o organismo pode detectar sensações visuais, auditivas, olfativas, táteis e gustativas, por exemplo. Os estímulos percebidos podem ser toque, pressão, substâncias químicas, luz e temperatura, entre outros. Vamos conhecer alguns exemplos a seguir.

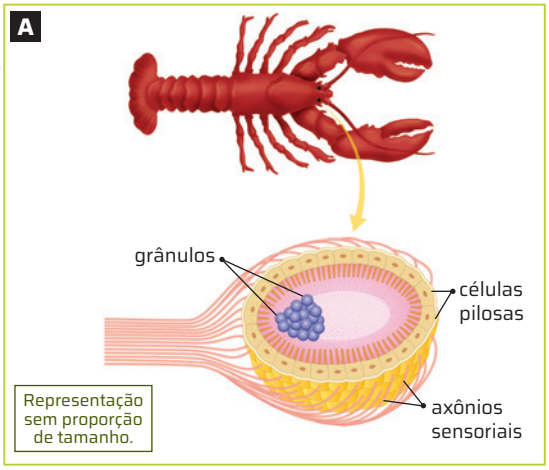
Mecanorreceptores

Os **mecanorreceptores** são receptores que percebem a deformação física causada por formas de energia mecânica, tais como pressão, tato, movimento e som.

Os **receptores táteis** são comumente derivados de células epiteliais modificadas associadas a neurônios. As características dessas células modificadas, como a existência ou não de um exoesqueleto rígido, se associam à estrutura da parede corporal, mas a maioria dos receptores é uma projeção para o meio externo, por exemplo, pelos, cerdas e espinhos.

3. Sensações como calor, pressão, dor, luz, odor e som diferem porque as mensagens das distintas células sensoriais atingem diferentes partes do SNC. Potenciais de ação que chegam ao córtex visual são interpretados como luz; ao córtex auditivo, como som; ao bulbo olfatório, como odor; e assim sucessivamente.

Reinaldo Vignati/ID/BR



Representação de lagosta e, no detalhe, um estatocisto. Cores-fantasia.

Fonte de pesquisa: Reece, J. B. *et al*. *Biologia de Campbell*. 10. ed. Porto Alegre: Artmed, 2015. p. 1 106.

Os **georreceptores** fornecem ao animal informações sobre o que está em cima e o que está embaixo, reagindo à força da gravidade. Comumente, eles são estruturas chamadas **estatocistos**, que são câmaras cheias de líquido com uma esfera ou um grânulo sólido (imagem **A**).

A parede interna da câmara tem células pilosas, que se comunicam com neurônios sensoriais. As mudanças de posição do animal provocam alterações na estimulação do epitélio sensorial pelo grânulo ou esfera, fornecendo-lhe informações sobre sua orientação em relação ao ambiente.

A posição dos membros e a tensão de músculos e articulações são percebidos por **proprioceptores**, que continuamente fornecem ao sistema nervoso central essas informações, de modo que os movimentos sejam coordenados. Esses receptores são ativados por estiramento, e os neurônios sensoriais associados a eles podem estar junto a células musculares especializadas do tecido conjuntivo ou nas membranas que se estendem entre as articulações.

ROTEIRO

3. Como os seres vivos conseguem perceber os potenciais de ação como sensações distintas, se o mecanismo deles é essencialmente similar?

Quimiorreceptores

Uma série de substâncias químicas, presentes nos meios interno e externo dos organismos, podem servir de estímulos para os órgãos sensoriais. Os **quimiorreceptores** são responsáveis por detectar a presença ou a concentração dessas substâncias e transformá-las em impulsos nervosos, permitindo, por exemplo, a percepção de olfato e paladar, assim como o monitoramento do meio interno dos níveis de dióxido de carbono no sangue, em determinados grupos animais. Esse processo ocorre, geralmente, pela difusão da substância em solução através de um epitélio fino.

Um grupo grande de substâncias percebidas pelos quimiorreceptores animais são os feromônios. Essas substâncias são secretadas para o ambiente externo e percebidas por outros indivíduos da mesma espécie (imagem **B**), desencadeando uma reação específica, comportamental ou de desenvolvimento. A composição química muito variada dos feromônios permite a comunicação de mensagens muito específicas, como alarme, defesa, agregação, atração, reconhecimento de indivíduos e de colônias, marcação de território e de locais de deposição de ovos, comportamentos sexuais e identificação de trilhas, por exemplo.

Arlindo71/iStock/Getty Images

O feromônio liberado pela fêmea da mariposa do bicho-da-seda (*Bombix mori*), por uma glândula na extremidade do abdome, é detectado por quimiorreceptores das antenas dos machos.

Termorreceptor

Os **termorreceptores** detectam estímulos térmicos que permitem a percepção de calor e de frio. Os mamíferos apresentam uma variedade de termorreceptores, cada qual específico para uma faixa de temperatura. Algumas serpentes têm termorreceptores na cabeça para detectar a radiação infravermelha emitida pelo calor das presas (imagem **C**).

Reptiles4all/Shutterstock.com/ID/BR

A jararaca (*Bothrops bilineatus bilineatus*) e outras víboras apresentam um par de órgãos sensíveis ao calor, localizados entre as narinas e os olhos, com alta densidade de neurônios sensíveis à radiação infravermelha. Por isso, são capazes de detectar essa radiação emitida pelo calor da presa.

Fotorreceptores

A maioria dos animais, invertebrados e vertebrados, que apresentam algum tipo de **fotorreceptor**, é sensível à luz. Nem todos são capazes de formar imagens, mas as moléculas receptoras de luz – os pigmentos sensíveis à luz – de quase todos os animais são semelhantes estruturalmente. Os pigmentos absorvem a energia da luz na forma de fótons, que servem de estímulo para os neurônios sensoriais.

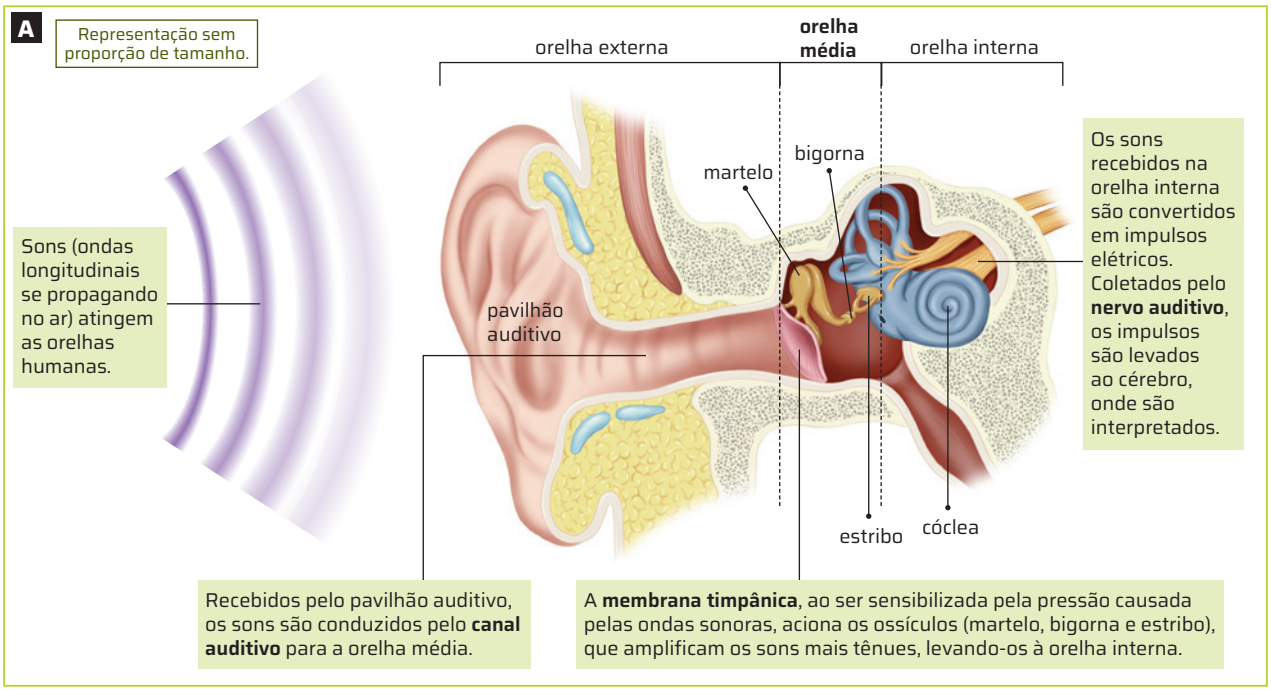
Entre os invertebrados, a complexidade das estruturas fotorreceptoras varia bastante, desde a simples percepção da intensidade luminosa até a formação de imagens com alto grau de discriminação e resolução.

Não escreva no livro.

AUDIÇÃO E EQUILÍBRIO HUMANOS

A audição e o equilíbrio humanos envolvem a participação de orelhas, classificadas em externa, média e interna. Esses órgãos permitem a transformação das ondas mecânicas do som em potenciais de ação, que são conduzidos ao sistema nervoso central e interpretados, gerando a audição. Observe as estruturas das orelhas e o mecanismo da audição na imagem **A**.

4. São exemplos: evitar ouvir músicas em volume alto; não introduzir objetos nas orelhas; procurar um serviço de saúde para a retirada do cerúmen, se houver essa indicação; usar equipamentos de proteção auditiva ao realizar trabalho em ambientes com muitos ruídos; procurar um serviço médico em caso de dor de ouvido ou dificuldade de audição.



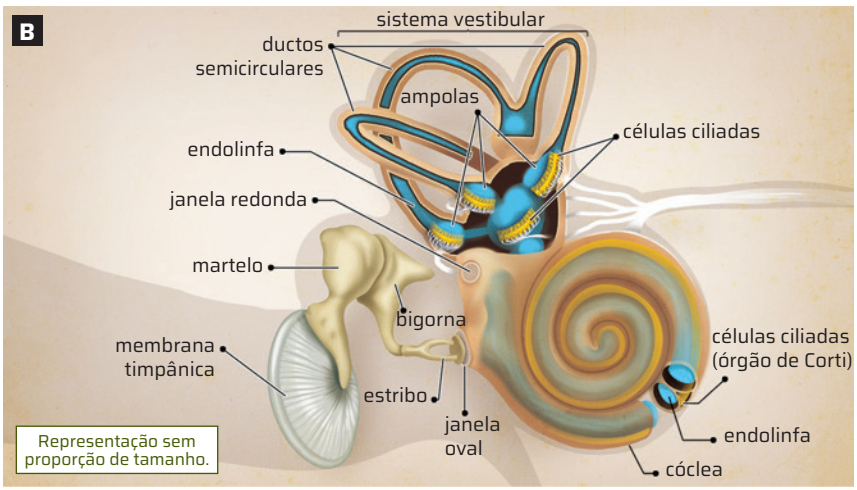
Reinaldo Vignati/ID/BR

Representação esquemática das estruturas da orelha humana. Cores-fantasia.

Fonte de pesquisa: Reece, J. B. *et al*. *Biologia de Campbell*. 10. ed. Porto Alegre: Artmed, 2015. p. 1107.

A **orelha interna** tem dois órgãos de equilíbrio: os canais semicirculares e o vestíbulo (imagem **B**). No interior do vestíbulo, grânulos de carbonato de cálcio localizados sobre uma substância gelatinosa são movimentados pela gravidade quando a cabeça muda de posição, de modo a estimular as células ciliadas, que, por sua vez, geram impulsos nervosos. Estes são conduzidos pelo nervo vestibular até o sistema nervoso central, mais especificamente até o bulbo, que os distribui a outras partes do sistema nervoso, como a medula espinal, o cerebelo e o córtex cerebral.

Fabio Eugenio/ID/BR



O esquema mostra, em corte, detalhes dos ossículos da orelha média e da orelha interna. Note, no interior da orelha interna, as células sensoriais ciliadas, responsáveis pela percepção dos sons (cóclea) e do equilíbrio (sistema vestibular). Cores-fantasia.

Fonte de pesquisa: Junqueira, L. C.; Carneiro, J. *Histologia básica*: texto e atlas. 12. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2013. p. 461.

Além das informações enviadas pela orelha interna, o bulbo integra informações do sistema visual e dos proprioceptores para gerar a percepção do equilíbrio corporal.

ROTEIRO

4. Faça uma pesquisa sobre perdas auditivas e discuta com os colegas: Quais comportamentos podem ser adotados para prevenir perdas auditivas?

EVOLUÇÃO DA PERCEPÇÃO VISUAL

Os **olhos** dos animais vertebrados são órgãos extremamente complexos, que captam a luz focando-a em uma área fotorreceptora, onde é convertida em impulso nervoso, que se traduz em imagens no cérebro. Você já se perguntou como uma estrutura com essa complexidade evoluiu?

Estudos têm mostrado que, ao longo da evolução, os pigmentos fotossensíveis que constituem a base para a sensibilidade à luz foram conservados entre todos os grupos animais. Eles estão presentes tanto em órgãos sensoriais mais simples, como os ocelos, quanto nos olhos, estruturas bem mais completas que também contêm fotorreceptores responsáveis pela captação da luz.

As planárias obtêm informação sobre a direção relativa da luz com base em células fotorreceptoras organizadas nos ocelos, estruturas que podem ser consideradas o primeiro passo evolutivo para os olhos dos vertebrados. Os ocelos consistem em células fotorreceptoras organizadas em estruturas pareadas bilaterais, parcialmente protegidas da luz por uma camada de células pigmentadas (imagem **A**).

Rattiya Thongdumhyu/Shutterstock.com/ID/BR

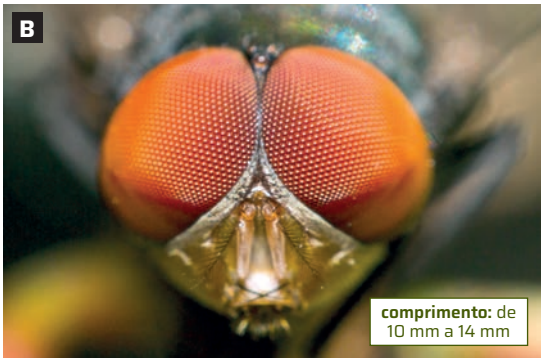
Na planária, um platelminto, a luz incide na abertura do ocelo, onde não há células pigmentadas, e estimula os fotorreceptores. Os gânglios cerebrais comparam as taxas de potencial de ação de ambos os lados e geram movimentos, de modo a diminuir as taxas de estimulação das células receptoras, levando o animal a se afastar da fonte luminosa.

Registros fósseis evidenciaram um grande evento de diversificação de seres vivos ocorrido entre 490 e 540 milhões de anos atrás, a chamada explosão do Cambriano, quando dois tipos de olhos teriam surgido: os **olhos compostos**, como os presentes nos artrópodes atuais, em que a imagem é formada de várias unidades de captação e reflexão da luz (imagem **B**); e os **olhos tipo câmera**, em que uma única lente foca a luz em fotorreceptores em uma região da superfície interna do olho (imagem **C**).

Tammy616/iStock/Getty Images

Moluscos cefalópodes, como a sépia ou o choco (*Sepia* sp.) da foto, têm olhos tipo câmera, mas seus fotorreceptores são muito semelhantes aos dos insetos. Os olhos tipo câmera têm apenas uma pequena abertura ajustável, que permite controlar a entrada de luz; mais atrás, uma estrutura com função de lente faz os ajustes no foco da imagem que chega à camada fotossensível.

Sarintra Chimphoolsuk/Shutterstock.com/ID/BR



Olhos compostos, como os da mosca doméstica (*Calliphora vomitoria*) da foto, são aptos a detectar movimentos, mas possuem acuidade visual limitada. Neles, cada unidade de captação (omatídio) concentra luz em uma direção em uma área receptora, sem a formação de imagem. A imagem resulta dos sinais originados de diversos omatídios.

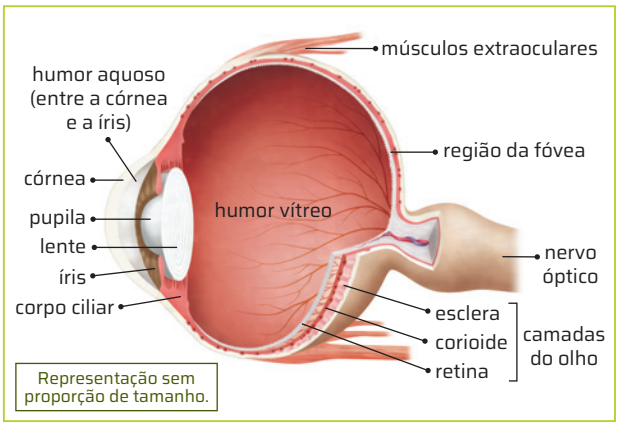
Os vertebrados também têm olhos tipo câmera, mas apresentam outro tipo de fotorreceptores, que, em animais como o ser humano, ocorrem na forma de cones, para a visão diurna, e de bastonetes, para a visão noturna. Assim, esses olhos teriam se desenvolvido há cerca de 100 milhões de anos a partir de estruturas originadas há aproximadamente 600 milhões de anos. A seleção natural, agindo sobre uma variabilidade de componentes gerada ao acaso, teria formado estruturas cada vez mais complexas, como os olhos dos seres humanos, cujo mecanismo de visão será detalhado a seguir.

Não escreva no livro.

Formação de imagem pelo olho humano

O olho humano é uma estrutura complexa que permite a visão. Perceba, na imagem a seguir, detalhes dessa estrutura.

Bruno Badair/ID/BR



Esquema em corte da estrutura interna do olho. Cores-fantasia.

Fonte de pesquisa: Reece, J. B. *et al. Biologia de Campbell*. 10. ed. Porto Alegre: Artmed, 2015. p. 1112.

O olho é uma esfera cheia de fluidos, rodeada por uma espessa camada de tecido conjuntivo denso, a esclera. Na zona frontal do olho, a esclera torna-se transparente e é chamada córnea, por onde a luz penetra. A camada mediana é formada pela corioide, onde se situa a maior parte dos vasos sanguíneos. Na parte anterior, a corioide forma a íris, uma área circular colorida, composta sobretudo de musculatura não estriada e dotada de uma abertura central, a pupila. A íris controla o diâmetro da pupila e, em consequência, a quantidade de luz que entra no olho.

A lente (antigamente chamada cristalino) é transparente e divide o olho em um compartimento anterior, situado entre a córnea e a lente, preenchido pelo líquido humor aquoso, e um posterior, circundado pela retina e preenchido pelo humor vítreo, de consistência gelatinosa. Os humores mantêm a pressão interna e o formato do olho. O corpo ciliar, localizado por trás da íris, contém músculos que regulam o formato da lente.

A pupila permite a entrada de luz. A córnea, a lente e os humores agem como lentes, focando a luz na retina, de modo análogo à lente objetiva das câmeras, que foca a luz em um sensor. Quando a luz atravessa a córnea, a lente e os humores do olho, ela sofre refração, isto é, muda de direção, convergindo para um ponto focal entre a lente e a retina. A imagem se forma na superfície da retina, nítida, mas invertida, como ocorre no sensor das câmeras fotográficas.

Na retina, existem vários tipos celulares que são atravessados pela luz até que ela chegue aos cones e aos bastonetes, células que captam os fótons. Neurotransmissores liberados por esses fotorreceptores geram impulsos nervosos que são levados pelo nervo óptico ao córtex visual do cérebro. Neurônios do córtex visual integram as mensagens das duas retinas e traduzem-nas em uma imagem mental. É o córtex cerebral que interpreta as imagens invertidas, para que as percebamos na posição original.

AÇÃO E CIDADANIA

Problemas de visão e *bullying*

Existem várias condições que causam problemas de visão e podem estar associadas a estruturas oculares, ao nervo óptico e à área cerebral onde ocorre a interpretação dos impulsos nervosos conduzidos pelo nervo óptico. Os principais problemas de visão se associam a anomalias na córnea, na lente e na retina, como mostrado no quadro a seguir.

Problemas de visão	Características
Miopia	A formação da imagem de objetos distantes se dá antes da retina e se manifesta como a dificuldade de enxergar objetos distantes.
Hipermetropia	A imagem de objetos próximos se forma atrás da retina. Assim, há dificuldade de enxergar objetos próximos.
Presbiopia ou vista cansada	Em geral, por volta dos 40 anos de idade, começam a ocorrer dificuldades de acomodação da lente e há problemas na formação de imagens de objetos próximos, cuja imagem se forma atrás da retina.
Astigmatismo	A córnea apresenta curvatura irregular, o que torna a imagem formada na retina distorcida ou embaçada. Ocorrem visão dupla, incapacidade de ver de perto e de longe sem apertar os olhos, fotofobia (maior sensibilidade à luz) e dificuldade para enxergar à noite.

A correção desses problemas de visão é feita com o uso de lentes, que afastam ou aproximam o plano de foco, de modo que a imagem seja formada na retina. O uso de óculos, embora seja necessário para corrigir esses problemas, pode contribuir para a expressão da personalidade, da mesma forma que pode servir de motivo de *bullying*.

1. **Como lidar com essas duas possibilidades de atitude em relação ao uso de óculos de grau? Discuta com os colegas por que toda forma de *bullying* deve ser combatida.**

1. Respostas variáveis. Espera-se que os estudantes que usam ou não óculos compreendam que os diversos corpos e aparências devem ser respeitados. Além disso, o uso de aparelhos corretivos de deficiências não deve ser motivo de nenhuma forma de discriminação.

BIOLOGIA E FÍSICA

LENTES E VISÃO

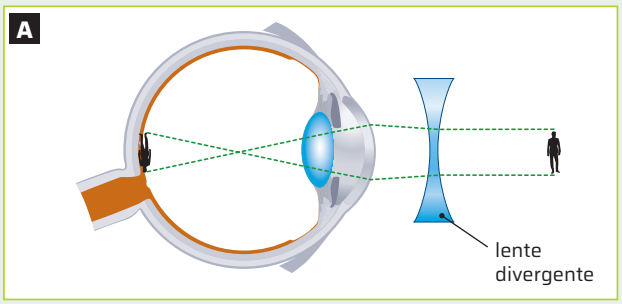
As lentes desviam (ou seja, refratam) os raios de luz, produzindo imagens maiores ou menores do que o objeto observado. Devido a essa propriedade, as lentes são usadas em microscópios, binóculos, telescópios e em outros instrumentos de observação.

As lentes dos óculos e as lentes de contato são usadas para corrigir problemas de visão, como miopia, hipermetropia, astigmatismo e presbiopia. Elas devem ser receitadas por um médico oftalmologista e confeccionadas especialmente para cada caso.

Miopia

Pessoas com miopia veem os objetos distantes de maneira pouco nítida. Isso ocorre porque os raios de luz que entram no olho não formam a imagem sobre a retina, mas à frente dela.

A miopia pode ser corrigida pelo uso de lentes divergentes (imagem **A**), ou seja, que divergem os raios de luz. Assim, a imagem forma-se sobre a retina e a pessoa passa a enxergar com nitidez.



Peter Hermes Furian/Shutterstock.com/ID/BR

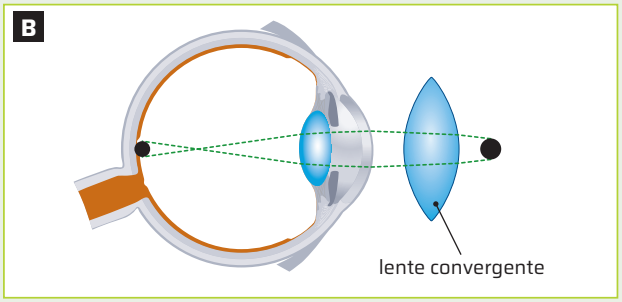
Representação de um olho míope corrigido pelo uso de uma lente divergente. Cores-fantasia.

Fonte de pesquisa: Tortora, G. J.; Grabowski, S. R. *Corpo humano*: fundamentos de anatomia e fisiologia. 8. ed. Porto Alegre: Artmed, 2012. p. 312-313.

Hipermetropia

Ao contrário da miopia, a hipermetropia faz com que os objetos próximos sejam vistos sem nitidez. Isso ocorre porque a imagem dos objetos se forma atrás da retina.

A hipermetropia pode ser corrigida com o uso de lentes convergentes (imagem **B**), isto é, que convergem os raios luminosos para a retina.



Peter Hermes Furian/Shutterstock.com/ID/BR

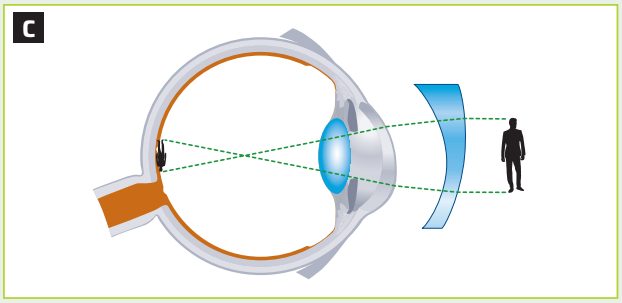
Representação de um olho hipermetrope corrigido pelo uso de uma lente convergente. Cores-fantasia.

Fonte de pesquisa: Tortora, G. J.; Grabowski, S. R. *Corpo humano*: fundamentos de anatomia e fisiologia. 8. ed. Porto Alegre: Artmed, 2012. p. 312-313.

Astigmatismo

No astigmatismo, a curvatura da córnea ou da lente não é uniforme e, como consequência, os raios luminosos não são focados no mesmo ponto. As imagens ficam pouco nítidas, independentemente da distância. O astigmatismo pode ser corrigido com o uso de lentes cilíndricas, ajustadas para as curvaturas da córnea de cada olho (imagem **C**).

Representações sem proporção de tamanho.



Peter Hermes Furian/Shutterstock.com/ID/BR

Representação de um olho com astigmatismo corrigido pelo uso de uma lente com curvatura mais acentuada. Cores-fantasia.

Fonte de pesquisa: Tortora, G. J.; Grabowski, S. R. *Corpo humano*: fundamentos de anatomia e fisiologia. 8. ed. Porto Alegre: Artmed, 2012. p. 312-313.

Conecte as ideias

1 **Uma das causas da miopia é a lente do olho ser muito convergente. Como isso explica esse distúrbio de visão?** Com uma lente muito convergente, os raios de luz acabam convergindo e formando uma imagem antes da retina, o que faz com que os objetos situados a grandes distâncias sejam vistos de maneira pouco nítida.

Não escreva no livro.

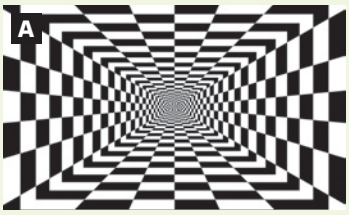
Ilusão de ótica

Imagens coloridas, de formatos geométricos diferentes, que se movimentam confundindo o olho humano e que nos fazem ver imagens irreais são chamadas de ilusão de ótica.

Existem vários níveis de ilusão de ótica, desde as mais simples, derivadas do processamento sensorial, até as mais complexas, que envolvem o início do processamento da percepção. Todas ocorrem devido à organização visual e dos sentidos, mas são criadas por limitações funcionais do sistema sensorial do cérebro, que distorce informações com o intuito de compensar essas limitações.

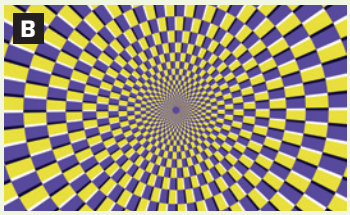
As ilusões de ótica também podem criar impressões de amplitude ou de profundidade com o uso de cores específicas (imagens **A** e **B**).

Como as imagens de ilusão de ótica são criadas? Que características essas imagens devem ter para confundir nosso cérebro? Nesta atividade você e os colegas vão produzir imagens de ilusão de ótica.



Turkan Rahimli/iStock/Getty Images

Imagem de ilusão de ótica. O padrão geométrico em preto e branco cria uma distorção visual.



Tetiana Lazunova/iStock/Getty Images

Imagem de ilusão de ótica. As cores e o formato em espiral criam a ilusão de movimento da imagem.

Material

- folhas de papel sulfite
- lápis preto
- compasso
- canetas hidrográficas coloridas
- câmera fotográfica ou *smartphone* com câmera
- tintas guache e pincéis
- impressora colorida

R.M. Nunes/iStock/Getty Images

A foto brinca com a perspectiva para criar a ilusão de diferença de tamanho entre as pessoas. Salar de Uyuni, Bolívia. Foto de 2020.

Como fazer

1. Formem grupos de quatro estudantes. Cada grupo escolherá uma técnica para criar imagens de ilusão de ótica.
2. São quatro opções de técnica: imagens em preto e branco; imagens coloridas; pinturas; fotografias.
3. Os grupos podem trabalhar com mais de duas técnicas.
4. Pesquisem imagens de ilusão de ótica de referência para a técnica escolhida.
5. O(A) professor(a) vai determinar o tempo disponível para a criação das imagens. Ao final do tempo, os grupos devem apresentar as imagens criadas.
6. As imagens feitas por fotografia devem ser impressas.
7. Façam uma exposição com todas as imagens criadas pela turma e avaliem se elas conseguiram criar o efeito desejado.

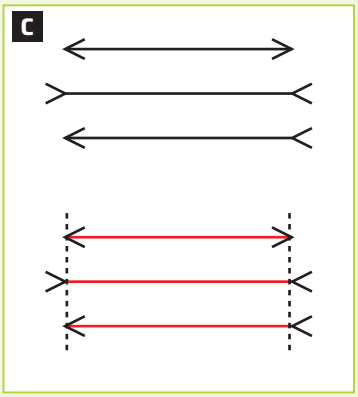
Para concluir

1. Respostas variáveis. É esperado que os estudantes avaliem o resultado do próprio trabalho. Estimule-os a realizar os ajustes necessários para que a imagem atinja o objetivo proposto pela atividade.

1 **A imagem que seu grupo criou atingiu o objetivo de alcançar um efeito de ilusão de ótica? Em caso de resposta positiva, quais características provocaram esse efeito? Em caso de resposta negativa, que ajustes você faria na imagem para que ela cause o efeito de ilusão de ótica desejado?**

2 **O que é uma ilusão de ótica? Por que dizemos que as ilusões enganam o cérebro?** Uma ilusão de ótica ocorre quando o cérebro interpreta informações visuais de maneira diferente da que está realmente presente.

3 **Por que algumas ilusões de ótica, como a ilusão geométrica do psiquiatra e escritor alemão Franz Müller-Lyer (imagem C), fazem com que linhas retas pareçam ser de tamanhos diferentes?**



ID/BR

Ilusão de ótica de Müller-Lyer, em que três retas do mesmo tamanho aparentam ser de tamanhos diferentes.

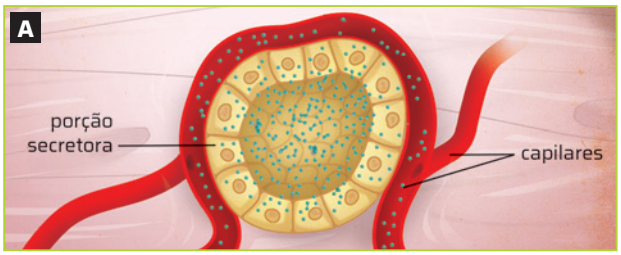
Algumas ilusões de ótica, como a de Müller-Lyer, fazem com que linhas pareçam de tamanhos diferentes devido ao contexto em que essas linhas são apresentadas. O cérebro processa as informações visuais, como ângulos e alinhamentos com outros elementos visuais, para interpretar o tamanho, a forma e a orientação das linhas.

HORMÔNIOS

Os **hormônios** são moléculas sinalizadoras, produzidas em quantidades diminutas por uma parte do corpo de um organismo e transportadas para outras partes, onde se ligam a receptores específicos, desencadeando respostas em células e tecidos-alvo. O transporte dos hormônios costuma ser feito pelo sistema circulatório.

Representação sem proporção de tamanho.

Fabio Eugenio/ID/BR



Representação de glândula endócrina. Note que as glândulas endócrinas liberam suas secreções, os hormônios, diretamente nos vasos sanguíneos que as envolvem. Cores-fantasia.

Em animais, a secreção dos hormônios é feita por órgãos produtores de hormônios, como as glândulas endócrinas (imagem **A**), que constituem o **sistema endócrino**. Este atua em conjunto com o sistema nervoso para coordenar as diversas funções do organismo e, assim, garantir sua homeostase.

A localização, a estrutura e as funções das glândulas endócrinas e de outros elementos do sistema endócrino são muito semelhantes entre os vertebrados, e a maior parte de seus hormônios tem composição química e efeitos diferentes daqueles dos invertebrados. Nos insetos, por exemplo, o hormônio ecdisona estimula o processo de muda, exercendo importante papel no crescimento e na metamorfose da fase juvenil para a fase adulta. Já em diferentes espécies de vertebrados é o hormônio do crescimento (GH, do inglês *growth hormone*) que atua no crescimento corporal, além de participar de outras funções, como a manutenção da homeostasia em períodos de jejum e de atividade física. Há hormônios, porém, que são muito similares entre vertebrados e invertebrados, como é o caso da insulina, mostrando a relação evolutiva entre os diferentes grupos animais.

Os hormônios vegetais ou **fitormônios**, por sua vez, são mensageiros químicos produzidos em uma célula ou em um tecido, que atuam modificando ou controlando um ou mais processos fisiológicos específicos das plantas. Essas interações costumam ocorrer em concentrações baixas e são muito importantes nas respostas a fatores ambientais.

ROTEIRO

5. Pesquise informações sobre outros hormônios que atuam em diferentes animais e organize os dados encontrados em esquemas ou tabelas.

Os principais grupos de fitormônios

O **ácido indolacético** (AIA) é um fitormônio pertencente ao grupo das auxinas, que atua sobre as células de raízes, caules e folhas, desempenhando as seguintes funções: estímulo do crescimento das células das raízes e dos caules, promovendo seu alongamento (imagem **B**); controle de movimentos, como o desenvolvimento em direção à luz e em resposta à gravidade; inibição da formação de ramos laterais do caule, fenômeno conhecido como dominância apical; entre outras.

O **ácido abscísico**, um fitormônio relacionado às respostas de plantas em situação de estresse, como falta de água e baixas temperaturas, acumula-se na base do ovário, nas folhas e nos caules. Entre suas funções, destacam-se a inibição da germinação das sementes e do desenvolvimento de gemas laterais, além da indução do fechamento de estômatos em situações de estresse hídrico.

O gás **etileno** é produzido em diversas partes das plantas. Entre as atividades desempenhadas por esse fitormônio, destacam-se: estímulo da abscisão, isto é, da queda das folhas e de outras partes da estrutura das plantas; inibição do crescimento de raízes e de gemas caulinares; senescência (envelhecimento) das flores e das folhas; amadurecimento dos frutos. Esse gás é usado em estufas por alguns produtores para estimular o amadurecimento de frutos cultivados.

As **citocininas** são fitormônios que estimulam a divisão celular e atuam no desenvolvimento de gemas laterais e no atraso da senescência e da inibição da abscisão foliar (queda das folhas). Esses fitormônios são produzidos em maior quantidade nos **meristemas** apicais da raiz e transportados para as demais partes de uma planta.

As **giberelinas** são produzidas nos tecidos jovens de caules e nas sementes, e desempenham funções como: estímulo ao alongamento do caule e das gemas caulinares; desenvolvimento do fruto; germinação das sementes; estímulo à floração em algumas angiospermas; quebra de dormência de gemas caulinares.

Fabio Colombini/Acervo do fotógrafo

Desenvolvimento de raízes em caule de bambu.

5. Respostas variáveis. Os hormônios mencionados pelos estudantes vão variar conforme o resultado das pesquisas. Algumas respostas possíveis são: a atuação do hormônio juvenil, responsável pela metamorfose e ecdise em grupos de insetos; hormônios esteroides, com influência nas características sexuais em vertebrados, entre outras.

DE OLHO NO CONCEITO

Meristema

Tecido vegetal do qual se originam todos os demais tecidos.

Não escreva no livro.

ATIVIDADES

5. b) Resposta pessoal. Eles podem, por exemplo, considerar quantas vezes utilizam os fones auriculares por dia e quanto tempo, em geral, permanecem conectados a cada vez.

1 **Imagine a seguinte situação: uma pessoa está dirigindo quando de repente o carro à frente dela freia bruscamente. Na sequência, essa pessoa tenta frear a fim de evitar a colisão.**

a) Descreva a atuação do sistema nervoso desde o momento do estímulo (percepção de que o carro da frente freou) até a execução da resposta (ato de frear o carro para evitar a colisão).
Veja resposta em *Respostas e comentários* no Manual do Professor.

b) Por que a reação do motorista não é imediata em uma situação como a descrita? Qual a importância de manter certa distância do veículo da frente?
Veja resposta em *Respostas e comentários* no Manual do Professor.

2 **Sabe-se que as glândulas endócrinas são bastante vascularizadas, isto é, apresentam uma grande quantidade de vasos sanguíneos. Proponha uma explicação para esse fato.** Veja resposta em *Respostas e comentários* no Manual do Professor.

3 **Um produtor realizou a colheita de bananas, mas elas ainda estão muito verdes para serem comercializadas. Assinale a alternativa que indica corretamente uma estratégia que o produtor pode adotar para acelerar a maturação das bananas.** Alternativa **d**.

a) O produtor deve pulverizar a plantação com ácido abscísico.

b) O produtor deve tratar os frutos com giberelina, um indutor do amadurecimento.

c) O produtor deve utilizar um inibidor de citocinas, um fitormônio que retarda o amadurecimento dos frutos.

d) O produtor deve tratar os frutos com gás etileno, um fitormônio que estimula o amadurecimento dos frutos.

e) O produtor deve tratar os frutos com um inibidor de ácido absísico.

4 **O que é estrato mielínico? Quais são as diferenças entre a propagação do impulso nervoso em uma fibra mielinizada e em uma fibra não mielinizada?**
Veja resposta em *Respostas e comentários* no Manual do Professor.

5 **A tabela a seguir apresenta o intervalo de tempo máximo, em minutos, que uma pessoa pode ficar submetida a ruído sem que sejam causados grandes danos à sua saúde.**

Intensidade (dB)	Exposição (min)
91	120
94	60
97	30
103	~8

Esses dados representam um alerta para os riscos que o uso excessivo de aparelhos sonoros modernos pode trazer à saúde auditiva das pessoas.

a) Quando você ouve aparelhos sonoros, o som está em intensidade alta ou baixa? Leia o manual dos aparelhos sonoros que você utiliza e verifique os níveis possíveis de sensação sonora.

b) Estime o tempo diário, em minutos, durante o qual você utiliza aparelhos sonoros. Considere o tempo que você usa seus fones de ouvido.

c) Compare esse intervalo de tempo médio com os valores apresentados na tabela e avalie se há risco de perda da saúde auditiva para você e para os colegas em decorrência do uso excessivo.

6 **Leia este texto para responder às questões que se seguem.**

5. c) Resposta variável. Os estudantes podem realizar essa atividade registrando os dados solicitados nos itens anteriores e, depois, compartilhá-los com os colegas para comparar os resultados.

[...] O barulho é a causa mais comum de perda auditiva que pode ser prevenida. Nosso sistema auditivo, assim como [o] de todos os mamíferos, apresenta células sensoriais de audição que, uma vez lesadas, não se regeneram.

A surdez causada por ruído pode ocorrer por exposição única (barulho de um tiro de revólver – 140 dB) ou por exposição prolongada a um ambiente em que o nível médio de ruído é muito intenso (alguns tipos de indústria – 85 dB). A Organização Mundial de Saúde (OMS) estima que 10% da população mundial está exposta a níveis de ruído que podem causar danos à audição.

[...]

JARDIM, C. O som e a fúria – efeitos da poluição sonora não causam só a perda da audição. Revista *Galileu*, [*s. l.*], 5 ago. 2014. Disponível em: http://revistagalileu.globo.com/blogs/segunda-opiniao/noticia/2014/08/o-som-e-furia-efeitos-da-poluicao-sonora-nao-causam-so-perda-da-audicao.html. Acesso em: 1º ago. 2024.

6. a) Veja resposta em *Respostas e comentários* no Manual do Professor.

a) De acordo com o texto, qual parte da orelha é afetada pela poluição sonora? Descreva de que maneira essa parte contribui para a percepção dos sons.

b) Quais são os cuidados que uma pessoa deve ter ao ouvir música com fones de ouvido?
Veja resposta em *Respostas e comentários* no Manual do Professor.

7 **Uma pessoa compra um café na padaria e, quando seus dedos encostam no copo, afasta a mão imediatamente. Então, ela segura o copo pela borda, onde não há contato com o café quente. Quais ações dessa cena são voluntárias e quais são involuntárias?**
Veja resposta em *Respostas e comentários* no Manual do Professor.

8 **Na retina, há dois tipos de fotorreceptor: os cones e os bastonetes. De que maneira o funcionamento deles explica o dito popular "À noite todos os gatos são pardos"?**
Veja resposta em *Respostas e comentários* no Manual do Professor.

9 **Preencha as lacunas do quadro a seguir com o lado da membrana (externo ou interno) que está com excesso de cargas positivas ou negativas.**
Veja resposta em *Respostas e comentários* no Manual do Professor.

Situação	Excesso de cargas positivas	Excesso de cargas negativas
Potencial de repouso	//////////////////	//////////////////
Despolarização	//////////////////	//////////////////
Repolarização	//////////////////	//////////////////
Potencial de ação	//////////////////	//////////////////

5. a) Resposta pessoal. É bastante provável que os estudantes respondam que não sabem ou que está baixo, pois as pessoas que ouvem sons em volume muito alto raramente admitem isso.

ESTUDO DE CASO

A VIDA NO LIMITE: OS DESAFIOS DA OSMORREGULAÇÃO NOS BEIJA-FLORES

Ale Grutta foto/Shutterstock.com/ID/BR

Flor do cipó-de-são-joão (*Pyrostegia venusta*).

Gerrit Vyn/ Nature PL/ Fotoarena

Para satisfazer os requisitos diários de energia, alguns beija-flores (*Calypte anna*) consomem uma quantidade de néctar igual a, aproximadamente, 1,6 vezes a sua massa corporal, um valor cinco vezes maior do que o esperado para uma ave do seu tamanho.

Eu e minha avó morávamos na mesma rua, quando eu era mais jovem. Em frente à casa de minha avó, havia um canteiro onde ela e meu avô cultivavam diferentes espécies de plantas. Eles gostavam de plantas com flores bem coloridas. A minha preferida era o cipó-de-são-joão que crescia junto ao muro. As flores do cipó-de-são-joão são alaranjadas, em forma de tubo, e abrem na ponta como se fossem um laço de fita. Eu adorava ficar olhando o beija-flor que toda manhã, logo cedo, vinha visitá-las.

A velocidade e a agilidade com que o beija-flor se move antes de parar repentinamente no ar sempre me encantaram. Ele parece ter pressa em visitar o máximo de flores possível: vai de uma flor a outra com uma precisão incrível. Na época, eu já sabia bastante coisa sobre os beija-flores: que eles batem as asas cerca de 90 vezes por segundo e que seu coração bate 1,2 mil vezes por minuto. Para ter uma ideia, em um ser humano adulto saudável, o coração bate entre 60 e 100 vezes por minuto. E eu sempre me perguntava: Como isso é possível? De onde vem tamanha energia? Como deve funcionar seu minúsculo organismo?

Anos mais tarde, já como bióloga, resolvi pesquisar em meu mestrado os mecanismos de osmorregulação dos beija-flores. Essas aves têm uma alta taxa metabólica e, consequentemente, uma grande demanda pela digestão de açúcares, por isso ingerem uma quantidade de néctar que pode chegar a quase duas vezes a massa de seu corpo. O néctar é uma solução de água e açúcar, com pouca quantidade de aminoácidos e sais. A ingestão de grande quantidade de água representa um desafio para a manutenção da osmorregulação de animais pequenos como o beija-flor.

Reúnam-se em grupos para realizar as atividades. Sempre que for necessário, façam pesquisas em *sites*, livros, jornais e revistas especializadas.

1 **Os beija-flores são animais que têm necessidade de economizar água? Justifiquem suas respostas.** Não. Conforme apresentado no texto, eles ingerem grande quantidade de água com o néctar das flores.

2 **As dietas contêm um excesso de água que deve ser eliminado. Na opinião de vocês, de que maneira o excesso de água ingerido pelos beija-flores é eliminado? Justifiquem.**

Pesquisando sobre a osmorregulação em beija-flores, encontrei um trabalho em que os autores defendiam a hipótese de que talvez apenas uma pequena fração da água ingerida pelos beija-flores seja absorvida pelo intestino delgado, e o restante passaria rapidamente pelo trato intestinal até a cloaca.

3 **Caso os autores do trabalho citado estejam certos, como se dariam os mecanismos de absorção de nutrientes no organismo dos beija-flores?**

Em outro trabalho, os autores demonstraram que o alimento ingerido pelos beija-flores passa muito rápido pelo sistema digestório: o processo de digestão completo foi estimado em 40 minutos. Apesar dessa velocidade, essas aves conseguem extrair 97% da glicose ingerida em uma refeição. Esses autores também identificaram que, apesar de as concentrações de glicose no intestino delgado dos beija-flores serem maiores do que a concentração sanguínea dessa substância, o que permitiria o transporte passivo da glicose, a permeabilidade do intestino delgado dos beija-flores a essa substância é muito baixa, a mais baixa entre os vertebrados estudados.

2. Respostas pessoais. Os estudantes podem propor mecanismos de osmorregulação estabelecidos pelos rins, na forma de urina, ou considerar a possibilidade de a água não ser absorvida no intestino e ser eliminada pela cloaca.

3. A absorção de nutrientes deveria ocorrer de forma rápida ao longo do intestino delgado.

Não escreva no livro.

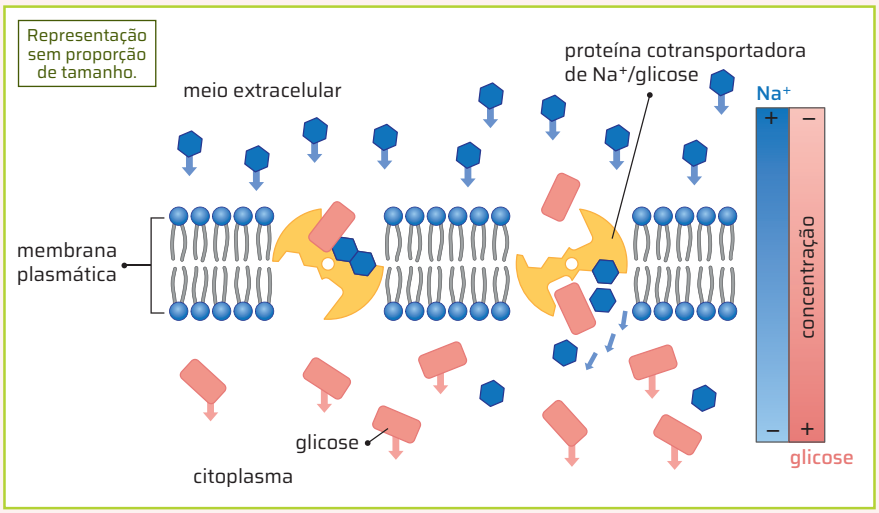
4 **Pode-se afirmar que o transporte ativo da glicose no intestino delgado dos beija-flores poderia ser uma adaptação relacionada à osmorregulação desses animais? Elaborem argumentos com base em seus conhecimentos sobre o mecanismo de difusão e de osmose nas células.**

É conhecido que o transporte da glicose do intestino para a corrente sanguínea é feito por um processo no qual a proteína de transporte utiliza o movimento dos íons de sódio a favor de seu gradiente de concentração para transportar uma substância contra seu gradiente de concentração. No caso da glicose, a proteína usa a energia do gradiente de sódio para transportar as moléculas de glicose. O gradiente de concentração do íon sódio é mantido pela ação da Na^+/K^+ ATPase.

Foi demonstrado que o transporte da glicose para a corrente sanguínea, por meio do cotransportador Na^+/glicose do intestino, está vinculado ao transporte de 260 moléculas de água. Note o esquema a seguir.

4. Respostas variáveis. Espera-se que os estudantes, com base no que já estudaram sobre difusão e osmose nas células, consigam argumentar que, caso o transporte da glicose ocorresse por difusão, a alta taxa de difusão da glicose poderia facilitar a saída dos íons do meio mais concentrado (sangue) para o meio mais diluído (lúmen do intestino delgado), transformando, assim, o intestino delgado em um dreno de íons devido ao alto fluxo de fluidos. Dessa forma, o transporte ativo seria uma forma de o organismo evitar um desequilíbrio osmótico.

Bruno Badain/ID/BR



Esquema do funcionamento de uma proteína cotransportadora de Na^+/glicose. Cores-fantasia.

Fonte de pesquisa: Clark, M. A. *et al.* Active transport. *In*: Rice University. *Biology 2e*. OpenStax. Houston: Rice University, 2020. Disponível em: https://openstax.org/books/biology-2e/pages/5-3-active-transport. Acesso em: 20 ago. 2024. (Adaptado.)

5 **Sabendo que os beija-flores apresentam uma das mais altas taxas de transporte de glicose entre os vertebrados, o que se pode concluir a respeito da absorção de água por esses animais? Isso corroboraria a hipótese de que a maior parte da água ingerida pelos beija-flores não é absorvida pelo intestino?**

5. Com base na informação sobre o transporte acoplado de moléculas de água junto com a glicose, espera-se que os estudantes concluam que os beija-flores absorvem uma grande quantidade de água de sua dieta, portanto, não é possível corroborar essa hipótese.

Com essa constatação, vocês devem estar se perguntando como os beija-flores eliminam o excesso de água absorvida no intestino. Atualmente, sabe-se que os néfrons são a unidade funcional dos rins, estruturas que participam da formação da urina. Há dois tipos básicos de néfron: o tipo cortical (reptiliano), que é mais numeroso e não tem alça de Henle, e o tipo medular (de mamíferos), que é menos numeroso e tem alça de Henle (esses tipos apresentam outras diferenças). Um estudo examinou os rins de três espécies de beija-flores e sugeriu que os rins desses animais são formados por néfrons do tipo reptiliano.

6 **Façam uma pesquisa sobre a morfologia e a função das principais partes de um néfron. Em seguida, procurem estabelecer uma possível relação entre o tipo de néfron reptiliano e a alta absorção de água nos beija-flores.**

As aves, em geral, não apresentam bexiga urinária, característica considerada uma adaptação ao voo, já que sem esse órgão elas se tornam mais leves. O ácido úrico, principal excreta das aves, é retirado do sangue pelos rins e de lá é conduzido diretamente à uretra, onde é eliminado pela cloaca. Ocorre na cloaca a absorção da maior parte da água presente na urina, tornando o ácido úrico altamente concentrado, com uma consistência pastosa e cor esbranquiçada, eliminado com as fezes do animal. **6.** Veja resposta em *Respostas e comentários* no Manual do Professor.

7 **Com os conhecimentos reunidos até aqui, quais hipóteses vocês levantariam sobre outras prováveis adaptações que poderiam ser relacionadas ao processo de formação da urina em beija-flores? Como fariam para testá-las?**

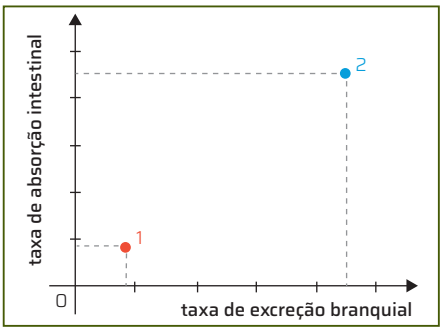
7. Respostas variáveis. Os estudantes devem analisar as características do sistema digestório geral das aves para explorar possíveis variações, na forma e na função dessas estruturas, que possam representar adaptações relacionadas à excreção do excesso de água absorvido no intestino.

QUESTÕES GLOBAIS

1 (**Fuvest-SP**) Uma pessoa passará a excretar maior quantidade de ureia se aumentar, em sua dieta alimentar, a quantidade de Alternativa **e**.

a) amido.
b) cloreto de sódio.
c) glicídios.
d) lipídios.
e) proteínas.

2 (**Uerj**) Foram utilizados, em um experimento, dois salmões, X e Y, de mesmo sexo, peso e idade. O salmão X foi aclimatado em um aquário contendo água do mar, e o salmão Y, em um aquário similar com água doce. As demais condições ambientais nos dois aquários foram mantidas iguais e constantes.
Observe, no gráfico [ao lado], os resultados das medidas, nesses peixes, de dois parâmetros em relação ao íon Na^+: taxa de absorção intestinal e taxa de excreção pelo tecido branquial.



Uerj/Fac-Símile/ID/BR

Considerando o exposto, explique:

a) as diferenças encontradas entre os peixes nos valores dos parâmetros medidos e identifique o tipo de aclimatação que corresponde aos pontos 1 e 2 do gráfico; Veja resposta em *Respostas e comentários* no Manual do Professor.
b) a atuação do rim no processo de controle hídrico de salmões adaptados em água do mar e em água doce. Em água salgada, o rim praticamente não elimina urina para reter a maior quantidade possível de água, devido à tendência do peixe de se desidratar. Em água doce, o rim excreta uma grande quantidade de urina diluída para evitar a entrada de água em excesso por osmose.

3 (**UFPR**) A fagocitose de agentes invasores é um processo fundamental nas respostas de defesa dos organismos multicelulares. Escolha a alternativa que apresenta a ordem de eventos, desde o encontro entre um macrófago e o patógeno até a apresentação deste ao sistema imunológico. Alternativa **a**.

1. Digestão e degradação do patógeno.
2. Formação dos fagossomas.
3. Fusão dos lisossomas ao fagossoma.
4. Adesão e internalização.
5. Exocitose dos produtos.

a) 4, 2, 3, 1, 5.
b) 5, 3, 2, 1, 4.
c) 1, 4, 2, 3, 5.
d) 5, 2, 3, 4, 1.
e) 4, 2, 5, 3, 1.

4 (**Vunesp**) Na casa de Pedrinho, a caixa-d'água mantinha-se suspensa por quatro grandes pilares. Ao lado da caixa-d'água, um abacateiro tinha a mesma altura, o que fez Pedrinho pensar: "Se, para abastecer as torneiras da casa, a caixa tinha que ficar a certa altura, de tal modo que a água fluísse pela ação da gravidade, como o abacateiro resolvia o problema de transportar a água do solo para as folhas, contra a ação da gravidade?" Explique como a água do solo pode chegar às partes mais altas da planta. A água do solo, absorvida pelas raízes, é conduzida pelos vasos do xilema até a copa. O principal fenômeno responsável pela ascensão da seiva bruta é a "sucção" da copa, promovida por dois fatores: a transpiração e a fotossíntese.

5 Em túneis existem alertas do tipo: "Em caso de congestionamento, desligue os motores". Queimar carvão ou outros combustíveis ricos em carbono em locais fechados também pode ser perigoso. Explique a causa dessa preocupação. Isso se deve ao fato de que os escapamentos de automóveis e a combustão de carvão e lenha liberam monóxido de carbono (CO), gás inodoro que, quando inspirado em elevadas concentrações, pode levar à morte por asfixia.

6 (**Enem**) A retina é um tecido sensível à luz, localizado na parte posterior do olho, onde ocorre o processo de formação de imagem. Nesse tecido, encontram-se vários tipos celulares específicos. Um desses tipos celulares são os cones, os quais convertem os diferentes comprimentos de onda da luz visível em sinais elétricos, que são transmitidos pelo nervo óptico até o cérebro. Alternativa **a**.

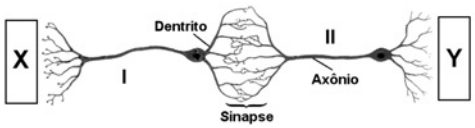
Disponível em: www.portaldaretina.com.br. Acesso em: 13 jun. 2012. (Adaptado.)

Em relação à visão, a degeneração desse tipo celular irá

a) comprometer a capacidade de visão em cores.
b) impedir a projeção dos raios luminosos na retina.
c) provocar a formação de imagens invertidas na retina.
d) causar dificuldade de visualização de objetos próximos.
e) acarretar a perda da capacidade de alterar o diâmetro da pupila.

Não escreva no livro.

7 (**Fuvest-SP**) O esquema representa dois neurônios contíguos (I e II), no corpo de um animal, e sua posição em relação a duas estruturas corporais identificadas por X e Y.



Fuvest 2004. Fac-símile/ID/BR

a) Tomando-se as estruturas X e Y como referência, em que sentido se propagam os impulsos nervosos através dos neurônios I e II? Os impulsos se propagam de Y para X.

b) Considerando-se que, na sinapse mostrada, não há contato físico entre os dois neurônios, o que permite a transmissão do impulso nervoso entre eles?

c) Explique o mecanismo que garante a transmissão unidirecional do impulso nervoso na sinapse.

7. b) A transmissão do impulso nervoso ocorre graças à liberação de mediadores químicos (neurotransmissores) pelas terminações do axônio do neurônio II, na região da sinapse.

7. c) A transmissão unidirecional na sinapse é garantida pelo fato de que as vesículas com neurotransmissores existem apenas nas terminações do axônio pré-sináptico.

8 **(Unicamp-SP**) "Os ouvidos não têm pálpebras". A frase do poeta e escritor Décio Pignatari mostra que não podemos nos proteger dos sons desconfortáveis fechando os ouvidos*, como fazemos naturalmente com os olhos. O ruído excessivo, que atinge o auge em concertos de *rock*, causa problemas auditivos. Nesses concertos, cerca de 120 decibéis são transmitidos durante mais de duas horas seguidas, quando, de acordo com recomendações médicas, deveriam ser limitados a 3 minutos e 45 segundos. Quem ouve música alta, em fones de ouvido, também está sujeito a danos graves e irreversíveis, já que, uma vez lesadas, as células do ouvido não se regeneram.

(Adaptado de *Época*, 10 ago. 1998).

*o termo mais aceito atualmente é "orelha".

a) O ouvido é constituído de três partes. Quais são essas partes? Em qual delas estão as células lesadas pelo excesso de ruído? Orelha externa (pavilhão auditivo), orelha média e orelha interna. As células lesadas pelo excesso de ruído se situam na orelha interna.

b) Indique a função de cada uma das três partes na audição.

8. b) Orelha externa: captação das ondas sonoras; orelha média: transmissão do som, para a orelha interna, por meio do tímpano e dos ossículos; orelha interna: transformação dos estímulos recebidos em impulsos nervosos, enviados ao cérebro pelo nervo auditivo.

9 (**UFC-CE**) A teoria de Dixon é uma das hipóteses que tenta explicar o transporte de água da raiz até as folhas de árvores com mais de 30 metros de altura, como a castanheira-do-pará. Assinale a alternativa que contém aspectos nos quais se baseia essa teoria. Alternativa **a**.

a) Coesão entre as moléculas de água, adesão entre essas moléculas e as paredes do xilema, tensão gerada no interior dos vasos pela transpiração foliar.

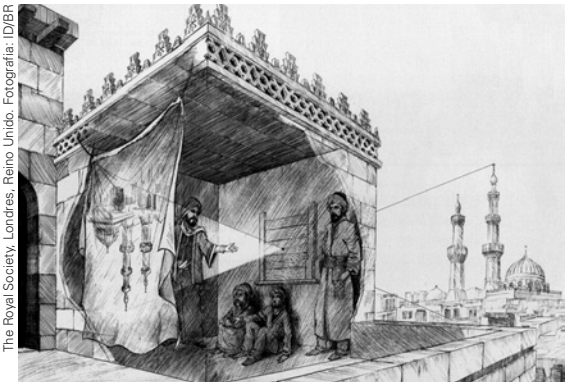
b) Aumento da concentração osmótica no interior dos vasos xilemáticos da raiz, entrada de água por osmose, impulsão da seiva para cima.

c) Semelhança dos vasos do xilema a tubos de diâmetro microscópico, propriedades de adesão e coesão das moléculas de água, ocorrência do fenômeno da capilaridade.

d) Permeabilidade seletiva das células do córtex da raiz, presença da endoderme com as estrias de Caspary, transporte ascendente da seiva bruta.

e) Produção de carboidratos nas folhas, aumento da concentração osmótica nesses órgãos, ascensão da seiva bruta, por osmose e capilaridade, nos vasos do xilema.

10 (**Enem**) Entre os anos de 1028 e 1038, Alhazen (Ibn al-Haytham; 965 [d.C.]-1040 d.C.) escreveu sua principal obra, o *Livro da óptica*, que, com base em experimentos, explicava o funcionamento da visão e outros aspectos da ótica, por exemplo, o funcionamento da câmara escura. O livro foi traduzido e incorporado aos conhecimentos científicos ocidentais pelos europeus. Na figura, retirada dessa obra, é representada a imagem invertida de edificações em um tecido utilizado como anteparo. Alternativa **b**.



The Royal Society, Londres, Reino Unido. Fotografia: ID/BR

Se fizermos uma analogia entre a ilustração e o olho humano, o tecido corresponde ao(à)

a) íris.

b) retina.

c) pupila.

d) córnea.

e) cristalino.

Zewail, A. H. Micrographia of the twenty-first century: from camera obscura to 4D microscopy. *Philosophical Transactions of the Royal Society A*, v. 368, 2010. (Adaptado.)

1. Resposta pessoal. Manifestações culturais como a dança constituem patrimônio histórico e cultural da humanidade e possibilitam o desenvolvimento da criatividade e a expressão de ideias, sentimentos e visões de mundo.

SER HUMANO E SAÚDE

Ao praticar uma atividade física, como a dança, todo o organismo se envolve na tarefa. Os batimentos cardíacos aumentam, a respiração fica acelerada, as reservas de nutrientes são mobilizadas para fornecer energia ao corpo, e hormônios e milhares de sinais nervosos que controlam todo o organismo são liberados.

É a integração entre os sistemas e os mecanismos de controle de nosso organismo que garante a ele se adaptar a diferentes condições de modo saudável; porém, alterações nesses sistemas podem gerar estados de desequilíbrio, que, muitas vezes, estão por trás de diversas doenças.

Conhecer como funciona o corpo humano, como se dão os processos de saúde e de doença, e de que forma se estruturam em diversos níveis as estratégias que garantem a manutenção da saúde individual e coletiva é fundamental para desenvolver autonomia e responsabilidade pela própria saúde e pela saúde da comunidade.

Nesta unidade, você vai estudar como funcionam os diferentes sistemas que formam o corpo humano e como manter o organismo saudável.

OBJETIVOS

- Relacionar saúde e tecnologia e analisar a estrutura da saúde pública no Brasil.
- Identificar e discutir vulnerabilidades e desafios aos quais os jovens estão expostos.
- Conhecer estratégias de manutenção da saúde individual e da coletiva.

QUESTÕES PARA REFLETIR

1. Você já praticou ou vivenciou manifestações culturais e artísticas, como a da foto? Quais? Por que é preciso valorizá-las?
2. Quais mudanças ocorrem no corpo quando se pratica atividades como a dança?
3. Quais profissões você conhece que trabalham diretamente com a promoção da saúde das pessoas? Resposta variável. Espera-se que os estudantes conheçam algumas profissões associadas ao cuidado da saúde, como a de médico, enfermeiro, odontologista, fisioterapeuta, psicólogo e educador físico.

2. Resposta variável. Os movimentos da dança geram um aumento da frequência cardíaca, aumentando também o ritmo da respiração e garantindo uma melhor oxigenação das células. Durante práticas como essa, além da endorfina, o corpo libera também neurotransmissores, que proporcionam uma sensação de bem-estar, prazer, bom humor e analgesia das dores.

Apresentação da dança do Carimbó do Grupo Folclórico Cultural Flores da Alegria da terceira idade no Festival Pará do Museu do Pontal, no Rio de Janeiro (RJ). Foto de 2023. ▸

Luciana Whitaker/Pulsar Imagens

6

1 Fisiologia humana

2 Saúde e tecnologia

FISIOLOGIA HUMANA

PARA COMEÇAR

1. Quais sistemas formam o corpo humano?
2. Quais são os sistemas responsáveis pelo controle do organismo?
3. De que forma esses sistemas estão integrados?

1. Os sistemas que formam o corpo humano são: sistema digestório, circulatório, respiratório, urinário, reprodutor, nervoso e endócrino.

2. Os sistemas nervoso e endócrino.

3. Eles garantem os nutrientes necessários para o organismo, que são transportados pelo sistema circulatório a todas as células; os resíduos metabólicos são eliminados pelos sistemas urinário e respiratório; e os sistemas nervoso e endócrino coordenam o funcionamento do organismo.

UMA CIÊNCIA ANTIGA

Fisiologia Humana é a área da Biologia que estuda o funcionamento do corpo humano. Um dos ramos mais antigos das ciências, teve origem há cerca de 2 500 anos, na Grécia.

Compreender a natureza do corpo humano fazia parte do trabalho de um grupo de pensadores gregos que eram um misto de filósofos e de cientistas e que foram os pioneiros em realizar um estudo racional e científico da natureza.

Médico romano formado na tradição grega, Cláudio Galeno (129-200) foi o cientista mais influente da Antiguidade. Para ele, os três principais órgãos do corpo humano eram o fígado, o coração e o cérebro.

Em 1543, o anatomista belga Andreas Vesalius (1514-1564) publicou sua obra-prima *De humani corporis fabrica* (A estrutura do corpo humano), um livro de anatomia ricamente ilustrado que marcou o início da era moderna na anatomia e fisiologia humanas.

No século XVIII, duas grandes linhas de pesquisa surgiram na fisiologia: a eletrofisiologia e as pesquisas sobre metabolismo.

O professor de anatomia italiano Luigi Galvani (1737-1798) mostrou em seus estudos com rãs que correntes elétricas eram capazes de estimular a contração muscular nos animais. Os estudos de metabolismo, por sua vez, tiveram grande impulso graças ao químico francês Antoine Lavoisier (1743-1794), que, aplicando conceitos da Química, percebeu a estreita relação entre o processo de combustão e a respiração animal.

Porém, a fisiologia como a conhecemos hoje foi moldada no século XIX, e, entre as principais descobertas dessa época, a teoria celular é sem dúvida uma das mais importantes.

Atualmente, os estudos de fisiologia se somam a diferentes áreas, contribuindo para o desenvolvimento científico e a melhora na qualidade de vida de todos nós.

Imagens do livro *De humani corporis fabrica*, de 1543, do anatomista Andreas Vesalius, em que é possível visualizar o sistema muscular humano.

Fotografias: Biblioteca da Universidade de Cambridge, Reino Unido. Fac-símile/ID/BR

Não escreva no livro.

NUTRIÇÃO

De acordo com a principal função que desempenham, os nutrientes costumam ser classificados em três categorias: energéticos, constitutivos (ou plásticos) e reguladores.

Os **nutrientes energéticos** são, principalmente, os carboidratos e os lipídios, que fornecem energia às células.

Os carboidratos são classificados em carboidratos complexos (amido e glicogênio), carboidratos simples (açúcares simples ou livres) e fibras alimentares.

De modo geral, todos os grupos de alimentos contêm carboidratos, exceto os sais, mas a quantidade e o tipo de carboidrato variam conforme o alimento. Cereais, tubérculos e raízes são exemplos de alimentos que contêm carboidratos complexos, mas também são fonte de vitaminas e de outros nutrientes. Já os alimentos ricos em carboidratos simples, como os doces, em geral fornecem apenas energia ao organismo e devem ser consumidos com moderação.

Os lipídios ou gorduras estão presentes em alimentos de origem vegetal ou animal. De acordo com suas propriedades, eles são classificados em saturados ou insaturados. Gorduras saturadas são componentes importantes da alimentação humana, mas seu consumo excessivo está relacionado a várias doenças, como problemas cardiovasculares e diabetes. Os lipídios compõem nossa maior reserva de energia (no tecido adiposo), constituem as membranas celulares e atuam como vitaminas e hormônios (substâncias que controlam a atividade de certos órgãos).

Os **nutrientes constitutivos** são principalmente as proteínas, que fornecem a maior parte dos aminoácidos de que o corpo necessita. Os aminoácidos são usados na produção das proteínas próprias de cada célula, por isso, o consumo de proteínas é fundamental para as atividades celulares. Os alimentos ricos em proteínas são as carnes em geral, os ovos, o leite e seus derivados e alguns vegetais, como feijão, ervilha e soja.

Os **nutrientes reguladores** são as vitaminas e os sais minerais. Eles são necessários em quantidades muito pequenas, mas se mostram indispensáveis para o bom funcionamento do organismo. As vitaminas participam de diversas reações metabólicas intracelulares. Os sais minerais, como o cloreto de sódio e o fosfato de cálcio, fornecem elementos químicos importantes, como ferro, cálcio, sódio, potássio e zinco, que atuam como constituintes de alguns tecidos e participam de reações metabólicas.

As vitaminas são encontradas em frutas, verduras, cereais, carnes, ovos e leite. Os sais minerais estão presentes na água, no sal de cozinha e em diversos alimentos, como frutas e carnes.

Alimentação saudável

Os alimentos podem ser classificados de acordo com o tipo de processamento empregado em sua produção.

Os **alimentos *in natura*** são aqueles obtidos diretamente da natureza e que não sofreram qualquer alteração até chegar ao consumo – por exemplo, leite, frutas, verduras, carnes e ovos. **Alimentos minimamente processados** são alimentos *in natura* que sofreram alterações mínimas, como grãos moídos na forma de farinha, carne congelada e frutas e verduras lavadas e embaladas.

Os **alimentos processados**, como as conservas de legumes e as compotas de frutas, são produzidos com adição de sal, açúcar ou outros produtos que tornam o alimento mais palatável e durável. Os **alimentos ultraprocessados**, como biscoitos recheados, refrigerantes e salgadinhos, são formulações industriais, que envolvem diversas etapas de produção, e são nutricionalmente desbalanceados.

Para ter uma alimentação saudável, deve-se priorizar alimentos *in natura* e minimamente processados e evitar os alimentos ultraprocessados, além de respeitar a cultura alimentar local e favorecer processos produtivos sustentáveis.

AÇÃO E CIDADANIA

O que é terrorismo nutricional

A nutricionista Renata Farrielo, especialista em transtornos alimentares pelo Ambulim, da USP, explica que a expressão descreve a disseminação de informações sensacionalistas e mentirosas sobre alimentação, o que desperta medo, ansiedade e culpa em relação à comida.

O terrorismo nutricional também limita a classificação dos alimentos como bons ou ruins, calóricos ou não, fazendo com que a alimentação deixe de ser um processo intuitivo.

[...]

Essa propagação de informações sensacionalistas sobre a alimentação pode acabar gerando uma série de comportamentos negativos, como apostar em dietas da moda, que tendem a ser muito restritivas.

"Dietas muito extremas podem levar a riscos como desnutrição, perda de massa muscular, distúrbios hormonais e uma piora no sistema imunológico", explica a nutricionista.

Regimes restritivos são difíceis de serem mantidos a longo prazo, segundo a psiquiatra Monah Ilka, especialista pela Universidade Estadual Paulista (Unesp), e podem desencadear compulsão alimentar.

[...]

Arnoldi, A. O que é terrorismo nutricional e saiba se você pode estar sendo vítima dele. *Marie Claire*, São Paulo, 16 ago. 2023. Disponível em: https://revistamarieclaire.globo.com/saude/noticia/2023/08/o-que-e-terrorismo-nutricional-e-saiba-se-voce-pode-estar-sendo-vitima-dele.ghtml. Acesso em: 15 jul. 2024.

1. Discuta com os colegas sobre como se proteger de informações falsas e sensacionalistas sobre alimentos e dietas.

1. Respostas variáveis. Espera-se que os estudantes reconheçam que o Guia Alimentar da População Brasileira, disponibilizado pelo Ministério da Saúde, é uma fonte de informação confiável para combater o terrorismo nutricional.

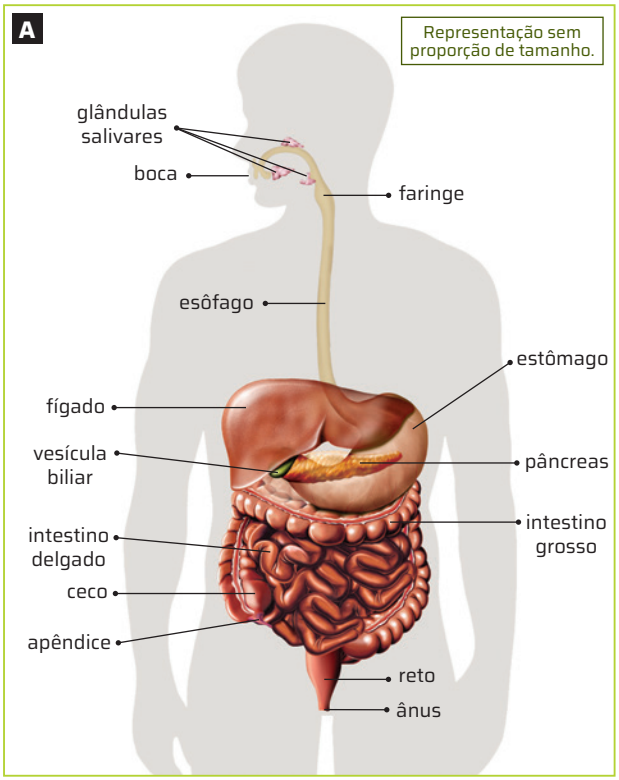
Não escreva no livro.

SISTEMA DIGESTÓRIO

O sistema digestório é formado por um tubo que inicia na boca e termina no ânus. Associados a esse tubo, também chamado de **trato gastrintestinal**, estão glândulas e órgãos anexos especializados em diferentes funções relacionadas ao processo de digestão e absorção dos nutrientes (imagem **A**).

Por meio da digestão, nutrientes presentes nos alimentos se tornam disponíveis para uso pelas células.

Vagner Coelho/ID/BR



O sistema digestório humano é dividido em compartimentos que desempenham funções específicas. Em conjunto, realizam a digestão dos alimentos e a absorção dos nutrientes. Cores-fantasia.

Fonte de pesquisa: Putz, R.; Pabst, R. (ed.). *Sobotta*: atlas de anatomia humana. 22. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2008. v. 1, p. 14.

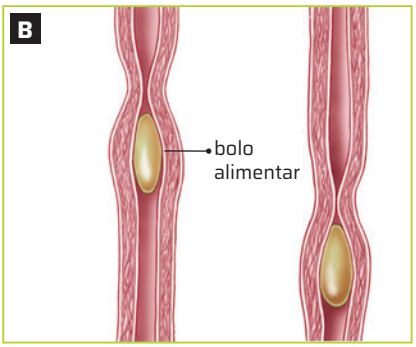
Digestão

A digestão tem início na **boca**, por meio de processos físicos e químicos. Durante a mastigação, o alimento é reduzido a partes menores pelos dentes e misturado à saliva com o auxílio da língua.

A **saliva**, um fluido incolor levemente espesso e secretado por glândulas cujos ductos se abrem dentro da boca, é composta de eletrólitos, muco, leucócitos, substância antimicrobiana e enzimas. A **amilase salivar**, principal enzima componente da saliva, converte o amido e outros polissacarídios em carboidratos mais simples, como dissacarídios. A língua, um órgão muscular, movimenta o alimento dentro da cavidade bucal, misturando-o com a saliva e auxiliando em sua passagem da boca para a faringe.

A partir desse processo inicial da digestão, o alimento se transforma em uma massa, denominada **bolo alimentar**. Inicia-se, então, o processo de **deglutição**. Durante esse processo, uma onda automática de contrações musculares involuntárias, que recebe o nome de **peristaltismo** (imagem **B**), empurra o alimento da cavidade bucal até o estômago, passando pela faringe e pelo esôfago.

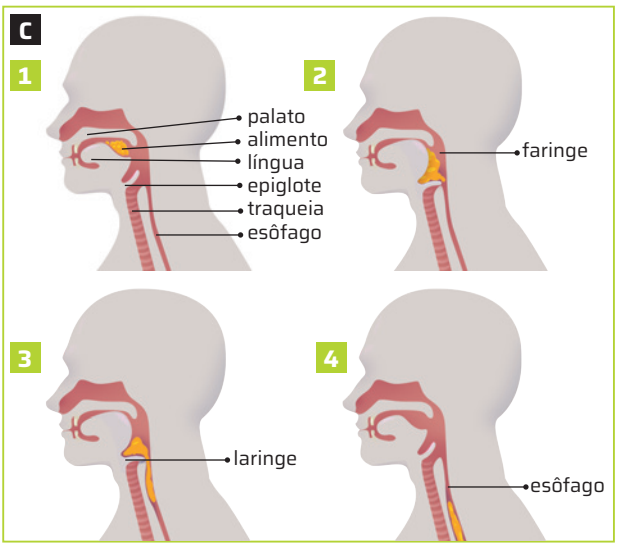
Roberto Higa/ID/BR



Esquema do peristaltismo. Os movimentos peristálticos "empurram" o bolo alimentar por todo o trato gastrintestinal. Cores-fantasia.

A **faringe** é um órgão muscular cuja parede interna produz muco, que facilita a passagem do alimento. O ar também passa pela faringe, mas segue em direção à traqueia. Para que o alimento não seja aspirado para os pulmões, ocorre um arranjo entre cartilagens: quando o alimento chega à faringe, a epiglote se abaixa e a glote fecha a abertura da laringe, impedindo a entrada do alimento em direção à traqueia. Assim que o alimento é engolido, a epiglote se eleva e a glote abre a laringe, permitindo a entrada do ar em direção aos pulmões (imagem **C**).

Fabio Eugenio/ID/BR



Os movimentos das paredes internas da boca e da língua empurram o alimento para a faringe (1 e 2). Quando o alimento chega à epiglote, esta obstrui a passagem da laringe (3), direcionando o alimento para o esôfago (4). Cores-fantasia.

Representação sem proporção de tamanho.

Fonte de pesquisa das imagens **B** e **C**: Tortora, G. J. *Corpo humano*: fundamentos de anatomia e fisiologia. 8. ed. Porto Alegre: Artmed, 2012. p. 494.

O **esôfago** recebe o alimento vindo da laringe. Os movimentos peristálticos que ocorrem nesse órgão empurram o alimento até o estômago.

O **estômago** é um órgão muscular em formato de bolsa, cujo revestimento interno é protegido por um muco,

Não escreva no livro.

que secreta o suco gástrico, formado pelo ácido clorídrico e o pepsinogênio. O ácido clorídrico (HCℓ) confere ao conteúdo estomacal pH em torno de 2, que é necessário para a transformação do pepsinogênio em pepsina, uma enzima que quebra as proteínas em fragmentos menores de polipeptídios. Assim, o processo bioquímico que ocorre no estômago, chamado de **quimificação**, transforma o bolo alimentar em uma massa denominada **quimo**.

A entrada e a saída do estômago apresentam anéis musculares, chamados cárdia e piloro, respectivamente, que controlam a passagem do alimento. Um hormônio produzido pelo estômago estimula a produção do suco gástrico, aumenta o peristaltismo do tubo digestório e promove o relaxamento do esfíncter pilórico, permitindo a passagem do quimo para o intestino delgado.

O **intestino delgado** tem cerca de 7 metros de comprimento. É nele que ocorre a maior parte da digestão e da absorção dos nutrientes. O **fígado** e o **pâncreas**, órgãos anexos que não entram em contato direto com o alimento, sintetizam e armazenam secreções que são lançadas no interior do intestino delgado e que auxiliam na digestão química do alimento.

O pâncreas secreta bicarbonato de sódio, que eleva o pH do quimo, e enzimas como a tripsina e a quimiotripsina, que atuam sobre os fragmentos de polipeptídios, completando a digestão das proteínas; a amilase pancreática, que digere carboidratos; as nucleases, que digerem ácidos nucleicos, originando nucleotídios; e a lipase pancreática, que digere lipídios, originando ácidos graxo e glicerol.

O fígado secreta a **bile**, que fica armazenada na vesícula biliar e tem a ação de emulsificar gorduras, isto é, provocar a formação de minúsculas gotas de gordura, o que facilita a ação das lipases.

O intestino delgado também produz enzimas digestivas que agem sobre polissacarídios, peptídios, lipídios e ácidos nucleicos. A ação de todas essas substâncias transforma o quimo, que passa a ser denominado **quilo**.

Absorção dos nutrientes e de água

Os produtos originados da quebra dos nutrientes durante a digestão são absorvidos predominantemente ao longo do intestino delgado, e essa absorção é favorecida pela presença de projeções da parede intestinal chamadas **vilosidades**. Essas projeções ampliam a área de contato da parede intestinal com o quilo, aumentando a superfície de absorção. As células das vilosidades apresentam pequenas projeções, as chamadas microvilosidades, que também ampliam essa área.

Na transição entre os intestinos delgado e grosso, fica o ceco, onde está o apêndice vermiforme. O intestino grosso recebe o produto da digestão e é nesse órgão que ocorre a maior parte da absorção de água. O material restante forma as fezes.

O intestino grosso abriga microrganismos, entre eles, os que produzem as vitaminas K e do complexo B. Os microrganismos também auxiliam na formação das fezes. Um anel muscular anal permite o controle da defecação.

Controle da digestão

É muito comum a sensação de ficar com "água na boca" após olhar para um alimento apetitoso, sentir seu cheiro ou, simplesmente, imaginá-lo. Trata-se de um reflexo gerado pelo sistema nervoso autônomo, que estimula as glândulas salivares diante de estímulos visuais, olfativos ou mnemônicos (de memória).

Os diferentes sucos produzidos pelos órgãos do sistema digestório são lançados na quantidade e nos momentos apropriados. O estímulo ou a inibição da secreção dessas substâncias depende, assim, de um controle integrado entre o sistema nervoso autônomo (porção do sistema nervoso que regula as funções vegetativas, como a respiração, a circulação sanguínea e a digestão) e a ação de uma série de hormônios (substâncias produzidas pelas glândulas endócrinas que regulam diversas funções do organismo).

O quadro a seguir lista os principais hormônios e seus respectivos efeitos no processo digestivo.

Órgão produtor	Estímulo	Hormônio sintetizado	Efeito
estômago	distensão mecânica	gastrina	Estimula a produção de HCℓ pelo estômago.
duodeno	acidez do quimo	secretina	Estimula a secreção de suco pancreático.
	presença de gorduras ou proteínas	colecistoquinina	Estimula a liberação da bile pela vesícula biliar e a secreção de suco pancreático.
	distensão mecânica	enterogastrona	Inibe o peristaltismo gástrico.

Enzimas

Enzimas são moléculas orgânicas que agem como catalisadoras, isto é, aumentam a velocidade das reações químicas, sem que sejam utilizadas ou modificadas durante o processo.

As enzimas são, em sua maioria, proteínas. A exceção são as chamadas **ribozimas**, que são RNA com função catalítica, descobertas na década de 1980.

As reações que fazem parte do metabolismo dos seres vivos dependem da participação de enzimas para ocorrerem na velocidade necessária para a vida; sem as enzimas, algumas reações demorariam muito tempo.

As enzimas agem diminuindo a energia de ativação para que a reação ocorra. Isso acontece em razão da liberação de energia livre na formação de ligações fracas entre enzima e substrato. Observe o gráfico **A**.

DE OLHO NO CONCEITO

Energia de ativação: Energia mínima necessária para que espécies reagentes iniciem uma reação química.

ID/BR

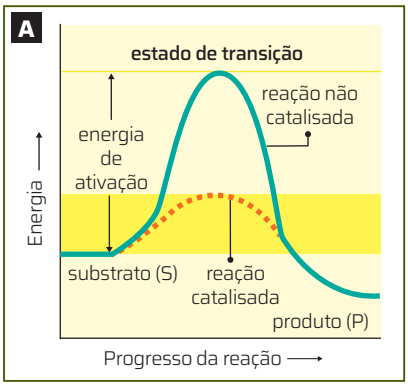
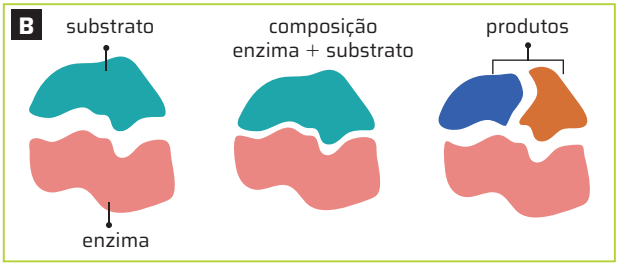


Gráfico da diferença de energia de ativação em uma reação com e sem a participação de enzima (catalisada e não catalisada).

Uma característica das enzimas é que elas são altamente específicas, isto é, uma enzima usualmente reconhece e se liga a apenas um substrato, catalisando apenas um único tipo de reação química (imagem **B**).

Bruno Badaini/ID/BR



A ligação entre enzima e substrato depende da estrutura tridimensional da enzima. Cores-fantasia.

A ação das enzimas pode ser representada em uma equação geral:

$E + S \leftrightarrow ES \leftrightarrow E + P$, em que:

E = enzima — ES = estado de transição

S = substrato — P = produto

Observe que a enzima não é gasta nem transformada e que a reação pode ocorrer nos dois sentidos. Durante a ligação com o substrato, a enzima pode ser modificada, mas, no final da reação, retoma a forma inicial.

Para que a reação entre enzima e substrato ocorra, o substrato interage com um local específico da enzima chamado **sítio ativo**.

A ligação do substrato ao sítio ativo depende dos mesmos tipos de forças que mantêm a estrutura terciária da enzima: pontes de hidrogênio, interações iônicas e interações hidrofóbicas.

Muitas enzimas precisam da presença de outras moléculas, não proteicas, para atuar. Os cofatores são íons inorgânicos, como cobre, ferro e zinco, e ligam-se temporariamente a algumas enzimas, sendo necessários para o funcionamento delas. Já as coenzimas são moléculas orgânicas que se ligam temporariamente às enzimas.

Fatores que afetam a ação enzimática

A atividade enzimática é dependente das características do meio, principalmente temperatura e pH.

De forma geral, o aumento da temperatura favorece o aumento da velocidade da reação, em parte porque as moléculas se movem com maior rapidez e os substratos colidem com maior frequência com os sítios ativos das enzimas.

Porém, após certa temperatura, a velocidade da reação diminui, pois temperaturas muito altas afetam a estrutura proteica das enzimas, podendo causar sua desnaturação, o que leva à perda da função da enzima.

Variações no pH também afetam a atuação das enzimas, pois cada enzima atua dentro de uma faixa de pH na qual a velocidade de reação é máxima.

A maior parte das enzimas apresenta valores ótimos de pH entre 6 e 8, porém, há exceções. A pepsina, enzima digestiva que age no estômago, por exemplo, funciona melhor na faixa de pH 2 a 3,5, enquanto a tripsina, que age no intestino delgado, funciona melhor entre pH 8 e 9,5.

ROTEIRO

1. Observe o gráfico a seguir e identifique a temperatura ótima apresentada pela maior parte das enzimas humanas. Em seguida, compare-a com a temperatura do corpo humano.

ID/BR

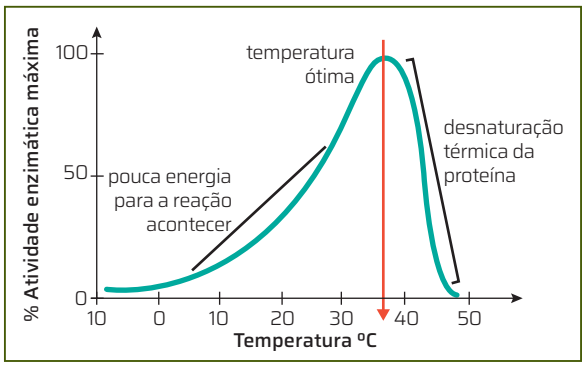


Gráfico da atividade enzimática em relação à temperatura.

1. A maioria das enzimas humanas apresenta temperatura ótima próxima à temperatura do corpo humano, entre 36 °C e 37 °C.

Não escreva no livro.

Pesquisando enzimas proteolíticas em frutas

As proteases são enzimas que quebram ligações peptídicas das cadeias proteicas, produzindo aminoácidos e cadeias peptídicas menores. Tendo como base sua função, é esperado encontrar essas enzimas em vegetais? Como testar a presença de enzimas proteolíticas, por exemplo, em frutas, como o morango, o mamão e o abacaxi?

Material

- três morangos, uma fatia de mamão e uma fatia de abacaxi
- liquidificador ou *mixer*
- peneira
- béquer ou outro copo medidor
- um pacote de gelatina sem sabor
- cinco tubos de ensaio
- pipeta graduada ou seringa sem agulha
- espátula
- micro-ondas ou lamparina
- amaciante de carne
- geladeira ou vasilhame com gelo
- colher (de sopa)
- cinco canudos plásticos
- caneta marcadora

Como fazer

1. Com a ajuda do(a) professor(a), organizem-se em grupos de quatro integrantes e preparem o suco de cada tipo de fruta utilizando o liquidificador ou o *mixer* e um pouco de água; peneirem e reservem.
2. Dissolvam o pó da gelatina em 200 mL de água fria e coloquem-no no micro-ondas por 30 segundos, em potência alta. Em seguida, preparem os tubos de ensaio, conforme a tabela.

Tubo	Preparo	Teste
1	10 mL de gelatina + 3 mL de água	Controle negativo
2	10 mL de gelatina + 3 mL de suco de mamão	Mamão
3	10 mL de gelatina + 3 mL de suco de morango	Morango
4	10 mL de gelatina + 3 mL de suco de abacaxi	Abacaxi
5	10 mL de gelatina + ponta de espátula de amaciante de carne	Controle positivo

3. A gelatina é um composto obtido da hidrólise parcial do colágeno, sendo rica em proteínas. Elaborem uma hipótese sobre o que deve ocorrer com a gelatina, se houver ação de proteases sobre ela. Anotem no caderno.
4. Introduzam, sem pressionar, um canudo em cada tubo e observem o quanto ele afunda na mistura. Marquem com a caneta, em cada tubo, até onde chegou a extremidade inferior dos canudos. Retirem os canudos e deixem os tubos em repouso por 10 minutos. Em seguida, levem os tubos à geladeira, ou ao vasilhame com gelo, e deixem-nos lá por 20 minutos.
5. Após esse tempo, retirem os tubos da geladeira, voltem a colocar os canudos em cada tubo, sem pressioná-los, e marquem com a caneta até onde a extremidade inferior de cada um deles afundou na mistura. No caderno, construam uma tabela para anotar os resultados observados.

Para concluir

1. Criar um padrão de resultado em que não houve tratamento experimental, ao qual os resultados das montagens com tratamento experimental podem ser comparados. Dessa forma, apenas a variável em estudo afeta as outras montagens, e os resultados experimentais podem ser atribuídos a ela.

1 **Qual é a função da montagem de controle nesse experimento? Todos os experimentos precisam de montagens de controle? Justifique.**

2 **Em qual(is) tubo(s) não houve alteração no nível a que o canudo chegou na mistura na etapa 5 em relação à etapa 4? Esses resultados estão de acordo com a hipótese elaborada por seu grupo? Proponha uma explicação para esses resultados.**

Nos tubos 2, 4 e 5. Nesses tubos, houve a ação de proteases sobre a gelatina e, por isso, ela não mudou a viscosidade.

3 **Proponha um experimento para testar a temperatura ótima da protease do abacaxi.**

Espera-se que os estudantes proponham um experimento no qual a mistura de suco de abacaxi e gelatina seja deixada em diferentes temperaturas pelo mesmo período de tempo.

SISTEMA RESPIRATÓRIO

O **sistema respiratório** conduz o ar do meio exterior para o interior do organismo, até os pulmões. Esses órgãos apresentam uma ampla superfície úmida, que favorece a difusão do gás oxigênio do ar para o sangue e do gás carbônico do sangue para o ar. Essa troca gasosa, que ocorre nos pulmões, chama-se **respiração pulmonar**.

Respiração pulmonar

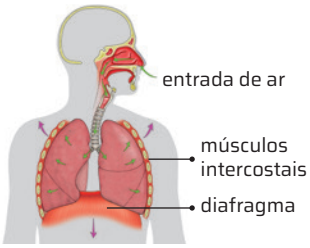
O ar do meio externo entra nos pulmões devido aos movimentos respiratórios proporcionados pelas contrações e distensões dos **músculos intercostais** (localizados entre as costelas) e, principalmente, do diafragma, uma membrana musculosa e resistente que separa a cavidade torácica da abdominal.

Quando os músculos intercostais se contraem, eles empurram as costelas para cima e para a frente, aumentando o volume da caixa torácica. Ao mesmo tempo, o diafragma movimenta-se para baixo, em direção ao abdome, ampliando esse aumento. Assim, a pressão no interior do pulmão torna-se menor que a pressão atmosférica, forçando o ar a entrar pelas vias aéreas em direção aos alvéolos pulmonares. A entrada de ar nos pulmões é denominada **inspiração** (imagem **A**). Quando relaxam, os músculos intercostais trazem as costelas para baixo, e o diafragma desloca-se para cima, em direção ao tórax, reduzindo o volume da caixa torácica. A pressão interna supera a pressão atmosférica, e assim o ar é forçado a sair dos pulmões. A saída de ar dos pulmões é chamada **expiração** (imagem **B**). Uma inspiração e uma expiração compõem um movimento respiratório.

Hudson Calasans/ID/BR

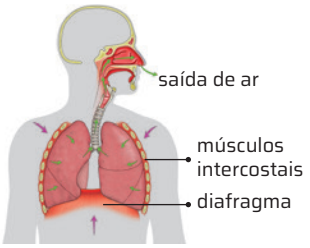
A **movimento de inspiração**

A contração do diafragma e dos músculos intercostais leva ao aumento de volume da caixa torácica, com consequente diminuição de pressão interna, o que favorece a entrada de ar nos pulmões.



B **movimento de expiração**

O relaxamento do diafragma e dos músculos intercostais leva à redução do volume da caixa torácica, com consequente aumento de pressão interna, provocando a saída de ar dos pulmões.



Representação sem proporção de tamanho.

Representação da entrada e da saída de ar dos pulmões. Cores-fantasia.

Fonte de pesquisa: Reece, J. B. *et al. Biologia de Campbell*. 10. ed. Porto Alegre: Artmed, 2015. p. 937.

Em situação de repouso, uma pessoa realiza de 12 a 15 movimentos respiratórios por minuto, fazendo circular pelo sistema respiratório cerca de 500 mL de ar, dos quais apenas 350 mL chegam aos alvéolos. O número de movimentos respiratórios executados por minuto é a **frequência respiratória**. Durante atividade física intensa, a frequência respiratória tende a aumentar, pois, nessas condições, as células necessitam da energia adicional suprida pela respiração celular, que, como mencionado antes, depende de gás oxigênio.

O volume máximo de ar inalado e expelido em um movimento respiratório forçado chama-se **capacidade vital**, que, no entanto, não é a capacidade real dos pulmões. Mesmo quando realizamos uma expiração forçada, parte do ar (cerca de 1,5 L) permanece nos alvéolos pulmonares. Esse ar residual fica nos alvéolos, impedindo-os de se encolher e fechar e, ao mesmo tempo, mantém ininterruptas as trocas gasosas. O ar nos alvéolos é renovado a cada inspiração, e essa renovação chama-se **ventilação pulmonar**.

AÇÃO E CIDADANIA

Os riscos do cigarro eletrônico

Os cigarros eletrônicos são proibidos no Brasil desde 2009, mas isso não significa que seja difícil encontrar pessoas usando esses dispositivos.

Em 2023, o inquérito Covitel, que monitora os fatores de risco para doenças crônicas no Brasil, apontou que quase um quarto dos jovens brasileiros entre 18 e 24 anos já usou cigarro eletrônico uma vez na vida.

Um estudo da Inteligência em Pesquisa e Consultoria (Ipec), realizado em 2023, mostrou que 2,2 milhões de adultos (1,4%) consumiram os dispositivos eletrônicos até 30 dias antes da pesquisa.

O sal de nicotina presente nesses dispositivos penetra no pulmão rapidamente, atingindo o sistema nervoso central e aumentando seu potencial viciante.

Segundo pesquisa do InCor (Instituto do Coração do Hospital das Clínicas da USP), um usuário de cigarro eletrônico carrega em seu organismo de 3 a 6 vezes mais substâncias nocivas do que um usuário de cigarro comum.

Quem usa esses dispositivos tem maiores chances de desenvolver câncer de pulmão, complicações cardiovasculares e inflamação pulmonar.

1. **Com os colegas, elaborem uma campanha de prevenção ao uso de cigarros eletrônicos na escola.**

A campanha dos estudantes deve focar a comunidade escolar e abordar os riscos à saúde causados pelo uso de cigarros eletrônicos.

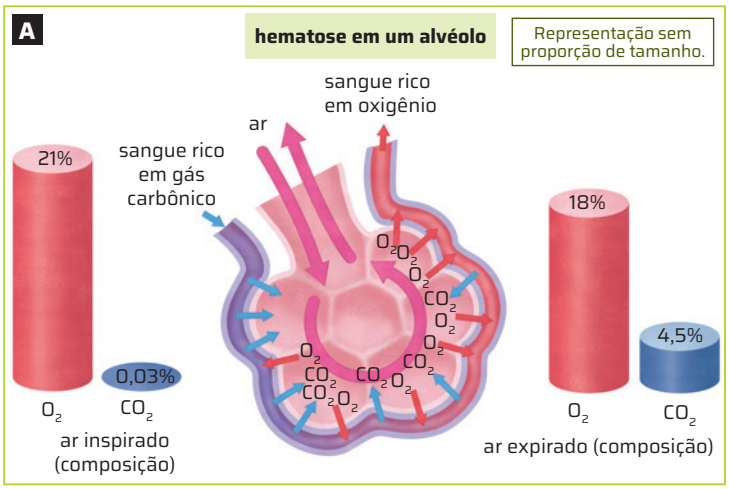
Não escreva no livro.

Transporte de gás oxigênio e gás carbônico

Hematose é o termo usado para denominar as trocas gasosas que ocorrem nos alvéolos pulmonares, por meio das quais o sangue rico em gás carbônico é transformado em sangue rico em gás oxigênio (imagem **A**).

A ocorrência da hematose depende da diferença entre a pressão parcial dos gases oxigênio e carbônico no alvéolo e no sangue. O gás oxigênio passa do alvéolo para o sangue porque a pressão parcial desse gás no ar alveolar é maior que sua pressão parcial no capilar sanguíneo.

Do mesmo modo, a maior pressão parcial de gás carbônico nos capilares possibilita que ele seja lançado no ar alveolar. Quanto maior a diferença de pressão, mais rápida é a difusão do gás. A ventilação pulmonar traz mais O_2 e remove o CO_2 do ar alveolar, mantendo elevada a diferença de concentração dos gases, o que permite que as trocas gasosas aconteçam com rapidez.



Bruno Badain/ID/BR

Representação da hematose em um alvéolo. Os gráficos de barras representam a variação das porcentagens de O_2 e CO_2 no ar inspirado e no ar expirado. Cores-fantasia.

O transporte do gás oxigênio desde os pulmões até as células é realizado pelas hemácias ou glóbulos vermelhos. As hemácias contêm uma proteína capaz de se ligar quimicamente ao gás oxigênio: a hemoglobina.

Nos capilares presentes nos tecidos, a ligação entre o gás oxigênio e a molécula de hemoglobina se desfaz e o O_2 penetra nas células.

O gás carbônico ou dióxido de carbono, resíduo metabólico mais abundante das células, é liberado para o sangue e transportado de três formas diferentes. A maior parte das moléculas de gás carbônico, aproximadamente 70% delas, é transportada dos tecidos para os pulmões no interior das hemácias, na forma de íons de bicarbonato, formados em uma reação química com a água, catalisada pela enzima anidrase carbônica.

Aproximadamente 23% das moléculas de gás carbônico são transportadas por meio de ligações diretas com a hemoglobina no interior das hemácias.

Finalmente, cerca de 7% das moléculas de gás carbônico são transportadas dos tecidos aos pulmões diretamente dissolvidas no plasma sanguíneo.

Fisiologia do mergulho

Controle da respiração

Os movimentos respiratórios são controlados de forma autônoma, isto é, independentemente da nossa vontade, pelos centros respiratórios do bulbo cerebral.

O aumento da respiração celular leva ao aumento da produção de gás carbônico e, consequentemente, à liberação de íons hidrogênio no plasma, que fica mais ácido (o pH do plasma diminui). Isso estimula os quimiorreceptores dos centros respiratórios, que enviam impulsos nervosos para aumentar a frequência e a amplitude dos movimentos respiratórios. Com isso, mais CO_2 é eliminado, o que eleva novamente o pH do plasma sanguíneo até sua condição normal.

Se a concentração de CO_2 diminui, há redução na concentração de íons hidrogênio, o que eleva o pH do plasma sanguíneo acima do normal. Isso faz o centro respiratório reduzir a frequência e a amplitude dos movimentos respiratórios. Com a diminuição da ventilação pulmonar, mais CO_2 é retido no plasma, o que faz o pH plasmático cair novamente, até o nível habitual.

A concentração de O_2 no sangue também influencia os movimentos respiratórios. Quando a concentração desse gás no sangue diminui, quimiorreceptores da parede da artéria aorta e das artérias carótidas enviam estímulos que excitam os centros respiratórios, e a ventilação pulmonar é intensificada, com o aumento da captação de gás oxigênio pelos pulmões.

2. Comparando o ar expirado com o que a pessoa inalou, observa-se que há retenção de parte do O_2 no organismo e liberação de CO_2 na atmosfera. O exercício físico exige maior trabalho muscular, que demanda mais energia, fornecida pela respiração celular aeróbia. Isso justifica o maior consumo de gás oxigênio e a maior liberação de gás carbônico durante a corrida, por exemplo, como se observa pela análise dos percentuais.

ROTEIRO

2. O ar inalado por uma pessoa tem 21% de O_2 e 0,03% de CO_2. A proporção desses gases no ar expirado varia de acordo com a atividade da pessoa: enquanto ela dorme, esse ar é liberado com 17% de O_2 e 4% de CO_2 e, enquanto pratica uma corrida, ele é liberado com 12% de O_2 e 9% de CO_2. Como você explica essa diferença?

SISTEMA CIRCULATÓRIO

O **sistema circulatório** transporta diversas substâncias a todas as partes do corpo. Assim, conduz nutrientes e gás oxigênio às células, ao mesmo tempo que leva excretas e gás carbônico até os órgãos que os eliminam.

Na circulação sanguínea, as substâncias são transportadas pelo sangue, um tecido líquido que flui no interior dos vasos sanguíneos. O sangue é constantemente bombeado pelo coração, órgão responsável por manter a circulação sanguínea.

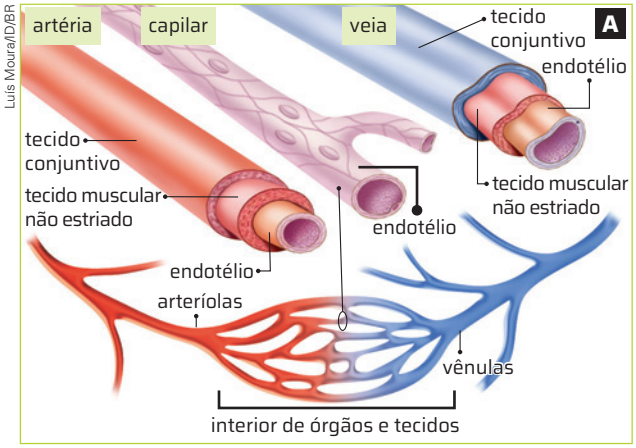
Sangue

O volume sanguíneo médio de uma pessoa é relativamente constante, aproximadamente 5 L.

Cerca de 45% do volume do sangue é constituído de células (leucócitos e hemácias) e fragmentos celulares (plaquetas), que, em conjunto, são denominados **elementos figurados** do sangue. O restante (55%) é formado pelo **plasma sanguíneo**, composto de água, proteínas, sais minerais, gases respiratórios, nutrientes e excretas metabólicas.

Vasos sanguíneos

Os vasos do sistema circulatório têm diferentes características anatômicas (imagem **A**).



Esquema dos vasos sanguíneos. Cores-fantasia.

Representação sem proporção de tamanho.

Fontes de pesquisa: Reece, J. B. *et al. Biologia de Campbell*. 10. ed. Porto Alegre: Artmed, 2015. p. 923; Tortora, G. J. *Corpo humano*: fundamentos de fisiologia e anatomia. 8. ed. Porto Alegre: Artmed, 2012. p. 382.

As **artérias** são vasos que levam o sangue do coração para as demais partes do corpo. As artérias suportam a pressão do sangue que sai do coração, e suas paredes são compostas de três camadas: a mais externa, formada por tecido conjuntivo; a intermediária, por tecido muscular não estriado e fibras elásticas; e a mais interna, formada por uma camada de células epiteliais, que recebe o nome de endotélio. Conforme se afastam do coração, as artérias ramificam-se, diminuem de diâmetro e passam a ser chamadas **arteríolas**, que atingem o interior de órgãos e tecidos.

Estas, por sua vez, ramificam-se ainda mais, dando origem aos **capilares sanguíneos**, vasos microscópicos constituídos apenas de uma fina camada endotelial. Os capilares permitem a passagem de nutrientes e as trocas de gases entre o sangue e as células dos tecidos. Além disso, conectam a rede arterial à rede venosa.

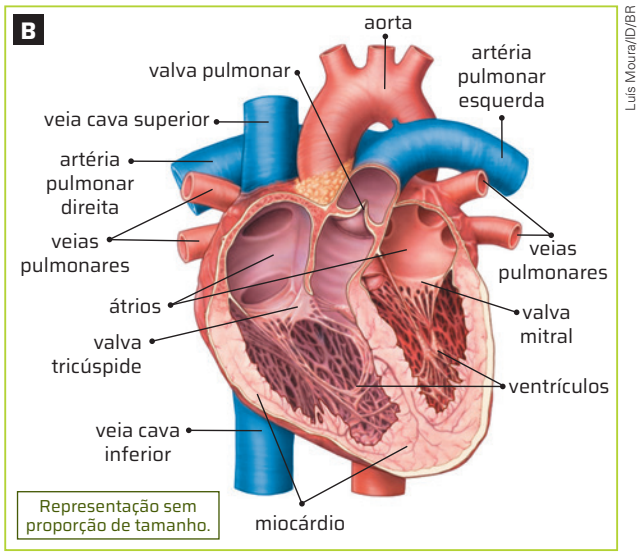
Nos tecidos, os capilares unem-se e formam pequenas veias, chamadas **vênulas**, para onde o sangue dos capilares é direcionado e encaminhado para as **veias**, vasos que levam o sangue de volta ao coração. As veias têm estrutura similar à das artérias, porém sua parede é mais fina.

Coração

O **coração** está localizado entre os pulmões. Em geral, cerca de dois terços do coração situam-se à esquerda do centro do corpo.

O coração é constituído principalmente de tecido muscular estriado cardíaco, também conhecido como **miocárdio** (imagem **B**). Internamente, esse órgão apresenta quatro cavidades ou câmaras, duas superiores, denominadas átrios – um esquerdo e outro direito –, e duas inferiores, denominadas ventrículos – um esquerdo e outro direito. As paredes musculares dos ventrículos são mais espessas que as dos átrios. As cavidades do coração estão separadas pelos septos do miocárdio.

Entre cada átrio e respectivo ventrículo, existe uma valva, a **valva atrioventricular**, estrutura de tecido conjuntivo que permite a passagem do sangue dos átrios para os ventrículos e impede seu refluxo, isto é, impede que o sangue volte. Isso garante que o fluxo sanguíneo no interior do coração seja sempre dos átrios para os ventrículos. A valva atrioventricular direita também é chamada valva tricúspide, e a valva atrioventricular esquerda é conhecida como valva mitral.



Estrutura do coração. A cor azul representa os vasos que conduzem o sangue pobre em gás oxigênio. Os vasos que conduzem o sangue rico em gás oxigênio são mostrados em vermelho. Cores-fantasia.

Fonte de pesquisa: Reece, J. B. *et al. Biologia de Campbell*. 10. ed. Porto Alegre: Artmed, 2015. p. 921.

Não escreva no livro.

Ciclo cardíaco

O bombeamento do sangue é resultado de uma sequência de eventos que ocorre a cada batimento do coração, chamada **ciclo cardíaco**.

Em um único ciclo cardíaco, o coração contrai e relaxa seus átrios e ventrículos de maneira alternada. Assim, quando os dois átrios se contraem, os dois ventrículos relaxam, e vice-versa, de modo que o fluxo sanguíneo ocorra sempre dos átrios para os ventrículos.

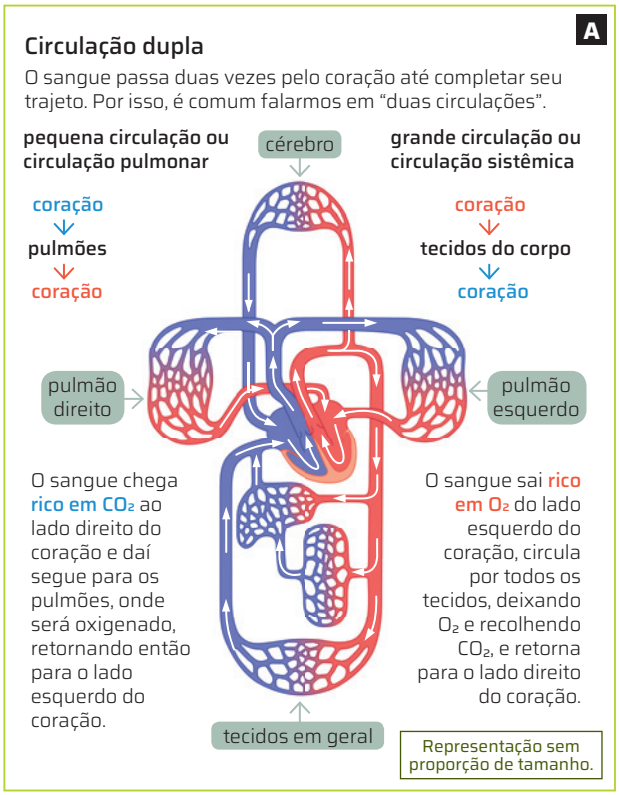
A contração de uma câmara cardíaca, movimento chamado **sístole**, promove a ejeção de sangue de seu interior; já o relaxamento, denominado **diástole**, permite que a cavidade se encha de sangue.

O coração recebe continuamente sangue e as contrações do músculo cardíaco o bombeiam em dois circuitos: o pulmonar e o sistêmico (imagem **A**).

A cada ciclo cardíaco, o átrio direito e o ventrículo direito bombeiam o sangue no circuito pulmonar, enquanto o átrio esquerdo e o ventrículo esquerdo bombeiam o sangue no circuito sistêmico.

O sangue rico em gás carbônico vindo de todo o corpo chega ao átrio direito pelas veias cavas superior e inferior. Esse sangue é empurrado pela contração atrial para o ventrículo direito. A contração do ventrículo direito bombeia o sangue para a artéria pulmonar, que o transporta aos pulmões.

Nos pulmões, ocorrem as trocas gasosas e o sangue recebe oxigênio. Ele volta oxigenado ao coração pelas veias pulmonares e entra pelo átrio esquerdo. A contração do átrio esquerdo empurra o sangue para o ventrículo esquerdo. A contração do ventrículo esquerdo, que é maior e mais potente do que a do ventrículo direito, bombeia o sangue para a artéria aorta, que o transporta para todo o corpo.



Dorling Kindersley/Getty Images

Representação da circulação sistêmica e pulmonar. Cores-fantasia.

Fonte de pesquisa: Reece, J. B. *et al. Biologia de Campbell*. 10. ed. Porto Alegre: Artmed, 2015. p. 920.

Durante a contração dos ventrículos, o sangue não volta para o interior dos átrios, porque existem valvas separando as câmaras de cada lado do coração.

A **pressão arterial** refere-se à pressão com que o sangue ejetado pelo coração é lançado contra as paredes internas das artérias do corpo. Durante a sístole ventricular, o sangue exerce maior pressão sobre as artérias do que durante a diástole, quando o ventrículo está relaxado e enchendo-se de sangue. Por essa razão, a pressão arterial é dada sempre com dois valores: a pressão sistólica e a pressão diastólica, cujos valores ficam normalmente em torno de 120 e 80 mmHg (milímetros de mercúrio), respectivamente.

AÇÃO E CIDADANIA

Doação de órgãos

O Brasil tem o maior sistema público de transplantes do mundo: cerca de 88% desses procedimentos são financiados pelo Sistema Único de Saúde (SUS).

Para que a doação *post mortem* possa ocorrer, a família deve autorizar o procedimento, mesmo que em vida a pessoa falecida tenha expressado a vontade de ser doadora. Quando a família autoriza a doação, os órgãos são destinados a pessoas que estão em uma fila única, mantida pelo SUS. A posição na fila é atribuída em função da gravidade do caso, do tempo de espera e da compatibilidade genética entre doador e receptor.

Também é possível realizar doação de órgãos em vida. Os órgãos que podem ser doados em vida são rim, pâncreas (parcialmente), medula óssea, fígado (parcialmente) e pulmão (parcialmente).

Embora o número de doações de órgãos esteja aumentando ano a ano, a quantidade de doadores ainda é insuficiente, o tempo de espera na fila de transplantes é grande e muitas pessoas morrem à espera do procedimento.

1. **Segundo dados do Ministério da Saúde, em 2023, a cada mil pessoas que faleceram no Brasil, das quais 14,5 poderiam ser potenciais doadores, apenas 2,6 efetivaram a doação. Discuta com os colegas que estratégias poderiam ser adotadas para reduzir essa taxa de recusa.**

1. Respostas variáveis. Espera-se que os estudantes citem a ampla divulgação da necessidade da doação de órgãos, da grandeza do ato amoroso dessa doação e da segurança dos procedimentos que atestam a morte encefálica.

Não escreva no livro.

CIÊNCIA TEM HISTÓRIA

WILLIAM HARVEY E A CIRCULAÇÃO DO SANGUE

EXERCITATIO
ANATOMICA DE
MOTV CORDIS ET SAN-
GVINIS IN ANIMALI-
BVS,
GVILIELMI HARVEI ANGLI,
Medici Regii, & Professoris Anatomiæ in Col-
legio Medicorum Londinensi.

FRANCOFVRTI,
Sumptibus GVILIELMI FITZERL
ANNO M. DC. XXVIII.

Universidade de Glasgow, Escócia. Fac-símile: ID/BR

Reprodução da capa do livro *De motu cordis*, de William Harvey (edição de 1628).

Do século II ao século XVII, de modo geral, aceitava-se no mundo ocidental a ideia de Claudio Galeno sobre o movimento do sangue no organismo.

Galeno deixou diversas obras escritas em grego. Suas observações anatômicas foram feitas em macacos e porcos, porque, na época em que ele viveu, esse tipo de análise era proibida em seres humanos.

Isso o levou a fazer algumas descrições equivocadas do ser humano. Ele assumiu, por exemplo, que a rede de vasos sanguíneos (*rete mirabile*) presente na base do crânio de animais ungulados também aparecia no ser humano. Além disso, ele acreditava que havia poros no septo cardíaco, o que permitiria a passagem do sangue do lado esquerdo para o lado direito do coração, e que o sangue era produzido no fígado a partir dos alimentos ingeridos.

Para Galeno, o sangue passaria do fígado para o lado direito do coração. Parte desse sangue se encaminharia para os pulmões, onde receberia "vapores sutis", e a outra parte passaria através de poros invisíveis do lado esquerdo para o lado direito do coração, onde receberia os "espíritos vitais", ao se misturar com o "pneuma" trazido pelas artérias. Essa parte do sangue passaria então, por meio da *rete mirabile*, para a base do crânio, onde os espíritos vitais se transformariam em "espíritos animais" e seriam distribuídos pelo corpo.

De modo geral, acredita-se que foi o médico inglês William Harvey (1578-1657) quem rompeu com as ideias de Galeno e mostrou, por meio de observações e experimentos, que o sangue circula por todo o organismo. No entanto, outros estudiosos, como o médico espanhol Michel Servet (1509/1511--1553) e o anatomista italiano Realdo Colombo (1516-1559), críticos de Galeno, já tinham uma ideia do que chamamos atualmente de circulação pulmonar e das diferentes funções do coração e dos pulmões.

É importante mencionar que, no século XVII, na época de Harvey, havia uma forte oposição às ideias de Aristóteles (384 a.C.-322 a.C.). As teorias do filósofo grego eram consideradas anticientíficas, e até mesmo antirreligiosas, e recebiam críticas bastante contundentes, como as elaboradas pelo filósofo inglês Francis Bacon (1561-1626).

Embora divergisse de algumas concepções de Aristóteles, Harvey considerava, assim como o filósofo grego, que o coração era o centro do ser vivo, estando relacionado à origem do sangue e dos vasos sanguíneos, e que o movimento circular era o movimento mais perfeito. Essas ideias foram combatidas porque eram consideradas contrárias à visão tradicional de Galeno e porque se baseavam em pressupostos de Aristóteles.

O mestre de Harvey, o cirurgião e anatomista italiano Fabricius de Aquapendente (1537-1619), era um seguidor de Aristóteles, até mesmo em relação à forma de elaborar argumentações. Como veremos, foi principalmente por meio de um argumento estruturado em princípios lógicos e metafísicos, no estilo de Aristóteles, que Harvey demonstrou, entre 1615 e 1619, que o sangue circula no organismo (embora ele também tivesse feito experimentos, inclusive com vivissecção, ou seja, dissecando animais vivos).

As ideias de Harvey sobre a circulação do sangue no organismo estão contidas em um livro escrito em latim cujo título é *Exercitatio anatomica de motu cordis et sanguinis in animalibus* (Estudo anatômico do movimento do coração e do sangue nos animais, também chamado simplesmente de *De motu cordis*, O movimento do coração), constituído de 18 capítulos curtos e organizado em cinco partes.

Na introdução da obra, Harvey explica que discutirá o movimento, a ação e a função do coração e das artérias, bem como os problemas encontrados nas propostas feitas antes por outros estudiosos, inclusive por Galeno, sobretudo a relação entre pulsação e respiração. Alguns historiadores afirmam que *De motu cordis* é, antes de tudo, uma defesa das ideias de Aristóteles.

De início, Harvey refere-se às artérias e às suas pulsações e, depois, ao coração e às suas pulsações, para então abordar os movimentos exatos do sangue no coração e nas artérias, tanto no que hoje conhecemos como pequena circulação (coração-pulmões-coração) como no que chamamos grande circulação (coração-corpo-coração). Ele demonstra que o sangue passa do ventrículo esquerdo para as artérias, é distribuído pelo corpo todo e retorna ao coração pelas veias.

Não escreva no livro.

Para finalizar, apresenta vários argumentos que confirmavam a circulação do sangue. Por exemplo, se o coração e os pulmões apresentam estruturas e movimentos diferentes, suas artérias devem ter também diferentes funções. E questiona: Se as pulsações resfriassem o corpo, como pensava Galeno, como elas poderiam levar o princípio vital para as extremidades, já que elas aquecem as extremidades levando sangue e não ar frio?

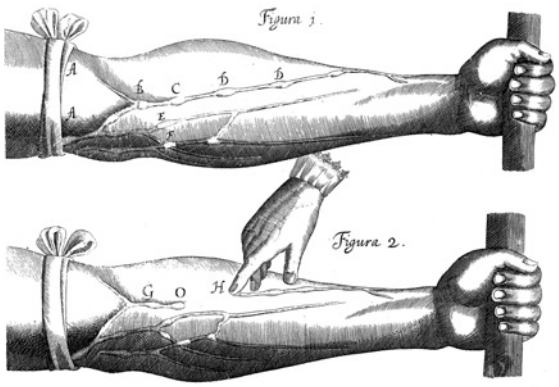
Com o passar do tempo e uma dedicação que aumentava a cada dia, utilizando com frequência o recurso da vivissecção de grande variedade de animais e coletando muitas observações, penso ter chegado à verdade [sobre o assunto]. Consegui [...] escapar desse labirinto e descobri o que mais desejava, tanto o movimento como a utilidade do coração e das artérias. Desde essa época, não hesitei em expor minhas ideias sobre esses assuntos, não apenas privadamente para meus amigos, mas também em público, em minhas aulas de anatomia, como se fazia na velha Academia. Essas ideias, como normalmente acontece, agradaram mais a alguns do que a outros; alguns me repreenderam e caluniaram, acusando-me de cometer o crime de ousar me distanciar dos preceitos e das opiniões de todos os anatomistas. Outros desejaram mais explicações sobre as novidades que consideraram valer a pena [...].

[...] Finalmente vi que o sangue, forçado pela ação do ventrículo esquerdo, passa para as artérias, é distribuído pelo corpo como um todo e suas diversas partes, do mesmo modo que é mandado para os pulmões, impulsionado para o ventrículo direito para a artéria pulmonar, passando pelas veias e veia cava e circularmente para o ventrículo esquerdo, como mencionado. Com o movimento que podemos chamar circular, de modo análogo ao que Aristóteles afirma que o ar e a chuva descrevem [...].

Harvey, W. Uma dissertação anatômica sobre o movimento do coração e do sangue em animais. Chicago: Encyclopedia Britannica, 1952. p. 273-274 e 285. Título original: *An anatomical disquisition on the motion of the heart and blood in animals* [1628]. Tradução dos autores.

Harvey conclui, então, que as artérias contêm somente sangue, o que já havia sido mostrado por Galeno por meio de experimentos simples em que as artérias eram seccionadas ou pela observação do que ocorre com o sangue, em caso de ferimentos. Além disso, calculou a quantidade de sangue que é movimentada a cada 30 minutos, que seria de 500 onças (oz), o correspondente a 14,786 litros. No entanto, explicou que poderia haver uma variação desse volume, dependendo das condições do indivíduo, como temperatura, idade, sono, descanso, alimentação, exercício, entre outras.

A



Universidade de Glasgow, Escócia. Fac-símile: ID/BR

Gravura do livro *De motu cordis*, representando um dos experimentos de William Harvey.

Em um de seus experimentos, Harvey apertou fortemente uma ligadura na parte superior do braço de uma pessoa (imagem **A**). Ao fazer isso, ele observou que a parte do braço abaixo da ligadura tornava-se fria e pálida, porque o sangue era impedido de fluir pelas artérias e veias, enquanto a parte superior ficava quente e inchada. Ao afrouxar levemente a ligadura, percebia que o sangue das artérias ia para a parte inferior do braço, pois as artérias estão localizadas mais profundamente que as veias.

Concluiu, então, que a parte abaixo da ligadura ficava quente e inchada e que as veias tornavam-se mais visíveis porque agora estavam cheias de sangue. Constatou também pequenas pulsações nas veias, que relacionou às válvulas que tinham sido descritas por seu mestre Fabricius de Aquapendente.

Harvey, porém, desconhecia a circulação capilar, que foi mostrada pelo cientista holandês Anton van Leeuwenhoek (1632-1723) e pelo biólogo italiano Marcello Malpighi (1628-1694). Para Harvey, a diferença de coloração entre o sangue arterial e o sangue venoso ocorreria porque o arterial seria mais "espirituoso". Em 1649, ele negou que o sangue, ao passar pelos pulmões, sofresse alguma modificação.

Para discutir

1 **Quais foram as principais ideias de Galeno sobre o movimento do sangue no organismo?**
Veja resposta em *Respostas e comentários* no Manual do Professor.

2 **Que aspectos admitidos por Galeno foram abandonados por Harvey?**
Veja resposta em *Respostas e comentários* no Manual do Professor.

3 **As ideias de Harvey foram prontamente aceitas por seus colegas? Que aspecto da ciência pode ser observado nesse caso?** Veja resposta em *Respostas e comentários* no Manual do Professor.

CIRCULAÇÃO DA LINFA

ROTEIRO

3. Em decorrência de uma infecção em um dos pés, uma pessoa pode apresentar uma íngua na região da virilha. Responda:

a) O que é íngua?

b) Por que ela aparece, nesse caso, na virilha?

Enquanto circula, o sangue distribui para as células substâncias que se encontram dissolvidas no plasma. Essa transferência, contudo, não é direta. Nos espaços entre as células que formam os diversos tecidos do corpo, há um fluido, chamado **líquido intersticial** (do latim *interstitiu*, "intervalo"). As substâncias do plasma são primeiro transferidas para o líquido intersticial e só depois absorvidas pelas células.

O líquido intersticial, também chamado **linfa**, forma-se a partir do plasma sanguíneo. A composição de ambos é similar, porém o plasma carrega as hemácias e é mais rico em proteínas, que, devido ao seu tamanho, não atravessam a parede dos capilares.

Vasos e órgãos linfáticos

O líquido intersticial pode voltar aos capilares sanguíneos ou penetrar nos vasos linfáticos, de onde é reconduzido para o sangue. No corpo humano, existem órgãos linfáticos dispersos em várias partes dele.

Os principais órgãos linfáticos são o timo, o baço e os linfonodos, além da medula óssea, considerada um tecido linfático (imagem **A**).

Os **linfonodos** são órgãos filtradores de linfa, que desempenham um importante papel na defesa do organismo. Nos linfonodos, ocorrem intensa fagocitose e produção de anticorpos. Esses órgãos são ricos em linfócitos e macrófagos e estão distribuídos por todo o corpo ao longo dos vasos linfáticos, com maior concentração em regiões como pescoço, virilha e axilas.

Externamente, cada linfonodo é recoberto por uma cápsula de tecido conjuntivo denso. Internamente, existe uma rede de fibras reticulares e células como macrófagos e linfócitos. A linfa entra no linfonodo por vasos linfáticos aferentes e passa pelas fibras reticulares, que retêm os agentes invasores. Em seguida, esses agentes são destruídos por macrófagos e linfócitos. A linfa filtrada sai dos linfonodos pelos vasos linfáticos eferentes.

Quando um agente infeccioso invade o corpo – pela boca ou por um ferimento nos membros, por exemplo –, os linfonodos próximos àquela região aumentam sua atividade e acabam inchando, formando as ínguas, que costumam aparecer em regiões onde se concentram muitos linfonodos.

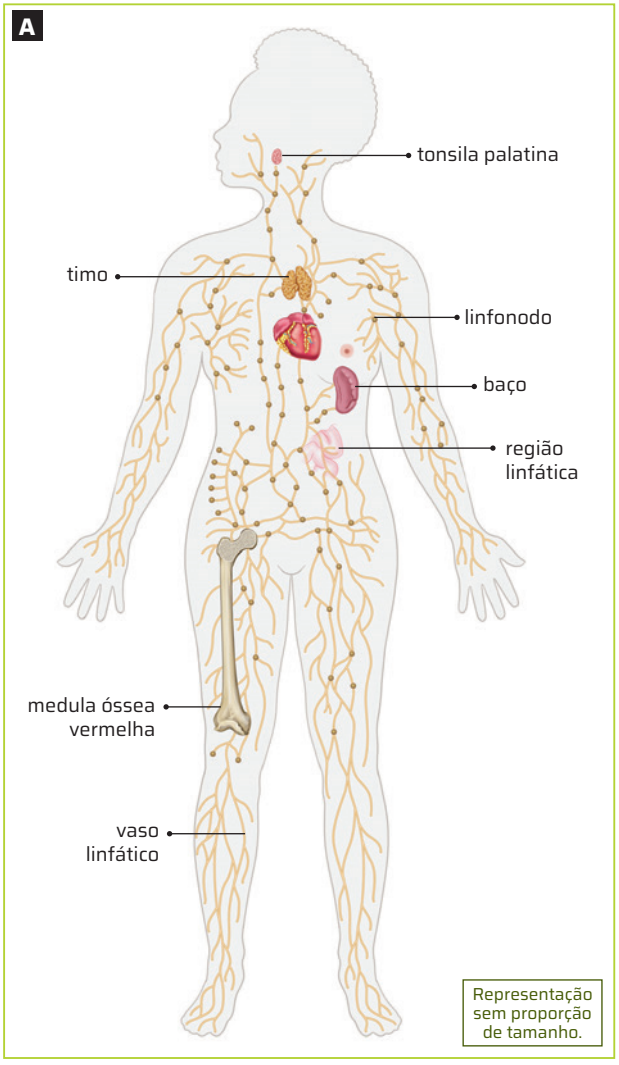
A linfa movimenta-se devido ao trabalho muscular, que comprime os vasos linfáticos de modo intermitente. Essa é uma das razões pelas quais a falta de movimentação pode causar inchaço nas mãos e nos pés.

No interior dos vasos linfáticos, existem válvulas, estruturas que impedem o refluxo da linfa, contribuindo para a circulação desse líquido. Dois grandes ductos, o linfático direito e o torácico, desembocam em veias que chegam ao coração, devolvendo ao sangue o líquido que passou para os tecidos durante a circulação.

Antes de retornar ao coração, a linfa que circula nos vasos linfáticos passa pelos linfonodos em diversos locais do corpo.

Além de drenar o excesso de líquido intersticial (conduzindo-o ao sangue), a circulação da linfa é importante para a resposta imune do organismo.

Reinaldo Vignati/ID/BR



Representação dos principais vasos e órgãos linfáticos do corpo humano. Cores-fantasia.

Fonte de pesquisa: Tortora, G. J. *Corpo humano*: fundamentos de fisiologia e anatomia. 8. ed. Porto Alegre: Artmed, 2012. p. 434.

3. a) A íngua é uma inflamação dos linfonodos. Isso ocorre quando temos uma infecção, por exemplo, pois os linfonodos estão produzindo células do sistema de defesa em maior quantidade.
3. b) Na virilha concentram-se os linfonodos que recebem a linfa vinda das pernas e dos pés.

Não escreva no livro.

SISTEMA URINÁRIO

Nos seres humanos, o **sistema urinário** atua na osmorregulação e na excreção dos resíduos metabólicos. A eliminação na urina de substâncias, como a ureia e a creatinina, produzidas na atividade metabólica das células, é denominada **excreção**.

O sistema urinário humano é composto de um par de rins, de dois ureteres, da bexiga e da uretra (imagem **A**).

A filtração do sangue é realizada por estruturas tubulares chamadas **néfrons**. Cada rim é formado por cerca de 1 milhão de néfrons.

Formação da urina

A ação contínua e conjunta dos 2 milhões de néfrons produz a urina em um processo composto de três fases, que serão explicadas a seguir: filtração, reabsorção e secreção.

Filtração glomerular

A formação da urina começa com o processo de filtração do sangue que passa pelos capilares do glomérulo (imagem **B**). A pressão do sangue faz certas substâncias saírem dos capilares e passarem para o túbulo néfrico.

Moléculas grandes (como proteínas) e células sanguíneas ficam retidas no interior do capilar. O líquido resultante da filtração, o **filtrado glomerular**, tem composição semelhante à do plasma sanguíneo.

Pessoas saudáveis produzem cerca de 180 L desse filtrado diariamente. Mas ninguém excreta essa quantidade de urina por dia, pois praticamente 99% do volume retorna ao sangue pelo processo de reabsorção.

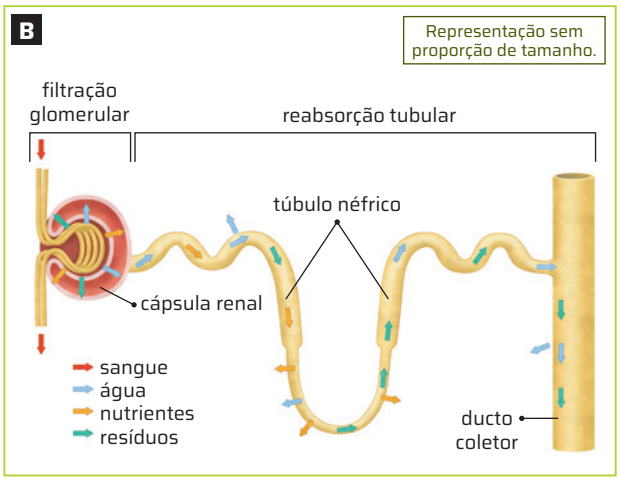
Reabsorção tubular

À medida que o filtrado glomerular percorre o túbulo néfrico, certas substâncias são reabsorvidas, isto é, passam do túbulo néfrico para o interior dos capilares sanguíneos (imagem **B**). É o que acontece com a glicose, os aminoácidos, certos íons e a maior parte da água. Em pessoas com diabetes, a quantidade de glicose presente no filtrado excede a capacidade de reabsorção, e parte dessa substância é excretada na urina.

A reabsorção envolve transportes ativo e passivo de substâncias através da membrana celular. No final do túbulo néfrico, ocorre também o processo de secreção de substâncias.

Secreção tubular

A secreção é o transporte de certas substâncias presentes nos capilares e no líquido intersticial para dentro do túbulo néfrico (imagem **B**). Entre as substâncias secretadas, as principais são íons hidrogênio (H^+) e íons potássio (K^+).



Bruno Badain/ID/BR

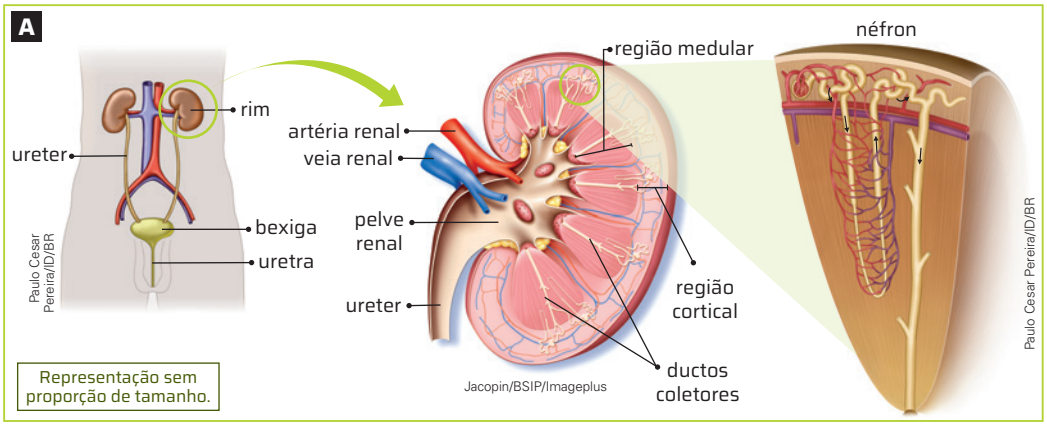
Esquema simplificado de um néfron. Cores-fantasia.

Fonte de pesquisa: Tortora, G. J. *Corpo humano*: fundamentos de fisiologia e anatomia. 8. ed. Porto Alegre: Artmed, 2012. p. 547.

Além de retirar as substâncias nocivas do sangue, a secreção exerce papel importante no controle do pH sanguíneo, promovendo a eliminação de íons H^+ pela urina.

Após a passagem pelo túbulo néfrico, o filtrado glomerular segue em direção ao ducto coletor, onde desembocam os túbulos de vários néfrons e ainda ocorre a reabsorção de água. Ao chegar à pelve renal, a urina já apresenta sua composição final.

A urina chega à bexiga pelos ureteres. Ao final do processo, os 180 L de filtrado glomerular produzidos diariamente nos dois rins são reduzidos para cerca de 1,5 L, quantidade aproximada de urina que um adulto saudável excreta ao longo de um dia.



Paulo Cesar Pereira/ID/BR

Jacopin/BSIP/Imageplus

Paulo Cesar Pereira/ID/BR

O esquema mostra (da esquerda para a direita) a posição do sistema urinário no corpo de um indivíduo do sexo masculino, a estrutura de um rim em corte e um néfron ampliado. Cores-fantasia.

Fonte de pesquisa: Tortora, G. J. *Corpo humano*: fundamentos de fisiologia e anatomia. 8. ed. Porto Alegre: Artmed, 2012. p. 539-542.

Controle da função renal

O corpo humano apresenta mecanismos nervosos e hormonais que controlam o volume e a composição da urina excretada.

O hormônio antidiurético (ADH) controla o volume e a concentração da urina. Ele é produzido em uma região cerebral denominada hipotálamo e é armazenado na glândula hipófise, de onde é lançado na corrente sanguínea.

Quando pouca água é ingerida ou quando o corpo perde mais água do que a que foi ingerida, a concentração de sais dissolvidos no plasma sanguíneo aumenta, estimulando a liberação de ADH. O ADH aumenta a permeabilidade especialmente nos ductos coletores renais, elevando a reabsorção da água.

Nessa situação, a urina torna-se pouco volumosa e muito concentrada. Quando a disponibilidade de água é grande, o volume do sangue torna-se maior e a concentração de sais diluídos no plasma diminui, a secreção de ADH é inibida e ocorre menor reabsorção de água para a corrente sanguínea. É produzido maior volume de urina, que se torna diluída.

Outro mecanismo de regulação da função renal envolve a reabsorção de íons sódio (Na^+). Quando a concentração sanguínea desses íons é muito baixa, as células da parede do túbulo néfrico e das arteríolas que saem do glomérulo secretam na corrente sanguínea a enzima renina. Esta converte uma proteína plasmática, o angiotensinogênio, em sua forma ativa, a angiotensina, que tem múltipla ação hormonal, levando à constrição dos vasos sanguíneos e à elevação do volume de sangue, o que, por sua vez, provoca o aumento da pressão sanguínea.

A angiotensina participa de outro sistema de regulação. Ela estimula as glândulas suprarrenais, localizadas acima dos rins, a secretar aldosterona. Esse hormônio estimula a reabsorção de sódio, regulando sua concentração no sangue e na urina. A ingestão exagerada de sal eleva a concentração de sódio no sangue, o que inibe a secreção de aldosterona e diminui a reabsorção de sódio. Como consequência, há maior liberação de sódio na urina.

ROTEIRO

4. Dois indivíduos adultos e sem problemas metabólicos apresentam dietas bastante diferentes. O primeiro alimenta-se de grande quantidade de proteínas, mas ingere poucos carboidratos. O segundo come pouco alimento proteico, mas consome muitos carboidratos. O que se pode prever sobre as concentrações de ureia e de glicose presentes na urina de cada um deles?

A urina do primeiro indivíduo terá elevada concentração de ureia, resultante do metabolismo proteico, mas baixa concentração de glicose, que é componente dos carboidratos. A urina do segundo indivíduo terá menor concentração de ureia e não terá alteração no teor de glicose. Alterações no teor de glicose podem ocorrer em indivíduos com diabetes não tratada.

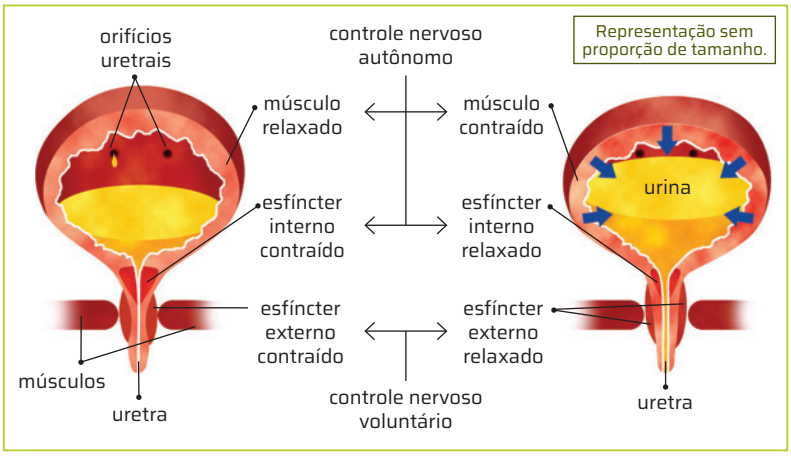
Micção

A eliminação da urina para fora do corpo, denominada **micção**, é uma ação que, embora possa ser facilitada ou inibida voluntariamente, é controlada pelo sistema nervoso autônomo.

Em geral, a uretra mantém-se fechada por dois esfíncteres musculares: um interno (involuntário) e outro externo (controlado voluntariamente). A bexiga é um órgão muscular, constituído de músculo não estriado. À medida que o volume da urina na bexiga se aproxima de 300 mL, receptores presentes na parede desse órgão estimulam sua contração e o relaxamento do esfíncter interno. A urina será excretada se houver o relaxamento do esfíncter externo. Se não houver, depois de pouco mais de um minuto, o reflexo de micção cessa e a contração da bexiga reduz-se drasticamente.

A inibição do reflexo de micção pode durar de alguns minutos até uma hora ou mais. Entretanto, a bexiga torna-se cada vez mais cheia, e o reflexo de micção aumenta em frequência e em intensidade, até que não é mais possível ter controle sobre o esfíncter externo. Esse controle só é adquirido pela criança após 2 anos de idade, quando o sistema nervoso já está bem desenvolvido.

Adilson Secco/ID/BR



Representação da bexiga em dois momentos: à esquerda, armazenando urina, e, à direita, durante a micção. Cores-fantasia.

Fonte de pesquisa: Tortora, G. J. *Corpo humano*: fundamentos de fisiologia e anatomia. 8. ed. Porto Alegre: Artmed, 2012. p. 551.

Não escreva no livro.

SISTEMA NERVOSO

As atividades realizadas por um organismo dependem da integração e da coordenação das várias partes que o constituem. Nos animais, dois sistemas estão encarregados da integração e da coordenação de todas as funções do organismo: o **sistema nervoso** e o **sistema endócrino**.

Anatomicamente, o sistema nervoso humano pode ser dividido em sistema nervoso central (SNC) e sistema nervoso periférico (SNP).

Sistema nervoso central

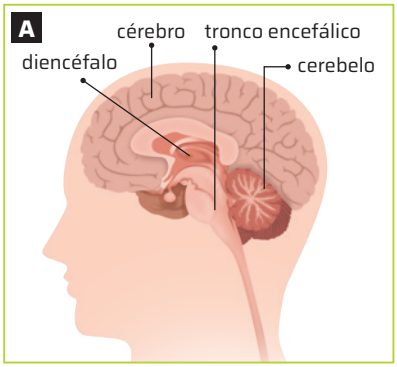
Formado pelo encéfalo e pela medula espinal, o **sistema nervoso central** recebe e processa informações dos meios externo e interno, controlando as funções corporais.

O tecido formado principalmente por corpos celulares é chamado, devido à sua coloração, **substância cinzenta**. Por sua vez, as fibras nervosas, devido à presença de mielina, apresentam coloração mais clara e são denominadas **substância branca**.

O sistema nervoso central é protegido por estruturas ósseas: o **crânio** ou caixa craniana reveste o encéfalo, e as vértebras, que formam a coluna vertebral, circundam a medula espinal.

Encéfalo

Principal centro de integração e coordenação de informações do sistema nervoso, o **encéfalo** é formado por cérebro, diencéfalo, cerebelo e tronco encefálico (imagem **A**).



Fabio Eugenio/ID/BR

Representação sem proporção de tamanho.

Esquema do encéfalo em corte. Cores-fantasia.

Fonte de pesquisa: Putz, R.; Pabst, R. (ed.). *Sobotta*: atlas de anatomia humana. 22. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2008. v. 1, p. 284-288.

O **cérebro** corresponde à porção mais volumosa do encéfalo e é o centro da inteligência, da consciência, do aprendizado, da memória, do pensamento e da linguagem. Ele também comanda os movimentos voluntários e participa da integração dos estímulos sensoriais.

Embora o cérebro apresente certa plasticidade, de modo geral, as regiões do córtex cerebral são especializadas em exercer determinadas funções.

Outra parte do encéfalo é o **diencéfalo**, constituído de três estruturas principais: o tálamo, o epitálamo e o hipotálamo.

O tálamo recebe e reenvia informações dos órgãos dos sentidos para as áreas sensoriais do córtex cerebral. O epitálamo contém a glândula pineal, responsável por regular os padrões de sono e vigília. O hipotálamo, que fica na base do tálamo, é um centro organizador das emoções, como agressividade, medo, prazer e tristeza. Também é responsável por sensações como fome, sede e sono.

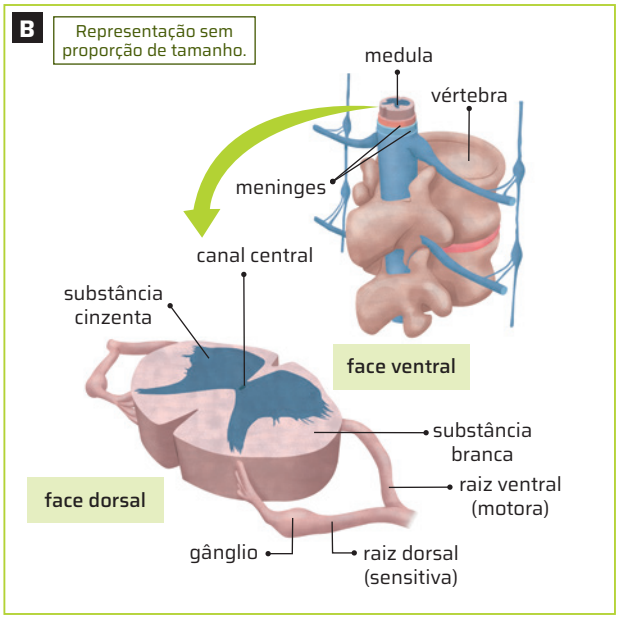
Localizado atrás do cérebro, o **cerebelo** é formado por dois hemisférios. Ele é importante no controle do equilíbrio e da coordenação motora.

Situado entre o diencéfalo e a medula espinal, o tronco encefálico é formado por três estruturas: o mesencéfalo, a ponte e o bulbo.

O mesencéfalo é responsável por controlar as funções motoras e sensoriais, além de regular algumas funções viscerais. A ponte, localizada abaixo do mesencéfalo e à frente do cerebelo, retransmite impulsos para o cerebelo e ajuda no controle da respiração. O bulbo controla a frequência cardíaca, a transpiração, a respiração, entre outras ações involuntárias do corpo. É nele que as vias motoras se cruzam, de forma que ficam em lados opostos na medula espinal e no encéfalo. Assim, o hemisfério esquerdo do cérebro controla o lado direito do corpo, e vice-versa. O bulbo faz ainda a ligação do encéfalo com a medula espinal.

Medula espinal

A medula espinal consiste em uma estrutura tubular que se encontra alojada dentro da coluna vertebral e que vai da base do encéfalo à segunda vértebra lombar, situada pouco antes da pélvis (imagem **B**). A medula espinal desempenha funções importantes, como a condução de impulsos nervosos sensoriais (dos órgãos receptores para o encéfalo) e motores (do encéfalo até os órgãos efetores), e o controle de atos reflexos.



Bruno Bedaiv/ID/BR

Esquema de parte da coluna vertebral, evidenciando a localização da medula espinal (em cima), e da medula espinal em corte transversal, mostrando a substância branca e a cinzenta (embaixo). Cores-fantasia.

Fonte de pesquisa: Putz, R.; Pabst, R. (ed.). *Sobotta*: atlas de anatomia humana. 22. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2008. v. 1, p. 26.

Sistema nervoso periférico

Constituído de gânglios nervosos e nervos, o **sistema nervoso periférico** conecta o sistema nervoso central aos demais órgãos do corpo.

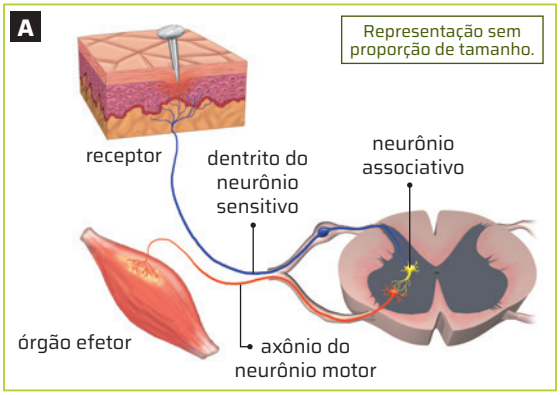
Os **gânglios** são aglomerações de corpos celulares de neurônios situadas fora do sistema nervoso central e que controlam muitas funções viscerais. Os **nervos** são feixes de fibras nervosas (axônios, dendritos ou ambos) envoltos em tecido conjuntivo.

De acordo com sua função, os nervos podem ser classificados em três tipos: **nervos sensitivos** ou **aferentes**, que levam sinais captados por receptores sensoriais para o sistema nervoso central; **nervos motores** ou **eferentes**, que transmitem impulsos nervosos do sistema nervoso central para os órgãos efetores; e **nervos mistos**, que atuam como nervos sensitivos e motores. Segundo seu local de origem, os nervos podem ser cranianos ou espinais.

Os estímulos percebidos pelos órgãos dos sentidos são levados pelos nervos sensitivos até o sistema nervoso central, que analisa as informações e emite uma resposta. Esta é transmitida por nervos motores até o órgão efetor. Se a resposta for controlada pela vontade, o resultado será um **ato voluntário**. Se independer da vontade, será um **ato involuntário**.

Alguns atos involuntários são conhecidos como **atos reflexos**; trata-se de respostas rápidas a determinados estímulos, como a contração de um músculo ou a secreção de uma glândula. Os atos reflexos são comandados pela substância cinzenta da medula espinal ou do bulbo e efetuados antes que o cérebro tome consciência deles (imagem **A**).

Luís Moura/ID/BR



Esquema de um ato reflexo: um ferimento gera um sinal, que é enviado pelo neurônio sensitivo à medula espinal. Na medula, um neurônio associativo recebe esses impulsos e os transmite a um neurônio motor, cujo axônio, por sua vez, transmite-os até o órgão efetor, um músculo que se contrai. Cores-fantasia.

Fonte de pesquisa: Putz, R.; Pabst, R. (ed.). *Sobotta*: atlas de anatomia humana. 22. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2008. v. 1, p. 348-349.

Divisão funcional do sistema nervoso

O sistema nervoso também pode ser classificado segundo as funções que controla no organismo. Por esse critério, ele pode ser classificado em **sistema nervoso somático** e **sistema nervoso autônomo**.

O sistema nervoso somático inerva os músculos estriados esqueléticos, controlando os movimentos voluntários, como andar ou pentear os cabelos. Os corpos celulares de seus neurônios estão localizados no sistema nervoso central, e os axônios chegam até os órgãos efetores.

O sistema nervoso autônomo ou sistema nervoso vegetativo inerva glândulas, a musculatura não estriada e o músculo estriado cardíaco, controlando atividades involuntárias (ou funções autônomas), como batimento cardíaco, temperatura corporal, secreções glandulares, digestão, excreção, pressão sanguínea, entre outras. Sua ação é essencial para a homeostase, isto é, o controle do meio interno do corpo.

Do ponto de vista funcional, o sistema nervoso autônomo pode ser dividido em dois subsistemas – simpático e parassimpático –, que diferem quanto ao tipo de mediador químico secretado.

As fibras do **sistema nervoso simpático** liberam principalmente noradrenalina. Entre outras ações, essa substância acelera os batimentos cardíacos e o ritmo respiratório, aumenta o nível de glicose no sangue, dilata a pupila e eleva a pressão sanguínea, efeitos em geral associados a uma situação de alerta ou de ação.

As fibras do **sistema nervoso parassimpático** liberam acetilcolina. Essa substância diminui o ritmo dos batimentos cardíacos e da respiração, estimula a digestão, contrai a pupila, entre outros efeitos relacionados a descanso e relaxamento.

Embora muitas ações do sistema nervoso simpático sejam antagônicas àquelas controladas pelo parassimpático, nem sempre esse antagonismo é observado. Por exemplo, o sistema nervoso simpático estimula a secreção de hormônios pelas glândulas suprarrenais, mas o parassimpático não manifesta nenhuma ação sobre essas glândulas. Além disso, esses dois sistemas costumam atuar simultaneamente para manter a homeostase.

5. Pegar a travessa é um ato voluntário, controlado pela vontade e executado a partir de pensamentos elaborados no cérebro (córtex cerebral). Soltar a travessa é um ato involuntário (ou reflexo), independentemente da vontade e comandado pela medula espinal, sem que o cérebro tome consciência dele.

ROTEIRO

5. Ao pegar uma travessa de comida, uma pessoa solta-a de imediato, por estar quente demais. Em termos de controle nervoso, qual é a diferença entre os atos de pegar e de soltar?

Não escreva no livro.

CIÊNCIA, TECNOLOGIA, SOCIEDADE E AMBIENTE

CONTAMINAÇÃO POR MERCÚRIO AFETA SAÚDE DE MULHERES E CRIANÇAS MUNDURUKUS

2. Resposta pessoal. É esperado que os estudantes mencionem a importância de identificar os efeitos tóxicos do mercúrio para a saúde humana, assim como reconhecer e estudar as populações mais atingidas por esse tipo de contaminação. Os dados obtidos podem embasar ações e políticas públicas para solucionar o problema.

Uma menina de dez anos mais baixa e magra que a irmã mais nova, de oito. Uma outra criança, com 12, apresenta problema na coluna, que é torta. Um menino de quatro anos que já deveria andar, vive no peito da mãe, ainda engatinha e não fala uma palavra.

Os casos são de crianças da etnia munduruku do território Sawré Muybu, próximo ao município de Itaituba (PA), que apresentam problemas graves de desenvolvimento. A principal causa, dizem os médicos, é a contaminação do solo, água e peixes por mercúrio utilizado no garimpo ilegal.

Desde 2018, o garimpo ilegal nas terras indígenas munduruku, no sudoeste do estado, explodiu. Segundo levantamento do Greenpeace Brasil, a área atingida pelo garimpo cresceu de 1 399 hectares, em 2018, para 7 095, até dezembro de 2023.

[...]

O índice de contaminação nos mundurukus é um dos mais altos do país. Segundo uma pesquisa feita em 2019 pela Fiocruz (Fundação Oswaldo Cruz), cerca de 57,9% apresentaram níveis de mercúrio acima do limite máximo de segurança estabelecido por órgãos de saúde internacionais, como a agência ambiental americana (EPA-US, na sigla em inglês) e a OMS (Organização Mundial da Saúde).

O levantamento analisou indivíduos de dez aldeias do médio e alto Tapajós, e a concentração mais elevada foi observada em mulheres e crianças. Por essa razão, a mesma instituição iniciou um estudo, que ainda está em andamento, para avaliar os efeitos do mercúrio em mães e bebês de até dois anos. [...]

O mercúrio é um metal pesado com efeitos neurológicos. Ele pode causar danos cerebrais permanentes, incluindo cegueira e paralisia.

[...]

Como a base da alimentação dos indígenas é o pescado, os altos níveis de contaminação na região contribuem para problemas de saúde. Um estudo produzido em conjunto pelo Greenpeace Brasil, Fiocruz, WWF e ISA (Instituto Socioambiental) apontou que 21% dos peixes vendidos em feiras livres na Amazônia têm alto índice de mercúrio. A análise incluiu 1 010 espécies em 17 municípios de seis estados da Amazônia Legal – dentre eles Itaituba e Santarém, na região do Tapajós.

[...]

Com um sistema de atendimento à saúde precário, os indígenas dependem das equipes multidisciplinares que visitam as aldeias uma vez por mês – às vezes, a frequência é menor. Em casos urgentes, fazem um percurso de cerca de três horas, que envolve trajetos de barco e via estrada de terra, até Itaituba, onde podem ser atendidos no DSEI (Distrito Sanitário Especial Indígena) ou encaminhados para o Hospital Municipal de Itaituba [...].

[...]

Danilo Verpa/Folhapress

Mancha de poluição devido aos garimpos existentes no rio Jamanxim com o rio Tapajós, no município de Trairão, no Pará. Foto de 2024.

Bottallo, A.; Verpa, D. Contaminação por mercúrio afeta saúde de mulheres e crianças mundurukus. *Folha de S.Paulo*, São Paulo, 6 jul. 2024. Disponível em: https://www1.folha.uol.com.br/equilibrioesaude/2024/07/contaminacao-por-mercurio-afeta-saude-de-mulheres-e-criancas-munduruku.shtml. Acesso em: 12 jul. 2024.

Para discutir

1. a) Exemplos: menina de dez anos mais baixa e magra que a irmã de 8 anos; criança com coluna torta; menino de 4 anos que ainda engatinha e não fala. Problemas de desenvolvimento do corpo geralmente estão relacionados ao funcionamento do sistema nervoso e endócrino.

1. b) Ao inalar o vapor de mercúrio, os pulmões podem ser atingidos. A ingestão de alimentos contaminados com mercúrio, como peixes (base da alimentação indígena), afeta o trato digestório e pode atingir os órgãos e outros sistemas por meio da corrente sanguínea.

1 **O mercúrio é usado em garimpo devido à sua capacidade de se unir a outros metais e formar amálgamas, um tipo de mistura que facilita a separação dos grãos de ouro dos sedimentos.**

a) Identifique no texto problemas de saúde atribuídos ao contato dos Munduruku com o mercúrio e indique o sistema do corpo humano afetado.

b) De que forma o mercúrio pode atingir diferentes órgãos e o sistema nervoso?

2 **Qual é a importância de investir e estimular estudos que avaliem os efeitos do mercúrio no corpo humano, como o que vem sendo feito em mães e em bebês?**

3 **Converse com os colegas sobre os elementos apresentados no texto que caracterizam um quadro de desigualdade social relacionados à prática do garimpo.**

- Que medidas e ações poderiam contribuir para reverter esse quadro?

3. Resposta pessoal. Os estudantes podem mencionar, por exemplo, a garantia de proteção dos territórios indígenas e do acesso das comunidades indígenas a serviços essenciais, como o de saúde. Além disso, converse com eles sobre a importância de ações de fiscalização dos garimpos e do uso do mercúrio, assegurando a descontaminação do ambiente.

Não escreva no livro.

SISTEMA ENDÓCRINO

O **sistema endócrino** é formado por órgãos produtores de hormônios, substâncias que regulam diversas funções do corpo.

Esse sistema age de forma integrada ao sistema nervoso. Juntos, eles regulam o crescimento, o desenvolvimento, o funcionamento e o metabolismo corporal.

Sinalização hormonal

O sistema nervoso usa sinais elétricos para coordenar e integrar o funcionamento do organismo, mas existe outro tipo de sinal que participa dessa coordenação e dessa integração: o sinal químico. Os mensageiros químicos são os hormônios, cuja atuação é mais lenta do que a dos potenciais de ação, porém, mais duradoura.

Os hormônios podem ser polipeptídios, proteínas, esteroides e derivados de aminoácidos. Eles são produzidos em pequenas quantidades por células endócrinas, difundem-se no espaço extracelular e podem ser distribuídos pelo sistema circulatório.

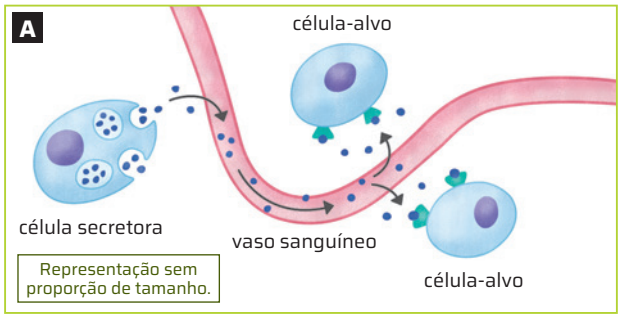
Cada hormônio age sobre órgãos específicos, chamados **órgãos-alvo**. As células dos órgãos-alvo têm receptores que se ligam apenas a determinados hormônios e não reagem aos outros.

A ligação entre hormônios e receptores provoca alterações bioquímicas no interior das células que expressam os sinais hormonais.

Os receptores hormonais podem estar na membrana plasmática ou no interior da célula, como é o caso dos receptores dos esteroides e dos hormônios da glândula tireoide.

Sinalização endócrina

Os hormônios são secretados na corrente sanguínea e agem sobre células-alvo distantes do local em que são produzidos (imagem **A**).



Bruno Badain/D/BR

Representação do mecanismo de liberação e de ação de hormônio distribuído pelo sangue. Cores-fantasia.

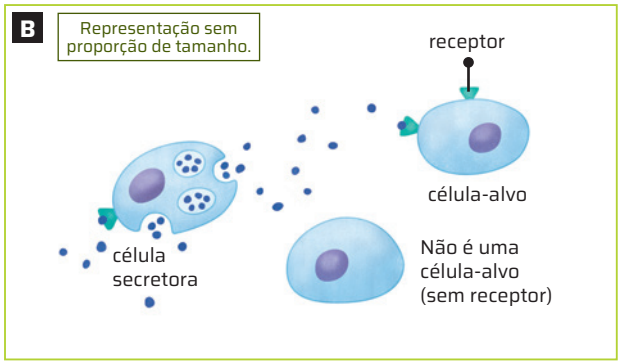
Fonte de pesquisa das imagens: Reece, J. B. *et al. Biologia de Campbell*. 10. ed. Porto Alegre: Artmed, 2015. p. 994.

De forma geral, os hormônios atuam na manutenção da homeostase, regulando diversas funções do organismo, como pressão e volume sanguíneos e metabolismo de energia, além de mediar as respostas aos estímulos do meio ambiente e regular o crescimento e o desenvolvimento, desencadeando alterações físicas e comportamentais relacionadas à maturidade sexual e à reprodução.

Sinalização parácrina e autócrina

Outros hormônios são liberados no espaço extracelular e agem localmente. Uma vez secretados, esses hormônios atuam sobre suas células-alvo em segundos ou mesmo em milissegundos.

Dependendo da célula-alvo, a sinalização pode ser parácrina ou autócrina (imagem **B**).



Bruno Badain/D/BR

Representação do mecanismo de liberação e de ação de hormônios autócrino (à esquerda) e parácrino (à direita). Cores-fantasia.

As células-alvo dos hormônios autócrinos são a própria célula secretora. Na sinalização parácrina, as células-alvo são células vizinhas à célula secretora.

Órgãos endócrinos

As glândulas endócrinas produzem dezenas de hormônios, que controlam a secreção de outros hormônios ou agem regulando diretamente o metabolismo.

O hipotálamo é a parte do encéfalo que produz vários hormônios, como a ocitocina e o hormônio antidiurético. O hipotálamo também produz hormônios que regulam a ação da hipófise, estimulando ou inibindo a secreção dessa glândula.

A hipófise situa-se na base do encéfalo, abaixo do hipotálamo, e é formada por dois lobos: a neuroipófise, que não participa da produção de hormônios, mas armazena e secreta a ocitocina e o hormônio antidiurético (ADH), e a adenoipófise, que produz hormônios que regulam a função de outras glândulas endócrinas. Os principais hormônios produzidos pela adenoipófise são: o hormônio do crescimento, o hormônio tireoideotrófico, o hormônio adrenocorticotrófico, as gonadotrofinas e a prolactina.

A tireoide é uma das maiores glândulas endócrinas do corpo humano. Seus principais hormônios são a tiroxina ou tetraiodotironina (T4) e a tri-iodotironina (T3).

As gônadas, além de produzir os gametas, secretam hormônios sexuais ou reprodutivos. Os testículos secretam a testosterona, e os ovários, o estrógeno e a progesterona.

Não escreva no livro.

Regulação hormonal

A produção e a secreção hormonal são controladas por mecanismos regulatórios – o mecanismo mais simples é a **regulação direta**. Nesse mecanismo, as células endócrinas respondem diretamente a um estímulo interno ou a um estímulo ambiental. As concentrações de cálcio no sangue, por exemplo, são detectadas diretamente pelos receptores de cálcio nas glândulas paratireoides, que secretam o paratormônio, e as concentrações de glicose no sangue são detectadas diretamente pelas células do pâncreas, que secretam insulina.

Regulação por retroalimentação

O controle por **retroalimentação** é um processo mais complexo, no qual o nível do hormônio no sangue leva à inibição ou ao estímulo de sua produção.

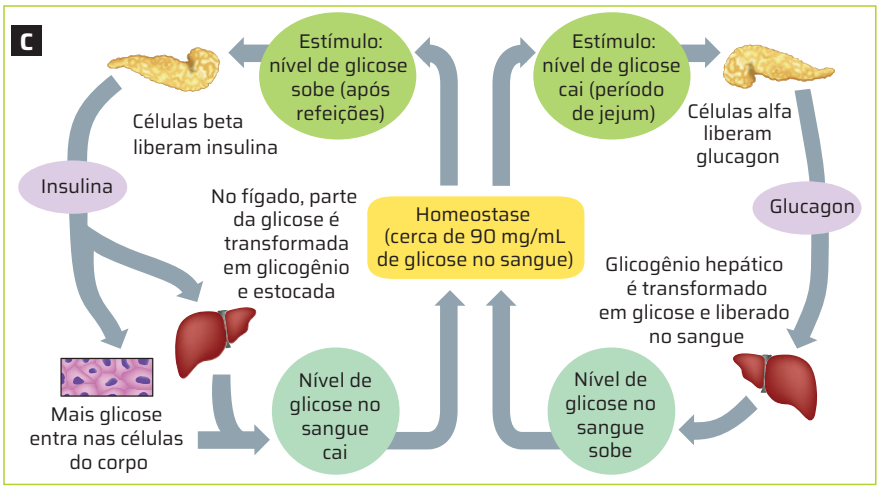
Na **retroalimentação negativa**, a resposta hormonal reduz o estímulo inicial, diminuindo essa resposta (imagem **A**).

Um exemplo desse mecanismo é o controle das glândulas suprarrenais: elas secretam o cortisol, que aumenta a quantidade de glicose no sangue ao estimular a quebra de proteínas e ajuda o corpo a enfrentar situações de estresse. A liberação do cortisol é estimulada pelo ACTH, hormônio produzido pela adenoipófise, que é regulada pelo hipotálamo. O cortisol, por sua vez, inibe tanto o hipotálamo quanto a hipófise, reduzindo assim o estímulo das suprarrenais.

Na **retroalimentação positiva**, a resposta hormonal reforça seu estímulo, levando a uma resposta ainda maior (imagem **B**). Um exemplo desse mecanismo é a produção de leite pelas glândulas mamárias. A sucção do bebê durante a amamentação é o estímulo necessário à produção de ocitocina, responsável pela ejeção do leite e de prolactina, responsável pela produção do leite: quanto mais o bebê suga, maior a produção de prolactina e ocitocina. A ativação da rota é sustentada até que o bebê pare de mamar.

O controle hormonal é necessário para a manutenção da homeostase, e muitas vezes as rotas de controle estão combinadas, promovendo um controle ainda mais equilibrado. Esse é o caso do controle das concentrações de glicose no sangue pela ação antagônica dos hormônios insulina e glucagon, produzidos pelas células das ilhas pancreáticas (imagem **C**).

A insulina promove a entrada de glicose nas células musculares e adiposas e o armazenamento de glicose na forma de glicogênio no fígado, reduzindo a glicemia, isto é, o nível de glicose no sangue. A produção de insulina é estimulada pelo aumento dos níveis de glicose no sangue. O glucagon estimula a quebra do glicogênio armazenado no fígado e na musculatura e acelera a liberação de glicose, aumentando seus níveis no sangue. Ele é liberado quando a glicemia diminui, em situações de jejum.

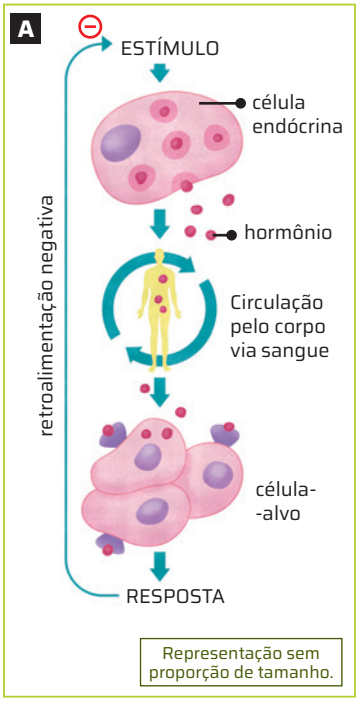


Paula Radi/ID/BR

Esquema da regulação do nível de glicose no sangue. Cores-fantasia.

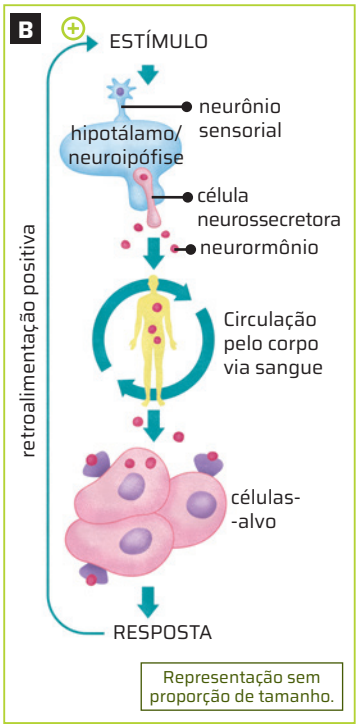
Representação sem proporção de tamanho.

Fonte de pesquisa: Tortora, G. J. *Corpo humano*: fundamentos de fisiologia e anatomia. 8. ed. Porto Alegre: Artmed, 2012. p. 342.



Paula Radi/ID/BR

Na retroalimentação negativa, as células endócrinas respondem a um estímulo (interno ou ambiental), secretando hormônios que desencadeiam uma resposta específica pelas células-alvo que reduz o estímulo inicial. Cores-fantasia.



Paula Radi/ID/BR

Na retroalimentação positiva, a resposta hormonal das células-alvo reforça o estímulo, amplificando a sinalização. Cores-fantasia.

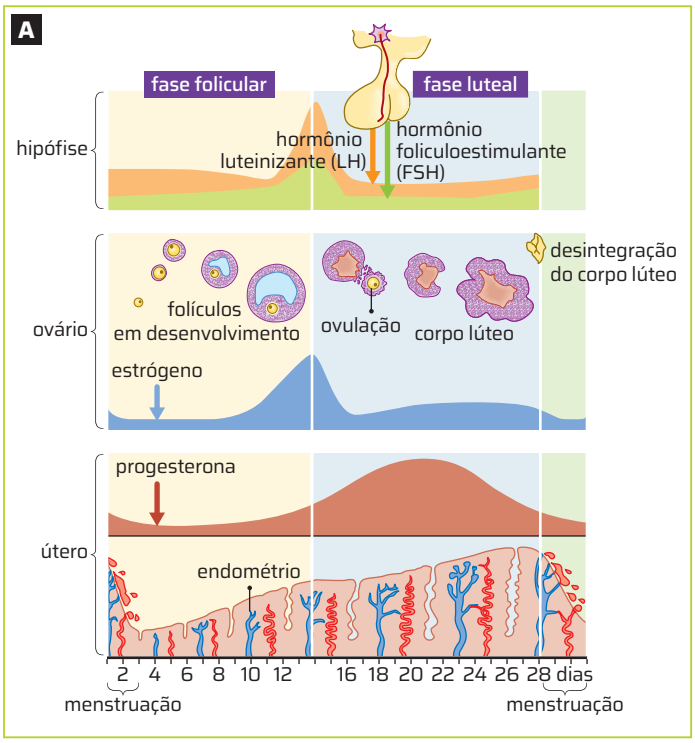
Fonte de pesquisa das imagens: Reece, J. B. *et al. Biologia de Campbell*. 10. ed. Porto Alegre: Artmed, 2015. p. 1000.

Não escreva no livro.

1. Os métodos contraceptivos apresentam efeitos colaterais, além de efeitos que podem oferecer riscos à saúde. Alguns riscos podem estar associados a hábitos de vida ou ao quadro clínico da pessoa, por isso, é importante relatá-los a um profissional da saúde, para que ele possa indicar os métodos menos danosos, de acordo com dados científicos.

O CICLO MENSTRUAL

O ciclo menstrual é regulado por hormônios do sistema hipotálamo-hipofisário. O hipotálamo produz um hormônio que estimula a adenoipófise a produzir duas gonadotrofinas: o hormônio foliculoestimulante (FSH) e o hormônio luteinizante (LH).



Adilson Secco/ID/BR

Esquema do ciclo menstrual mostrando os níveis hormonais em cada fase (curvas coloridas) e as alterações sofridas nos ovários e no útero. Cores-fantasia.

Fonte de pesquisa: Reece, J. B. *et al. Biologia de Campbell*. 10. ed. Porto Alegre: Artmed, 2014. p. 1026.

O ciclo menstrual inicia na menstruação, quando há a liberação de pequenas quantidades de LH e FSH, que promovem o crescimento e o amadurecimento dos folículos ovarianos. Essa etapa é conhecida como **fase folicular**.

Na fase folicular (imagem **A**), os folículos ovarianos em desenvolvimento produzem níveis crescentes de estrogênio, que primeiro inibe a produção do FSH e do LH e, depois, promove um aumento súbito da concentração desses dois hormônios, estimulando a ovulação, com a ruptura do folículo e a liberação do óvulo, o que dá início à **fase luteal**, na qual o folículo rompido se transforma em corpo lúteo ou corpo amarelo.

O **corpo lúteo** é uma estrutura endócrina temporária que produz progesterona em quantidades elevadas. O estrogênio e a progesterona agem sobre o endométrio, que se torna mais espesso e vascularizado, preparando-se para receber um eventual embrião. As altas concentrações de estrogênio e de progesterona inibem a secreção de LH e FSH, e, caso não ocorra fecundação, a queda nas concentrações desses dois hormônios provoca a desintegração do corpo lúteo, reduzindo, assim, a produção de estrogênio e de progesterona. Sem eles, o endométrio desprende-se e é eliminado do corpo sob a forma de menstruação, iniciando-se um novo ciclo.

CIÊNCIA SE DISCUTE

A pílula anticoncepcional na atualidade

Atualmente a tecnologia das pílulas anticoncepcionais mudou e os motivos para sua utilização também. Ferreira [médico Edson Ferreira] explica que, quando um indivíduo apresenta interesse em implementar algum método contraceptivo é recomendado que um profissional da saúde converse com o paciente [...]. Dessa forma, os médicos conseguem determinar tratamentos contraceptivos mais adequados para cada caso particular.

Na medicina, não existem práticas sem risco de eventos adversos. As decisões tomadas pelos médicos, segundo Ferreira, levam em consideração a alternativa que oferecerá mais benefícios do que riscos [...]. Existem anticoncepcionais que afetam o ciclo menstrual [...], que podem modificar a oleosidade facial, ou que, dependendo do médico e do quadro clínico apresentado pelo indivíduo, podem aumentar as cólicas sentidas no período menstrual.

Ainda existem alguns eventos mais graves relacionados à utilização de contraceptivos [...], como a trombose venosa profunda e embolia pulmonar. Ferreira ressalta que esses são casos extremamente raros na população geral e que são aumentados pelo uso de métodos que contêm estrogênio [...].

Entretanto, o médico elucida que a ampliação dos métodos anticoncepcionais permitiu que, nos últimos 20 anos, houvesse uma redução de 40% na mortalidade obstétrica e perinatal. "Quando a gente programa o momento de engravidar, quando a gente espaça uma gestação da outra, aumentando o intervalo entre os partos, estamos reduzindo a ocorrência de mortes de causa obstétrica e também de morte de recém-nascido, justamente porque pôde-se fazer um planejamento reprodutivo de maneira adequada", exemplifica.

Pecinato, B. Os impactos da criação da pílula anticoncepcional na emancipação da mulher. *Jornal da USP*, São Paulo, 11 jan. 2024. Disponível em: https://jornal.usp.br/atualidades/os-impactos-da-criacao-da-pilula-anticoncepcional-na-emancipacao-da-mulher/. Acesso em: 12 jul. 2024.

1. Qual é a importância de discutir a escolha de métodos contraceptivos com profissionais especializados?

Não escreva no livro.

GESTAÇÃO

A gestação ocorre após a fecundação do óvulo, ou ovócito, pelo espermatozoide, e envolve a implantação e o desenvolvimento do embrião no útero.

O período de gestação dura, em média, 38 semanas desde a fertilização do óvulo ou 40 semanas desde o início do último ciclo menstrual.

Desenvolvimento embrionário humano

A área da Biologia que se dedica ao estudo do desenvolvimento embrionário dos seres vivos, desde o momento da fecundação até o nascimento, é chamada de **Embriologia**. Cabe a essa área entender e responder como uma única célula fertilizada, o zigoto, é capaz de gerar diferentes tipos celulares e, de maneira organizada, originar tecidos e órgãos.

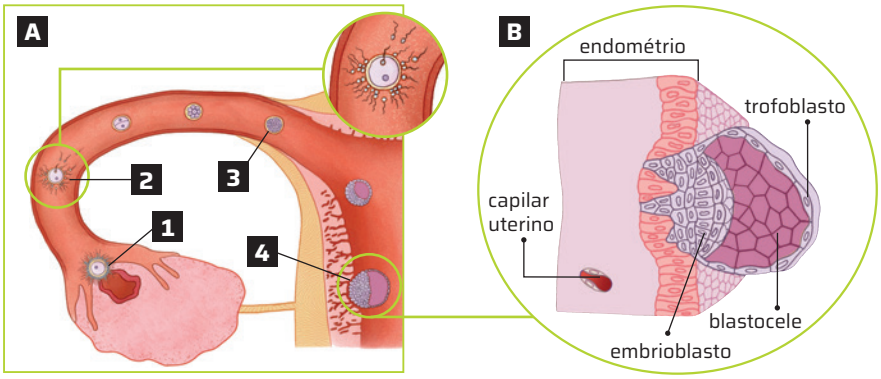
Na espécie humana, após a fecundação, a célula-ovo sofre sucessivas divisões mitóticas, denominadas **clivagens**. Cada divisão gera células-filhas, ou **blastômeros**, que se tornam menores a cada divisão. Uma vez que o citoplasma no zigoto não é homogêneo, essas primeiras divisões celulares resultam na distribuição diferencial de nutrientes entre as células. Quando 16 blastômeros formam uma esfera sólida de células, que passa a ser chamada **embrião**, tem-se o estágio de **mórula**.

No interior da mórula, formam-se espaços preenchidos por líquido, que rapidamente originam uma ampla cavidade, o que força as células embrionárias a migrar para a periferia. A mórula dá lugar, então, à **blástula**, uma esfera oca preenchida por líquido, que nos mamíferos recebe o nome de **blastocisto**.

A fecundação ocorre na porção superior do oviduto e o processo de clivagem ocorre enquanto o zigoto percorre o oviduto em direção ao útero. Assim, aproximadamente seis dias após a fecundação ocorre a **nidação**, ou seja, a implantação do blastocisto no endométrio, que é a camada interna do útero (imagem **A**).

Pascal Goetgheluck/SPL/Fotoarena

Micrografia óptica de um embrião humano no estágio de mórula. Essa massa de células é formada cerca de três dias após a fertilização. O embrião é circundado por uma camada protetora transparente, a zona pelúcida.



Roberto Higa/ID/BR

Esquema mostrando o trajeto do óvulo até ele se tornar um embrião no útero. (**1**) Ovulação; (**2**) fecundação (veja detalhe ampliado); (**3**) embrião em fase de mórula; (**4**) implantação do embrião em fase de blastocisto (no detalhe ampliado, blastocisto em corte). Esses eventos são sequenciais. Cores-fantasia.

Representação sem proporção de tamanho.

Fonte de pesquisa: Junqueira, L. C.; Carneiro, J. *Histologia básica*. 12. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2013. p. 428.

Além da cavidade interior, que é chamada blastocele, o blastocisto apresenta uma massa celular interna, o **embrioblasto**, que dará origem ao embrião propriamente dito, e uma camada de células periféricas, denominada **trofoblasto**, de onde se originará a porção fetal da placenta (imagem **B**).

À medida que as células da blástula se dividem, tem início uma etapa marcada por intensa reorganização celular. Nessa etapa, ocorrem movimentos celulares que empurram certas camadas da blástula umas contra as outras e assim originam três camadas de células precursoras dos tecidos, chamadas folhetos embrionários. Durante o período embrionário, os folhetos embrionários diferenciam-se em órgãos e tecidos bem definidos, compondo sistemas orgânicos como epiderme e anexos epidérmicos, sistema nervoso central, sistemas digestório e respiratório, sistema circulatório e sistema locomotor.

Gêmeos

Dependendo do número de embriões, a gravidez pode ser única ou múltipla. Na gravidez múltipla, se os embriões têm origem em uma única célula-ovo, os bebês serão gêmeos monozigóticos, univitelinos ou idênticos. Se houver mais de uma célula-ovo, os gêmeos serão dizigóticos (se forem dois bebês), fraternos ou não idênticos.

Gêmeos monozigóticos resultam da separação física de grupos de células, em geral na blástula, em que cada grupo produz um embrião separado. Por serem originados de um mesmo zigoto, os gêmeos monozigóticos compartilham o mesmo genoma, ou seja, apresentam o mesmo sexo e características físicas muito similares.

Gêmeos dizigóticos formam-se quando dois ou mais ovócitos são liberados simultaneamente e ambos são fecundados. Cada um deles pode originar um zigoto e, assim, dois embriões geneticamente distintos podem ser gerados.

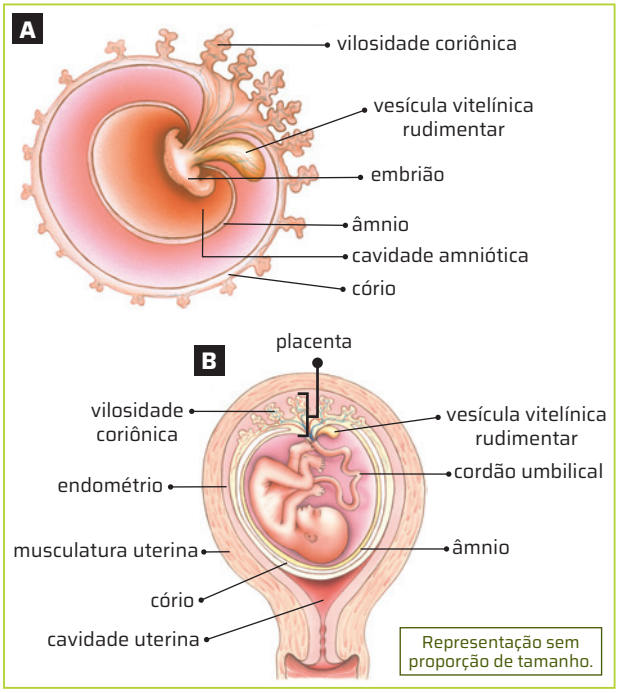
Anexos embrionários

Durante a vida intrauterina humana, a nutrição e a excreção do embrião e do feto dependem totalmente da mãe. Tais funções são realizadas por anexos embrionários (cório, âmnio, vesícula vitelínica e alantoide), estruturas que derivam dos tecidos embrionários, mas não fazem parte do corpo do embrião propriamente dito.

O cório e o âmnio são duas membranas que se formam a partir de dobras da parede do corpo do embrião e o envolvem completamente (imagem **A**).

Logo após a nidação, o trofoblasto desenvolve inúmeras projeções filamentosas a partir do cório: as **vilosidades coriônicas**, que penetram no endométrio e garantem a fixação do embrião. Nelas também surgem inúmeros vasos sanguíneos. Essa região, na qual o cório interage com os tecidos maternos, origina a porção fetal da **placenta**, órgão responsável pelas trocas de nutrientes e gases entre a mãe e o feto. Concomitantemente, o endométrio se vasculariza nessa região e muitos dos vasos sanguíneos se rompem, formando lacunas por onde flui o sangue materno, o que dá origem à porção materna da placenta (imagem **B**).

Jurandir Ribeiro/ID/BR



O esquema mostra dois estágios de desenvolvimento da placenta humana. (**A**) No início da gestação, as vilosidades coriônicas revestem toda a superfície do cório. (**B**) No estágio mais avançado da gestação, as vilosidades restringem-se à região da placenta. Cores-fantasia.

Fonte de pesquisa: Junqueira, L. C. U.; Carneiro, J. *Histologia básica*. 12. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2013. p. 442.

O cório produz o hormônio coriônico gonadotrófico (HCG), que estimula a manutenção do corpo lúteo e, consequentemente, a produção de progesterona e estrogênio. Esses hormônios contribuem para a manutenção da gravidez, ao inibir a contração uterina e estimular o desenvolvimento e a vascularização do endométrio. Assim que a placenta começa a produzir estrogênio e progesterona, o corpo lúteo regride. A presença de HCG no sangue ou na urina é um sinal de que a mulher está grávida.

O **âmnio** corresponde à membrana interna que forma uma bolsa cheia de líquido na qual o embrião se encontra imerso. O líquido amniótico permite a movimentação fetal e protege o feto de dessecação e de choques mecânicos.

A **vesícula vitelínica** se forma como uma estrutura sacular e pequena, pois não apresenta vitelo em seu interior. O **alantoide** também é considerado uma estrutura vestigial, uma vez que não tem função de excreção, como ocorre com outros grupos de cordados. Essa estrutura se forma por meio de uma dobra das membranas que compõem a vesícula vitelínica e, nos seres humanos, tem a função de orientar a formação de vasos sanguíneos extraembrionários que constituem os vasos do cordão umbilical.

O cordão umbilical apresenta duas artérias e uma veia; as artérias transportam sangue venoso do embrião até as vilosidades coriônicas, onde se ramificam em capilares. O sangue materno percorre as lacunas, mas sem entrar em contato direto com o sangue fetal. Nutrientes e gás oxigênio do sangue materno passam por difusão para o sangue fetal; o gás carbônico e as excretas difundem-se na direção oposta. Os capilares fetais reúnem-se e formam a veia umbilical, que retorna pelo cordão umbilical em direção ao feto, transportando sangue nutrido e oxigenado.

Períodos da gestação

A gestação pode ser dividida em três períodos, de acordo com as mudanças que ocorrem ao longo do desenvolvimento embrionário.

O período pré-embrionário compreende a clivagem do zigoto, a formação da mórula e a implantação do blastocisto no útero. Ao final desse período também que começam a se formar o coração e o cérebro do embrião. Nessa fase, que dura pouco menos de três semanas, o embrião ainda tem aspecto muito distinto daquele que vai assumir ao final da gestação.

O período embrionário é aquele em que ocorre a organogênese, isto é, a formação da maioria dos órgãos. Até aproximadamente a oitava semana, o embrião vai adquirindo forma humana conforme seus órgãos se desenvolvem. Esse é um período crítico, pois o embrião encontra-se muito suscetível à influência de agentes externos, que podem provocar más-formações.

O período fetal é marcado pelo rápido crescimento e também pelo amadurecimento dos órgãos, que adquirem funcionalidade. O embrião passa a ser chamado de feto e fica cada vez mais parecido com o bebê que será ao nascer. Esse período se encerra com o nascimento do feto. Ao nascer, em média, os bebês podem pesar entre 2,5 e 4 kg e ter entre 48 e 55 cm de comprimento da cabeça aos pés. Bebês prematuros (nascidos antes de 37 semanas) e gêmeos costumam ter peso e comprimento menores.

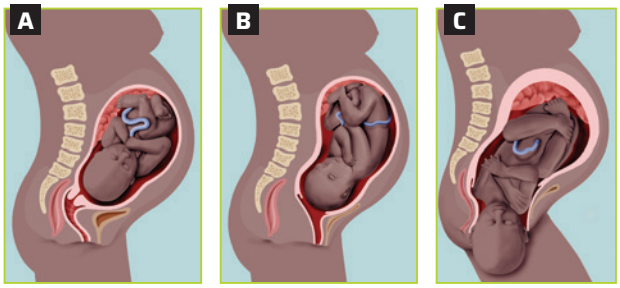
Não escreva no livro.

PARTO

O nascimento marca o início da vida fora do útero. Em geral, o parto ocorre quando o desenvolvimento fetal se completa (imagem **A**).

Durante a gestação, o corpo da gestante modifica-se para acomodar o bebê em desenvolvimento. As transformações mais acentuadas ocorrem no útero. Esse órgão, além de aumentar de volume, apresenta modificações na sua estrutura. O espessamento da musculatura da parede uterina, por exemplo, propicia a força necessária para expulsar o feto no momento do parto.

O trabalho de parto inicia com contrações involuntárias do útero, que ficam mais intensas e frequentes conforme se aproxima a fase expulsiva (estágio final do parto, em que o bebê é expulso pela abertura vaginal). Concomitantemente, o colo do útero se afina e dilata para garantir a passagem do bebê (imagem **B**), chegando a 10 cm de dilatação. Já o âmnio pode se romper a qualquer momento do trabalho de parto, extravasando o líquido amniótico. As fortes contrações empurram o bebê em direção ao canal vaginal, até que ele saia pela vagina (imagem **C**). Depois do nascimento, as contrações uterinas continuam, embora mais suaves, até descolar a placenta para fora do útero e expulsá-la pela vagina.



Ilustrações: Vagner Coelho/ID/BR

Representação sem proporção de tamanho.

(**A**) No início do trabalho de parto, a maioria dos bebês encontra-se de cabeça para baixo. (**B**) As contrações uterinas empurram o bebê em direção ao canal vaginal, enquanto o colo do útero se afina e dilata para permitir sua passagem. (**C**) Contrações mais intensas forçam a saída da cabeça do bebê pela vagina. Ao final, o bebê gira para terminar de sair pelo canal vaginal. O cordão umbilical pode ser cortado só depois que parar de pulsar. Cores-fantasia.

Fonte de pesquisa: Hickman Jr., C. P. *et al. Princípios integrados de zoologia*. 15. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2013. p. 157.

Depois do parto, a amamentação deve ser realizada preferencialmente na primeira hora de vida do bebê, a fim de estreitar o vínculo entre mãe e filho e acelerar a recuperação materna.

Quando há algum impedimento para o parto vaginal, também chamado parto normal, pode ser feito o parto cesáreo. Nesse tipo de parto, é aplicada anestesia e é feito um corte no abdome da mãe. O bebê e a placenta são retirados e a mãe tem a ferida cirúrgica suturada. Após o parto, a mãe se recupera mais lentamente e passa por mais desconforto, devido ao corte abdominal. Também há maior risco de infecção e de hemorragia. Por causa dos riscos associados ao parto cesáreo, ele só deve ser feito quando há indicação médica.

Seja o parto vaginal, seja o cesáreo, é direito da mãe ter um acompanhante durante o processo e ter alojamento conjunto com o bebê e o acompanhante de sua escolha após o nascimento.

ALEITAMENTO MATERNO

A amamentação é o método natural de nutrição do bebê e está associada a benefícios para a mãe e para a criança.

A Organização Mundial da Saúde (OMS) recomenda que as crianças sejam alimentadas exclusivamente com leite materno até os 6 meses de vida e que a amamentação continue como uma parte importante da dieta até a criança ter ao menos 2 anos.

O leite materno contém todos os nutrientes necessários para o bebê até os 6 meses de vida. São água (88,5% da composição do leite), proteínas (1,3%), lipídios (4%) e lactose, um carboidrato (em torno de 6%), além de vitaminas e minerais.

Ele também contém componentes não nutricionais que favorecem a saúde, o crescimento e o desenvolvimento da criança.

O primeiro leite a ser produzido, chamado colostro, contém grande quantidade de antimicrobianos e deve ser oferecido ao bebê logo após o parto. A produção de colostro dura de três a cinco dias.

Mas a amamentação não apresenta apenas importância biológica. Esse é um momento de criação de vínculos afetivos entre a mãe e o bebê.

Quando não é possível a amamentação, podem ser usadas fórmulas de leite artificial, que têm qualidade nutricional semelhante à do leite materno. Oferecer a mamadeira com o bebê no colo e de forma cuidadosa também fortalece o vínculo afetivo entre mãe e criança.

PeopleImages/iStock/Getty Images

A amamentação é um momento de fortalecimento de vínculo entre mãe e bebê.

ROTEIRO

6. Com base em seus conhecimentos sobre regulação hormonal, explique por que é importante a mãe amamentar o bebê logo após o nascimento.

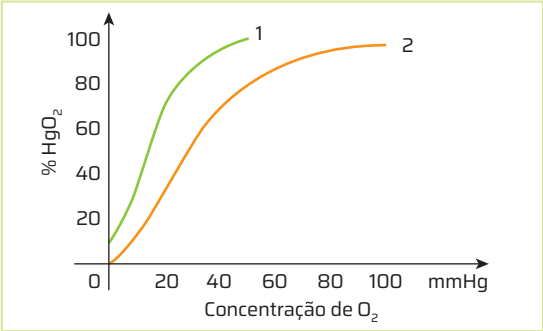
6. A amamentação logo após o nascimento é importante tanto para a criança como para a mãe, pois estimula a descida do leite e a produção da ocitocina. Esse hormônio contrai o útero da mãe, ajudando a eliminar a placenta e evitando a hemorragia uterina depois do parto.

Não escreva no livro.

3. a) Ao deixar de liberar ocitocina, o trabalho de parto pode ser dificultado, já que esse hormônio ativa as contrações que provocam a expulsão do bebê do útero.

ATIVIDADE RESOLVIDA

1 **O gráfico a seguir mostra a influência da concentração de gás oxigênio, medida em mmHg, em relação ao percentual de moléculas de oxiemoglobina (interação química entre o oxigênio do ar e a hemoglobina) no sangue de duas espécies de mamíferos.**



Adilson Secco/ID/BR

Com base nos dados do gráfico, diferencie as espécies 1 e 2 em relação à saturação e à dissociação de suas moléculas de oxiemoglobina.

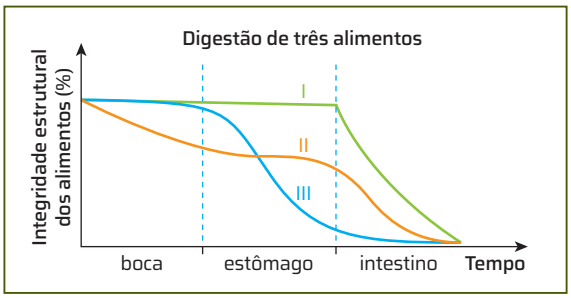
Resolução

O gráfico mostra que na espécie **1** a saturação da hemoglobina acontece com menor pressão parcial de O_2, indicando que suas moléculas de hemoglobina têm maior afinidade pelo gás oxigênio e são capazes de captá-lo eficientemente em locais onde é escasso (regiões de maior altitude). A saturação da hemoglobina da espécie **2** ocorre apenas com pressão parcial de O_2 mais elevada, mostrando menor afinidade por ele, o que indica adaptação a locais onde são maiores a pressão atmosférica e a concentração de O_2 (regiões de altitudes mais baixas).

2 **Ao longo do tubo digestório, o alimento sofre a ação de várias enzimas. A ação enzimática degrada a estrutura do alimento até seus nutrientes constituintes, os quais, por sua vez, são absorvidos pelas células da mucosa intestinal. O gráfico a seguir representa a integridade estrutural de alguns alimentos ao longo do tubo digestório. As curvas I, II e III corresponderiam, respectivamente, à digestão de quais alimentos indicados a seguir?** **I:** toucinho; **II:** arroz; **III:** frango.

- arroz
- toucinho
- frango

3. b) Resposta variável. Os acompanhantes e a equipe médica devem propiciar um ambiente tranquilo e relaxante, para que a parturiente se sinta à vontade e, assim, não libere adrenalina.



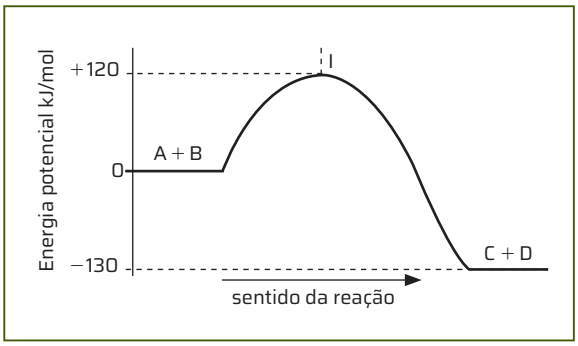
ID/BR

3 **Durante o parto, a liberação de adrenalina pode afetar a produção de ocitocina na parturiente, diminuindo-a. Sabendo disso, responda:**

a) Qual é a consequência disso para o parto? Explique.

b) De que maneira o ambiente e as pessoas ao redor podem ajudar a parturiente nesse momento?

4 **Observe o gráfico a seguir e responda ao que se pede.**



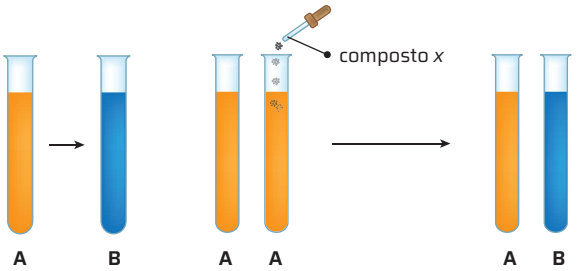
ID/BR

a) A qual reação o gráfico se refere? $A + B \rightarrow C + D$

b) Qual é a energia mínima necessária para que a reação ocorra? 120 kJ/mol. Trata-se da energia de ativação da reação.

c) Cite um mecanismo que possibilita que essa reação ocorra de forma mais veloz. Qual é a importância desse processo para o metabolismo?

5 **A substância A, de cor alaranjada em solução, transforma-se na substância B, de cor azulada em solução, de maneira espontânea. Essa mudança leva algumas horas. Sabendo disso, um pesquisador realiza o seguinte teste: em dois tubos de ensaio, são colocadas soluções de A, e em apenas um deles, é adicionado um composto *x*. Os tubos são deixados à mesma temperatura e, após 15 minutos, apenas a solução de A + *x* tem coloração azulada, enquanto a outra permanece alaranjada.**



Alex Argozino/ID/BR

Representação sem proporção de tamanho.

5. d) Não teria, pois a reação espontânea só leva algumas horas, sendo assim, após 2 dias os tubos estariam com coloração azulada.

a) Como se pode explicar tal diferença? O composto *x* aumentou a velocidade de conversão de **A** em **B**.

b) Qual tipo de composto orgânico provavelmente é *x*? Trata-se de uma enzima.

c) Como ele age? Ele catalisa a reação de transformação de **A** em **B**.

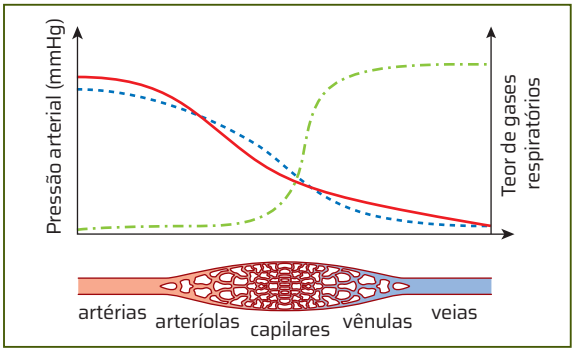
d) A diferença de cores ainda seria visível se, em vez de 15 minutos, a observação fosse realizada depois de dois dias? Por quê?

4. c) A presença de uma enzima que catalise a reação. As reações que fazem parte do metabolismo dos seres vivos dependem da participação de enzimas para ocorrerem na velocidade necessária para a vida; sem as enzimas, muitas dessas reações demorariam um longo tempo.

Não escreva no livro.

7. a) Ação involuntária: piscar os olhos para protegê-los contra um choque. Ações voluntárias: caminhar, pegar a presilha na bolsa e prender os cabelos.

6 **O gráfico a seguir representa a variação da pressão arterial (linha vermelha) em função dos diferentes tipos de vasos sanguíneos e as concentrações de gás oxigênio e de gás carbônico (linhas tracejadas).**



Adilson Secco/ID/BR

Representação sem proporção de tamanho.

Fonte de pesquisa: Reece, J. B. *et al. Biologia de Campbell*. 10. ed. Porto Alegre: Artmed, 2015. p. 923.

a) Explique a relação entre a pressão arterial e os diferentes tipos de vasos sanguíneos.
Veja resposta em *Respostas e comentários* no Manual do Professor.

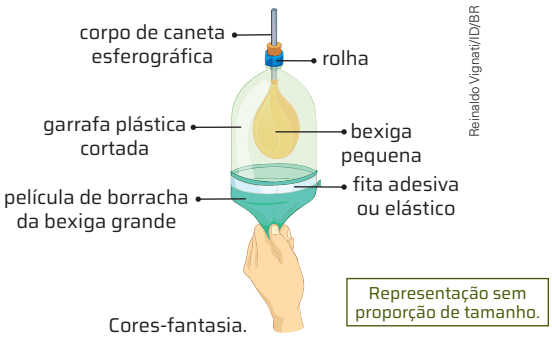
b) Relacione as linhas tracejadas aos gases respiratórios. Justifique sua relação utilizando os dados do gráfico.
Veja resposta em *Respostas e comentários* no Manual do Professor.

7 **Uma pessoa de cabelos longos caminha pela rua quando sopra uma súbita rajada de vento. Quando os cabelos batem em seus olhos, ela pisca imediatamente. Ela pega, então, uma presilha na bolsa e prende os cabelos.**

a) Quais ações dessa cena são voluntárias e quais são involuntárias?

b) De que região do sistema nervoso partiu o impulso para os órgãos efetores em cada uma delas?

8 **O modelo a seguir, produzido com materiais simples, como garrafa plástica (PET), rolha de cortiça, tubo plástico de caneta esferográfica e bexigas de diferentes tamanhos, simula o papel do diafragma na ventilação pulmonar.**



Reinaldo Vignati/ID/BR

Cores-fantasia.

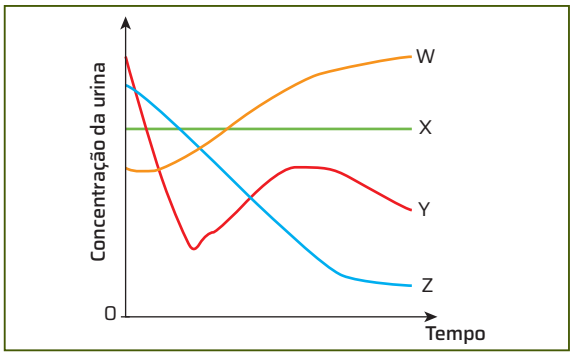
Representação sem proporção de tamanho.

a) Indique a que parte do sistema respiratório humano corresponde cada uma das estruturas que compõem o modelo. Veja resposta em *Respostas e comentários* no Manual do Professor.

b) Que movimento respiratório está ilustrado? Justifique. Veja resposta em *Respostas e comentários* no Manual do Professor.

7. b) Na ação involuntária, o impulso partiu da medula espinal. Nas ações voluntárias, partiu do córtex cerebral.

9 **A perda de água na urina e no suor deve ser compensada pela ingestão de água, de modo a evitar a desidratação. Em razão da importância metabólica da água – o meio no qual ocorrem as reações que mantêm a vida –, a redução na quantidade de água em um organismo pode ser fatal. O gráfico hipotético a seguir apresenta quatro curvas, indicadas pelas letras X, W, Y e Z.**



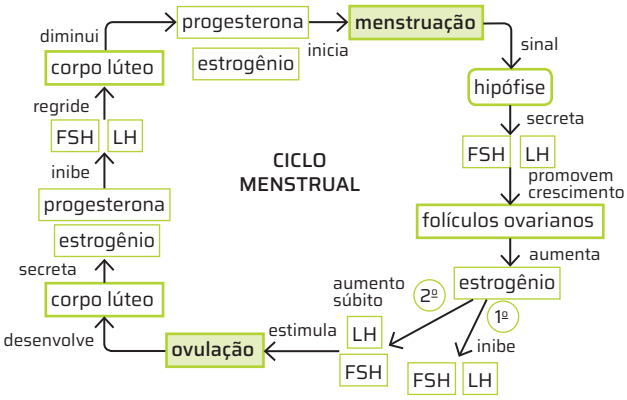
Adilson Secco/ID/BR

a) Supondo que o marco zero, na origem dos eixos, represente o instante a partir do qual uma pessoa deixou de beber água, determine a curva que mostra a variação da concentração de urina ao longo do tempo. Justifique sua resposta.
Veja resposta em *Respostas e comentários* no Manual do Professor.

b) Como deve estar a concentração de ADH (hormônio antidiurético) no sangue dessa pessoa?
Veja resposta em *Respostas e comentários* no Manual do Professor.

10 **Os anticoncepcionais hormonais geralmente contêm estrogênio e/ou versões sintéticas de progesterona. As versões tradicionais desses anticoncepcionais são compostas de uma cartela com 28 comprimidos que devem ser tomados diariamente.**

- Observe o ciclo menstrual a seguir e explique como os anticoncepcionais hormonais agem, impedindo a ovulação.



Fonte de pesquisa: Níveis hormonais e ciclo menstrual. Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). Disponível em: http://www.ufrgs.br/espmat/disciplinas/midias_digitais_II/modulo_II/fisiologia2.htm. Acesso em: 29 jul. 2024.

Veja resposta em *Respostas e comentários* no Manual do Professor.

11 **Um fenômeno fundamental no desenvolvimento dos mamíferos placentários é a nidação, também denominada implantação do embrião. Em que consiste esse fenômeno?** Veja resposta em *Respostas e comentários* no Manual do Professor.

2. Resposta variável. Saúde coletiva é uma área multidisciplinar entre as Ciências Biomédicas e as Ciências Sociais que busca compreender os determinantes da produção social das doenças, com o objetivo de planejar e organizar os serviços de saúde.

SAÚDE E TECNOLOGIA

PARA COMEÇAR

1. O que significa dizer que uma pessoa é saudável?
2. O que é saúde coletiva?
3. Cite exemplos de tecnologias médicas utilizadas na prevenção, no diagnóstico e/ou no tratamento de doenças.

3. Resposta pessoal. São exemplos dessas tecnologias: medicamentos, técnicas e materiais cirúrgicos, microscópios, raios X, ultrassom, tomografia computadorizada, ressonância magnética, entre outros.

O QUE É SAÚDE?

1. Resposta variável. O senso comum associa a saúde à ausência de doenças e à capacidade produtiva. Para a Organização Mundial da Saúde (OMS), a saúde envolve aspectos físicos, mentais e sociais associados ao bem-estar.

O conceito de **saúde** mudou ao longo do tempo e, atualmente, não existe um consenso sobre o que o termo significa, mas sabemos que abrange fatores sociais, econômicos, políticos e culturais.

Para a Organização Mundial da Saúde (OMS), saúde é:

> [...] um estado de completo bem-estar físico, mental e social e não apenas a ausência de doença ou enfermidade.
>
> Organização Mundial da Saúde. *Constituição da Organização Mundial da Saúde*. Documentos básicos, suplemento da 45ª edição, [*s. l.*], out. 2006. Título original: Constitution of the World Health Organization. Tradução dos autores. Disponível em: https://www.who.int/publications/m/item/constitution-of-the-world-health-organization. Acesso em: 22 jul. 2024.

Entretanto, essa definição não é amplamente aceita. Seus críticos afirmam que "completo bem-estar" é uma condição subjetiva, idealizada e, portanto, impossível de ser mensurada e usada como meta para serviços de saúde.

Por sua vez, os defensores dessa definição afirmam que ela representa um avanço em relação à proposta pelos modelos biomédicos, pois considera não apenas o bem-estar físico, mas também o bem-estar mental e o social.

Dessa forma, o direito à saúde deve ser entendido de forma mais ampla do que o direito ao acesso aos serviços de saúde.

De acordo com o artigo 196 da Constituição de 1988, a saúde é um direito de todos e um dever do Estado, que deve garantir, por meio de políticas econômicas e sociais, o acesso universal às ações e aos serviços que promovem a saúde.

A ideia de saúde é uma construção que envolve aspectos sociais, físicos e emocionais. A convivência com amigos, por exemplo, pode colaborar para uma vida saudável.

FG Trade/iStock/Getty Images

Não escreva no livro.

A EVOLUÇÃO DO CONCEITO DE SAÚDE

O conceito de saúde e, portanto, o de doença variam conforme os contextos histórico e social. No Egito Antigo, por exemplo, a doença era considerada um castigo dos deuses. Para os antigos hebreus, era um sinal da cólera divina dirigida àqueles que desobedecessem aos mandamentos. Por sua vez, na Grécia Antiga, havia deusas associadas à saúde, como Hígia ou Higeia, deusa da saúde, limpeza e sanidade, e Panaceia, deusa da cura. Para os gregos antigos, contudo, a cura não dependia apenas da intervenção de divindades. Ela envolvia remédios feitos de plantas.

O médico e filósofo grego Hipócrates (460 a.C.-377 a.C.) é considerado o pai da Medicina. Ele foi o primeiro a ter uma visão racional da doença e da saúde. Segundo seus escritos, a doença tem uma causa natural, e é a ação sobre essa causa que permite a volta ao estado de saúde. Para descobrir a causa natural de uma doença, Hipócrates fazia observações e registros, os quais lhe permitiram compreender que certas doenças eram mais comuns em algumas faixas etárias e outras estavam ligadas a fatores ambientais. Para ele, o corpo humano era saudável quando os quatro fluidos ou humores – bile amarela, bile negra, fleuma e sangue – que o formavam estavam em equilíbrio. Quando o corpo se desorganizava e o equilíbrio entre esses humores era rompido, a doença aparecia.

Na tradição oriental, a saúde é expressa pelo funcionamento harmonioso das forças vitais que existem no corpo. Caso essa harmonia seja afetada, sobrevém a doença. Para tratá-la, é necessário restaurar o fluxo normal de energia.

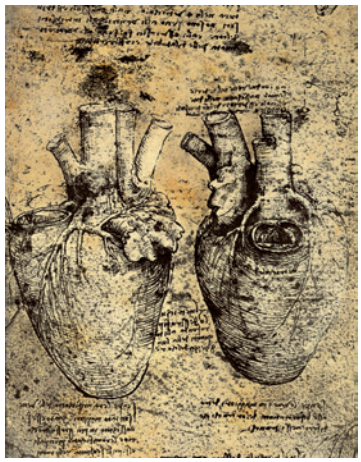
A Antiguidade greco-romana e a tradição cristã foram muito influentes na Europa durante a Idade Média e, nesse período, a saúde se relacionava à obediência ao que era pregado na Bíblia, segundo a qual a doença era consequência do pecado e a cura dependia da fé.

Com o desenvolvimento dos estudos anatômicos no século XIV, principalmente após a publicação do livro *De humani corporis Fabrica*, em 1543, pelo anatomista belga Andreas Vesalius (1514-1564), aumentou o interesse dos médicos em compreender o funcionamento do corpo humano e, aos poucos, a teoria dos humores foi sendo desconsiderada.

A partir do final do século XVIII, começaram a ser realizados estudos que associavam a incidência de doenças às características do grupo social afetado, como o local da residência, o tipo de trabalho realizado, as condições financeiras e de moradia, entre outras.

Antiga Pinacoteca, Munique, Alemanha. Fotografia: Fac-símile/ID/BR

Na obra *Os quatro apóstolos* (1526), de Albrecht Dürer (1471-1528), os apóstolos São João, São Pedro, São Paulo e São Marcos representam os quatro humores que, de acordo com Hipócrates, fariam parte do corpo humano. Óleo e têmpera sobre madeira. Dimensão: 215 x 76 cm. Alte Pinakothek, Munique. Alemanha.



Fototeca Gilardi/akg-images/Album/Fotoarena

Prancha anatômica de Leonardo da Vinci (1452-1519) representando a estrutura do coração.

Microrganismos e doenças

As concepções de saúde e de doença sofreram uma revolução quando o cientista francês Louis Pasteur (1822-1895), no final do século XIX, propôs a associação entre microrganismos e doenças. Em 1873, Pasteur, já bastante conhecido por seus trabalhos com os microrganismos, começou a estudar a raiva, doença muito temida que afetava o sistema nervoso central. Naquela época, ainda não se sabia o que causava a doença, apenas que ela se desenvolvia em pessoas que tinham sido mordidas por raposas, lobos ou cães e que as levava à morte.

Foi Pasteur quem descobriu que a raiva é causada por um microrganismo transmitido pela mordida de um animal infectado. Ele isolou o vírus a partir do tecido cerebral de um animal nessa condição e produziu uma vacina, que logo se mostrou eficaz na prevenção da doença.

A descoberta de que existem microrganismos causadores de doenças tornou possível, a partir do final do século XIX, prevenir e curar muitas doenças infecciosas, ajudando a consolidar a concepção de saúde como ausência de doenças.

Foi só em 1948, porém, que a OMS propôs a definição de saúde que englobava o bem-estar físico, social e mental. Assim, a saúde passou a representar o direito a uma vida plena, envolvendo aspectos biológicos, ambientais, sociais e emocionais.

ROTEIRO

1. Ao longo do tempo, houve mudanças sobre a determinação dos fatores responsáveis pela saúde e pela doença, assim como a permanência de algumas concepções antigas. Elabore uma linha do tempo com alguns marcos da transformação desses conceitos.

1. Resposta variável. A linha do tempo deve incluir: associação entre doença e pecado ou maldição; entre saúde e divindades; entre doença e causas naturais (Hipócrates, séculos V e IV a.C.); entre doença e desequilíbrio entre humores (Hipócrates, séculos V e IV a.C.); entre saúde e equilíbrio de energia vital; entre saúde e obediência a preceitos cristãos (Idade Média europeia); entre doença e microrganismos patogênicos (Pasteur, 1873); e entre saúde e bem-estar físico, mental e social (OMS, 1948).

A SAÚDE PÚBLICA NO BRASIL

No Brasil, a história dos avanços em saúde pública é antiga, mas a expansão do sistema de saúde para toda a população é recente.

Durante o período de 1500 até a chegada da Família Real portuguesa, em 1808, não havia qualquer infraestrutura na área da saúde no país, e quem tinha mais dinheiro recorria a remédios vindos da Europa.

Somente com a vinda da Corte portuguesa, Dom João VI criou o cargo de provedor-mor de Saúde da Costa e Estados do Brasil, cujo ocupante deveria estudar as principais fontes geradoras de doenças na Colônia, coordenar a manutenção da higiene pública e promover o controle sanitário na cidade do Rio de Janeiro. No decorrer do século XIX, eram comuns as endemias de febre amarela, peste bubônica, malária e varíola, doenças associadas à falta de saneamento básico e de higiene.

No início do século XX, o Brasil era considerado um país "doente". Para mudar essa imagem, foram realizadas diversas reformas urbanas e sanitárias nas grandes cidades. O médico sanitarista Oswaldo Cruz (1872-1917) foi um dos principais nomes dessa época. Em 1900, ele controlou os surtos de peste bubônica nos portos de Santos e do Rio de Janeiro e, em 1903, assumiu o cargo de diretor-geral de saúde pública, com o desafio de acabar com o surto de febre amarela.

Oswaldo Cruz, então, viajou a Cuba para tentar compreender como o país havia acabado com os surtos de febre amarela em Havana. Lá, ele descobriu que, ao contrário do que se pensava na época, o vírus não era transmitido pelo ar, e sim por um vetor: o mosquito *Aedes aegypti*. De volta ao Brasil, iniciou uma campanha contra o mosquito, com carroças que pulverizavam inseticida por toda a cidade, e conseguiu controlar a doença.

COC/Fiocruz

A charge de Leônidas, publicada na revista *O malho*, em 29 de outubro de 1904, retrata a revolta dos moradores do Rio de Janeiro contra a vacinação obrigatória.

Em 1904, ao combater a varíola, Oswaldo Cruz enfrentou uma revolta no Rio de Janeiro, por ter imposto à população a obrigatoriedade de se vacinar contra a doença. Além disso, como parte do processo de reurbanização do Rio de Janeiro, centenas de moradias consideradas insalubres foram derrubadas, e seus moradores foram expulsos dos bairros centrais e se refugiaram nos morros, dando origem a algumas das favelas da cidade.

Em 1934, a Constituição promulgada pelo presidente Getúlio Vargas (1882-1954) concedeu aos trabalhadores o direito à assistência médica e à licença-gestante. Em 1953, foi criado o Ministério da Saúde e, em 1963, na 3ª Conferência Nacional de Saúde, consolidou-se o entendimento da importância da criação de um sistema de saúde universal.

Em 1966, foi criado o Instituto Nacional de Previdência Social (INPS), que uniu todos os órgãos previdenciários que funcionavam no país desde a década de 1930. Vinculado ao Ministério do Trabalho, o INPS concedia assistência médico-hospitalar aos trabalhadores urbanos do setor privado e aos funcionários públicos.

Em 1986, foi realizada a 8ª Conferência Nacional de Saúde, com a participação da sociedade civil. Nela, foram elaborados os documentos que serviram de base para a criação do Sistema Único de Saúde (SUS).

BIOLOGIA E LITERATURA

Tuberculose: o mal dos poetas atravessa séculos

Os versos de Manuel Bandeira [Pneumotórax], poeta modernista e tísico, é um dos exemplos mais emblemáticos de como a tuberculose permeou a produção literária brasileira na primeira metade do século XX. O diagnóstico de infecção pelo bacilo de [Koch], anterior ao desenvolvimento quimioterápico eficaz contra a doença, era uma sentença de morte e vitimou intelectuais, literatos, poetas e artistas ao longo da história [...].

A experiência vivida da enfermidade chega até nós em versos e prosa, através de relatos amargos, pessimistas, sarcásticos, melancólicos, ironizando a morte iminente e não menos comum, romantizando o sofrimento, ao qual se atribuía a inspiração de [...] escritores, a "febre das almas sensíveis". A romantização da condição tuberculosa pela elite intelectual, contrastava e, de alguma forma, silenciava as altas taxas de mortalidade que acometia a população mais pobre.

[...]

[...] Atualmente, é reputada como o mal dos poetas, erroneamente encarada como uma doença erradicada. Mas, na verdade, ela [...] está viva e é a doença infecciosa que mais mata no mundo, com números maiores do que a AIDS e a malária, mesmo após o desenvolvimento de drogas e da vacina BCG.

TUBERCULOSE: o mal dos poetas atravessa séculos. Arquivo Nacional. Ministério da Gestão e da Inovação em Serviços Públicos, Brasília, DF, 22 jun. 2021. Disponível em: https://querepublicaeessa.an.gov.br/index.php/que-republica-e-essa/assuntos/secoes-especiais/74-serie-especial-saude/314-tuberculose-o-mal-dos-poetas-atravessa-seculos. Acesso em: 11 jul. 2024.

1. **Faça uma busca pelo poema Pneumotórax, de Manuel Bandeira. Que tipo de relato, dentre os citados no texto, é possível identificar nesse poema?**
2. **Como podemos tratar a tuberculose atualmente?**

1. No último verso, é possível identificar um relato contendo ironia. Nele, o eu-lírico faz uma brincadeira com seu diagnóstico, constatado pelo médico. A conclusão a que ele chega é que sua única alternativa é aproveitar o pouco tempo que lhe resta.

2. Atualmente, o tratamento da tuberculose é feito com base em antibióticos e tem a duração aproximada de seis meses.

Não escreva no livro.

O SISTEMA ÚNICO DE SAÚDE

A Constituição de 1988 instituiu o Sistema Único de Saúde (SUS), cujo objetivo é oferecer a todos os cidadãos brasileiros, sem discriminação, um serviço de saúde integral, universal e gratuito. Com a criação e implementação do SUS, o Brasil passou a ser o único país com mais de 100 milhões de habitantes a propor um sistema de saúde universal e gratuito. O SUS foi criado com base em três princípios:

- **Universalidade**: garantia de acesso a todos os serviços de saúde por todos os cidadãos, independentemente de quaisquer características sociais ou pessoais, como classe social, idade, etnia, gênero, profissão, etc.;
- **Equidade**: garantia de acesso igualitário a todos os serviços oferecidos, de acordo com a necessidade clínica;
- **Integralidade**: os serviços e as ações de saúde têm como objetivo não apenas a cura, mas também a promoção e a proteção da saúde.

Cerca de 71% da população brasileira depende exclusivamente do SUS para ter acesso a serviços de saúde. O restante tem acesso a serviços de saúde privados, porém utiliza alguns serviços do SUS, como os programas de vacinação e o Serviço de Atendimento Móvel de Urgência (Samu). O SUS também é responsável por custear 88% dos transplantes de órgãos realizados no país, sendo o maior sistema público de transplante de órgãos do mundo.

Ao todo, por ano, são aproximadamente 2,8 bilhões de atendimentos realizados pelo SUS, que vão desde procedimentos ambulatoriais simples, como consultas e exames de rotina, até atendimentos considerados de alta complexidade.

Os quatro níveis de atendimento

O atendimento pelo SUS acontece em quatro níveis, que variam de acordo com a complexidade do caso:

- **Atenção básica**: nesse nível são realizados, por exemplo, consultas, vacinação, atendimentos a famílias e atendimentos básicos de saúde do idoso, da criança e do adolescente;
- **Atenção secundária**: é o atendimento realizado depois que uma doença foi diagnosticada e requer acompanhamento especializado, por exemplo, por oftalmologistas ou endocrinologistas;
- **Atenção terciária**: para pacientes que precisam de internação;
- **Reabilitação**: realizada quando o paciente demanda acompanhamento, como ocorre na fisioterapia.

As ações do SUS estão organizadas em programas e projetos, como o **Programa Nacional de Imunizações**, que promove o Calendário Nacional de Vacinação, o qual contempla crianças, adolescentes, adultos e idosos. É um dos maiores do mundo e oferece à população 47 vacinas diferentes, entre elas algumas que são administradas apenas na adolescência. Veja o calendário abaixo.

PARA EXPLORAR

Assista

***A história da saúde pública no Brasil*: 500 anos na busca de soluções. Direção: Sylvia Jardim. Brasil, 2015 (17 min).**

Animação que conta como se desenvolveu a saúde pública no Brasil.

Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=7ouSg6oNMe8. Acesso em: 22 jul. 2024.

***A Revolta da Vacina*. Direção: Eduardo Vilela Thielen. Brasil, 1994 (23 min).**

Documentário que mistura teatro, depoimentos de médicos, pesquisadores e historiadores para contar a história da varíola, da vacina e da revolta popular de 1904.

Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=amwFWGMJhUw. Acesso em: 22 jul. 2024.

Marcos Amend/Pulsar Imagens

As Unidades Básicas de Saúde Fluvial (UBSF) são embarcações que prestam serviços de saúde a comunidades ribeirinhas. UBSF Nossa Senhora das Dores no rio Madeira, Manicoré (AM). Foto de 2023.

meninas 9 a 14 anos

HPV (previne o papilomavírus humano, que causa cânceres e verrugas genitais) – 2 doses (seis meses de intervalo entre as doses)

meninos 11 a 14 anos

HPV (previne o papilomavírus humano, que causa cânceres e verrugas genitais) – 2 doses (seis meses de intervalo entre as doses)

11 a 14 anos

Meningocócica C (conjugada) (previne doença invasiva causada por *Neisseria meningitidis* do sorogrupo C) – dose única ou reforço (a depender da situação vacinal anterior)

10 a 19 anos

Hepatite B – 3 doses (a depender da situação vacinal anterior)

Febre amarela – 1 dose (a depender da situação vacinal anterior)

Dupla adulta (dT) (previne difteria e tétano) – reforço a cada 10 anos

Tríplice viral (previne sarampo, caxumba e rubéola) – 2 doses (de acordo com a situação vacinal anterior)

Pneumocócica 23 valente (previne pneumonia, otite, meningite e outras doenças causadas pelo pneumococo)

Fonte de pesquisa: Ministério da Saúde. Calendário de vacinação. Brasília, DF, [20--]. Disponível em: https://www.gov.br/saude/pt-br/vacinacao/calendario. Acesso em: 22 jul. 2024.

DOENÇAS CRÔNICAS

PARA EXPLORAR

Leia

***O imperador de todos os males: uma biografia do câncer*, de Siddhartha Mukherjee. São Paulo: Companhia das Letras, 2012.**

O livro conta a história dessa doença, desde a Antiguidade até os tratamentos mais modernos da atualidade.

Doenças crônicas não transmissíveis, segundo a OMS, são aquelas que têm longa duração e que são causadas por fatores genéticos, fisiológicos, ambientais e comportamentais. Cerca de 45% da população adulta relata ter pelo menos uma doença crônica. No Brasil, elas correspondem a 75% das causas de morte. As principais doenças crônicas estão associadas a quatro fatores de risco: tabagismo, uso abusivo de álcool, sedentarismo e alimentação não saudável.

As doenças crônicas com maior incidência no mundo são câncer, diabetes, doenças respiratórias e cardiovasculares.

Câncer é o nome dado a um conjunto de mais de cem doenças que se caracterizam pela multiplicação desordenada de células, formando tumores.

A agressividade do tumor vai depender da rapidez com que as células tumorais se dividem. Nos tumores mais agressivos, elas se espalham para outras regiões do corpo, invadindo tecidos e órgãos. Esse processo é chamado **metástase**.

O câncer surge após uma alteração genética (mutação) em genes que controlam o crescimento e a divisão celular. As mutações geralmente ocorrem após exposição prolongada a agentes carcinogênicos, como o tabaco (relacionado ao câncer de pulmão, de traqueia, do estômago), a radiação ultravioleta (relacionada ao câncer de pele), entre outros.

Alguns vírus podem estar relacionados à doença. É o caso dos papilomavírus humanos (HPV), associados ao câncer do colo do útero, e do vírus linfotrópico de células T humanas do tipo 1 (HTLV-1), que causa um tipo de leucemia em adultos.

Diabetes melito é uma doença causada pela deficiência de insulina ou pela diminuição da resposta à insulina nas células-alvo. Caracteriza-se pela incapacidade de as células utilizarem o açúcar disponível no sangue.

A glicose acumulada no sangue de uma pessoa com diabetes não é totalmente reabsorvida pelos rins; parte dela é excretada na urina. Por isso, a presença de glicose na urina é um indicativo de diabetes.

Existem dois tipos de diabetes melito: a diabetes melito tipo 1 e a diabetes melito tipo 2.

Na **diabetes melito tipo 1**, ou "diabetes dependente de insulina", o próprio sistema imune ataca as células beta do pâncreas, eliminando a capacidade do organismo de produzir insulina. O tratamento para essa forma da doença consiste na administração de injeções diárias de insulina.

A **diabetes tipo 2**, ou "diabetes não dependente de insulina", por sua vez, se caracteriza pela incapacidade das células-alvo de responder à insulina. Nesse caso, ela é produzida normalmente, mas as células-alvo não conseguem absorver a glicose, e os níveis de açúcar no sangue permanecem elevados.

Sobrepeso, sedentarismo, taxas de colesterol e triglicérides elevadas, hipertensão e hábitos alimentares inadequados são alguns dos fatores que favorecem o aparecimento da diabetes tipo 2.

As **doenças respiratórias crônicas** (DRC) são aquelas que atingem tanto as vias aéreas superiores como as inferiores. As DRC mais comuns são a rinite alérgica, a asma e a doença pulmonar obstrutiva crônica. Trata-se de doenças evitáveis e que atingem grande parte da população mundial, principalmente idosos e crianças.

As **doenças cardiovasculares** são um grupo de doenças que afetam o coração e os vasos sanguíneos. Entre elas estão o ataque cardíaco e o acidente vascular cerebral (AVC), causados principalmente por um bloqueio que impede que o sangue flua para o coração ou para o cérebro. A causa mais comum desse bloqueio é o acúmulo de gordura nas paredes internas dos vasos sanguíneos que irrigam o coração ou o cérebro.

Há uma combinação de fatores de risco para um ataque cardíaco ou um AVC: sedentarismo, tabagismo, dieta inadequada, obesidade, hipertensão, diabetes e abuso de álcool, entre outros.

ROTEIRO

2. Você considera que seu modo de vida é saudável? Que atitudes você poderia tomar para tornar seu dia a dia mais saudável?

Resposta pessoal. Espera-se que os estudantes reconheçam a importância de uma alimentação saudável, da prática regular de atividades físicas e de manter hábitos saudáveis, como não fumar e não ingerir bebidas alcoólicas.

PeopleImages.com - Yuri A/Shutterstock.com/ID/BR

A maioria das doenças cardiovasculares pode ser prevenida com a adoção de comportamentos mais saudáveis, como praticar atividades físicas regularmente.

Não escreva no livro.

SAÚDE SEXUAL E SAÚDE REPRODUTIVA

É na adolescência que, muitas vezes, a vida sexual tem início. É essencial que a decisão de ter uma vida sexual ativa seja acompanhada de cuidados com a própria saúde e a do parceiro.

Dois dos principais cuidados em relação à saúde sexual e à saúde reprodutiva são a prevenção de infecções sexualmente transmissíveis (IST) e a prevenção de uma gravidez não planejada. Para isso, é importante buscar aconselhamento médico antes de iniciar a vida sexual e escolher os métodos de prevenção mais adequados para cada pessoa.

Alguns métodos contraceptivos

- **Diafragma**: Método de barreira que deve ser colocado dentro da vagina antes da relação sexual. Não apresenta efeitos colaterais e tem maior eficiência quando usado com um espermicida.
- **Preservativo masculino** (camisinha): Método de barreira que deve ser colocado no pênis ereto antes de iniciar a relação sexual e retirado logo após o final da relação. Não apresenta contraindicações e protege também contra as IST.
- **Preservativo feminino** (camisinha feminina): Método de barreira que tem os mesmos benefícios que o preservativo masculino, além de proporcionar autonomia para as mulheres. Deve ser colocado no canal vaginal antes de iniciar a relação sexual.
- **Anticoncepcional hormonal**: Método hormonal que age inibindo a ovulação. Deve ser receitado por um médico. Pode ser administrado via oral (pílulas), injetável (injeção mensal) ou aplicado na pele (adesivo transdérmico). Os métodos hormonais podem provocar efeitos colaterais, por isso é importante ter acompanhamento médico.
- **Dispositivo intrauterino** (DIU): Objeto de plástico, frequentemente associado a metais, como cobre e prata, introduzido pelo ginecologista no útero da mulher. O DIU impede a fecundação ao tornar ovócitos e espermatozoides inviáveis, ou ao interferir na migração dos gametas pela tuba uterina.

Algumas IST

- **Gonorreia**: causada pela bactéria *Neisseria gonorrhoeae*, que pode atingir o pênis, o colo do útero e o reto, além de outros órgãos, como boca, olhos e garganta. Embora a maioria das mulheres não apresente sintomas, os homens costumam sentir ardência ao urinar e ter um corrimento de odor desagradável alguns dias após o contágio.
- **Sífilis**: causada pela bactéria *Treponema pallidum*, é uma enfermidade grave, que, se não for tratada, pode levar à cegueira, à demência e até mesmo à morte. O tratamento é feito com antibióticos.
- **Aids**: é uma enfermidade grave provocada pelo HIV (vírus da imunodeficiência humana). Além da via sexual, o vírus pode contaminar uma pessoa em transfusão sanguínea, no momento do parto e durante a amamentação. Ele ataca as células de defesa do organismo. Com a destruição dessas células, o organismo fica vulnerável a várias doenças oportunistas, como infecções, tuberculose, gripe, etc., que podem levar à morte. Não há cura para a doença, mas o tratamento proporciona boa qualidade de vida aos portadores do vírus.
- **HPV**: doença causada por certos tipos de papilomavírus humano (HPV). Algumas variedades desses vírus podem levar ao desenvolvimento de câncer do colo do útero, ânus e pênis. Para prevenir essas doenças, a realização de exames preventivos é essencial. Recentemente, foram desenvolvidas duas vacinas para a prevenção contra HPV.

Ministério da Saúde/Governo Federal

As campanhas institucionais servem para conscientizar a população da importância do uso de preservativos no combate às IST e na sua prevenção.

O que é PrEP e PEP?

A PEP (profilaxia pós-exposição) é o uso de medicamentos antirretrovirais após um possível contato com o HIV. O tratamento é recomendado em situações de violência sexual, relação sexual desprotegida (sem o uso de preservativos) e em casos de acidente ocupacional (quando o profissional entra em contato direto com material biológico ou se acidenta com instrumentos perfurocortantes). É, portanto, uma medida de prevenção de urgência.

Para que o tratamento seja efetivo ele deve ser iniciado logo após a exposição de risco, preferencialmente nas duas primeiras horas, e em até 72 horas. O tratamento tem duração de 28 dias.

É importante ressaltar que a PEP não substitui o uso de preservativos.

Já a PrEP (profilaxia pré-exposição) é o uso de medicamentos antirretrovirais antes da exposição ao HIV, que reduzem a probabilidade de a pessoa se infectar com o vírus. A PrEP deve ser utilizada por pessoas com alto risco de contrair o HIV. Os públicos prioritários são as populações que estão sob maior risco e que concentram o maior número de casos de HIV no país. A avaliação para o uso de PrEP é feita por um profissional de saúde nos serviços especializados do SUS.

BIOLOGIA E SOCIOLOGIA

GÊNERO E SEXUALIDADE

A temática da sexualidade, nos debates atuais, tem envolvido diferentes áreas do conhecimento, além de ser foco de pesquisas, políticas públicas, programas de saúde e da mídia, etc. Essa discussão tem possibilitado a compreensão da sexualidade como uma experiência plural, para além da Biologia, diferentemente de certas concepções reguladoras e normativas praticadas em muitas sociedades.

Um tema que extrapola a compreensão biológica da sexualidade é a "identidade de gênero". Esse conceito refere-se ao modo como alguém se sente, se identifica e se apresenta para si próprio e para a sociedade. Cada pessoa pode se perceber como "masculina" ou "feminina", ou ambas, independentemente do sexo biológico ou de sua orientação sexual (forma como a pessoa se sente em relação à afetividade). De acordo com essa perspectiva, não apenas as características biológicas de um indivíduo determinam a construção de sua identidade de gênero, mas também aspectos socioculturais. Leia alguns aspectos dessa discussão no texto a seguir.

Cultura e biologia influenciam gênero, mas é a ética que deve impulsionar debate

[...]

Para qualquer campo do conhecimento, seja ele novo ou antigo, o diálogo entre as diferentes áreas científicas é essencial para conferir-lhe a confiabilidade necessária para que seus pressupostos sejam aceitos.

No que diz respeito a gênero, algumas divergências são frequentemente observadas entre as ciências sociais e as chamadas ciências da natureza ou *hard sciences*. Para evitar que tais divergências se sobreponham ao que há de conhecimento produzido na área, é indispensável contrapor-se a visões determinísticas.

Em um artigo publicado em 1994 na *Revista USP*, o historiador Charbel Niño El-Hani tece uma coerente crítica ao chamado determinismo biológico relacionado a gênero, que parecia estar ganhando visibilidade na mídia brasileira à época. Analisando uma reportagem que enviesava uma declaração trazida pela neurocientista americana Doreen Kimura, El-Hani expõe como é simplista tratar o ser humano, seus comportamentos e seu gênero como um simples resultado biológico da expressão de proteínas codificadas por genes. Segundo ele, "os traços comportamentais não podem sequer ser reduzidos ao nível do organismo, uma vez que eles são o resultado não só do desenvolvimento orgânico, mas também da história do indivíduo numa pluralidade de redes de relações sociais". Agrega ainda que "no caso das propriedades comportamentais de homens e mulheres, os limites do determinismo biológico são evidentes, pois dependem da demonstração de que as circunstâncias socioculturais em que homens e mulheres vivem são irrelevantes para a origem de seus comportamentos característicos".

El-Hani toma como uma de suas conclusões que tanto o determinismo biológico quanto o chamado culturalismo estão equivocados ao fornecerem explicações incompletas sobre a definição de gênero, ao definir traços comportamentais apenas decorrentes de funções cerebrais ou determinados exclusivamente socioculturalmente. "As diferenças entre homens e mulheres são [...] [mais bem] explicadas, decerto, pela referência a todo este sistema de relações fortemente interdependentes do que pela redução a uma determinação biológica ou cultural."

O determinismo biológico vem sendo cada vez mais rejeitado por cientistas naturais e sociais e aparenta perder paulatinamente terreno. Por outro lado, a antagônica alegação de que as características biológicas são totalmente irrelevantes na determinação do gênero – restando, portanto, exclusivamente os fatores socioculturais como determinantes – parece persistir em certas vertentes de pensamento; explicação esta igualmente insuficiente para dar conta da intricada soma de fatores que interferem em nossas características comportamentais, dentre as quais a percepção de nosso gênero.

Como diz o neurocientista americano Simon Baron-Cohen em artigo de divulgação científica, apesar do fato de que "variáveis sociais são importantes e sem dúvida têm papéis-chave em moldar o nosso comportamento", simplesmente não é verdadeira a hipótese de que nada de biológico interferirá nesse processo. O autor não deixa de ressaltar que existem, sim, diferenças médias inatas no cérebro de indivíduos do sexo masculino e feminino – diferenças essas que se expressam mesmo em indivíduos de poucos dias de vida. Portanto, de sua visão mais voltada às ciências naturais, Baron-Cohen concorda com a proposta de uma rede de inter-relações entre fatores bio-

Não escreva no livro.

lógicos e socioculturais na definição de comportamentos, preferências e do gênero. Novamente citando El-Hani, "a estrutura biológica, ao colocar-se em interação com os demais componentes dessas redes de relações, adquire novas propriedades, de modo que os fenômenos comportamentais de homens e mulheres não podem ser simplesmente reduzidos a uma determinação biológica, e tampouco desvinculados de sua biologia".

A neurocientista Melissa Hines coloca, em artigo científico publicado na revista *Trends in Cognitive Sciences*, algumas contribuições a essa ideia. Segundo seus estudos, diferenças constatadas (primeiro em outros mamíferos e posteriormente em humanos) entre os teores hormonais de fetos masculinos e femininos, já a partir de cerca de 8 semanas, exercem permanente influência no desenvolvimento do cérebro e no comportamento. Segundo o artigo de revisão, alguns estudos recentes têm demonstrado que a exposição pré-natal a esses hormônios é relevante para o desenvolvimento de comportamentos infantis como, por exemplo, a escolha de brinquedos, o que, até recentemente, era atribuído exclusivamente às influências socioculturais. Ainda segundo a autora "a exposição pré-natal à testosterona parece também ter alguma influência na orientação sexual e identidade de gênero e a algumas – não todas – características cognitivas, motoras e de personalidade relacionadas ao sexo".

É inegável o papel que os estudos de gênero têm desempenhado no sentido de explicitar as condições de opressão a que as mulheres foram e ainda são rotineiramente submetidas, assim como os preconceitos que seguem sofrendo pessoas cuja identidade de gênero não se enquadra nos padrões restritivos [preestabelecidos]. O debate sobre gênero deve se basear nas evidências tanto das ciências naturais quanto humanas. Tentativas de explicação reducionistas não são positivas para a ciência e, portanto, prejudicam o próprio progresso e consolidação deste campo de estudo. Como resume o prof. El-Hani em seu artigo, "o recurso a dicotomias simplistas, tais como inato *versus* adquirido, natureza *versus* cultura, genético *versus* ambiental, é prejudicial ao entendimento dos fenômenos biológicos e, em especial, para a compreensão da 'natureza humana', que não é apenas biológica, mas também histórica e socialmente contingente".

Biazon, T.; Almeida, G. Cultura e biologia influenciam gênero, mas é a ética que deve impulsionar debate. *ComCiência*, Campinas, 10 fev. 2017. Disponível em: https://www.comciencia.br/cultura-e-biologia-influenciam-genero-mas-e-a-etica-que-deve-impulsionar-debate/. Acesso em: 23 jul. 2024.

1. Resposta pessoal. Espera-se que os estudantes mencionem que o determinismo biológico defende que os únicos fatores que podem determinar o comportamento humano são os fatores genéticos e biológicos. Essa visão, porém, tem sido criticada por cientistas naturais e sociais, entre outros, por acreditarem que ela reduz a complexidade do ser humano a determinantes biológicos. Atualmente, grande parte da comunidade científica acredita que o comportamento humano é resultado de uma interação entre fatores genéticos, ambientais e sociais, ou seja, que o determinismo biológico não é suficiente para explicar a diversidade e a complexidade do comportamento humano.

A sexualidade se manifesta, especialmente, na adolescência, a partir da maior compreensão do sujeito a respeito de seu gênero e de sua orientação sexual.

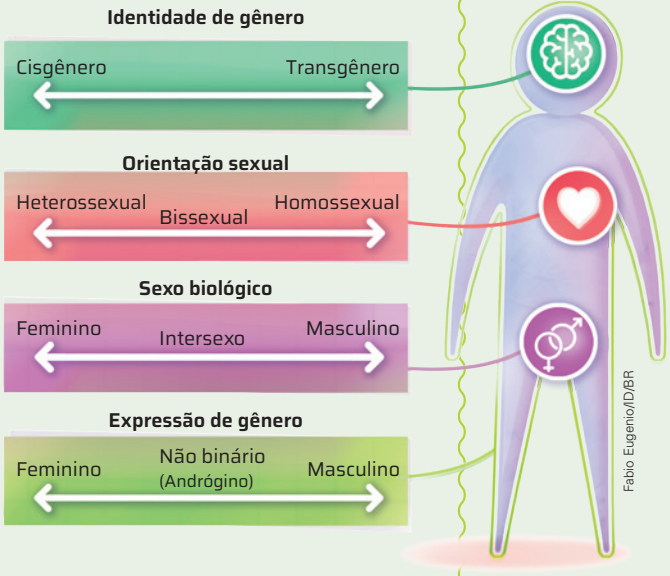
A identidade de gênero se refere ao gênero com o qual o sujeito se identifica, que pode ou não coincidir com o seu sexo biológico.

Quando a identidade de gênero coincide com o sexo biológico, por exemplo, quando uma pessoa do sexo feminino se identifica com o gênero feminino, temos um indivíduo cisgênero.

Quando a identidade de gênero não coincide com o sexo biológico, por exemplo, quando uma pessoa do sexo feminino se identifica com o gênero masculino, temos um indivíduo transgênero.

Identidade de gênero é diferente de orientação sexual. A orientação sexual se refere à direção do desejo afetivo. Assim, os indivíduos cis e trans podem ser igualmente heterossexuais, homossexuais ou bissexuais, por exemplo.

A expressão de gênero, por sua vez, é como a pessoa demonstra seu gênero a partir da forma de agir, de se vestir, de interagir e de se expressar.



Fabio Eugenio/ID/BR

Fonte de pesquisa: Secretaria da Justiça e Cidadania do Estado de São Paulo. *Diversidade sexual e a cidadania LGBTI+*. 4. ed. São Paulo: SJC/SP, 2020. Disponível em: http://www.recursoshumanos.sp.gov.br/lgbt/cartilha_diversidade.pdf. Acesso em: 24 set. 2024.

Conecte as ideias

1 **A partir da leitura do texto e de seus conhecimentos, o que é o determinismo biológico? Por que essa forma de compreender o ser humano tem sido rejeitada por cientistas naturais e sociais?**

2 **Qual é a importância dos estudos que consideram, além dos fatores biológicos, os fatores ambientais – físicos, naturais ou sociais – na discussão sobre gênero?**

Resposta pessoal. Os estudantes devem reconhecer o papel desses estudos para explicitar, questionar e combater preconceitos sofridos por pessoas cuja identidade ou expressão de gênero não se enquadra nos padrões restritivos preestabelecidos na sociedade.

Não escreva no livro.

SAÚDE MENTAL

Segundo a OMS, **saúde mental** é um estado de bem-estar no qual o indivíduo realiza suas habilidades, é capaz de lidar com as tensões normais da vida, trabalha de forma produtiva e faz contribuições à comunidade.

Alguns dos transtornos mentais mais comuns entre os jovens são: transtornos emocionais, transtornos alimentares, comportamento de risco, suicídio e autolesão.

Os **transtornos emocionais** mais comuns na atualidade são a depressão e a ansiedade. Segundo o Ministério da Saúde, a depressão se caracteriza por tristeza profunda, falta de ânimo, pessimismo e baixa autoestima. Já a ansiedade excessiva é caracterizada por preocupação ou medo exagerado, pela constante sensação de que algo ruim vai acontecer, além de sensações físicas como sudorese, palpitação, insônia e boca seca.

É importante estar atento à intensidade e à duração dos sintomas. Tanto a tristeza quanto a ansiedade são sensações normais. O sinal de alerta deve acender quando essas sensações tornam-se constantes e começam a afetar o modo como a pessoa enxerga a vida.

Os **transtornos alimentares** surgem normalmente na infância e na adolescência e afetam mais as mulheres do que os homens. Entre eles estão a anorexia nervosa, a bulimia nervosa e o transtorno de compulsão alimentar periódica. Esses transtornos se caracterizam por comportamentos alimentares nocivos, como a restrição de calorias ou a compulsão alimentar.

Os **comportamentos de risco** se caracterizam por atitudes que têm impacto na saúde e na qualidade de vida da pessoa. Essas atitudes podem se dar por caráter exploratório ou ainda por influência de outras pessoas. O uso de álcool e de outras drogas está entre os principais comportamentos de risco. Outro tipo de comportamento de risco é a prática da violência, que pode aumentar a probabilidade de lesões, o envolvimento em crimes e a morte. A violência interpessoal foi classificada como a segunda principal causa de morte entre adolescentes do sexo masculino em 2016.

As tentativas de suicídio e de autolesão podem ter origem em sentimentos de desesperança e de solidão, muitas vezes funcionando como uma denúncia ou um pedido de socorro. Ideias e tentativas de suicídio devem sempre ser levadas a sério, como sinais de alerta.

ABP/CFM

Setembro Amarelo é uma campanha brasileira de prevenção ao suicídio, criada em 2015. O dia 10 de setembro é o Dia Mundial de Prevenção ao Suicídio.

Promovendo a saúde mental

Existem formas de prevenir o desenvolvimento de transtornos emocionais e de promover a saúde emocional:

- Identificar, diagnosticar e tratar os casos de transtornos mentais nos adolescentes;
- Promover um ambiente de integração entre os adolescentes, visando fortalecer os laços comunitários e de amizade;
- Incentivar o contato com programas de integração para jovens com deficiência, promovendo sua participação ativa na comunidade;
- Criar programas de prevenção ao suicídio;
- Oferecer atendimento psicológico e médico aos adolescentes;
- Auxiliar os adolescentes na construção da autoestima e da resiliência mental.

AÇÃO E CIDADANIA

1. Resposta pessoal. Espera-se que os estudantes relatem ao menos um caso de *bullying*. Como estratégias de prevenção, poderiam ser citadas: maior integração da comunidade escolar, maior aceitação e respeito às diferenças dentro da escola, capacitação da direção e dos professores para identificar e combater o *bullying*, programas de conscientização e combate ao *bullying* dentro das escolas, entre outras.

Bullying

Segundo a Fundação Oswaldo Cruz (Fiocruz), a palavra *bullying* é um termo em inglês para descrever um ato de violência física, verbal e/ou psicológica, sendo intencional e repetitiva. Tal prática na maioria dos casos está ligada ao contexto escolar, representado por violências físicas, verbais e atitudes pejorativas, que buscam prejudicar a imagem de outra pessoa. Posteriormente a isso, as ações decorrentes do *bullying* podem levar à alta incidência de violência nas escolas, visto que é o espaço de maior interação entre os jovens, podendo resultar em desafios para a saúde mental, como depressão, ansiedade, fobia e isolamento social.

Com essa interferência na saúde mental e no bem-estar social das crianças e dos jovens, que já estão passando por intensas transformações sociais, comportamentais, emocionais e físicas, a convivência com situações de violência pode interferir profundamente nesses processos de desenvolvimento. Segundo um levantamento realizado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), cerca de 23% dos brasileiros declararam ter sofrido *bullying* em algum momento da sua vida. Assim, nesse cenário, esse tipo de violência se apresenta como um problema de saúde pública no Brasil e no mundo.

PITANGA, G. *et al*. *Bullying* e violência escolar. Unicef Brasil, [*s. l.*], 18 jul. 2023. Disponível em: https://www.unicef.org/brazil/blog/bullying-e-violencia-escolar. Acesso em: 24. jul. 2024.

1. Você conhece casos de *bullying* na escola onde estuda? De que forma esses casos poderiam ser evitados?

Não escreva no livro.

Drogas

Drogas são substâncias, naturais ou sintéticas, que alteram o funcionamento do organismo. Elas podem ser classificadas, de acordo com seu efeito no sistema nervoso, em três tipos:

- **Depressoras**: diminuem a atividade do sistema nervoso. Por exemplo: medicamentos tranquilizantes, bebidas alcoólicas, inalantes ou solventes e ópio;
- **Estimulantes**: aumentam e aceleram a atividade do sistema nervoso. Por exemplo: cocaína e derivados, anfetaminas, nicotina e cafeína;
- **Alucinógenas**: alteram a percepção da realidade. Por exemplo: maconha, LSD e *ecstasy*.

Cigarro de tabaco

O princípio ativo do tabaco é a nicotina, composto altamente viciante. Quando queimado, o tabaco produz mais de 74 mil substâncias particuladas e gasosas, entre as quais mais de 40 são comprovadamente cancerígenas.

O tabagismo é reconhecido como uma doença crônica causada pela dependência de nicotina. Segundo a OMS, o tabagismo mata mais de 8 milhões de pessoas no mundo a cada ano. Dessas mortes, 7 milhões foram causadas diretamente pelo consumo de cigarros, e 1,2 milhão foram causadas pelo fumo passivo, ou seja, não fumantes morreram depois de serem expostos à fumaça do cigarro.

O tabagismo é fator de risco para o desenvolvimento de diversos tipos de câncer: leucemia mieloide aguda, câncer de bexiga, de pâncreas, de fígado, do colo do útero, de esôfago, de laringe (cordas vocais), câncer na cavidade oral (boca), câncer de faringe (pescoço), de estômago, de cólon e do reto, de rins e ureter, de traqueia e dos brônquios. Além disso, o tabagismo é a principal causa de todos os cânceres de pulmão e fator de risco significativo para acidentes cerebrovasculares e ataques cardíacos.

No Brasil, segundo dados do Ministério da Saúde, em 2019, 9,8% dos brasileiros afirmavam ter o hábito de fumar, o que significa uma redução de 38% no consumo de tabaco em relação aos dados de 2006. Entretanto, apesar da redução do número de fumantes, em 2015 houve mais de 156 mil mortes causadas por dependência de nicotina.

Álcool

O álcool é a substância psicoativa mais utilizada no mundo, sendo seu uso tipicamente iniciado na adolescência. Segundo um levantamento feito em 2015 pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), 55,5% dos estudantes do 9º ano já haviam provado álcool.

A **dependência do álcool**, ou **alcoolismo**, é considerada doença pela OMS. Caracteriza-se por uma vontade incontrolável de beber, aliada à dificuldade de controlar o consumo e a sintomas de síndrome de abstinência, como náuseas, suor e tremedeira.

O abuso de álcool é diferente do alcoolismo, porque não inclui a dependência física, mas também pode acarretar efeitos físicos e emocionais.

A **dependência química** é caracterizada pelo descontrole no uso da droga e por sintomas de abstinência física, afetando a forma como o indivíduo se relaciona com a família, os amigos, a escola e o trabalho, podendo causar grandes prejuízos emocionais e pessoais.

CIÊNCIA SE DISCUTE

1. Resposta pessoal. É possível que os estudantes mencionem que esses dados podem alertar sobre algumas escolhas nos hábitos diários, especialmente aquelas relacionadas ao consumo de alimentos e de bebidas.

Limite considerado como consumo moderado de álcool cai no mundo

[...]

Não há consenso na literatura científica sobre quanto seria beber com parcimônia, algo como um padrão de consumo sem repercussões negativas ou com impactos quase desprezíveis na saúde física e mental. Nas últimas décadas, alguns estudos sugeriam que o consumo de pequenas doses de álcool, geralmente vinho tinto, poderia ser benéfico ao coração, mas o tema permanece polêmico e hoje é contestado por muitos trabalhos. O pouco que se ganharia em termos de proteção cardiovascular seria anulado pelo aumento da probabilidade do surgimento de outras doenças [...].

A conclusão dominante de um conjunto de estudos e recomendações mais recentes é a de que não há dose, por pequena que seja, com risco zero à saúde. Quanto menor for a ingestão de álcool, menor o risco de desenvolver doenças relacionadas a esse hábito, como problemas no coração, alguns tipos de câncer, cirrose hepática, distúrbios mentais e alcoolismo, sofrer ou provocar acidentes e se envolver em violência física. Essa é a mensagem central da Organização Mundial da Saúde (OMS) e de boa parte dos trabalhos científicos atuais.

[...]

[...] Artigo publicado na revista médica *Lancet* em julho de 2022 indica que, entre jovens adultos com idade de 20 a 39 anos, o consumo de álcool só aumenta riscos e não proporciona nenhum benefício à saúde. [...]

PIVETTA, M. Limite considerado como consumo moderado de álcool cai no mundo. Revista *Pesquisa Fapesp*, São Paulo, n. 327, maio 2023. Disponível em: https://revistapesquisa.fapesp.br/limite-considerado-como-consumo-moderado-de-alcool-cai-no-mundo/. Acesso em: 25 jul. 2024.

1. Em sua opinião, o acesso a dados científicos como esses é importante? Explique.

2. Você considera importante tornar esse tipo de conhecimento mais acessível à população? E sobre incorporá-lo a políticas públicas? Por quê? **2.** Resposta variável. Espera-se que os estudantes reconheçam a importância de alertar as pessoas sobre hábitos e comportamentos que podem colocar a saúde em risco, além de refletirem sobre como a adoção de leis que restringem certas práticas (como consumir bebida alcoólica e dirigir) pode contribuir para a saúde coletiva.

Redes sociais e autoimagem

As redes sociais fazem parte do cotidiano de muita gente, propiciando várias formas de interação. Para muitas pessoas, o uso dessas redes só é interrompido no sono; consultá-las antes de dormir é a última coisa feita e a primeira após acordar.

Como o uso tão intenso desse tipo de mídia pode afetar o bem-estar mental dos jovens? A resposta a essa pergunta é o que você e os colegas vão elaborar nesta atividade.

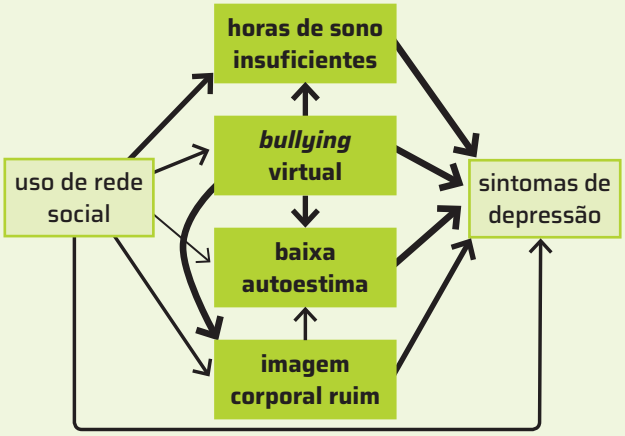
Material

- 1 folha de cartolina ou de papel *kraft*
- pincel marcador (canetão)
- dispositivo com acesso à internet e programa de planilha eletrônica

Bullying virtual

Como fazer

1. Organizem-se em grupos de quatro integrantes e observem o diagrama apresentado para a realização desta atividade. Em seguida, identifiquem as informações que ele apresenta.
2. Com base nessas informações, elaborem um questionário sobre o uso das redes sociais e os efeitos emocionais e físicos causados por essa prática.
3. O questionário pode ser elaborado com perguntas quantitativas, como: Em uma escala de 1 a 3, quanto o uso das redes sociais interfere em suas horas de sono? Esse tipo de pergunta facilita a tabulação, a análise e a comparação das respostas.
   1 – não interfere;
   2 – interfere pouco;
   3 – interfere muito.
4. Com o auxílio do(a) professor(a), escolham uma turma da escola para responder ao questionário.
5. Antes de aplicar o questionário, expliquem aos estudantes o objetivo do trabalho e perguntem se aceitam participar. O questionário deve ser respondido de forma anônima.
6. Utilizem uma tabela ou uma planilha eletrônica para tabular os dados obtidos, além de recursos como gráficos e esquemas para representar os resultados, e, na data estipulada pelo(a) professor(a), apresentem as conclusões à turma.
7. Compartilhados os resultados, conversem sobre eles e proponham estratégias para tornar o uso das redes sociais mais benéfico.
8. Elaborem uma campanha de uso saudável das redes sociais e divulguem-na na escola.



Possíveis relações entre o uso das redes sociais e o surgimento de sintomas depressivos em jovens e adolescentes.

Fonte de pesquisa: Kelly, Y. *et al*. Social media use and adolescent mental health: findings from the UK Millennium Cohort Study (Uso de mídia social e saúde mental de adolescentes: descobertas do estudo de coorte UK Millennium). *eClinicalMedicine*, v. 6, p. 59-68, 4 jan. 2018. Tradução dos autores. Disponível em: https://www.thelancet.com/journals/eclinm/article/PIIS2589-5370(18)30060-9/fulltext. Acesso em: 22 jul. 2024.

Para concluir

1. Não, o fator mais afetado é o sono. É possível identificar a diferença por meio da espessura das linhas que conectam as redes sociais aos outros fatores.

1 **Com base nas informações do diagrama, respondam: O uso das redes sociais afeta igualmente todos os itens analisados? Justifique.**

2 **Segundo os dados obtidos pelo questionário, qual foi a consequência mais recorrente do uso das redes sociais pelos estudantes?** Respostas variáveis. A resposta vai depender do retorno dos estudantes no questionário.

3 **Em sua opinião, qual é o principal problema associado ao uso das redes sociais? Sugira possíveis soluções para esse problema.** Veja resposta em *Respostas e comentários* no Manual do Professor.

Não escreva no livro.

TECNOLOGIA E SAÚDE

A ciência e a tecnologia têm sido aliadas essenciais na busca pela saúde e no combate a doenças. Veremos, a seguir, alguns avanços nesse sentido.

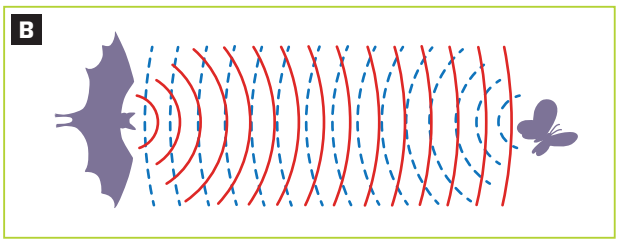
Os **raios X** são uma forma de radiação eletromagnética de alta frequência. Foram descobertos por acaso, em 1895, pelo físico alemão Wilhelm Röentgen (1845-1923). Ao realizar experimentos com raios catódicos – radiações compostas de elétrons que se originam no interior de tubos cheios de gás rarefeito –, Röentgen observou uma inesperada luminosidade. Ao colocar a mão na frente do feixe luminoso, ele viu a imagem de seus ossos em uma tela. Como não conhecia a origem dos raios que havia identificado, deu a eles o nome de raios X.

Em dezembro de 1895, Röentgen pediu à esposa, Anna Bertha Röentgen (1833-1919), que colocasse a mão entre o tubo que emitia os raios X e um filme fotográfico, e assim foi feita a primeira radiografia. A descoberta rendeu ao físico o prêmio Nobel em 1901.

As imagens feitas por raios X são formadas porque os tecidos absorvem esses raios de maneiras diferentes. Os ossos, por exemplo, absorvem grande quantidade desses raios; já os tecidos moles, como os músculos e a gordura, absorvem menor quantidade. Assim, os tecidos aparecem no filme fotográfico em diferentes tons de preto, cinza e branco, permitindo que os ossos se destaquem (imagem **A**). O uso médico e odontológico dos raios X começou logo após a descoberta de Röentgen.

Por ser uma radiação ionizante, os raios X podem causar mutações. Por isso, ao fazermos uma radiografia, devemos usar um colete de chumbo, que não é atravessado por esses raios.

Já os **ultrassons** são ondas sonoras de alta frequência (acima de 20 kHz) não audíveis pelos seres humanos. Os primeiros experimentos com ultrassons foram feitos com morcegos. Nessas experiências, observou-se que esses mamíferos localizavam suas presas e também desviavam de obstáculos, mesmo sem a visão, mas eram incapazes de fazer isso se sua audição fosse prejudicada (imagem **B**).



Bruno Badain/ID/BR

Os morcegos produzem ultrassons e assim geram ecos, que permitem a localização de obstáculos ou pequenos insetos. Cores-fantasia.

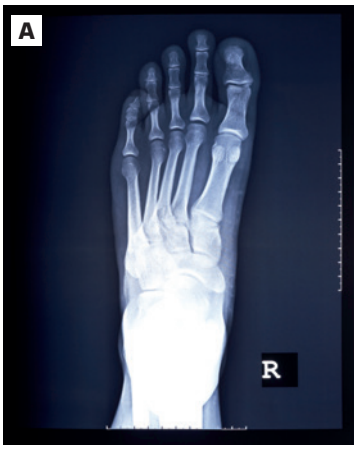
As primeiras aplicações tecnológicas dos ultrassons foram feitas na detecção de objetos e na medição de distâncias; um exemplo disso são os sonares dos navios.

Essa tecnologia começou a ser usada na medicina diagnóstica nas décadas de 1940 e 1950. Nos primeiros exames, o médico tinha de interpretar os sons refletidos pelos órgãos analisados. Com o avanço tecnológico, foi criado um transdutor que transforma os ecos refletidos pelo interior do corpo humano em sinais, que, depois, são decodificados eletronicamente em uma imagem.

Hoje, a ultrassonografia é um exame amplamente utilizado, não invasivo e de baixo custo. Nele, as imagens são obtidas em tempo real (imagem **C**).

A **ressonância magnética** (imagem **D**), por sua vez, é um exame que envolve o uso de ímãs, ondas de rádio e um computador para registrar imagens de alta resolução dos órgãos. Os ímãs do aparelho de ressonância magnética geram um campo magnético que faz os prótons das moléculas de água do corpo se alinharem. Em seguida, o aparelho emite ondas de rádio que desalinham os prótons.

Então, as ondas de rádio são interrompidas e os prótons se realinham, emitindo sinais de rádio captados por receptores. Esses sinais informam a localização precisa dos prótons. Sinais de milhões deles são combinados pelo computador, que gera uma imagem detalhada do interior do corpo.



Atakan/iStock/Getty Images

Radiografia de pé humano em visão frontal.

DR Najeeb Layyous/SPL/Fotoarena

As ultrassonografias são amplamente utilizadas para acompanhar o desenvolvimento fetal durante a gestação.

Svitlana Hulko/Shutterstock.com/ID/BR

A ressonância magnética é um exame extremamente seguro; porém, em alguns casos, pode demorar até 120 minutos. Durante todo o exame, o paciente deve permanecer imóvel, pois até mesmo pequenos movimentos podem afetar a qualidade das imagens.

3. Texto do estudante. Espera-se que os estudantes reconheçam que pseudociência é um conjunto de crenças e/ou práticas que se apresentam como científicas, mas que, em geral, são conhecimentos ultrapassados ou que não permitem a reprodução dos resultados através do uso de métodos científicos.

Tecnologias na produção de medicamentos

ROTEIRO

3. A etnofarmacologia se refere ao conhecimento popular relacionado a sistemas tradicionais de medicina, mas muitas vezes é confundida com superstições ou pseudociência. Pesquise o que é pseudociência e escreva um texto diferenciando pseudociência e etnofarmacologia.

A produção de medicamentos é uma ciência tão antiga quanto a medicina, e seu desenvolvimento tem acompanhado as descobertas científicas de áreas como biologia, fisiologia, botânica, genética, química e física.

Durante milhares de anos, os únicos medicamentos disponíveis eram os chás e as ervas, mas, com o tempo, boa parte desse conhecimento foi perdida. Comunidades tradicionais do Brasil, como os povos indígenas e os quilombolas, detêm um vasto conhecimento sobre as propriedades farmacológicas das plantas. O resgate desse conhecimento é o objeto de pesquisa da **etnobotânica** e da **etnofarmacologia**.

Os medicamentos podem ser agrupados de acordo com a tecnologia usada em sua produção. Assim, temos os medicamentos fitoterápicos, os medicamentos sintéticos e os biomedicamentos.

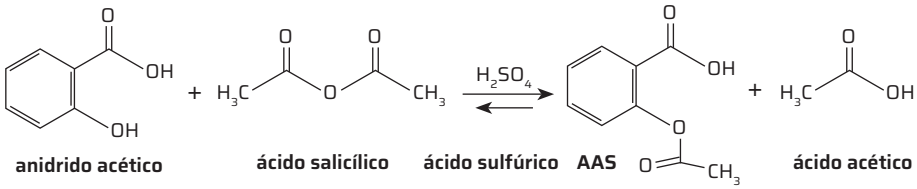
Os **fitoterápicos** e as plantas medicinais também são chamados **medicamentos naturais**. Quando uma planta medicinal é industrializada ou preparada em farmácias de manipulação para a obtenção de um medicamento, cria-se um fitoterápico. Tanto no processo industrializado, como no de manipulação, evita-se a contaminação do medicamento por microrganismos e a quantidade produzida é padronizada, além de ambos indicarem o modo de uso.

Os **medicamentos sintéticos** são formulados ou elaborados por síntese química, isto é, são produzidos artificialmente em laboratórios. A síntese frequentemente ocorre a partir de moléculas isoladas de extratos vegetais. Um bom exemplo é a aspirina, o primeiro fármaco a ser produzido sinteticamente, que tem como princípio ativo o ácido acetilsalicílico.

Em 1828, o professor alemão de farmacologia Johann Buchner (1783-1852) isolou cristais de cascas de salgueiro e os chamou de salicina, em referência a *Salix*, o gênero do salgueiro. Dez anos depois, o químico italiano Raffaele Piria (1814-1865) converteu a salicina em ácido salicílico, acrescentando a ela um açúcar e um componente aromático. E, em 1899, o químico alemão Felix Hoffmann (1868-1946), buscando aliviar as dores de estômago que o pai sentia ao se tratar com o ácido salicílico, sintetizou o ácido acetilsalicílico, que era igualmente eficaz contra a dor, mas causava menos efeitos colaterais.

Fabio Colombini/Acervo do fotógrafo

Quilombola coletando plantas medicinais. Quilombo Ivaporunduva, Vale do Ribeira (SP). Foto de 2022.



A síntese do ácido acetilsalicílico (AAS) ocorre pela reação entre o anidrido acético e o ácido salicílico.

Os medicamentos sintéticos são, em geral, pequenas moléculas constituídas de algumas dezenas ou centenas de átomos, e têm estrutura química bem conhecida. Trata-se de moléculas estáveis que podem ser fielmente replicadas. Muitos deles são produzidos na forma de comprimidos ou pílulas de uso oral. Em geral, apresentam baixa probabilidade de causar reação imune.

Os **biomedicamentos**, ou **medicamentos biológicos**, são produzidos por células vivas. Eles são formados por moléculas mais complexas, que têm milhares de átomos. Instáveis, os biomedicamentos podem sofrer alterações ao passar por pequenas variações nas condições de conservação e de armazenamento. A maioria é inativada por enzimas digestivas. São geralmente injetáveis, e alguns são de uso hospitalar.

Exemplos de biomedicamentos são: insulina, hormônio do crescimento, fatores de coagulação, anticoagulantes e anticorpos monoclonais, usados no tratamento do câncer e de doenças autoimunes.

PeopleImages.com - Yuri A/Shutterstock.com/ID/BR

Os medicamentos sintéticos correspondem, atualmente, a mais de 80% dos fármacos consumidos no mundo.

Não escreva no livro.

ATIVIDADES

3. a) Em geral, a gravidez precoce afeta o projeto de vida do casal envolvido, meninos e meninas podem abandonar a escola, além de afetar a vida familiar e social de ambos. Além disso, o artigo também poderia mencionar que a gestação na adolescência eleva as chances de complicações para a mãe e para o feto e para o recém-nascido.

1 **O acesso universal da população brasileira a serviços de saúde pública foi previsto pela Constituição de 1988. Antes disso, somente trabalhadores que contribuíssem com um serviço de previdência tinham acesso a eles.**

a) Identifique o sistema de saúde instituído no Brasil em 1988. Sistema Único de Saúde (SUS).

b) Explique os princípios fundamentais do SUS: universalidade, equidade e integralidade. Veja resposta em *Respostas e comentários* no Manual do Professor.

c) Cite serviços desse sistema que costumam ser utilizados inclusive por quem é usuário de outro sistema de saúde. Serviço de Atendimento Móvel de Urgência (Samu) e vacinação, por exemplo.

2 **O que são doenças crônicas não transmissíveis? Dê exemplos.** São doenças de longa duração causadas por fatores genéticos, fisiológicos, ambientais e comportamentais. Por exemplo, câncer, doenças cardiovasculares, doenças respiratórias e diabetes.

3 **Leia a seguir o título do artigo publicado pelo Portal do Governo do Estado de Alagoas, em fevereiro de 2024.**

> Saúde alerta para os riscos da gravidez na adolescência e orienta sobre métodos contraceptivos disponíveis no SUS

a) Faça uma pesquisa e cite consequências de uma gravidez precoce que podem ter sido mencionadas no artigo.

b) De que maneira a gravidez precoce pode ser evitada? Resposta variável. Os estudantes podem mencionar métodos contraceptivos hormonais (de uso oral e injetável), de barreira (diafragma e preservativos) e DIU (dispositivo intrauterino).

4 **Os cuidados com a saúde mental são especialmente importantes na adolescência.**

- Cite três atitudes ou comportamentos que você poderia alterar em sua rotina para aumentar seu bem-estar mental. Resposta pessoal. Espera-se que os estudantes citem os cuidados relacionados ao convívio social e à autoestima, além dos cuidados com a saúde física.

5 **A tabela a seguir mostra dados de uma pesquisa de campo realizada por estudantes do Ensino Médio de uma escola pública. Ela foi feita com pessoas da comunidade escolhidas de modo aleatório.**

Método anticoncepcional utilizado (% em relação ao número de pessoas entrevistadas)			
Métodos \ Faixa etária	18-20	21-25	26-30
Diafragma	0,0	0,0	2,3
DIU	0,0	1,5	1,9
Camisinha	49,4	67,3	38,0
Pílula anticoncepcional	45,1	10,3	54,2
Vasectomia ou laqueadura	0,0	1,7	2,9
Não utilizam nenhum método	5,5	19,2	0,7

5. a) 18-20: camisinha; 21-25: camisinha; 26-30: pílula anticoncepcional.

Com base nos dados acima, responda:

a) Que método contraceptivo é mais utilizado em cada faixa etária?

b) Quais métodos são mais utilizados entre os adultos jovens (de 18 a 30 anos de idade)? Em sua opinião, essa preferência ocorre por quê? Camisinha e pílula anticoncepcional, provavelmente pela facilidade de uso e comodidade.

c) Qual método é menos utilizado, em termos gerais? Em sua opinião, por que isso ocorre? Diafragma. Resposta pessoal. Apesar de ser um método simples, é necessário que um médico determine o diafragma mais adequado para a paciente, pois existem diversos tamanhos.

6 **Antes de submeter um paciente à exposição a raios X, o técnico em radiologia responsável pela realização do exame deve fornecer coletes e outras peças com placas de chumbo.** **6. a)** É necessário cuidado na exposição aos raios X porque a radiação pode provocar lesões em tecidos vivos, sendo as mais graves as relacionadas a alterações no DNA das células.

a) Por que é necessário cuidado na exposição aos raios X?

b) Por que se usam placas de chumbo nos coletes? Além de barato, o chumbo é um metal de alta densidade, sendo, portanto, um material de alta capacidade de bloquear a radiação.

7 **Em 2023, estimava-se que cerca de um milhão de pessoas viviam com HIV no Brasil.**

- De que forma pode-se prevenir a contaminação pelo HIV? Com o uso de preservativo nas relações sexuais.

8 **Leia o texto abaixo e faça o que se pede.**

> [...] O universo virtual, com seus feeds infinitos, cheios de conteúdos patrocinados e usuários com vidas desejáveis, apresenta produtos que parecem imprescindíveis.
>
> Essas plataformas se tornaram espaços propícios para exposição e promoção de produtos, levando, principalmente as pessoas da Geração Z, a se sentirem constantemente tentadas a consumir. E consumir em 2023 é tão fácil. Em apenas dois cliques, um no aplicativo de compras e outro no aplicativo do banco, é possível ter a sensação de estar mais perto da vida daquele influenciador que está sempre tão feliz e realizado.
>
> A psicóloga Karen Gomes, especialista em comportamento jovem e impacto das redes, explica que as mídias sociais têm grande influência no comportamento humano, de modo que ditam as "regras" de como se vestir, se comportar e o que consumir.
>
> Entre as diversas compras *online*, Guilherme tem até um óculos de realidade virtual no valor de 4 mil reais. Também já chegou a comprar um aparelho de DJ, mas se arrependeu em seguida. Além de não ser DJ, diz que só comprou porque "viu na internet".
>
> Juvêncio, T. Os delírios de consumo da geração Z. *Revista Meio Mundo*, UFSM, 12 mar. 2024. Disponível em: https://www.ufsm.br/midias/experimental/meio-mundo/2024/03/12/os-delirios-de-consumo-da-geracao-z. Acesso em: 15 out. 2024.

As plataformas digitais desempenham um papel significativo na amplificação dos gatilhos que levam ao consumismo desenfreado na era digital.

a) Você se identifica com o comportamento descrito na reportagem? Resposta pessoal.

b) De que forma esse comportamento contribui para evidenciar desigualdades sociais?

8. b) Espera-se que os estudantes reconheçam que o estímulo ao consumo excessivo evidencia as desigualdades sociais, podendo causar aos jovens com menor poder aquisitivo uma sensação de despertencimento e frustração social.

Não escreva no livro.

PENSANDO CIÊNCIAS

COMO A COMUNIDADE ESCOLAR PODE CONTRIBUIR PARA O CONTROLE DA COVID-19?

No dia 11 de março de 2020, a OMS declarou estado de pandemia para a covid-19, doença causada pelo novo coronavírus (SARS-CoV-2). Com o primeiro caso registrado em 31 de dezembro de 2019, em Wuhan, cidade na província de Hubei, na China, a doença se espalhou para praticamente todos os países do mundo, exigindo grande mobilização dos governos, de organizações sanitárias e de instituições para combater sua disseminação.

Sabe-se que não há uma solução única para uma pandemia, especialmente quando se trata de situações muito diversas e complexas, como a volta às aulas, por exemplo, situação que abrange muitos aspectos. Uma escola saudável, além de precisar de adequações estruturais, tem de contar com hábitos e atitudes que promovam e assegurem protocolos de cuidado assumidos pela comunidade escolar e por todos que estão em seu entorno físico, familiar e social, no sentido de reduzir o risco de contato com determinados patógenos e evitar, assim, o contágio por doenças como a covid-19.

Considerando as características do espaço físico da escola e os hábitos dos integrantes da comunidade escolar, que medidas poderiam ser tomadas a respeito dos protocolos de segurança, higiene e de comportamentos, para responder à pergunta "Como a comunidade escolar pode contribuir para o controle de uma pandemia de proporções como as da covid-19?"?

Decompondo o problema

Vamos, agora, decompor um problema complexo em questões mais simples de ser resolvidas. Antes de responder à pergunta "Como a sua escola pode contribuir para o controle de uma pandemia de proporções como as da covid-19?", é preciso responder a outras, como:

- Como se dá a transmissão da covid-19?
- Qual é o ritmo atual da disseminação da covid-19?
- Quais são as principais medidas preventivas em relação a essa doença?
- Que relevância tem cada uma delas na prevenção da covid-19 no ambiente escolar?

Reconhecendo padrões

Sabendo que o mundo já convive com a covid-19 há alguns anos, é possível identificar padrões no processo de transmissão de doenças infectocontagiosas como essa. Assim, tome como exemplo uma questão levantada na etapa anterior: "Qual é o ritmo de transmissão da covid-19?".

Delfim Martins/Pulsar Imagens

Em locais fechados, quanto menos indivíduos, menor a probabilidade de o ar expelido por um infectado ser inalado por um indivíduo sadio. Turma de Ensino Médio de uma escola em São Paulo, com distanciamento em sala de aula. Foto de 2020.

A taxa de transmissão da covid-19 é um cálculo que serve como uma estimativa de como a doença se espalha entre a população. O cálculo dessa taxa requer dados técnicos, como o número de novas infecções em um determinado tempo. O número calculado corresponde a uma estimativa que envolve a análise de dados anteriores, devido à dificuldade da obtenção de dados exatos de toda a população em um dado instante. Quando esse número é menor ou igual a 1, espera-se queda no número de casos. E, quando maior que 1, espera-se um aumento no número de casos. Para se ter uma ideia, o boletim epidemiológico de covid-19 divulgado pela Secretaria de Saúde do Distrito Federal (SES-DF) com dados de fevereiro de 2024, por exemplo, registrou uma taxa de transmissão de 1,41. Essa taxa representa que cada grupo de 100 pessoas contaminadas transmitem a infecção para outras 141.

- Procure conhecer a taxa de transmissão atual da covid-19. Discuta com os colegas se a taxa atual de transmissão do vírus é um dado importante a ser considerado no estudo e como essa informação pode contribuir para justificar propostas preventivas para a escola.
- Da mesma forma, procurem por estudos que relacionem cada medida preventiva levantada na etapa anterior à transmissão do vírus da covid-19, e reconheçam padrões em cada uma delas. Não se esqueçam de avaliar a confiabilidade das fontes de pesquisa e de registrar os resultados obtidos.

Abstraindo o problema

Considerar os aspectos mencionados nesta atividade até o momento requer alguns questionamentos e refinamentos. É preciso conhecer a taxa de transmissão da

Não escreva no livro.

doença para o país, para o estado ou para o município? Em qual período? É necessário considerar o gênero, a idade ou a renda social dos infectados nessa análise?

Nesta etapa, é preciso abstrair os pontos irrelevantes e destacar os pontos importantes dos estudos obtidos anteriormente para podermos pensar e selecionar as propostas de prevenção à covid-19 mais adequadas para a escola. No caso de um questionamento como: "Qual é a importância da vacinação para o controle da epidemia na comunidade escolar?", por exemplo, é importante reunir dados que mostrem os efeitos da vacinação no controle da disseminação da doença e avaliar sua relevância na prevenção da covid-19. Veja a seguir um exemplo de estudo que pode nortear as campanhas de vacinação na comunidade escolar.

Foi a primeira vez que uma pesquisa avaliou a imunidade induzida pela vacina Comirnaty Bivalente BA.4/BA.5, produzida pela farmacêutica Pfizer, em cenário de população real de vacinados no Brasil. Cerca de cem voluntários saudáveis, com idades entre 16 e 84 anos, da cidade de Barreiras, no Estado da Bahia, tiveram seus níveis de anticorpos neutralizantes (capazes de neutralizar o vírus e impedir a infecção) analisados. Parte deles havia tomado três ou quatro doses de vacinas monovalentes, como Coronavac (Instituto Butantan/Sinovac), Covishield (Oxford/AstraZeneca), Janssen e Pfizer, que eram baseadas apenas no vírus original (oriundo de Wuhan, China), enquanto outros receberam como quinta dose a bivalente, que contém em sua formulação componentes do coronavírus original e das subvariantes BA.4 e BA.5 de ômicron.

Os ensaios de avaliação da capacidade de neutralização dos anticorpos foram feitos com diferentes estirpes do coronavírus SARS-CoV-2 original (do início de pandemia); ômicron, predominante no ano de 2021; e subvariantes FE.1.2 e BQ.1.1 de ômicron, que dominaram o cenário epidemiológico no país mais recentemente.

Financiado pela FAPESP [...] e pelo Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI), o estudo mostrou que a vacina bivalente induz reforço da resposta imune e tem uma capacidade maior de neutralizar vírus mais recentes, como ômicron e suas subvariantes, em comparação com indivíduos não vacinados com o novo imunizante. Entretanto, seu foco principal ainda é contra o coronavírus original, dominante no início da pandemia, o que gera uma espécie de competição, limitando a imunidade a médio e longo prazo contra os vírus mais novos, que têm mais importância epidemiológica atualmente.

[...] "Por natureza, o sistema imune vai sempre reagir melhor contra aquilo que já conhece e os voluntários imunizados com a vacina bivalente já haviam tomado quatro doses anteriores de monovalentes", acrescenta [Jaime Henrique Amorim, pesquisador visitante no Instituto de Ciências Biomédicas da Universidade de São Paulo (ICB-USP)].

Moiôlı, J. Estudo atesta eficácia da vacina bivalente contra covid-19. *Agência Fapesp*, São Paulo, 7 fev. 2024. Disponível em: https://agencia.fapesp.br/estudo-atesta-eficacia-da-vacina-bivalente-contra-covid-19/50803. Acesso em: 13 ago. 2024.

Façam o mesmo tipo de questionamento e de estudo para os demais problemas levantados na etapa anterior, realizando pesquisas sempre que necessário. Conversem com o grupo sobre as variáveis que você e os colegas julgam importantes considerar na construção do conjunto de propostas a serem estimuladas e implementadas no ambiente escolar.

Buscando soluções

Discutam uma possível solução para o problema "Como a sua escola pode contribuir para o controle da covid-19?". Compartilhem com o(a) professor(a) as soluções propostas pelo grupo e os estudos/dados que fundamentam suas proposições.

Elaborando o algoritmo

Agora, vamos elaborar o algoritmo para a solução do problema, isto é, o passo a passo do que deve ser feito para conter a disseminação de uma doença infectocontagiosa como a covid-19 no ambiente escolar. Com base nas informações pesquisadas, elaborem o algoritmo com as medidas preventivas a serem implementadas, ou que poderiam ser estimuladas por meio de campanhas, na comunidade escolar.

PARA EXPLORAR

Acesse

Cálculo de estudantes por sala

Essa ferramenta calcula a quantidade de estudantes que podem estar em uma mesma sala de aula respeitando as orientações para distanciamento social durante a pandemia de Covid-19.

Disponível em: https://www.fe.unicamp.br/salas/. Acesso em: 23 jul. 2024.

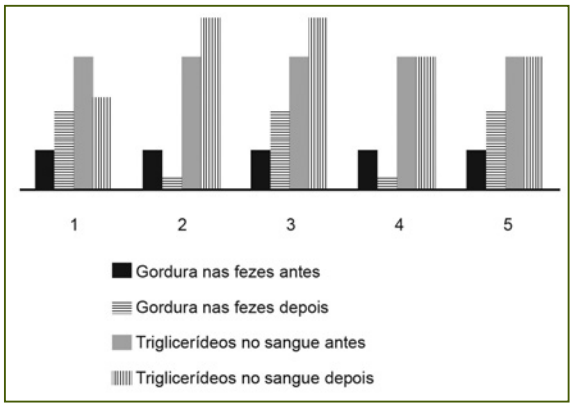
Para discutir

1. **Você achou difícil identificar, organizar, pesquisar e selecionar os dados explorados nessa atividade? Por quê?** Veja respostas em *Respostas e comentários* no Manual do Professor.
2. **Comparem o algoritmo desenvolvido por seu grupo com o dos demais grupos. Quais são as diferenças e as semelhanças entre eles?** Veja resposta em *Respostas e comentários* no Manual do Professor.
3. **Além da covid-19, a comunidade escolar está vivenciando outras epidemias que poderiam ser minimizadas com as estratégias de prevenção sugeridas? Cite exemplos.** Veja resposta em *Respostas e comentários* no Manual do Professor.
4. **Em sua opinião, estudos semelhantes aos que vocês identificaram durante a atividade são importantes para a proposição de políticas públicas no enfrentamento a pandemias? Explique.** Veja resposta em *Respostas e comentários* no Manual do Professor.

QUESTÕES GLOBAIS

2. b) A maior reabsorção ocorre no segmento **1**.
As células dessa região apresentam mais microvilosidades, que aumentam a superfície de absorção, e maior número de mitocôndrias, fornecendo energia para processos de transporte ativo.

1 **(Enem PPL)** Há algumas décadas, surgiu no mercado um medicamento que provocava perda de peso por inibir a ação da lipase, enzima que atua no intestino na digestão de gorduras. Um pesquisador, com o objetivo de avaliar a eficácia do medicamento, decidiu medir nos pacientes a quantidade de gordura nas fezes e de triglicerídeos (um dos produtos da digestão das gorduras) no sangue. Mantendo sempre a mesma dieta nos pacientes, fez as medidas antes e depois da administração do medicamento.
A figura apresenta cinco resultados possíveis.

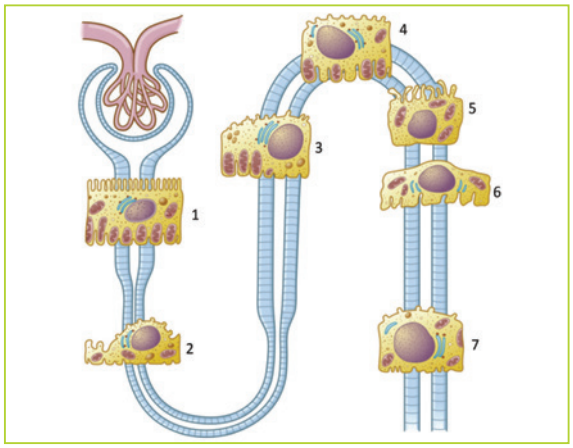


Enem, 2020. Facsímile: ID/BR

O efeito esperado do medicamento está representado no resultado Alternativa **a**.

a) 1 b) 2 c) 3 d) 4 e) 5

2 **(Fuvest-SP)** Os rins em vertebrados são órgãos do sistema excretor e osmorregulador com estruturas filtrantes, chamadas néfrons, que são capazes de regular a quantidade de água e sais a serem excretados ou reabsorvidos. A função e a anatomia renal podem ser moduladas a depender das diferentes condições ambientais e fisiológicas.

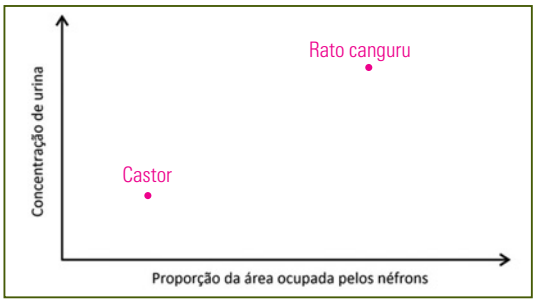


basicmedicalkey.com/Adaptado. Fuvest, 2023. Facsímile: ID/BR

a) O que acontece com o volume de urina produzido quando há liberação do hormônio antidiurético (ADH)? Ocorre uma redução no volume de urina produzido.

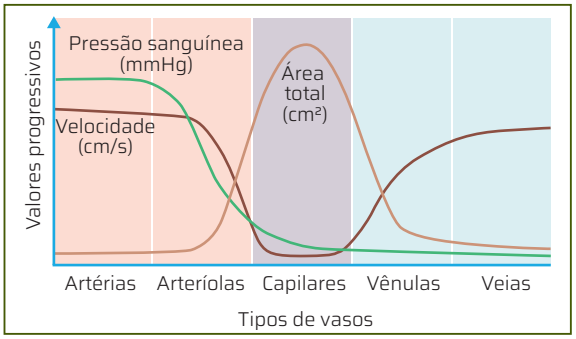
b) Observando a ilustração das células epiteliais de cada segmento do néfron (1 a 7), indique aquele que mais reabsorve o conteúdo filtrado. Justifique a sua resposta.

c) O castor e o rato canguru são dois roedores com hábitats distintos. O castor é semiaquático e vive nas proximidades de rios em florestas temperadas, já o rato canguru vive nos desertos da América do Norte. Considerando a relação entre a área ocupada pelos néfrons e a concentração da urina nessas duas espécies, complete o gráfico da folha de respostas [desenhar no caderno o gráfico indicado] com as respectivas posições ocupadas pelo rato canguru e pelo castor.



Fuvest, 2023. Facsímile: ID/BR

3 **(Fuvest-SP)** A figura sintetiza, de forma simplificada, a variação da pressão sanguínea (mmHg), da velocidade de circulação sanguínea (cm/s) e da área total (cm^2) em relação aos diversos tipos de vasos do sistema sanguíneo humano (artérias, arteríolas, capilares, vênulas e veias):



Fuvest-SP. Fac-símile/ID/BR

Com base na figura, é correto afirmar que

a) a velocidade aumenta nas vênulas, o que permite às hemoglobinas descarregarem o O_2.

b) a pressão sanguínea cai nos capilares, vênulas e veias pela presença de válvulas nesses vasos.

c) a pressão diminui a partir dos capilares, o que evita acidentes vasculares em vasos menores.

d) a área aumenta na região dos capilares, o que permite maior eficiência nas trocas gasosas.

e) a velocidade é inversamente proporcional à área por conta do batimento sistólico do coração.
Alternativa **d**.

Não escreva no livro.

4 **(Vunesp) A ventilação pulmonar nos mamíferos ocorre em função dos movimentos respiratórios de inspiração e expiração, que, respectivamente, elevam e reduzem a pressão nos alvéolos pulmonares. Tal variação de pressão permite** Alternativa **b**.

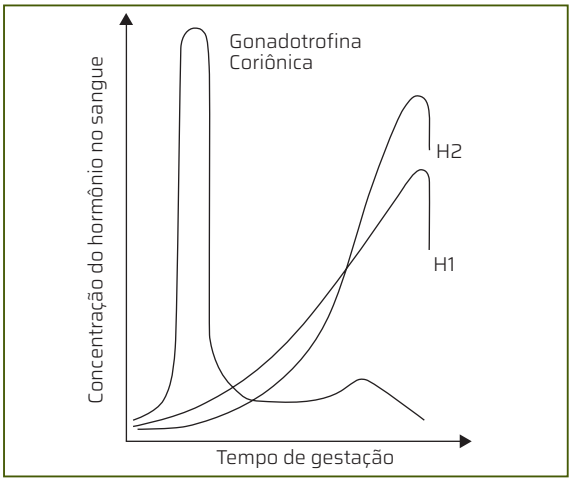
a) o transporte ativo do gás carbônico do plasma sanguíneo para os alvéolos pulmonares e, posteriormente, sua eliminação.
b) a difusão do gás oxigênio dos alvéolos para o interior das hemácias, onde localizam-se as moléculas de hemoglobina.
c) o transporte ativo do gás oxigênio dos alvéolos para o plasma sanguíneo, onde localizam-se as hemácias.
d) a difusão do gás carbônico do plasma sanguíneo para os alvéolos, para que sejam formados os íons bicarbonato.
e) a difusão facilitada do gás oxigênio dos alvéolos para o plasma sanguíneo, onde localizam-se as moléculas de hemoglobina.

5 **(Enem) Um dos exames clínicos mais tradicionais para medir a capacidade reflexa dos indivíduos é o exame do reflexo patelar. Esse exame consiste na estimulação da patela, um pequeno osso localizado na parte anterior da articulação do joelho, com um pequeno martelo. A resposta reflexa ao estímulo é caracterizada pelo levantamento da perna em que o estímulo foi aplicado.** Alternativa **b**.

Qual região específica do sistema nervoso coordena essa resposta?

a) Ponte.
b) Medula.
c) Cerebelo.
d) Hipotálamo.
e) Neuro-hipófise.

6 **(Fuvest-SP) O gráfico representa a concentração de alguns hormônios observados durante a gravidez de uma mulher.**



Enem. Fac-símile/ID/BR

Identifique os hormônios H1 e H2, respectivamente, e o motivo da queda abrupta de suas concentrações no sangue ao final do período de gestação. Alternativa **d**.

a)

H1	H2	Motivo
progesterona	FSH	eliminação da placenta

b)

H1	H2	Motivo
FSH	LH	reinício da mestruação

c)

H1	H2	Motivo
FSH	estrógeno	reinício da mestruação

d)

H1	H2	Motivo
progesterona	estrógeno	eliminação da placenta

e)

H1	H2	Motivo
FSH	progesterona	início da lactação

7 **(Uece) Sobre os métodos contraceptivos, marque a alternativa correta.** Alternativa **b**.

a) O dispositivo intrauterino (DIU), a pílula do dia seguinte e a tabelinha atuam como inibidores da nidação.
b) Camisinha e coito interrompido são reversíveis, pois surtem efeito somente quando estão em uso.
c) A pílula anticoncepcional é um método hormonal irreversível, pois evita a fecundação de forma definitiva, e não somente quando em uso.
d) Os métodos químicos denominados espermicidas são irreversíveis e eliminam os espermatozoides e os óvulos de forma definitiva, e não somente quando em uso.

8 **(Ufam) A partir de 2014, por determinação do Ministério da Saúde, todas as meninas entre 10-11 anos devem ser imunizadas contra o HPV pelo Sistema Único de Saúde (SUS). Calcula-se que esse agente infeccioso esteja presente em 80% da população feminina brasileira. Por que é importante tal procedimento de imunização?** Alternativa **a**.

a) Esse agente, que tem como material genético o DNA, é o responsável direto pela maior parte da incidência de câncer do colo do útero, a 4ª causa de morte em mulheres no Brasil.
b) A bactéria causadora do HPV é responsável por milhares de internações por problemas respiratórios, o que contribui para as elevadas despesas na área da saúde.
c) Não há evidências que comprovem a ligação entre HPV e câncer nas mulheres; as medidas adotadas não se justificam.
d) Esse protozoário não pode ser erradicado da população humana, pois faz parte de sua flora intestinal.
e) Esse vírus infecta homens e mulheres e, embora seja considerada uma DST, sua infecção não traz consequências maiores à população.

ECOLOGIA

A Ecologia é o ramo da ciência que estuda as relações que os seres vivos estabelecem entre si e com o ambiente, procurando integrar abordagens focadas em diferentes níveis de organização e identificando interações que determinam a distribuição e a abundância dos organismos no espaço e no tempo.

Um dos focos dos estudos ecológicos está nas rotas seguidas pela energia e pela matéria nos elementos vivos e não vivos, ou seja, a maneira como a energia é obtida pelos organismos para manter seu metabolismo e como ela é transferida por todo o sistema. A fonte dessa energia para todo o sistema é o Sol.

Além de constituir uma ciência ampla, multidisciplinar e complexa, a Ecologia contribui com perguntas cujas respostas estão amplamente relacionadas ao modo de vida do ser humano e ao modelo de desenvolvimento das sociedades atuais, os quais interferem diretamente nas relações dos seres vivos entre si e com o ambiente.

Nesta unidade, você estudará alguns dos principais temas da Ecologia.

OBJETIVOS

- Conhecer os conceitos básicos de Ecologia.
- Analisar diferentes níveis de organização em Ecologia, bem como fatores ambientais que os limitem ou que sejam favoráveis a eles.
- Compreender a matéria e a energia nos ecossistemas e as relações que os seres vivos podem estabelecer em cada contexto.
- Compreender como ocorre a sucessão ecológica.

QUESTÕES PARA REFLETIR

1. Observe a foto. Relacione a incidência luminosa e a distribuição da vegetação na paisagem.
2. A remoção das árvores mais altas da mata que aparece na foto, ou de grandes árvores de uma floresta para o uso da madeira, pode afetar os demais seres vivos? Comente.
3. O desmatamento de áreas florestais para o cultivo de alimentos tem sido uma prática comum. Os métodos utilizados no cultivo de alimentos podem interferir no ambiente, na saúde e na economia? Explique.

1. Na área externa à caverna, onde a incidência luminosa é direta, observa-se a presença de uma mata com diferentes estratos, incluindo árvores de grande porte. Quanto mais próximo à abertura da caverna, menor a presença da vegetação e menor o porte das plantas.

2. Veja resposta em *Respostas e comentários* no Manual do Professor.

3. Veja resposta em *Respostas e comentários* no Manual do Professor.

Em ambientes subterrâneos como as cavernas, a luz incide de forma indireta em seu interior, nas imediações de suas entradas. Caverna do Maragoaga, Presidente Figueiredo (AM). Foto de 2023. ▸

Ivan Kokoulin/GummyBone/iStock/Getty Images

UNIDADE 7

1 Noções básicas de Ecologia

2 Energia e matéria nos ecossistemas

3 Relações ecológicas e dinâmica de populações

CAPÍTULO 1

NOÇÕES BÁSICAS DE ECOLOGIA

1. Entre os elementos que constituem um ambiente natural estão solo, rochas, água, temperatura, luminosidade e seres vivos (produtores, consumidores e decompositores).

2. Resposta pessoal. Além do número de espécies, a biodiversidade de um local deve considerar a abundância relativa entre elas, a diversidade genética, a diversidade de interações entre os indivíduos e a diversidade de ecossistemas.

3. Veja resposta em *Respostas e comentários* no Manual do Professor.

PARA COMEÇAR

1. Que elementos constituem um ambiente natural?
2. O que você entende por biodiversidade?
3. Em sua opinião, as variações nas condições ambientais podem interferir na dinâmica e na distribuição dos organismos em um ambiente e nas relações entre eles? Comente usando exemplos da imagem a seguir.

INTRODUÇÃO À ECOLOGIA

Embora seja uma ciência relativamente nova, a Ecologia vem ganhando cada vez mais importância. Seu caráter interdisciplinar envolve outras áreas de estudo, como a Química e a Física, além da Economia e das Ciências Sociais.

Estudar os conceitos básicos da Ecologia permite compreender alguns dos processos que possibilitam um estado dinâmico de relacionamento dos seres vivos entre si e com o meio. Nele, a proporção entre as populações de seres vivos e as propriedades físico-químicas de componentes ambientais tendem a se manter relativamente constantes ao longo do tempo.

Costões rochosos como o da foto a seguir, por exemplo, são ambientes com solo salgado, pobre em nutrientes e constantemente impactado pelas ondas, além de sofrer os efeitos da variação do nível da maré duas vezes ao dia. Nessa faixa, periodicamente coberta e descoberta, é comum encontrar cracas e mexilhões, organismos que evitam a **dessecação** concentrando suas atividades nos períodos de imersão e que contam com estruturas que aderem bem ao substrato.

O clima e a qualidade da água, do ar e do solo são alguns dos fatores ambientais que podem ser afetados por atividades humanas, como o desmatamento ou a mineração. Assim, não é de surpreender que cada vez mais pessoas se preocupem com o impacto das atividades humanas ao meio ambiente.

dessecar: processo em que um corpo perde água; desidratar.

Rochas situadas no costão rochoso, nome dado à transição entre os meios terrestre e marinho. Ao serem expostas pela maré baixa, revelam algas, cracas e mexilhões.

Simone Hogan/ Shutterstock.com/ID/BR

Não escreva no livro.

A BIOSFERA

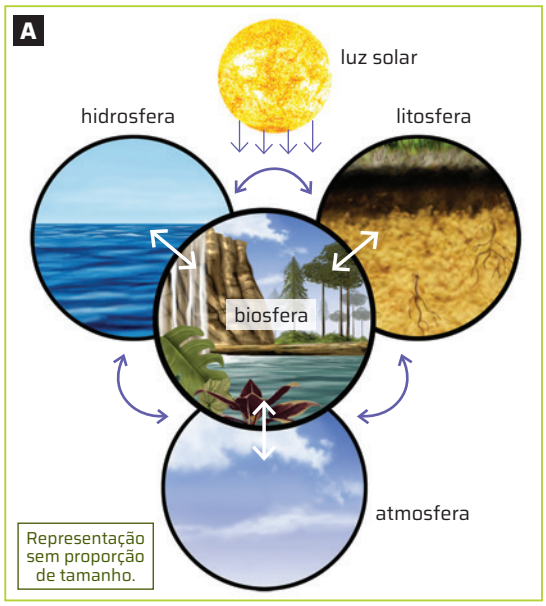
A vida na Terra se desenvolve em uma camada com apenas 17 quilômetros de espessura. Essa camada, relativamente fina e formada pelo conjunto dos seres vivos e dos ambientes onde eles vivem, é denominada **biosfera**. Em seu extremo superior, a biosfera alcança o limite de cerca de 7 quilômetros de altitude; no extremo inferior, pode variar de uns poucos centímetros abaixo do solo até aproximadamente 10 quilômetros nos fundos oceânicos.

A biosfera está em constante interação com outros sistemas, como a atmosfera, a hidrosfera e a litosfera (imagem **A**).

A **atmosfera** é formada por diversos gases, incluindo o gás nitrogênio, o gás carbônico, o gás oxigênio e o ozônio. O gás oxigênio é necessário à maioria dos seres vivos aeróbios. O ozônio, por sua vez, tem papel muito importante para a biosfera, pois bloqueia a entrada de parte dos raios ultravioleta, nocivos à vida, emitidos pelo Sol.

A **hidrosfera**, por sua vez, é formada pelos oceanos e mares, rios e lagos, pelas águas subterrâneas e pelo vapor-d'água. A água da hidrosfera circula entre a litosfera, a atmosfera e a biosfera durante o ciclo da água.

Já a **litosfera** compreende a crosta terrestre e a porção superior do manto (camada localizada abaixo da crosta).



Vagner Coelho/ID/BR

Esquema representando a interconexão entre a biosfera e as demais esferas terrestres. Cores-fantasia.

ROTEIRO

1. O bairro em que você mora pode ser considerado um ecossistema?

1. Sim, ele é composto por uma comunidade de seres vivos e suas interações entre si e com fatores físico-químicos do ambiente urbano.

ECOSSISTEMAS

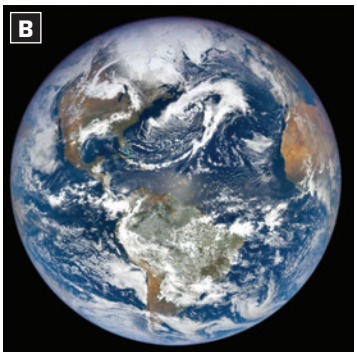
A análise das relações ecológicas estabelecidas entre todos os seres vivos e os ambientes que compõem a biosfera é uma tarefa inviável, dada a escala global dos eventos a serem considerados. Por isso, uma das maneiras de compreender os fenômenos que ocorrem em escala planetária é decompor o estudo em unidades menores e mais simples, denominadas **ecossistemas**.

O termo ecossistema foi proposto em 1935 pelo ecólogo britânico Arthur Tansley (1871-1955). Atualmente, esse termo é usado para se referir a qualquer unidade que abranja todos os seus organismos e as interações entre eles e também com o ambiente ao redor, estabelecendo um fluxo de energia e a reciclagem de matéria.

Por se tratar de um conceito desenvolvido pelos cientistas para facilitar a pesquisa, as dimensões de um ecossistema variam de acordo com o estudo em questão. Assim, tanto uma pequena poça de água quanto uma imensa área de floresta são consideradas ecossistemas.

Cada ecossistema é formado por fatores **abióticos**, que compreendem as condições físico-químicas dos elementos não vivos (água, ar, rochas, etc.), e por fatores **bióticos**, ou seja, os seres vivos ali presentes que formam uma **comunidade**. Essa comunidade é constituída de um conjunto de **populações** que habita determinada área. Cada população, por sua vez, corresponde a um grupo de indivíduos da mesma **espécie** que ocupam um território comum.

O conjunto de ecossistemas da Terra forma a biosfera (imagem **B**).



DSCOVR EPIC/NASA

A biosfera do planeta Terra é constituída de inúmeros ecossistemas terrestres, aquáticos e aéreos. Representação da Terra feita com base em imagens captadas por satélite em 2024. Cores-fantasia.

BIOMAS

Outro conceito bastante usado em Ecologia é o de bioma. Um **bioma** corresponde a uma grande área com características físicas (como temperatura, umidade, solo, etc.) relativamente homogêneas, na qual a fauna e a flora são típicas e adaptadas a essas condições ambientais. Exemplos de biomas são as florestas tropicais, as florestas temperadas, as savanas e os desertos.

PARA EXPLORAR

Acesse

Sistema de Informação sobre a Biodiversidade Brasileira

A plataforma *on-line* integra dados, provenientes de fontes diversas do Brasil e do exterior, sobre a biodiversidade e os ecossistemas.

Disponível em: https://www.sibbr.gov.br/. Acesso em: 17 set. 2024.

Biomas do mundo

De florestas a desertos, cada bioma apresenta um conjunto único de fatores bióticos e abióticos. Nesta atividade, você e os colegas vão construir modelos para retratar os principais biomas do planeta: tundra, taiga, floresta temperada, floresta tropical, savana, pradaria, estepe e deserto.

Antes de iniciar a construção do modelo, respondam à pergunta: Vocês esperam encontrar variações entre os biomas? Citem alguns exemplos.

Material

- itens selecionados pelo grupo (deem preferência a resíduos recicláveis, evitando materiais como isopor ou embalagens longa-vida, que dificilmente podem ser reciclados)
- materiais de suporte para a confecção do modelo (tesoura, cola, lápis, borracha, régua, etc.)

Como fazer

1. Com o auxílio do(a) professor(a), organizem-se em grupos de cinco ou seis integrantes. Cada grupo ficará responsável por pesquisar um dos biomas indicados no texto acima.
2. Pesquisem em *sites* confiáveis informações sobre o bioma escolhido por seu grupo. Algumas perguntas que podem guiar a pesquisa são: Como é a vegetação desse bioma? Que espécies de animais vivem ali? Qual é o tipo de clima? Há muita variação de temperatura e de pluviosidade ao longo do ano? Como é o solo? Onde se situa o bioma? Quais são as principais ameaças a esse bioma? Há pessoas vivendo ali em harmonia com a natureza?
3. Discutam de que maneira as informações pesquisadas podem ser retratadas no modelo. Nesse momento, façam um rascunho do modelo, indicando os materiais a serem usados em cada uma de suas partes.
4. Com os materiais em mãos, construam o modelo. Se julgarem necessário, escrevam legendas para explicar alguns dos seus itens.
5. Por fim, cada grupo deve apresentar à turma o modelo de bioma que construiu, explicando suas principais características. Os modelos também podem ser expostos na escola para a apreciação de todos os estudantes.

Para concluir

3. Respostas variáveis. É possível que, em parte dos modelos, a presença do ser humano não tenha sido representada. Porém, para aqueles que representaram-na, espera-se que tenham sido observadas: 1) a presença de comunidades indígenas vivendo em sinergia com o bioma; 2) a presença de seres humanos explorando comercialmente os recursos do bioma.

1 **Que características do bioma foram escolhidas pelo grupo para serem representadas no modelo? Quais delas foram desconsideradas? Expliquem suas escolhas.** Respostas variáveis. Espera-se que os estudantes percebam as limitações desse modelo e, portanto, a impossibilidade de representar a complexidade de um bioma.

2 **Durante a confecção do modelo, vocês decidiram fazer modificações na ideia original? Justifiquem a resposta.** É provável que todos os grupos tenham decidido alterar algum aspecto do modelo em relação à ideia originalmente concebida. Essas alterações podem incluir tanto a substituição de materiais quanto a inserção e/ou a exclusão de itens a serem representados no modelo.

3 **Algum dos modelos considerou a presença e a influência do ser humano? Em caso afirmativo, discutam de que maneira isso foi feito.**

4 **Retomem a pergunta do início desta atividade. Verifiquem se a resposta que vocês deram coincide com as características representadas nos biomas e expliquem as variações encontradas.**

4. Respostas variáveis. Espera-se que os estudantes reconheçam variações entre os biomas, seja na diversidade e na abundância de espécies, no tipo de vegetação, no relevo, entre outros aspectos relacionados a condições físico-químicas locais (presença de água, tipo de rocha e de solo, luz, temperatura, umidade, etc.).

Mar de Palha/ID/BR

Exemplo de um modelo de bioma.

Não escreva no livro.

BIODIVERSIDADE

O termo **biodiversidade** surgiu na década de 1980 para descrever a riqueza e a variedade do mundo natural. Esse termo pode ser usado para se referir à variedade de seres vivos, de genes e de ecossistemas.

Estima-se que existam entre 10 e 50 milhões de espécies animais e vegetais no mundo. O Brasil é considerado o país da megadiversidade, pois abriga cerca de 20% das espécies conhecidas mundialmente.

Algumas regiões do planeta são conhecidas como *hotspots* por apresentarem enorme biodiversidade, com elevado número de espécies endêmicas, ou seja, que são restritas a uma região geográfica, mas também por serem as mais ameaçadas.

Em todo o mundo, há 36 áreas consideradas *hotspots*. Elas representam apenas 2,4% da superfície da Terra e concentram metade das espécies de plantas endêmicas, além de quase 43% das espécies endêmicas de aves, mamíferos, répteis e anfíbios.

Em 2022, um levantamento feito pela União Internacional para a Conservação da Natureza (IUCN) avaliou que, entre 87 mil espécies de animais, 16,9 mil delas (19,4%) encontram-se ameaçadas de extinção. Como muitos ecossistemas são destruídos quando ainda são pouco conhecidos pela ciência, esses números provavelmente são subestimados.

A perda da biodiversidade abrange tanto a diminuição da variabilidade genética e de interações ecológicas quanto a extinção local ou global de populações e espécies.

Andre Dib/Pulsar Imagens

O Cerrado é uma das regiões de maior biodiversidade do mundo. Ao lado da Mata Atlântica, é considerado um dos *hotspots* mundiais. Veado-campeiro (*Ozotoceros bezoarticus*) no Parque Nacional da Serra da Canastra, Minas Gerais. Foto de 2024.

Medidas da diversidade

A biodiversidade pode ser estimada de diferentes maneiras. A mais simples estima o número de espécies existentes em uma região. Outra maneira avalia a uniformidade do número de indivíduos de cada espécie. Essas medidas são chamadas de **índices de diversidade**.

A **diversidade alfa** ou **riqueza de espécies**, por exemplo, refere-se ao número de espécies em uma comunidade. Quanto maior o número de espécies, maior a riqueza.

Além do número de espécies, a diversidade alfa considera também a **abundância** relativa delas. A abundância de uma espécie em uma determinada comunidade corresponde à quantidade de indivíduos de sua população. Quanto mais parecidos entre si forem os indivíduos de cada espécie em uma comunidade, maior a equidade entre as espécies. A equidade é diretamente proporcional à diversidade.

Observe o exemplo a seguir.

Espécie	Número de indivíduos	
	Comunidade 1	Comunidade 2
1	300	20
2	335	49
3	365	931
Total	1 000	1 000

Nesse exemplo, as duas comunidades têm a mesma riqueza, ou seja, três espécies. No entanto, a comunidade **1** é mais diversa. Ambas apresentam a mesma quantidade de indivíduos (1 000), mas a equidade entre as espécies na comunidade **1** é maior que na comunidade **2**: note que as três espécies ocorrem em proporções bastante similares entre si na comunidade **1**; já na comunidade **2** existe uma forte predominância da espécie **3** em detrimento das demais.

Os ecossistemas com menor equidade são mais suscetíveis à degradação, pois as espécies pouco abundantes podem desaparecer pela caça ou coleta, pela introdução de espécies que não ocorriam naturalmente naquele ambiente ou por outras modificações ambientais que levem à diminuição do número de indivíduos.

AÇÃO E CIDADANIA

Diversidade cultural

Uma sociedade multicultural é aquela que promove a igualdade de direitos e o respeito às diferenças e que abriga, em um mesmo território, povos de origens culturais distintas entre si, que passam a compartilhar tradições, valores e conhecimentos. A diversidade cultural brasileira, por exemplo, corresponde a uma fusão de influências indígenas, africanas, europeias e de outras origens e se evidencia na música, na culinária, nas artes e nas tradições populares.

1. **Imagine um projeto para uma rádio com transmissão no intervalo de sua escola. Que músicas deveriam fazer parte da programação? Faça uma pesquisa com os colegas e elabore uma lista que represente e respeite a diversidade cultural juvenil de sua escola.**

Respostas variáveis. Os estudantes podem citar músicas ou gêneros musicais diversos, como *hip-hop*, *rock*, samba, sertanejo, entre outros.

ROTEIRO

2. **Algumas espécies, como a onça-parda (*Puma concolor*), ocorrem em grande parte das Américas. No Brasil, a onça-parda está presente na floresta Amazônica, no Pantanal, no Cerrado, na Caatinga e na Mata Atlântica. A proteção desses animais em apenas um desses biomas brasileiros assegura a proteção de sua biodiversidade? Justifique sua resposta.**

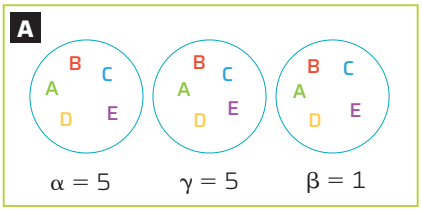
2. Não, pois não preserva a diversidade genética da espécie ou os tipos de interação que a espécie realiza nos diferentes ecossistemas de que faz parte.

A **diversidade gama** ou **diversidade regional** é o conjunto total de espécies observadas em todos os hábitats de uma região.

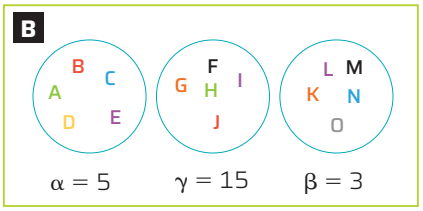
Essa diversidade não equivale à soma das diversidades locais, pois uma mesma espécie pode fazer parte de mais de uma comunidade. Sua caracterização depende também da diversidade do relevo, dos solos e de outros aspectos que influenciam a biodiversidade.

A **diversidade beta** refere-se ao grau de alteração na composição de espécies em um gradiente ambiental, isto é, às mudanças na composição de espécies entre locais. Ela pode ser compreendida como a razão entre as diversidades gama e alfa.

Observe a seguir um modelo para a compreensão das diversidades α, γ e β.



Adilson Secco/ID/BR



Adilson Secco/ID/BR

Representação de um modelo das diversidades α, γ e β. Cada círculo representa um local e as letras dentro deles representam as diferentes espécies encontradas em cada local.

Em **A** temos, em cada um dos círculos, cinco espécies, e os três círculos apresentam as mesmas cinco espécies; assim, temos: diversidade $\alpha = 5$; diversidade $\gamma = 5$; diversidade $\beta = 1$. Em **B**, cada um dos círculos apresenta um conjunto distinto de cinco espécies, assim a diversidade α também é igual a 5, porém a diversidade γ é igual a 15 e a diversidade β é igual a 3, pois, $15 \div 5 = 3$.

Outros indicadores de biodiversidade

Uma forma de monitorar a biodiversidade é avaliar a ocorrência de ameaças por meio de indicadores. Veja o quadro a seguir.

FATORES QUE AFETAM DIRETAMENTE A BIODIVERSIDADE E SEUS INDICADORES		
Perda da biodiversidade	**Causas diretas**	**Indicadores**
Perda de hábitat	Agricultura, mineração, pecuária, urbanização e desenvolvimento de infraestrutura	Porcentagem do ecossistema original convertido para agricultura, desenvolvimento urbano, desenvolvimento agroflorestal e pastagens; modificação por reflorestamentos; atividades de mineração; projetos de infraestrutura e irrigação; destruição pelo fogo e por equipamentos de pesca
Deterioração de hábitat	Poluição, mudanças na temperatura, na umidade, na salinidade e/ou no pH	Quantidade e concentração de grupos particulares de substâncias comparadas com os padrões dessas substâncias no solo, na água e no ar; poluentes agrícolas (fertilizantes, herbicidas); poluentes industriais, chuva ácida
	Remoção de espécies	Porcentagem do ecossistema em que ocorre extração de lenha e de produtos florestais não madeireiros e pesca
Extrativismo excessivo	Extração para alimentação, medicamentos, corantes, óleos, combustível, fibras, utensílios e lucro comercial	Quantidade de troncos extraídos, animais silvestres caçados, produtos florestais não madeireiros coletados e lenha colhida

Fonte de pesquisa: Galindo-Leal, C. *et al*. Estado dos *hotspots*: a dinâmica da perda de biodiversidade. *In*: Galindo-Leal, C.; Câmara, I. G. *Mata Atlântica*: biodiversidade, ameaças e perspectivas. São Paulo: Fundação SOS Mata Atlântica; Belo Horizonte: Conservação Internacional, 2005. p. 17. (Adaptado.)

Além disso, algumas espécies, como os anfíbios, servem de indicadores de biodiversidade; portanto, monitorar essas espécies é uma forma indireta de monitorar a biodiversidade local.

Não escreva no livro.

FATORES ABIÓTICOS EM UM AMBIENTE

Alguns fatores abióticos que influenciam os seres vivos são a temperatura, a umidade, a luz, a salinidade, os fatores edáficos (relacionados ao solo), entre outros.

Muitas vezes, os fatores abióticos podem limitar o crescimento de uma espécie; nesse caso, são chamados **fatores limitantes**. É importante lembrar que cada espécie tem um intervalo de tolerância diferente para cada fator abiótico, o que determina sua distribuição pelos biomas do planeta.

Temperatura

A temperatura afeta a velocidade dos processos físicos e químicos que ocorrem no interior de cada organismo. Temperaturas muito baixas, por exemplo, podem congelar os líquidos internos e reduzir o metabolismo celular, prejudicando processos como o crescimento e o desenvolvimento do organismo. Temperaturas muito altas, por sua vez, podem desnaturar proteínas e desidratar os seres vivos, além de alterar seu metabolismo.

Em ambientes aquáticos, a temperatura diminui com a profundidade, uma vez que o calor irradiado pelo Sol é absorvido pelas camadas mais superficiais da água. Em ambientes terrestres, a temperatura diminui com a altitude, visto que há menor superfície terrestre disponível nos picos de montanhas para refletir a radiação solar.

Umidade

Chama-se **umidade do ar** a proporção de vapor-d'água presente em determinado volume de ar. A umidade relaciona-se diretamente com a pluviosidade e com a temperatura ambiental, na medida em que esta promove a evaporação (no ambiente) e a transpiração (nos seres vivos).

Diversas plantas, como os musgos e as plantas hepáticas, dependem da água para se reproduzir e não dispõem de estruturas que lhes dão proteção contra a dessecação; por isso, são comumente encontradas em ambientes úmidos. Muitos animais também se refugiam em locais de grande umidade por alguns desses motivos, como é o caso de vários moluscos terrestres e da maioria dos anfíbios. Contudo, mesmo esses seres vivos podem ter representantes adaptados que toleram certa escassez de água, podendo ser encontrados também em ambientes secos.

Luz

A luz solar é a fonte de energia primária utilizada pelos seres fotossintetizantes para transformar o gás carbônico em matéria orgânica. Além disso, a duração dos dias é determinante para o desenvolvimento de inúmeros processos biológicos, como os períodos de sono e de vigília dos animais e o período de floração das plantas.

Embora o Sol emita luz ininterruptamente, muitos fatores podem afetar a maneira como essa luz incide sobre a Terra. A nebulosidade, por exemplo, reduz a intensidade com que a luz solar chega à superfície terrestre. O movimento de rotação de nosso planeta, por sua vez, é responsável pelo dia e pela noite, o que implica períodos iluminados e períodos escuros. Além disso, a duração do dia e da noite varia conforme a estação do ano.

Nos ambientes aquáticos, a quantidade de luz também não é a mesma ao longo da coluna de água. Nesses ambientes, a luz diminui com a profundidade, até desaparecer por completo. Por isso, as zonas afóticas (sem luz) não abrigam seres fotossintetizantes, como os fitoplânctons e as algas multicelulares.

Calor específico

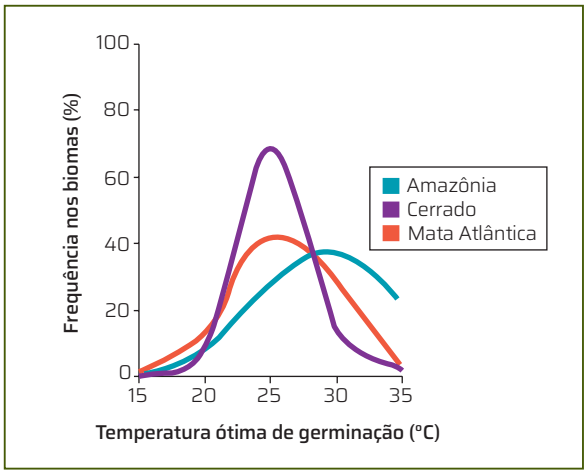
Calor específico (*c*) é uma grandeza que expressa a quantidade de calor a ser fornecida ou retirada para, respectivamente, aumentar ou diminuir uma unidade de temperatura (por exemplo, 1 °C) de uma unidade de massa (por exemplo, 1 g) de certa substância. O elevado calor específico da água faz com que os grandes corpos d'água, como os mares e oceanos, sejam termicamente mais estáveis.

ROTEIRO

3. a) Temperaturas ótimas de germinação: entre 24 e 26 °C para as espécies da Mata Atlântica; em torno de 25 °C para as espécies do Cerrado; entre 28 e 32 °C para as espécies da floresta Amazônica.

3. O gráfico a seguir apresenta a distribuição das temperaturas ótimas para a germinação de sementes de espécies arbóreas brasileiras nos biomas floresta Amazônica, Cerrado e Mata Atlântica.

ID/BR



Fonte de pesquisa: Brancalion, P. H. S.; Novembre, A. D. da L. C.; Rodrigues, R. R. Temperatura ótima de germinação de sementes de espécies arbóreas brasileiras. *Revista Brasileira de Sementes*, Londrina, v. 32, n. 4, p. 15-21, 2010. Disponível em: https://www.scielo.br/j/rbs/a/5ncNg7rdhRRfdQPSBXG8svg/?format=html&lang=pt#. Acesso em: 17 set. 2024.

a) Qual é a temperatura ótima para a germinação da maioria das sementes das espécies arbóreas em cada um dos biomas brasileiros indicados no gráfico?

b) Que diferença você nota entre as curvas apresentadas? Veja resposta em *Respostas e comentários* no Manual do Professor.

c) Em sua opinião, a abertura de clareiras no dossel da floresta tropical pode interferir na germinação das sementes? Comente. Veja resposta em *Respostas e comentários* no Manual do Professor.

2. O estudo dos solos era feito de forma compartimentada por profissionais especializados em áreas como Química, Física e Microbiologia do solo. A cientista Ana Primavesi contribuiu para a mudança de paradigma ao promover uma abordagem integrada das propriedades físicas, químicas e biológicas dos solos, fundamentada nas múltiplas relações planta-solo-microrganismos.

Salinidade

A **salinidade** corresponde à quantidade de sais dissolvidos na água. Por esse critério, podem-se dividir os corpos de água em três tipos principais: as **águas doces**, predominantemente continentais, com menos de 0,5 g/L de sais dissolvidos; as **águas salgadas** ou **salinas**, oceânicas, contendo aproximadamente 35 g/L de sais (principalmente cloreto de sódio); e as **águas salobras** dos estuários e das lagoas costeiras, sob a influência das marés, com salinidade intermediária.

De modo geral, as espécies adaptadas a viver em água doce não toleram grande salinidade, e vice-versa.

Fatores edáficos

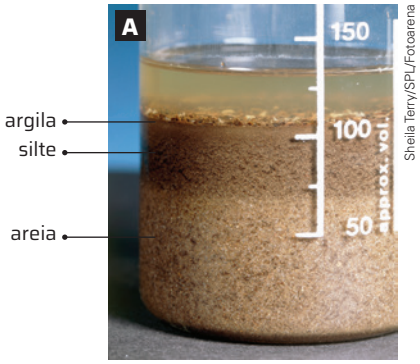
Os **fatores edáficos** dizem respeito a características do solo, como a estrutura física e a composição química, que influem na distribuição dos seres vivos.

A estrutura física do solo está intimamente relacionada com sua textura e sua porosidade, desde a superfície até a rocha-matriz. Esses aspectos são determinantes tanto para a circulação da água e do ar que penetram no solo quanto para o desenvolvimento de diversas formas de vida, como plantas, animais, fungos e bactérias.

As principais partículas que determinam a textura e a porosidade do solo são a areia, o silte e a argila, que diferem entre si quanto à granulometria (imagem **A**). De maneira geral, nos solos arenosos, cujas partículas são maiores, a porosidade é grande; por isso, a água fica retida neles por menos tempo. Já os solos argilosos são compostos de partículas menores, então a água penetra mais lentamente, ficando armazenada entre as partículas por mais tempo.

A profundidade afeta, principalmente, as plantas que se fixam no solo e os animais que nele cavam tocas. Ela também determina a distribuição dos animais chamados **fossoriais** (isto é, que escavam túneis), como as minhocas e as cobras-cegas.

A composição química do solo é determinada pelas substâncias minerais nele dissolvidas. Algumas substâncias são necessárias às plantas, e a ausência de determinados íons pode ser um fator limitante para muitas delas.



Sheila Terry/SPL/Fotoarena

Amostra de solo (decantada em água) composto de areia, silte e argila. Partículas mais densas (areia) ficam embaixo; logo acima, estão as partículas intermediárias (silte); no topo, as partículas de argila formam uma fina camada.

CIÊNCIA SE DISCUTE

Edafologia, agroecologia e Ana Maria Primavesi

Conhecer as propriedades físicas, químicas e biológicas dos solos é a meta dos edafologistas. A complexidade do assunto e os requisitos didáticos levaram às especializações, surgindo especialistas em física do solo, em química do solo e em microbiologia do solo. Como consequência, o entendimento desse importante recurso natural como um todo, único, indiviso, acabou prejudicado.

A compreensão das múltiplas interações ocorrentes entre os três componentes edáficos, a maneira como um interfere no outro, e o emprego dos conhecimentos advindos dessas inter-relações para o manejo e a conservação corretos do solo, visando boas colheitas sem destruir suas propriedades e desequilibrar negativamente a bioquímica das plantas, é assunto complexo demais para ser do entendimento [...] dos profissionais especializados. [...]

[...]

[...] O ecologista sabe que o todo é muito mais do que a simples soma de suas partes, tendo características próprias, que precisam ser entendidas. Por isso ele trabalha com sistemas, que no caso da agricultura é o agroecossistema.

Dentro da visão holística, a engenheira agrônoma Ana Maria Primavesi pautou toda a sua vida. Formada na Áustria, seu berço natal, veio para o Brasil logo depois da 2ª Guerra Mundial. No Rio Grande do Sul, na Universidade Federal de Santa Maria, desenvolveu, com seu marido Arthur Primavesi, um dos mais importantes trabalhos sobre a biota do solo, [...] análise holística fundamentada nas relações planta-solo-microrganismos, em que demonstram haver relação entre a vida no solo e a produção vegetal.

Luiz Prado/Luz/Acervo Ana Maria Primavesi

A pesquisadora Ana Maria Primavesi, em foto de 2017.

holismo: abordagem que prioriza a compreensão integral dos fenômenos.

Paschoal, A. D. Edafologia, agroecologia e Ana Maria Primavesi. *Brasil de Fato*. São Paulo, 3 out. 2023. Disponível em: https://www.brasildefato.com.br/2023/10/03/edafologia-agroecologia-e-ana-maria-primavesi. Acesso em: 4 out. 2024.

1. A agroecologia envolve a aplicação de conceitos ecológicos ao manejo de sistemas agrícolas. Cite um trecho do texto que evidencie a importância de outras áreas do conhecimento para a Ecologia no estudo dos solos.

2. O termo paradigma é utilizado para estabelecer uma diferenciação entre dois momentos ou entre dois níveis do processo de conhecimento científico. Uma mudança de paradigma consiste em uma mudança nos conceitos e nas práticas de como algo funciona ou é realizado. De que forma a pesquisadora Ana Primavesi contribuiu para uma mudança de paradigma sobre o solo? Comente.

1. Os estudantes podem citar o trecho: "O ecologista sabe que o todo... é o agroecossistema."

Não escreva no livro.

NICHO ECOLÓGICO

Os seres vivos, para sobreviver e reproduzir-se, precisam obter energia e nutrientes, evitar predadores e competir por **recursos** com seres da própria espécie ou de outras espécies. Essa interação dos organismos com seu meio físico e biológico ou a atuação sobre ele recebe o nome de **nicho ecológico**. Não por acaso, muitos autores definem nicho ecológico como o "papel que o organismo desempenha" em seu meio. Porém, é importante destacar que nicho não é apenas o que a espécie faz no ambiente, mas também o que o ambiente faz com os seres vivos.

É preciso ficar atento para distinguir as condições e os recursos que interferem no desempenho biológico dos organismos (**fatores ecológicos**), presentes nos locais onde eles vivem, tendo em vista que é comum confundir nicho com hábitat. Quando dizemos, por exemplo, que o papagaio-da-cara-roxa (*Amazona brasiliensis*) é uma espécie encontrada exclusivamente na Mata Atlântica, identificamos que a floresta é o hábitat dessa espécie. Ao caracterizarmos seus hábitos (viver aos pares e ser mais ativo pela manhã), os recursos de que ele precisa para viver (alimentar-se de flores, frutos e folhas) e as condições do ambiente (temperaturas altas, nebulosidade no alto das montanhas e umidade elevada), determinamos os aspectos do nicho ecológico do papagaio-da-cara-roxa.

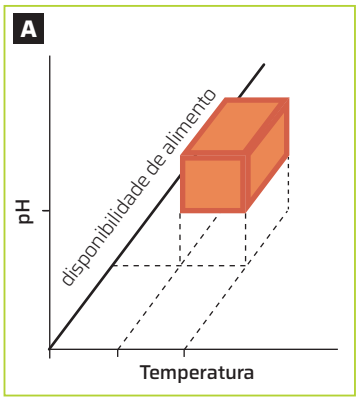
Outra maneira de compreender a ideia de nicho ecológico é concebê-lo como um espaço imaginário de muitas dimensões, cada uma delas contendo um fator ambiental ou um recurso exigido por determinada espécie (imagem **A**).

O nicho de uma espécie de gramínea de determinada região, por exemplo, pode incluir certa variação de temperatura, de luminosidade, de umidade e de concentração de nutrientes no solo. Se outra espécie de gramínea da mesma região apresentar algum grau de coincidência em pelo menos um desses fatores, pode-se dizer, então, que haverá sobreposição de nichos, com a provável competição entre as espécies. Entretanto, quando os nichos de diferentes espécies não se sobrepõem, não há competição. Esse é o caso de alguns marsupiais sul-americanos (imagens **B**, **C** e **D**).

DE OLHO NO CONCEITO

Recurso

Corresponde a tudo que é consumido ou utilizado de alguma forma por algum organismo: alimento, luz, água, nutrientes, gases, espaço físico, etc. A principal diferença entre recurso e condição ambiental – temperatura, vento, salinidade, pressão, radiações diversas – é que as condições não são consumidas e não se esgotam, elas caracterizam o ambiente em que os organismos vivem.



ID/BR

Gráfico mostrando três dimensões que um nicho de um organismo aquático pode apresentar: duas condições (temperatura e pH) e um recurso (disponibilidade de alimentos).

Fonte de pesquisa: Begon, M.; Townsend, C. R.; Harper, J. L. *Ecologia*: de indivíduos a ecossistemas. 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 2007. p.32.

Ondrej Prosicky/Shutterstock.com/ID/BR

Mark Moffett/Minden Pictures/Fotoarena

Fabio Colombini/Acervo do fotógrafo

(**B**) Gambá-de-orelha-preta (*Didelphis marsupialis*), (**C**) cuíca-lanosa (*Caluromys philander*) e (**D**) gambá-de-orelha-branca (*Didelphis albiventris*). Esses marsupiais coexistem sem competição em muitos locais da América do Sul. Nesse caso, pode-se dizer que cada um deles ocupa um nicho ecológico diferente.

ROTEIRO

4. Considere um ecossistema hipotético onde convivem três espécies de herbívoros (**A**, **B** e **C**). Tanto a espécie **A** como a **C** se alimentam de gramíneas rasteiras; a espécie **B** se alimenta das folhas dos arbustos. Entre quais dessas espécies poderá haver sobreposição de nichos? É possível afirmar que essa sobreposição vai ocorrer, considerando somente os dados fornecidos? Justifique.

4. Entre as espécies **A** e **C**. No entanto, não é possível fazer essa afirmação somente com os dados fornecidos, pois um nicho é determinado por uma série de fatores, e apenas com a análise de vários desses fatores seria possível avaliar se a sobreposição poderia ocorrer.

Não escreva no livro.

CIÊNCIA TEM HISTÓRIA

O DESENVOLVIMENTO DO CONCEITO DE ECOSSISTEMA

Na década de 1930, a Ecologia era um assunto que interessava aos biólogos da Grã-Bretanha, cujo império abrangia várias colônias com ambientes e sociedades bastante diversificados. Essas diferenças propiciaram o surgimento de diferentes enfoques nos estudos ecológicos. O primeiro deles foi adotado em Oxford, na Inglaterra, por Arthur George Tansley (1871-1955). Na época, Tansley era professor de Botânica na Universidade de Oxford. Seus colegas na universidade viam a Ecologia como um caminho novo para organizar a natureza, a sociedade e o conhecimento em um mundo que ainda sentia os efeitos da Primeira Guerra Mundial (1914-1918) e vislumbrava o início da Segunda Guerra (1939-1945).

No período considerado, quando a Ecologia se institucionalizava como área de pesquisa científica, estavam sendo propostos vários termos e conceitos tanto na Grã-Bretanha como nos Estados Unidos. Tansley discordava, por exemplo, do conceito de "organismo complexo" apresentado por seu colega botânico e estadunidense Frederic Clements (1874-1945).

Para Clements, a comunidade de plantas passava por alguns estágios de desenvolvimento de modo análogo a um organismo. Essa comunidade, que estava sujeita a mudanças progressivas, podia ser considerada um "organismo complexo", cuja fisiologia poderia ser estudada do mesmo modo que um organismo em laboratório.

Os estudos de Tansley com plantas no estado natural levaram-no a crer que elas formavam comunidades – no que estava de acordo com Clements – e que ele deveria se preocupar em entender como era a estrutura dessas comunidades. Tansley também defendia a ideia de que um ecossistema não seria formado somente pelos seres vivos do meio, mas pela combinação e pela interação entre eles e os fatores físicos do ambiente em que os organismos vivem. Além disso, criticava as analogias feitas entre essas comunidades e um organismo. Nesse sentido, Tansley propôs o conceito de ecossistema em um artigo publicado em 1935.

Ao que tudo indica, antes de 1935, Tansley já procurava um termo que pudesse expressar as relações entre componentes físicos, biológicos e o ambiente. Nessa época, ele teria consultado um jovem botânico de Oxford, Arthur Roy Clapham (1904-1990), que lhe sugeriu, então, o termo ecossistema.

Eu já apresentei as razões de minha rejeição aos termos "organismo complexo" e "comunidade biótica". O termo inicial de Clements "bioma", para se referir ao complexo de organismos que habitam uma determinada região, está acima de qualquer objeção e é conveniente para alguns fins. Mas a concepção mais fundamental me parece ser a totalidade do sistema (no sentido da Física), o complexo de organismos, mas também o complexo inteiro de fatores físicos que formam o que chamamos de bioma – os fatores do hábitat no sentido mais amplo. Ainda que os organismos possam reivindicar nosso interesse primário, quando estamos procurando pensar fundamentalmente não podemos separá-los de seu meio especial, com o qual eles formam um sistema físico.

Fabio Colombini/Acervo do fotógrafo

Para Tansley, o estudo das comunidades deve levar em conta os fatores físicos do ambiente, como a água. Vista aérea do Pantanal com campos alagados e chuva ao fundo. Poconé (MT). Foto de 2023.

Os sistemas assim formados, do ponto de vista do ecólogo, são as unidades básicas da natureza sobre a superfície terrestre. Nossos preconceitos humanos naturais nos forçam a considerar os organismos (no sentido do biólogo) como as mais importantes partes desses sistemas, mas certamente os "fatores inorgânicos" são também parte deles – não pode haver sistemas sem eles, e há uma troca constante dos mais variados tipos dentro de cada sistema, não apenas entre os organismos, mas também entre o orgânico e o inorgânico. Esses *ecossistemas*, como podem ser chamados, são dos mais variados tipos e tamanhos.

TANSLEY, A. G. The use and abuse of vegetational concepts and terms. *Ecology*, [*s. l.*], v. 16, n. 3, p. 299, 1935. Disponível em: https://lepicolea.wordpress.com/wp-content/uploads/2016/01/tansley-1935-the-use-and-abuse-of-vegetational-concepts-and-terms.pdf. Acesso em: 28 ago. 2024. Tradução dos autores.

Não escreva no livro.

Por ecossistema, portanto, Tansley entendia a totalidade do sistema, que abrangia tanto os seres vivos como o meio físico e as trocas que ocorriam entre os componentes físicos e biológicos. Os ecossistemas podiam ter desde dimensões muito pequenas, como as de um átomo, até muito grandes, como a do Universo. Os sistemas menores seriam parte dos sistemas maiores, e ocorreria uma interação entre todos eles. No entanto, era possível isolá-los para estudá-los.

Para Tansley, o desenvolvimento dos ecossistemas se daria em direção a uma maior integração e estabilidade, o clímax, no que ele estava de acordo com Clements.

> A ideia de clímax no desenvolvimento da vegetação foi sugerida inicialmente por Hult em 1885 e então avançou mais ou menos independentemente por diversos investigadores durante a década seguinte ou mais adiante [...]. Ela foi aplicada a um estágio final mais ou menos permanente e ao estágio final de uma sucessão particular [...]. O conceito de clímax como um organismo complexo conectado de modo inseparável ao clima [...] foi introduzido por Clements (1916). [...]
>
> CLEMENTS, F. E. Nature and structure of the climax. *Journal of Ecology*, United Kingdom, v. 24, n. 1, p. 253, Feb. 1936. Tradução dos autores.

De acordo com Tansley, essa estabilidade, no entanto, poderia variar, de forma que alguns desses ecossistemas poderiam se desintegrar no decorrer do tempo. As plantas, os animais, o clima e o solo seriam elementos importantes para o reconhecimento de um ecossistema.

Durante os vinte anos que se seguiram à proposta de Tansley, o termo ecossistema foi pouco usado em publicações na Grã-Bretanha. Em outros países, apareceu esporadicamente. Foi utilizado, por exemplo, pelo ecólogo estadunidense Raymond Lindeman (1915-1942), que o definiu como "um sistema composto de processos físico-químico-biológicos que atuam dentro de uma unidade de espaço-tempo de alguma magnitude". (Lindeman, 1942, p. 400.)

Na década de 1950, o uso do termo ecossistema foi retomado, porém, com o acréscimo de algumas ideias que não faziam parte da proposta original de Tansley. Uma delas foi a ênfase nos ciclos de nutrientes, como o caminho circular do carbono e do nitrogênio pelos componentes bióticos e abióticos do sistema. Outra ideia foi a da via única do fluxo de energia pelo sistema. Esse fluxo não se referia apenas à nutrição dos organismos, mas ao dispêndio de energia em suas atividades vitais. Assim, a análise dos ecossistemas passou a se concentrar principalmente nos ciclos químicos que ocorriam dentro do sistema e no fluxo de energia por ele.

Em 1953, o zoólogo estadunidense Eugene Odum (1913-2002) reconheceu dois componentes do ecossistema: os autotróficos e os heterotróficos. Indicou também quatro elementos constituintes: os abióticos, os produtores, os consumidores e os decompositores. Mais tarde, no final da década de 1960, ele definiu o ecossistema ou sistema ecológico como "a unidade de organização biológica composta de todos os organismos em uma dada área (isto é, comunidade), interagindo com o meio físico, de forma que um fluxo de energia leva a uma estrutura trófica característica e a ciclos materiais dentro do sistema". (Odum, 1969, p. 262.)

Na concepção de ecossistema formulada por Odum, é possível encontrar alguns conceitos que estavam presentes na concepção de "organismo complexo" de Clements e que são abordados na fisiologia, como a capacidade autorreguladora de um organismo. Porém, também é possível perceber, na concepção de Odum, uma aproximação com o conceito de ecossistema de Tansley no que tange às interações com o meio físico. Odum procurava mensurar essas interações, pensando assim o ecossistema de forma mais ampla.

1. Tansley acreditava que as comunidades biológicas não podem ser entendidas separadamente de seus componentes abióticos (não vivos). Clements, por sua vez, só considerava os fatores bióticos de um ecossistema, que, em sua concepção, funcionariam como um organismo complexo.

O conceito de ecossistema surgiu em uma época de fragmentação da sociedade, no período entreguerras, como uma ideia de integração. Ao ser proposto por Tansley, esse conceito não foi aceito prontamente, já que várias outras propostas coexistiam – o que é comum de ocorrer na fase de institucionalização de uma ciência. O conceito de ecossistema foi passando por várias modificações até chegar à proposta de Odum, quando, então, tornou-se um conceito central nos estudos de Ecologia.

Para discutir

2. Odum menciona que os organismos vivos de um ecossistema interagem com o meio físico à sua volta. Essa interação entre fatores bióticos e abióticos, que consta na definição de ecossistema de Odum, também consta na definição dada por Tansley, que fala dos "fatores inorgânicos" e das trocas que ocorrem entre estes e os organismos vivos.

1 **Em quais aspectos o conceito de ecossistema proposto por Tansley discordava do conceito de organismo complexo de Clements? E em quais aspectos as ideias desses pesquisadores se assemelhavam?**

2 **De que maneira a definição de ecossistema dada por Odum resgata aquela elaborada por Tansley?**

3 **Com base no texto, o que você entendeu por ciência institucionalizada? Como o conceito de ecossistema pode interferir nessa ciência?** Resposta pessoal. Espera-se que os estudantes concluam que uma ciência institucionalizada é aquela que está consolidada como área de pesquisa, com seus próprios conceitos e métodos, e que é aceita como tal pela comunidade científica.

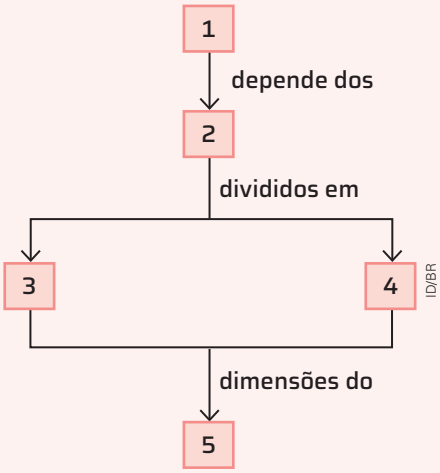
Não escreva no livro.

5. b) Resposta variável. Exemplos de animais de hábito diurno: mico-leão-dourado, teiú, veado-campeiro, abelhas, etc. Animais de hábitos noturnos: onça-pintada, tatus, morcegos, etc.

ATIVIDADE RESOLVIDA

1 Observe o mapa conceitual abaixo. Depois, copie-o no caderno, substituindo os números pelos termos apresentados a seguir, de modo que façam sentido quando relacionados aos termos de ligação:

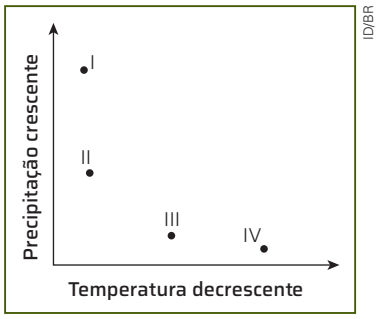
desempenho biológico – condições – fatores ecológicos do meio – recursos – nicho ecológico



Resolução

O desempenho biológico (**1**) dos organismos, ou seja, a capacidade de sobrevivência, crescimento corporal, atividade e reprodução, pode ser afetado por fatores ecológicos do meio (**2**). Entre os fatores que impõem restrições à sobrevivência ou à permanência dos organismos em certos ambientes estão as condições (**3** ou **4**) do ambiente e os recursos (**3** ou **4**) disponíveis. Tais condições e recursos fazem parte do conjunto das tolerâncias e das necessidades das espécies, ou seja, fazem parte do seu nicho ecológico (**5**).

2 A fauna e a flora de um bioma são adaptadas aos fatores abióticos nele presentes. Dois fatores abióticos são determinantes dos biomas: a temperatura média anual e a precipitação média anual. Observe a seguir o gráfico que relaciona essas duas variáveis ambientais. Em seguida, faça uma pesquisa em livros e *sites* confiáveis e responda: Quais biomas do mundo podem ser representados pelos números I, II, III e IV? Justifique sua resposta.



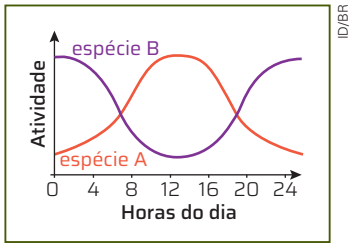
I: floresta tropical úmida, pois o clima é quente e a pluviosidade é elevada; II: savana, com clima quente e pluviosidade menor que a da floresta tropical úmida; III: pradaria, com o clima relativamente seco e frio; IV: tundra, pelas temperaturas baixas e pluviosidade muito reduzida.

3 Selecione uma foto que retrate uma parte de um ecossistema. Em seguida, identifique alguns fatores bióticos e outros abióticos presentes nesse ambiente e descreva de que maneira eles interagem uns com os outros. Veja resposta em *Respostas e comentários* no Manual do Professor.

4 Explique a importância de índices quantitativos (diversidades alfa, gama e beta) e de indicadores qualitativos na proteção da biodiversidade.
Veja resposta em *Respostas e comentários* no Manual do Professor.

5 O gráfico a seguir apresenta a atividade de duas espécies de animais (**A** e **B**) durante um dia.

5. a) A espécie **A** é mais ativa entre 10 h e 14 h e a espécie **B** é mais ativa entre 22 h e 2 h. A espécie **A** tem hábito diurno e a espécie **B** apresenta hábito noturno.



a) Em qual período do dia a espécie **A** é mais ativa? E a espécie **B**? Como elas podem ser classificadas quanto ao período de atividade?

b) Dê exemplos de animais que poderiam representar, respectivamente, as espécies **A** e **B**.

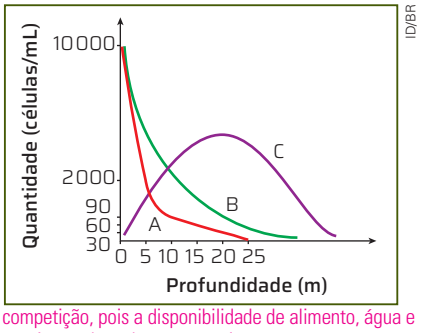
c) Caso essas espécies apresentem sobreposição de nicho, tanto na dieta quanto no uso de hábitat, é provável que haja competição entre elas?

6 Os dados da tabela a seguir foram obtidos de amostras de algas recolhidas em um lago.

Amostra	Profundidade (m)	Quantidade de algas (célula por mL)
1	0	10 000
2	5	2 000
3	10	90
4	15	60
5	20	30
6	25	0

- Agora, observe o gráfico abaixo e, com base nos dados da tabela, indique no caderno qual das curvas representa corretamente a distribuição de algas. Explique a possível causa dessa distribuição.

6. A curva **A** representa a distribuição das algas relatadas na tabela. A maior população das algas ocorre na zona de maior luminosidade, em profundidades menores.



5. c) Provavelmente haverá competição, pois a disponibilidade de alimento, água e espaço será afetada pelos organismos de ambas as espécies.

Não escreva no livro.

ENERGIA E MATÉRIA NOS ECOSSISTEMAS

1. Através da fotossíntese.

2. A transferência de energia é unidirecional, por isso fluxo. Já a matéria pode ser armazenada e reciclada, por isso fala-se em ciclo.

3. Por causa da clorofila, um pigmento verde, presente nas plantas.

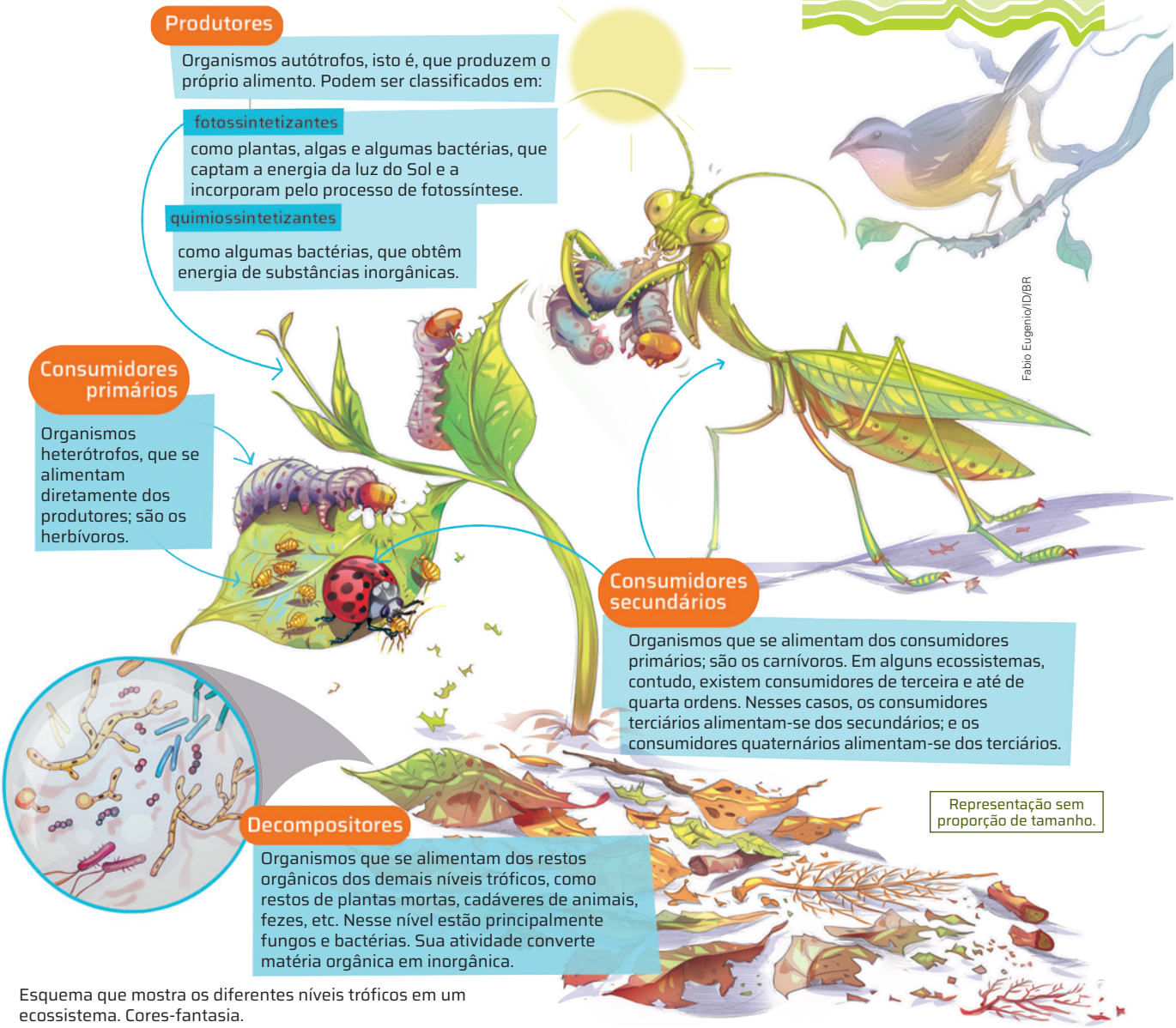
RELAÇÕES TRÓFICAS NOS ECOSSISTEMAS

Entre as características fundamentais de todos os ecossistemas estão o fluxo de energia e a ciclagem de matéria, que se estabelecem nas relações de nutrição, ou seja, nas relações tróficas entre seus componentes bióticos. O estudo dos ecossistemas, sob esse ponto de vista, tem contribuído para a análise das alterações ambientais decorrentes de intervenções humanas, já que qualquer ação que possa afetar uma espécie poderá ter impacto sobre outra na comunidade.

A maneira como os organismos obtêm matéria e energia nem sempre é a mesma. Assim, os organismos que o fazem de uma mesma maneira são agrupados em um conjunto chamado **nível trófico** (do grego *trophe,* "nutrição"). Podemos distinguir os seguintes níveis tróficos:

PARA COMEÇAR

1. De que maneira os seres vivos se aproveitam da energia proveniente do Sol?
2. Por que se fala de fluxo de energia e ciclos da matéria e não o contrário (ciclos de energia e fluxo da matéria)?
3. Por que enxergamos a maioria das plantas na cor verde?



Esquema que mostra os diferentes níveis tróficos em um ecossistema. Cores-fantasia.

PARA EXPLORAR

Assista

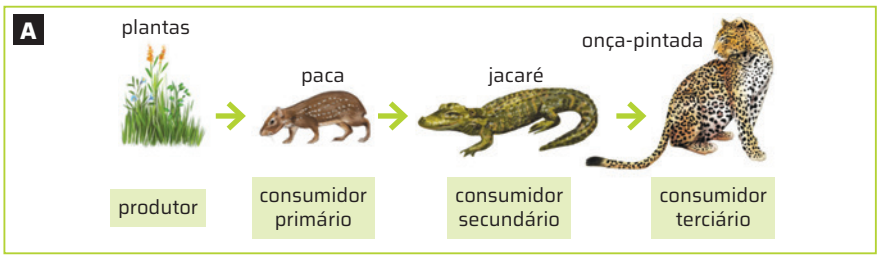
***A vida secreta do Plâncton*. TED-Ed.**

O vídeo, de 2012, da bióloga Tierney Thys, apresenta novas técnicas de videografia, que revelam um ecossistema microscópico dos oceanos, que está na base da cadeia alimentar. Vídeo em inglês com legendas. Duração: 6 min.

Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=xFQ_fO2D7f0. Acesso em: 28 ago. 2024.

Cadeias e teias alimentares

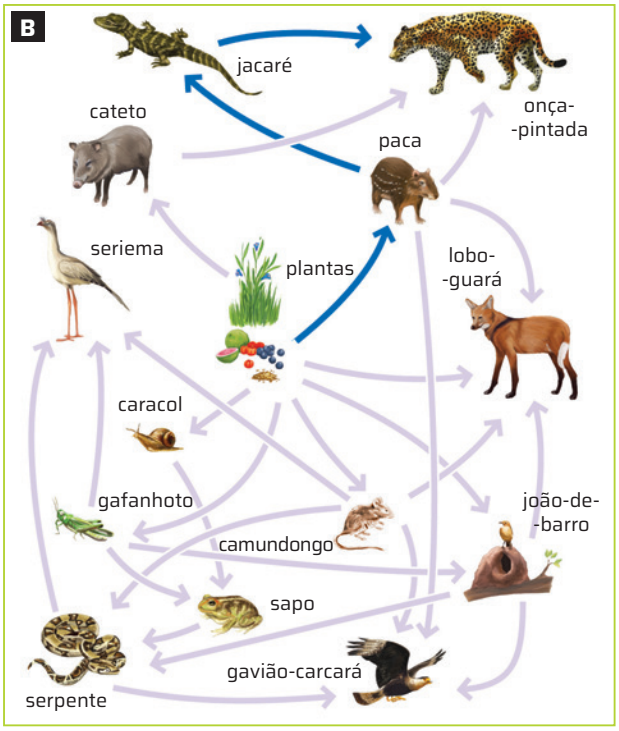
O movimento de matéria e energia em um ecossistema implica que os produtores sirvam de alimento para um herbívoro (consumidor primário) e que este, por sua vez, sirva de alimento para um carnívoro (consumidor secundário). O consumidor secundário frequentemente serve de alimento para outro carnívoro (consumidor terciário). Essa relação entre os organismos de um ecossistema é chamada **cadeia alimentar** ou **cadeia trófica** (imagem **A**). Ela pode ser definida como uma sequência de organismos, na qual cada um se alimenta do anterior e serve, por sua vez, de alimento para o seguinte.



Petra Elster/ID/BR

Representação sem proporção de tamanho.

Esquema de uma cadeia alimentar. As setas indicam a direção do fluxo de energia e de matéria. Os decompositores não foram representados. Cores-fantasia.



Petra Elster/ID/BR

Esquema de uma teia alimentar que contém, entre outras, a cadeia alimentar mostrada na imagem **A** (destacada pelas setas azuis). As setas indicam a direção do fluxo de energia e de matéria. Os decompositores não foram representados. Cores-fantasia.

Representação sem proporção de tamanho.

De modo geral, os componentes de uma cadeia trófica também fazem parte de outras cadeias, que se encontram interligadas, formando as chamadas **teias alimentares** ou **teias tróficas** (imagem **B**).

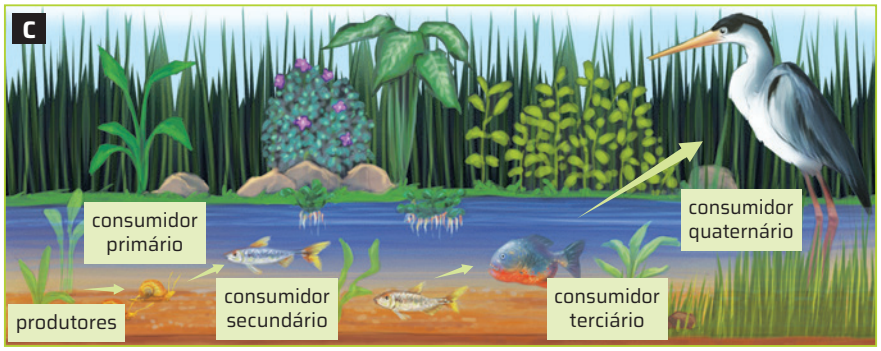
Exemplo de cadeia alimentar

Nos ecossistemas aquáticos, como os de uma lagoa (imagem **C**) ou de um rio, os produtores incluem as plantas e as algas multicelulares, bem como o **fitoplâncton**, formado por microrganismos autótrofos (algas microscópicas, certas bactérias, etc.). Os seres fotossintetizantes são, ainda, os principais agentes de oxigenação, tanto dos ambientes aquáticos como dos terrestres.

Os consumidores primários são o **zooplâncton**, formado por seres microscópicos heterótrofos, e os animais herbívoros, como caramujos, certos peixes, etc. Já os consumidores secundários incluem os peixes carnívoros, alguns insetos e os anfíbios.

Os consumidores terciários correspondem aos peixes carnívoros maiores e às aves aquáticas, que também podem ser consumidores quaternários.

Finalmente, há os decompositores: fungos e bactérias que se alimentam dos restos dos demais seres vivos do ecossistema.



Petra Elster/ID/BR

Representação sem proporção de tamanho.

Representação de uma cadeia alimentar em uma lagoa. As setas indicam a direção do fluxo de energia e de matéria. Os decompositores não foram representados. Cores-fantasia.

Não escreva no livro.

Fluxo de energia

O Sol é a principal fonte de energia bruta disponível para os ecossistemas. Contudo, apenas uma pequena parte da quantidade diária de energia luminosa que a Terra recebe é aproveitada pelos seres vivos. Estudos apontam que, de modo geral, de toda a luz emitida pelo Sol que chega à Terra, 34% é refletida pelas nuvens e 19% é absorvida pela camada de ozônio e pelo vapor de água; dos 47% restantes dos raios solares que atingem a superfície do planeta, boa parte é refletida ou absorvida. Assim, restam apenas cerca de 2% da energia solar que pode ser incorporada aos ecossistemas mediante a fotossíntese.

A **fotossíntese** é o processo realizado por certos produtores – como plantas, algas e cianobactérias –, os quais convertem a energia luminosa proveniente do Sol em energia química, que é aquela armazenada nas ligações químicas de moléculas orgânicas (carboidratos, proteínas, etc.). É importante lembrar que há também seres autótrofos, como algumas bactérias e arqueas, que realizam a **quimiossíntese**, processo no qual as moléculas orgânicas são sintetizadas usando a energia química de moléculas inorgânicas, como o metano ou o enxofre, e não a energia solar.

Os produtores servem de alimento para os consumidores primários, que assim obtêm a energia de que precisam para seu metabolismo. Do mesmo modo, os consumidores primários servem de alimento para os demais consumidores da cadeia. Finalmente, quando morrem, os organismos são decompostos, e parte de sua energia passa aos decompositores (a outra parte é perdida).

O fluxo de energia que perpassa todos os níveis tróficos é sempre unidirecional: dos produtores para os consumidores. À medida que a energia flui pela cadeia alimentar, parte dela se dissipa sob a forma de calor, devido à **respiração celular**. A respiração celular oxida principalmente os carboidratos e os lipídios, transferindo energia para a realização de todas as funções biológicas necessárias à manutenção da vida. Por isso, a quantidade de energia disponível vai diminuindo à medida que é transferida aos diversos níveis tróficos (imagens a seguir).

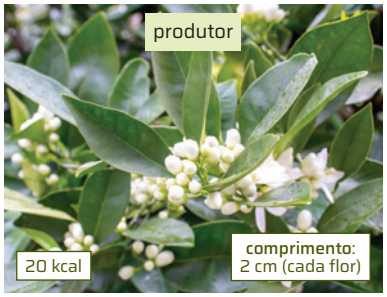
A energia perdida em cada nível trófico é aproximadamente 90% da energia recebida, restando apenas 10% para o nível trófico seguinte. De modo geral, quanto menos energia se perder, mais eficiente será o ecossistema. A taxa de armazenamento de energia é chamada de **produtividade**.

Ecossistemas imprevisíveis

Em uma região da costa oeste estadunidense, há um protozoário ciliado (*Lambornella clarcki*) que habita poças de água que se formam após as chuvas. Nesse pequeno hábitat, esse protozoário se alimenta de bactérias e de outros microrganismos que também residem naquele minúsculo ecossistema, ao mesmo tempo que serve de alimento para as larvas do mosquito *Jarnellius sierrensis* (anteriormente denominado *Aedes sierrensis*). Após um período de aproximadamente dois dias de exposição ao odor característico das larvas do mosquito, alguns protozoários passam por uma transformação que os torna parasitas de seus predadores. Eles invadem o corpo das larvas dos mosquitos e começam a se alimentar delas. Assim, o protozoário, que antes era presa, passa a ser parasita.

Luis Moura/ID/BR

Representação da larva do mosquito *Jarnellius sierrensis*. Cores-fantasia.



Svetlana Zhukova/Shutterstock.com/ID/BR

Tri Mintarjo/iStock/Getty Images

Hudzaifah Fakhroni/Shutterstock.com/ID/BR

Hans Denis Schneider/Shutterstock.com/ID/BR

Esquema do fluxo de energia em uma cadeia alimentar hipotética. Os números representam a quantidade de energia disponível para o nível trófico seguinte.

ROTEIRO

1. Uma grande plantação foi pulverizada com inseticida. Após um ano, os agricultores perceberam que a população de sapos da região diminuiu. Sabendo que a saúde dos sapos não foi prejudicada pelo inseticida, o que pode ter causado essa diminuição?

1. Ocorreu um desequilíbrio na cadeia alimentar entre o predador (sapos) e suas presas (insetos). A diminuição do número de insetos causada pelo uso do inseticida reduziu a oferta de alimento, o que ocasionou a diminuição do número de sapos.

Não escreva no livro.

2. Resposta pessoal. O estudantes devem reconhecer que os dados obtidos servem de base para a reivindicação por medidas a serem tomadas pelo poder público e pelos responsáveis pela contaminação, além de servir de alerta para as pessoas atingidas, de forma que elas conheçam os riscos a que estão sujeitas e também possam exigir que seus direitos sejam assegurados e respeitados.

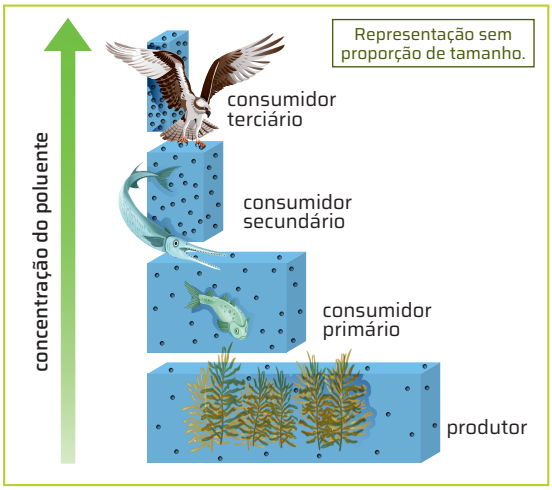
Ciclos de matéria

Os seres produtores utilizam a água e o gás carbônico para sintetizar moléculas orgânicas e consomem uma parte dessas moléculas durante a vida.

Quando os produtores são consumidos, as moléculas orgânicas passam para o corpo do consumidor primário e podem ser utilizadas na produção de energia. Uma parte do que é ingerido também fica armazenada na forma de carboidratos, gorduras e proteínas. A outra parte, não aproveitada, é liberada no ambiente na forma de fezes, que serão decompostas ou consumidas por outros seres. O mesmo processo ocorre com os consumidores secundários, terciários e quaternários, que se aproveitam das moléculas orgânicas dos consumidores de níveis tróficos anteriores. Ao morrer, os organismos da cadeia alimentar se decompõem. As substâncias que os constituíam são degradadas pelos decompositores em partículas menores, que, quando liberadas no ambiente, podem ser utilizadas por outros organismos.

Bioacumulação e magnificação trófica

AMJ Studio/ID/BR



Representação da magnificação trófica. As substâncias não biodegradáveis, representadas por pontos escuros, ficam progressivamente mais concentradas nos organismos dos níveis mais altos da cadeia trófica. Cores-fantasia.

Além da matéria orgânica sintetizada pelos produtores e transferida por meio das relações alimentares, os seres vivos se encontram expostos a inúmeras substâncias ou compostos químicos, que podem ser absorvidos por eles de forma direta, quando assimilados do ambiente (solo, ar, água), ou pela ingestão de alimentos que os contêm. As substâncias que são degradadas lentamente ou que não podem ser degradadas por processos biológicos, ou seja, que não são metabolizadas pelos organismos, acabam ficando acumuladas em seus corpos, fenômeno conhecido como **bioacumulação**. Em geral, essas substâncias são **lipossolúveis** (ficam dissolvidas em gorduras) e podem se fixar nos tecidos dos seres vivos, sendo geralmente tóxicas a eles. Assim, elas são gradativamente transferidas para os níveis tróficos superiores por meio da alimentação, em um processo conhecido como **magnificação trófica** ou **biomagnificação**. Esse processo ocorre quando há um aumento da concentração de tais compostos nos organismos vivos, de um nível trófico para outro, determinando maior acúmulo no nível trófico mais elevado.

AÇÃO E CIDADANIA

1. Resposta variável. Espera-se que os estudantes mencionem, por exemplo, a contaminação via inalação, via alimentação ou pelo contato na pele. Para identificá-las, seria preciso detectar e monitorar a presença desses metais no ar, na água e no solo, assim como detectar a presença e a concentração desses metais em organismos que fazem parte da cadeia alimentar das pessoas que vivem nessas áreas.

Bioindicadores de qualidade ambiental

A bioacumulação e a biomagnificação são processos biológicos que podem ser usados para avaliar o grau de poluição ambiental de um determinado local. Estudos que envolvem a contaminação por metais pesados, por exemplo, utilizam **bioindicadores** e o **biomonitoramento** com o objetivo de detectar a concentração desses metais em seres vivos e no ambiente.

bioindicador: espécie ou grupo de espécies cuja presença, abundância e condições de vida são usadas como indicativos biológicos de uma determinada condição ambiental.

biomonitoramento: observação contínua de uma área com a ajuda de bioindicadores.

[...] Organizada pela Fiocruz Minas e a Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), a pesquisa avaliou a dosagem de metais presentes nos organismos de 172 crianças, de todas as comunidades do município [Brumadinho].

Entre as amostras, foi identificada a contaminação, com pelo menos um metal acima do valor de referência, em 50,6% das crianças. O estudo avaliou a presença de cádmio, arsênio, mercúrio, chumbo e manganês. Das crianças, 41,9% apresentaram níveis elevados de arsênio no organismo. Para o chumbo, o índice foi de 13%.

Vasconcelos, A. C. Crianças de Brumadinho mostram contaminação por metais pesados após rompimento de barragem. *Brasil de Fato*, Belo Horizonte, 21 set. 2022. Disponível em: https://www.brasildefato.com.br/2022/09/21/criancas-de-brumadinho-foram-contaminadas-por-metais-pesados-apos-rompimento-de-barragem. Acesso em: 17 set. 2024.

1. As crianças avaliadas na pesquisa vivem em áreas afetadas pelo rompimento da barragem de Brumadinho. Como elas podem ter sido contaminadas? Como a sua hipótese poderia ser testada?

2. Qual a importância de estudos como esse para a população atingida?

Não escreva no livro.

BIOLOGIA E GEOGRAFIA

REVOLUÇÃO VERDE

Entre as décadas de 1950 e 1970, um conjunto de inovações tecnológicas para a agricultura foi difundido com o propósito de aumentar a produtividade agrícola e acabar com o problema da fome no mundo. Um modelo de produção de alimentos em larga escala, desenvolvido com base em estratégias da Revolução Industrial e de inovações em diferentes áreas da ciência, como a biologia e a química, ficou conhecido como "Revolução Verde". Basicamente, essas inovações consistiam na mecanização do campo e na utilização de fertilizantes, inseticidas, herbicidas e sementes transgênicas.

A Revolução Verde de fato aumentou a produtividade nas lavouras, mas também provocou desdobramentos preocupantes para o modo de vida e de trabalho de muitos agricultores, além de sérios impactos ao ambiente, às populações e à saúde humana. A produção em larga escala, em grande parte voltada para a exportação, em detrimento da diversificação da produção agrícola, contribuiu para a perda de autonomia dos pequenos agricultores, propiciando um êxodo rural em massa. A concentração de terra intensificou desigualdades sociais. O desmatamento para a produção agropecuária, além de contribuir consideravelmente para a redução da agrobiodiversidade, também exerceu um papel significativo na degradação do solo, na contaminação da terra e das águas e na emissão de gases do efeito estufa.

Adriano Kirihara/Pulsar Imagens

Pulverização aérea de defensivos agrícolas em plantação de laranja no município de Prata (MG). Foto de 2023.

> Assim, surgiu a agricultura convencional, que é caracterizada pela concentração de terras, produção de *commodities*, elevado uso de recursos naturais e emprego de transgênicos e agrotóxicos. [...] [Somado] à pecuária, esse modelo produtivo causa elevado impacto ambiental, decorrente tanto da produção de alimentos quanto do desmatamento.
>
> Manzini, G.; Machado, A. Como chegamos até os sistemas alimentares atuais? *Sustentarea*, USP, São Paulo, 3 abr. 2023. Disponível em: https://www.fsp.usp.br/sustentarea/2023/04/03/como-chegamos-ate-os-sistemas-alimentares-atuais/. Acesso em: 17 set. 2024.

commodity: produto de origem agropecuária ou de extração mineral, em estado bruto ou pequeno grau de industrialização, produzido em larga escala e destinado ao comércio externo.

Conecte as ideias

1. b) Resposta variável. Praguicidas como DDT, clordecona, aldrin, dieldrin, heptacloro, endrin, toxafeno, alfa e beta hexaclorociclohexano, lindano e hexaclorobenzeno, por exemplo, podem ser absorvidos pela pele, pelo trato gastrointestinal e por via respiratória e ficar armazenados em tecido gorduroso. Eles afetam principalmente o sistema nervoso central e, em casos de exposição crônica, podem causar efeitos nocivos no fígado e no sistema reprodutivo.

1 **Um exemplo de inovação amplamente disseminada na Revolução Verde é o uso de agrotóxicos e de fertilizantes químicos, produtos químicos sintéticos usados para matar vetores de doenças como insetos, larvas, fungos e carrapatos, bem como para regular o crescimento da vegetação. Muitas dessas substâncias persistem no ambiente por longos períodos e têm potencial de causar danos ao ser humano e ao ambiente, sendo conhecidas como poluentes orgânicos persistentes (POPs).**

a) Agrotóxicos e substâncias similares têm sido identificados nos tecidos de seres vivos em altas concentrações. Qual(is) processo(s) biológico(s) pode(m) estar relacionado(s) ao acúmulo dessas substâncias em tecidos vivos? POPs, como os agrotóxicos, podem ser identificados em altas concentrações nos tecidos vivos devido aos processos de bioacumulação e de magnificação trófica.

b) Faça uma pesquisa sobre alguns exemplos de agrotóxicos utilizados no Brasil e identifique efeitos tóxicos atribuídos a essas substâncias.

2 **Em sua opinião, a maior produtividade das lavouras a partir de inovações tecnológicas frutos da Revolução Industrial e da ciência pode ser considerada um benefício para as diferentes populações humanas? Justifique.**

2. Resposta pessoal. Espera-se que os estudantes reflitam sobre cada um dos impactos mencionados no texto. Os gases de efeito estufa, por exemplo, estão relacionados ao fenômeno do aquecimento global, que interfere nos padrões climáticos de todo o planeta. Além disso, o próprio fenômeno da bioacumulação, discutido na atividade anterior, é um exemplo de malefício relacionado ao uso de agrotóxicos em geral. Por fim, é importante considerar que o aumento na produção de alimentos não foi devidamente direcionado para combater a fome no mundo.

Não escreva no livro.

ROTEIRO

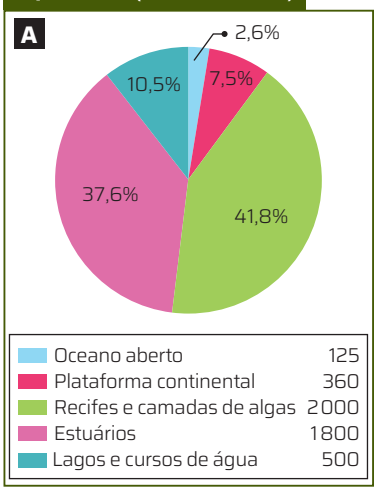
2. Em um experimento realizado para calcular a PPB de um lago, coletou-se água em duas garrafas, uma garrafa transparente e outra escura, as quais foram mantidas fechadas e em ambiente iluminado. Depois, mediu-se o volume de O_2 dissolvido na água das duas garrafas em dois momentos, logo após a coleta e após um intervalo de tempo.

Considerando que a quantidade de biomassa de fitoplâncton é a mesma em ambas as amostras, explique por que, para calcular a PPB do lago, foi necessário realizar esse teste com os dois tipos de garrafa.

Veja resposta em *Respostas e comentários* no Manual do Professor.

PRODUTIVIDADE PRIMÁRIA LÍQUIDA EM AMBIENTES AQUÁTICOS (G · M⁻² · ANO⁻¹)

ID/BR



A produtividade primária líquida na superfície dos oceanos abertos é inferior à produtividade primária líquida das águas de plataformas continentais, uma vez que essas águas têm disponibilidade bem maior de nutrientes.

Fonte de pesquisa dos gráficos: Whittaker, R. H.; Likens, G. E. Primary production: the biosphere and man. *Human Ecology: an interdisciplinary journal*, v. 1, n. 4, p. 357-369, set. 1973.

A produtividade vegetal terrestre é máxima nos trópicos úmidos e mínima em ecossistemas de zonas de clima temperado. Isso decorre da combinação entre luz solar intensa, altas temperaturas e precipitação abundante.

BIOMASSA E PRODUTIVIDADE

Biomassa e produção são dois conceitos usados no estudo de ecossistemas.

A **biomassa** é a quantidade de matéria orgânica existente no ecossistema. Ela é medida em gramas ou em calorias por unidade de superfície ou de volume. Pode-se calcular a biomassa presente em todo o ecossistema, em um dado nível trófico ou em uma população ou comunidade. Conhecendo-se a biomassa em cada nível trófico, é possível avaliar a eficiência dos ecossistemas quanto à ciclagem de matéria e ao fluxo de energia entre um nível trófico e outro.

A **produtividade** é o aumento de biomassa medido por unidade de tempo. Assim, os produtores aumentam a biomassa durante o crescimento, quando sintetizam matéria orgânica. Os animais fazem isso também durante o crescimento, quando se alimentam dos produtores ou de outros animais.

Produção primária bruta e produção primária líquida

O conceito de produção se aplica à totalidade do ecossistema ou a determinado nível trófico. Quando o nível trófico em questão for o dos produtores, fala-se em **produção primária**. Se o nível trófico for o dos consumidores, diz-se **produção secundária**.

Chama-se **produção primária bruta (PPB)** a quantidade total de matéria orgânica que é convertida, na fotossíntese, a partir da energia luminosa. Uma parte dessa matéria é utilizada pelos organismos como fonte de energia para todas as atividades vitais, ou seja, é usada na respiração celular (R).

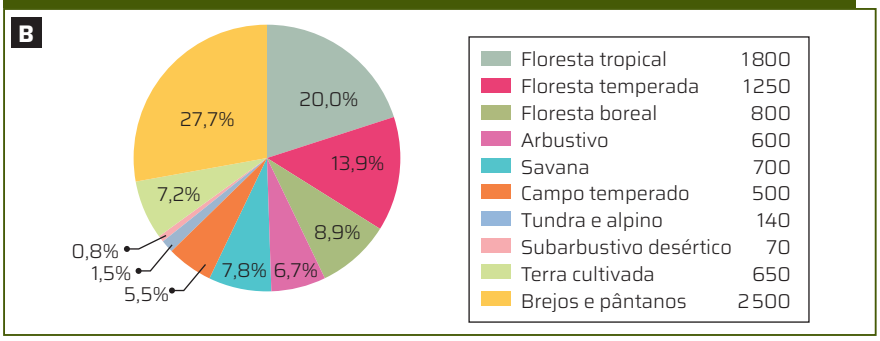
A quantidade remanescente, incorporada pelos produtores, é denominada **produção primária líquida (PPL)**. Assim, temos: PPL = PPB – R. A produtividade primária, que é a produção primária ao longo de um intervalo de tempo, é um conceito-chave em qualquer ecossistema, uma vez que permite analisar sua eficiência. Assim como a produção primária, a produtividade primária também pode ser distinguida em líquida e bruta.

Pode-se pensar que, quanto maior a biomassa, maior é a produtividade primária. Entretanto, nem sempre é assim. A produtividade primária depende da velocidade com que um produtor cresce e se reproduz. De maneira geral, os organismos pequenos são mais produtivos que os organismos grandes, uma vez que os primeiros se reproduzem e crescem mais rapidamente. Por isso, em geral, os ecossistemas aquáticos são mais produtivos que os terrestres. O fitoplâncton, por exemplo, mantém sua biomassa em níveis relativamente baixos porque é predado rapidamente pelos consumidores. Contudo, o valor da produtividade primária é alto, devido à taxa reprodutiva relativamente elevada.

A produtividade primária líquida pode variar consideravelmente, no espaço e no tempo, em função do clima, da distribuição da vegetação, do uso do solo, da estação do ano, da disponibilidade de nutrientes, entre outros fatores. Corpos d'água com maior disponibilidade de nutrientes, por exemplo, têm maior produtividade primária líquida (gráfico **A**). O mesmo se dá quando ocorre a combinação entre luz solar intensa, altas temperaturas e precipitação abundante (gráfico **B**).

PRODUTIVIDADE PRIMÁRIA LÍQUIDA EM AMBIENTES TERRESTRES (G · M⁻² · ANO⁻¹)

ID/BR



Não escreva no livro.

PIRÂMIDES TRÓFICAS

A estrutura trófica de um ecossistema, ou de uma cadeia alimentar, pode ser esquematizada graficamente utilizando uma pirâmide, cuja base representa os produtores e cujos degraus seguintes representam os demais níveis tróficos (consumidores primários, secundários, terciários, entre outros).

As **pirâmides tróficas** ou **pirâmides ecológicas** podem ser de três tipos, mostrados a seguir.

Pirâmides de números

Informam o número de indivíduos pertencentes a cada nível trófico em determinado ecossistema (imagem **A**). De maneira geral, a pirâmide de números tem a base mais larga. Os números decrescem à medida que se avança para os níveis tróficos superiores. Entretanto, algumas vezes, a pirâmide pode apresentar-se invertida, quando, por exemplo, o produtor é uma árvore que suporta os demais níveis tróficos ou quando há um grande número de parasitas (consumidores) vivendo à custa de um único hospedeiro.

Pirâmides de biomassa

Indicam a biomassa, isto é, a quantidade de matéria orgânica de todos os seres vivos que formam cada um dos níveis tróficos (imagem **B**). As pirâmides de biomassa são expressas em grama de peso seco por unidade de área (km^2, m^2 ou cm^2) ou em volume (L, m^3 ou cm^3).

A biomassa reflete as diferenças de tamanho entre os indivíduos. Assim, cada degrau da pirâmide representa proporcionalmente a massa dos organismos por unidade de área ou de volume.

De modo geral, a biomassa diminui no sentido dos níveis tróficos superiores. Contudo, as pirâmides de biomassa podem eventualmente ser invertidas, situação em que sua base é menor do que o nível trófico seguinte (imagem **B**). Isso é bastante comum nos ecossistemas aquáticos, onde os produtores têm pequenas dimensões e um ciclo de vida muito curto, como no caso das algas. Embora a biomassa de produtores registrada em dado momento seja pequena, ela pode sustentar um número grande de animais, uma vez que a taxa de reprodução das algas é muito alta.

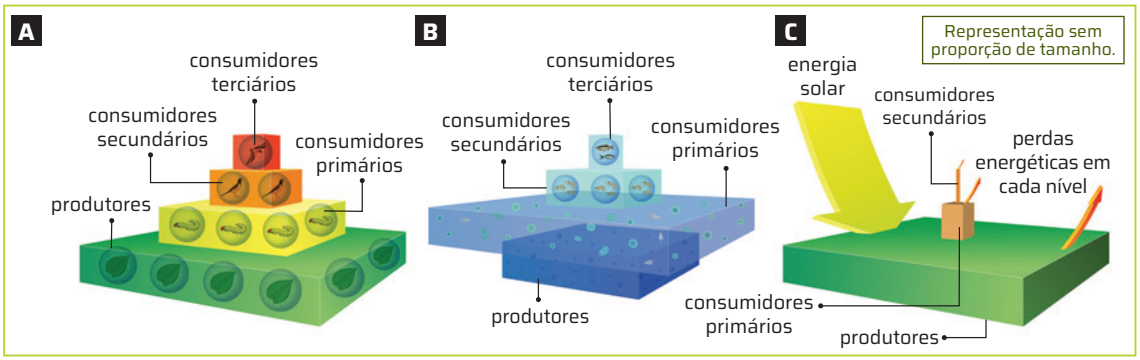
As medições de **peso seco** (parte que resta do peso de um material após a perda da água), necessárias para a elaboração de uma pirâmide de biomassa, implicam a análise de indivíduos mortos, o que pode ser considerado inaceitável do ponto de vista ético ou ambiental, caso animais sejam sacrificados para o estudo.

Pirâmides de energia

Indicam a quantidade de energia existente em um nível trófico, grandeza que pode ser expressa em kcal/m^2/ano, por exemplo (imagem **C**). Esse tipo de pirâmide possibilita a análise do fluxo de energia em um dado ecossistema, bem como a sua produtividade, e ainda permite comparar o conteúdo energético de duas comunidades com a mesma massa.

As pirâmides de energia nunca são invertidas, já que a energia presente em determinado nível trófico sempre será maior que a energia do nível trófico superior. Como vimos, a respiração celular provoca perdas de até 90% de energia de um nível trófico para outro. Dessa maneira, a quantidade de energia disponível para os consumidores secundários, por exemplo, é sempre menor do que para os consumidores primários. É por essa razão também que os ecossistemas costumam ter uma quantidade menor de carnívoros de topo de cadeia (consumidores terciários e quaternários) do que de herbívoros (consumidores primários).

A construção de uma pirâmide de energia também exige o uso de indivíduos mortos, uma vez que os valores energéticos dos níveis tróficos são obtidos pela combustão total dos organismos.



Reinaldo Vignat/ID/BR

Esquemas de três tipos de pirâmide trófica: (**A**) de números (pasto), (**B**) de biomassa (oceano) e (**C**) de energia (bosque). Cores-fantasia.

FOTOSSÍNTESE

A **fotossíntese** é um processo biológico essencial para a vida na Terra. É pela fotossíntese que as plantas, as algas e certos microrganismos produzem compostos orgânicos necessários às suas atividades vitais, os quais também serão consumidos por muitos seres heterótrofos. Além disso, a fotossíntese libera gás oxigênio (O_2), indispensável à maior parte dos seres vivos.

Parte dos produtos da fotossíntese é utilizada pela planta na obtenção de energia durante o processo denominado **respiração celular**. Nesse processo, o gás oxigênio e as moléculas orgânicas são consumidos e há liberação de energia, de CO_2 e de água.

Fatores limitantes da fotossíntese

Fator limitante é qualquer fator capaz de limitar ou de inibir a atividade de um organismo. Há diversos fatores limitantes para os processos metabólicos dos organismos.

Nas plantas, a concentração de dióxido de carbono, a temperatura e a intensidade luminosa são fatores que podem ser limitantes para a ocorrência da fotossíntese.

Dióxido de carbono

O dióxido de carbono (CO_2) é um gás fundamental para a fotossíntese, pois é uma das substâncias utilizadas nesse processo.

A velocidade da fotossíntese é diretamente proporcional à concentração de CO_2 na atmosfera: quanto menor for a concentração desse gás, menor será a velocidade do processo, e quanto maior a concentração de CO_2 (até certo limite), maior será a velocidade. Esta se estabiliza, porém, a partir de determinada concentração de CO_2. Assim, concentrações atmosféricas de dióxido de carbono acima de 0,3% não aumentam a velocidade da fotossíntese – é o chamado **ponto de saturação de dióxido de carbono** (gráfico **A**). Quando a concentração desse gás aumenta muito, os estômatos se fecham.

Temperatura

Diversas enzimas participam da fotossíntese. Para que estejam ativas e desempenhem suas funções adequadamente, essas enzimas necessitam estar em um ambiente com **temperaturas ótimas**.

Sabe-se que, para a maioria das angiospermas, a temperatura ótima de ativação enzimática se situa entre 30 °C e 40 °C (gráfico **B**). Temperaturas inferiores a 30 °C diminuem a ação das enzimas, e valores acima de 40 °C podem ocasionar a desnaturação das enzimas, ou seja, eles alteram as propriedades físicas e químicas dessas moléculas, o que leva à diminuição ou à interrupção total da fotossíntese.

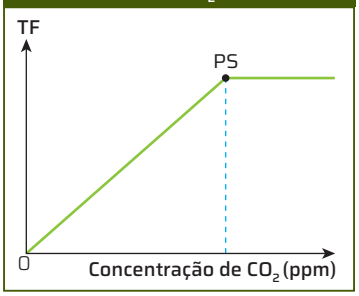
Luz

A luz é um fator determinante para a ocorrência da fotossíntese.

Assim como a concentração de dióxido de carbono, a velocidade da fotossíntese é diretamente proporcional à intensidade luminosa, ou seja, quanto menor a luminosidade no ambiente, menor será a velocidade do processo. À medida que a intensidade luminosa aumenta (até certo limite), aumenta a taxa de fotossíntese.

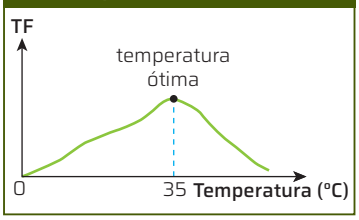
O **ponto de saturação luminosa** (PSL) é determinado quando o aumento de luminosidade não influencia mais o aumento da velocidade da fotossíntese (gráfico **C**).

A TAXA DE FOTOSSÍNTESE EM FUNÇÃO DO CO_2



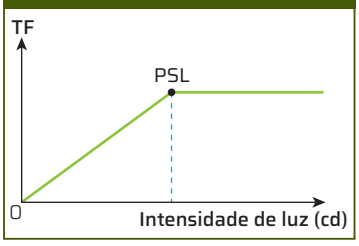
Influência da concentração de CO_2 (em partes por milhão, ppm) na fotossíntese sob condições ótimas de luminosidade e temperatura. O ponto de saturação (PS) ocorre quando certa concentração de CO_2 é atingida e a taxa de fotossíntese (TF) torna-se estável.

B TAXA DE FOTOSSÍNTESE EM FUNÇÃO DA TEMPERATURA



Influência da temperatura na taxa de fotossíntese (TF) sob luminosidade e concentração de CO_2 ótimas.

C TAXA DE FOTOSSÍNTESE EM FUNÇÃO DA INTENSIDADE LUMINOSA



Influência da intensidade luminosa na taxa de fotossíntese (TF) sob ótimas condições de temperatura e concentração de CO_2. Ao atingir o ponto de saturação luminosa (PSL), a velocidade da fotossíntese não é mais alterada. (cd = candela, unidade de intensidade luminosa.)

Fonte de pesquisa dos gráficos: Kerbauy, G. B. *Fisiologia vegetal*. 3. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2019.

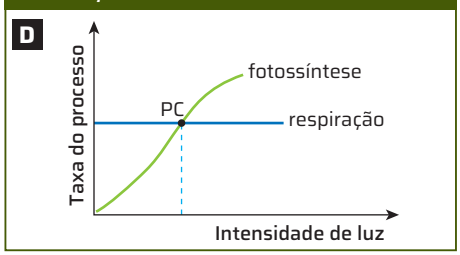
Gráficos: ID/BR

Não escreva no livro.

Ponto de compensação luminosa

A intensidade luminosa aumenta progressivamente e atinge um valor máximo ao longo do dia e começa a diminuir ao longo da tarde. Em determinados períodos do dia, há uma intensidade luminosa em que a taxa de fotossíntese se iguala à da respiração. Essa intensidade luminosa é conhecida como **ponto de compensação luminosa** (gráfico **D**). Nesse ponto, a quantidade de O_2 e de matéria orgânica produzida pela planta é a mesma consumida na respiração, e a quantidade de CO_2 liberada na respiração é a mesma utilizada na fotossíntese. Para a planta se desenvolver e crescer, é necessário que haja, em determinados períodos do dia, uma intensidade luminosa maior que a do ponto de compensação luminosa, de modo que a taxa de fotossíntese supere a da respiração.

TAXA DE FOTOSSÍNTESE E DE RESPIRAÇÃO EM FUNÇÃO DA INTENSIDADE LUMINOSA



ID/BR

No ponto de compensação luminosa (PC), a taxa de fotossíntese se iguala à da respiração.

Fonte de pesquisa: Kerbauy, G. B. *Fisiologia vegetal*. 3. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2019.

CIÊNCIA SE DISCUTE

Fototropismo é o nome que se dá ao processo de crescimento da planta na mesma direção ou em direção oposta a uma fonte de luz. Leia a seguir um texto que trata de experimentos com fototropismo.

Fototropismo envolve um sinal móvel

Em 1880, Charles Darwin e seu filho Francis publicaram um artigo no qual descreviam a inclinação de mudas de grama em direção à luz. Especificamente, eles examinaram esta resposta em plantas muito jovens [...] cujas folhas e brotos ainda estavam cobertos por uma bainha chamada de coleóptilo [imagem **A**].

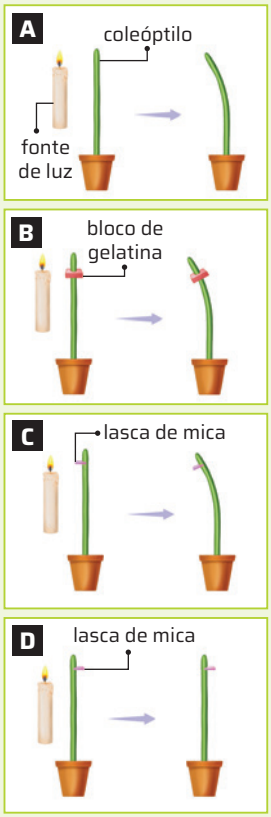
A equipe formada por pai e filho analisou a resposta de inclinação usando experimentos em que cobriam a ponta ou a parte inferior do coleóptilo. [...] [Eles] descobriram que a luz era percebida na ponta do coleóptilo. No entanto, a resposta – inclinação e, [...] [em] nível celular, alongamento desigual das células – ocorreu bem abaixo da ponta. Eles concluíram que algum tipo de sinal deve ser enviado para baixo, partindo da ponta do coleóptilo em direção a sua base.

Em 1913, o fisiologista dinamarquês Peter Boysen-Jensen deu sequência a este trabalho mostrando que o sinal químico produzido na ponta era de fato responsável pela resposta de inclinação.

- Ele primeiro cortou a ponta de um coleóptilo, cobriu a secção cortada com um bloco de gelatina e recolocou a ponta [imagem **B**]. O coleóptilo foi capaz de inclinar-se normalmente quando exposto à luz.
- Quando ele tentou o experimento novamente usando uma lasca de mica impermeável no lugar da gelatina o coleóptilo perdeu sua habilidade de inclinar-se em resposta à luz.

Somente a gelatina – que permitia ao sinal químico atravessar seus poros – podia permitir a comunicação necessária entre a ponta e a base.

Através de uma variação neste experimento, Boysen-Jensen também foi capaz de mostrar que o sinal móvel viajou no lado sombreado da muda. Quando a lâmina de mica foi presa no lado iluminado [imagem **C**], a planta ainda pôde se inclinar em direção à luz, mas, quando ela foi presa no lado sombreado [imagem **D**], a resposta de flexão não ocorreu. Os resultados deste experimento também deram a entender que o sinal era um estimulante de crescimento, ao invés de um repressor de crescimento, visto que a resposta fototrópica envolveu um alongamento mais rápido no lado sombreado do que no lado iluminado.



Ilustrações: Reinaldo Vignati/ID/BR

Fototropismo e fotoperiodismo. *Khan Academy*. Biblioteca de Biologia, [*s. l.*], [20--]. Disponível em: https://pt.khanacademy.org/science/biology/plant-biology/plant-responses-to-light-cues/a/phototropism-photoperiodism. Acesso em: 18 set. 2024.

1. **Os experimentos propostos por Peter Boysen-Jensen podem ser considerados uma sequência dos experimentos de Darwin e Francis? Que aspecto da ciência esses episódios revelam e qual é a importância deles para seu desenvolvimento?** Veja respostas em *Respostas e comentários* no Manual do Professor.
2. **O que o cientista quis testar ao realizar os procedimentos representados nas imagens C e D? Quais foram suas contribuições para o conhecimento sobre o fototropismo das plantas?**

2. Ele quis testar se a transmissão do sinal também seria influenciada pela luminosidade, hipótese que se confirmou nos experimentos realizados. Seus estudos contribuíram para elucidar os mecanismos químicos envolvidos no crescimento das plantas.

A fotossíntese e a absorção de luz

A luz é usada na fotossíntese graças à presença, nos organismos fotossintetizantes, de pigmentos que conseguem captar a energia luminosa. Tais pigmentos têm a propriedade de absorver determinados comprimentos de onda da luz visível e de refletir os demais. Assim, para melhor entendimento de processos como a fotossíntese, é preciso compreender bem o que é luz.

A luz visível, ou espectro visível, corresponde a uma parte do espectro eletromagnético cujos comprimentos de onda são identificados como cores por nossos olhos, e cada cor se refere a um comprimento de onda específico. Quando atinge o olho, a luz é direcionada para a retina, que converte as ondas eletromagnéticas em pulsos elétricos e desencadeia o mecanismo da visão. A luz branca, como a proveniente do Sol, pode ser caracterizada como a mistura de todas as cores ou ainda como a mistura de ondas eletromagnéticas de várias frequências que abrangem o espectro visível.

BIOLOGIA E FÍSICA

O espectro eletromagnético e as clorofilas "a" e "b"

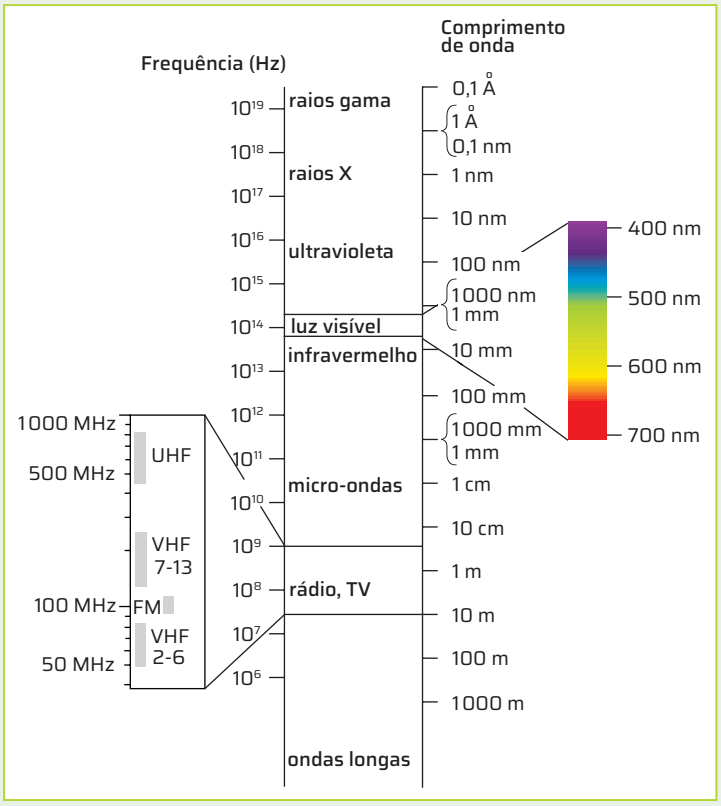
Em 1801, o físico e médico britânico Thomas Young (1773-1829), realizando experiências com a luz, percebeu que ocorriam os fenômenos de difração e de interferência, o que eram fortes evidências de que a luz apresentava comportamento ondulatório. Mas Young não conseguiu especificar qual era o elemento oscilante da luz.

O físico e matemático britânico James Clerk Maxwell (1831-1879) previu, por meio de equações, que o elemento oscilante da luz eram os campos elétricos e magnéticos. Porém, não conseguiu detectá-los.

Heinrich Hertz (1857-1894), um físico alemão, foi o primeiro a produzir e a detectar ondas eletromagnéticas em laboratório, em 1887, cerca de oito anos após a morte de Maxwell. Em seu experimento, Hertz construiu um dispositivo em que cargas aceleradas em movimento oscilatório geravam ondas eletromagnéticas de frequência da ordem de 10^9 Hz, as quais ficaram conhecidas à época como ondas hertzianas, hoje denominadas **ondas de rádio**. Assim como as ondas de rádio, foi possível identificar outras ondas eletromagnéticas, como as infravermelhas, micro-ondas, ultravioleta, os raios X e os raios gama. Todas elas têm em comum a presença de campos elétricos e magnéticos oscilantes e variáveis, gerando-se mutuamente, e o fato de poderem se propagar também no vácuo. Essas ondas se diferenciam umas das outras pela frequência de oscilação de seus campos.

O conjunto de todas as ondas eletromagnéticas de diferentes frequências é conhecido como **espectro eletromagnético**. Costuma-se dividir o espectro eletromagnético em faixas de frequência, por agrupamento de ondas que apresentam propriedades semelhantes. Assim, o espectro eletromagnético é constituído por diversos comprimentos de onda, como ondas de rádio, de TV, micro-ondas, infravermelhas, de luz visível, ultravioleta, raios X e raios gama.

Os pigmentos fotossintetizantes, conhecidos como "clorofila a" e "clorofila b", têm a propriedade de absorver faixas de luz visível, apresentando melhor absorção nas faixas que vão do violeta ao azul, e na faixa do vermelho.



ID/BR

O espectro eletromagnético e as faixas de frequência.

Fonte de pesquisa: Rodrigues, F. G. F.; Brizola, A. Radiação de baixa frequência e possível influência nociva a sistemas biológicos. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, São Paulo, v. 41, n. 3, 2019. Disponível em: https://www.scielo.br/j/rbef/a/txbWVVfWv3yBjK74V4VJX6q/?lang=pt#. Acesso em: 18 set. 2024.

1. Identifique, no espectro eletromagnético, as faixas de comprimentos de onda que as clorofilas "a" e "b" absorvem melhor.

As clorofofilas "a" e "b" absorvem melhor os comprimentos de onda entre os 400 e 500 nm (violeta ao azul) e por volta de 700 nm (vermelho).

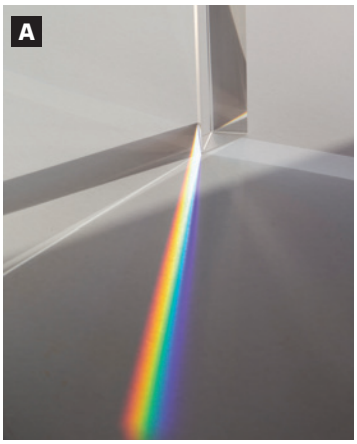
Não escreva no livro.

Interação da luz com materiais e substâncias orgânicas

Quando a luz passa de um meio com determinado índice de refração para outro meio com índice de refração diferente, ocorre um desvio na trajetória da luz, fenômeno conhecido como **refração**. Esse fenômeno pode ser visualizado em um prisma, no qual cada cor da luz é desviada em um ângulo diferente (imagem **A**). A separação ocorre porque as ondas de comprimentos diferentes sofrem desvios diferentes quando viajam de um meio para outro.

Em sua interação com a matéria, a luz pode sofrer os fenômenos da **absorção** e da **reflexão**. Na absorção, certos comprimentos de onda são absorvidos por determinada matéria, enquanto os demais são refletidos. Assim, corpos coloridos não têm cor própria – eles filtram a luz que recebem, ou seja, absorvem uma parte das cores e refletem outra parte, que é captada por nossos olhos (imagens **B**, **C** e **D**).

Quando todos os comprimentos de onda da luz são absorvidos, há ausência de luz, e quando nenhum comprimento de onda é absorvido, todos são refletidos. Por isso, um objeto de cor preta, ao ser iluminado por luz branca, absorve todas as cores incidentes, enquanto um objeto de cor branca reflete todas elas.



José Moraes/iStock/Getty Images

A luz branca incide no prisma e produz feixes de diferentes cores, cada um deles com desvios diferentes.

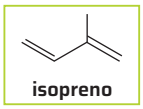
Paulo Manzi/ID/BR

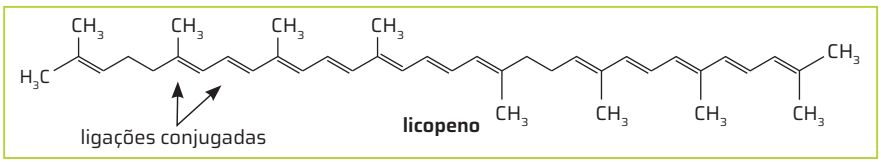
Paulo Manzi/ID/BR

Paulo Manzi/ID/BR

Carro de brinquedo iluminado por luz branca (**B**), por luz vermelha (**C**) e por luz azul (**D**). Se um objeto refletir a cor vermelha ao ser iluminado por luz branca, isso significa que ele absorveu as outras cores contidas na luz branca, exceto a vermelha. Como a cor da luz refletida determina a cor do objeto, se nesse objeto vermelho incidir a luz azul, ele será visto em preto, por causa da absorção da luz azul e da ausência de reflexão de outras cores. Se o carro for iluminado por luz vermelha, ele será visto em vermelho.

Com as substâncias orgânicas ocorre um processo semelhante, que pode ser explicado pela estrutura molecular e pelas interações entre as moléculas. Quando a luz incide sobre uma molécula orgânica que possui ligações duplas ou triplas conjugadas, seus elétrons são excitados. Quanto maior for o número de ligações conjugadas na molécula, menor será a quantidade de energia necessária para excitá-la. Lembre-se de que a energia de uma onda é proporcional à sua frequência, e, portanto, inversamente proporcional ao seu comprimento. Comprimentos de onda com a mesma energia necessária à excitação da molécula são absorvidos por ela, e o restante é refletido. Essa luz refletida é captada por nossos olhos e, dessa forma, reconhecemos a cor (ou as cores) de determinada substância. O isopreno, por exemplo, é incolor, ou seja, as moléculas que o constituem não absorvem nem refletem as cores que compõem a luz branca.





ID/BR

Fontes de pesquisa: Martins, G. B. C. *et al.* A química e as cores. *Revista Virtual de Química*, Niterói, v. 7, n. 4, p. 1508-1534, jun. 2015. Disponível em: https://rvq-sub.sbq.org.br/index.php/rvq/article/view/1152. Acesso em: 18 set. 2024; Newton, I. *Opticks*: or a treatise of the reflections, refractions, inflections and colours of light. 4. ed. London: William Innys at the Weft-End of St. Paul's, 1730. p. 106-166.

O tomate e o interior da melancia são ricos em licopeno, representado acima, o qual absorve todas as cores da luz branca, com exceção da vermelha. É por essa razão que se observa a cor vermelha nesses frutos.

DE OLHO NO CONCEITO

Ligações duplas conjugadas

São aquelas que estão localizadas em uma cadeia carbônica de forma alternada com uma ligação simples.

ROTEIRO

3. **Um grupo de estudantes realizou uma atividade experimental sobre a incidência de luz de diferentes cores em diversos objetos. Considerando a bandeira do Brasil, representada a seguir, escreva no caderno qual seria a aparência dela se fosse iluminada por luz azul.**

Viktor Cvetkovic/iStock/Getty Images

Veja resposta em *Respostas e comentários* no Manual do Professor.

A influência do espectro luminoso na fotossíntese

As clorofilas e os carotenoides são exemplos de pigmentos vegetais capazes de absorver a radiação visível e de desencadear reações fotoquímicas da fotossíntese, processo essencial ao metabolismo das plantas. Nesta atividade, você e os colegas vão responder à seguinte pergunta: Se mudas de uma mesma planta forem submetidas a diferentes comprimentos de onda luminosa, o desenvolvimento delas será igual?

Material

- 5 mudas da mesma planta em pequenos vasos (É possível usar feijoeiros com cerca de duas semanas de vida, saudáveis e bem desenvolvidos.)
- 5 caixas, suficientes para acomodar as mudas (Podem ser caixas de sapatos, embalagens diversas, etc.)
- 5 folhas de papel-celofane: uma transparente e as outras nas cores vermelha, verde, amarela e azul
- local arejado e próximo a uma fonte de luz (natural ou artificial)

Como fazer

1. Faça aberturas na parte de cima e na parte de baixo de cada uma das caixas. Cole as folhas de papel-celofane do modo como está representado na ilustração abaixo.
2. Coloque uma planta em cada caixa. A caixa deve ser virada de cabeça para baixo sobre a planta, de maneira que esta só receba a luz que atravessa o papel-celofane.

A ilustração mostra as caixas em corte imaginário, expondo os vasos em seu interior, para ilustrar como o experimento deve ser montado.

3. Coloque as caixas próximo a uma fonte de luz. Mantenha-as no mesmo nível, sobre uma mesa ou uma bancada, por exemplo, para que todas recebam a mesma quantidade de luz. Informe-se sobre a necessidade de água da planta, para regá-la adequadamente. Algumas plantas precisam de mais água que outras. A época do ano também influencia a rega: geralmente, a planta necessita de mais água em períodos quentes e secos do que nos períodos chuvosos, por exemplo. Regue as mudas de modo igual e certifique-se de que não houve troca de muda de uma caixa para outra.
4. Observe o que ocorre com cada muda após uma semana e registre os resultados no caderno.

Para concluir

3. Provavelmente, as mudas expostas às cores branca, azul e vermelha terão maior desenvolvimento. Isso se deve aos picos de absorção da clorofila e ao fato de que a luz branca contém todos os comprimentos de onda.

1 **O que você observou em cada muda, após uma semana? Os resultados foram idênticos para todas as mudas?** Provavelmente, os estudantes vão relatar que algumas plantas cresceram mais que outras.

2 **Caso tenham ocorrido diferenças no desenvolvimento das mudas, a que fator você atribui tais diferenças? Por quê?** Veja respostas em *Respostas e comentários* no Manual do Professor.

3 **Que muda(s) teve(tiveram) maior desenvolvimento? Justifique.**

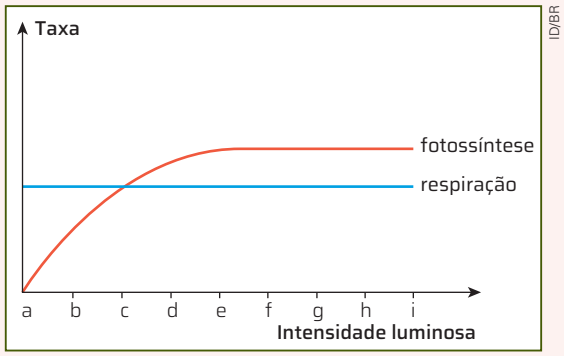
4 **O experimento teria outros resultados se as folhas das plantas fossem de outras cores? Por quê?** Provavelmente, os resultados seriam muito semelhantes, uma vez que, mesmo não sendo totalmente verdes, as folhas apresentam clorofila, que continuaria refletindo a luz verde e absorvendo pouco no comprimento de onda de luz amarela.

Não escreva no livro.

ATIVIDADES

ATIVIDADE RESOLVIDA

1 De acordo com o gráfico a seguir, a taxa de respiração da planta se altera com a variação da intensidade luminosa? Por quê?



Resolução

Não, a luz é um fator determinante para a ocorrência da fotossíntese. Mantendo a planta em ambiente com O_2 e temperatura adequada, a respiração é a mesma nas várias intensidades luminosas.

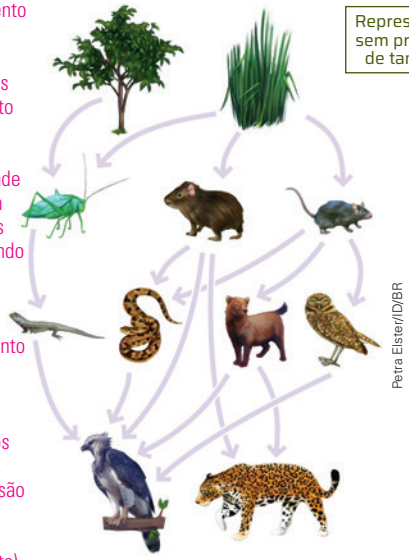
2 Considerando o gráfico anterior, indique a posição do ponto de compensação fótico dessa planta e o ponto da curva que representa condições de intensidade luminosa favoráveis para seu crescimento, a partir do acúmulo de reservas energéticas. Justifique suas respostas.

Veja resposta em *Respostas e comentários* no Manual do Professor.

3 Observe a teia alimentar a seguir, em que os decompositores não estão representados.

3. b) O desaparecimento das serpentes abrandaria a pressão sobre os preás e ratos e permitiria o aumento de sua população. Como consequência, diminuiria a quantidade de plantas que fazem parte da dieta desses herbívoros, aumentando a competição por alimento.

3. c) O desaparecimento das onças-pintadas aumentaria a população de suas presas – os preás e os cachorros-do-mato –, intensificando a pressão sobre suas fontes de alimento (plantas e ratos, respectivamente).



Representação em cores-fantasia.

3. a) Veja resposta em *Respostas e comentários* no Manual do Professor.

Considere todas as relações da teia e explique quais seriam as consequências da diminuição das populações dos seguintes seres vivos:

3. d) Veja resposta em *Respostas e comentários* no Manual do Professor.

a) rato;
b) serpente;
c) onça-pintada;
d) capim.

6. a) A germinação das sementes foi influenciada principalmente pela luz, uma vez que nenhuma semente mantida no escuro germinou.

4 O que acontece com o fluxo de energia e o fluxo de matéria quando atravessam a cadeia alimentar? Qual é a diferença entre os dois?

Veja respostas em *Respostas e comentários* no Manual do Professor.

5 Em uma cadeia alimentar hipotética, a energia utilizada e a energia perdida em cada nível trófico, a partir do produtor, correspondem a aproximadamente 90% da energia recebida, restando apenas 10% para o nível trófico seguinte. Reproduza o quadro a seguir no caderno e, com base nas informações anteriores, complete-o com a quantidade de energia para cada nível trófico da cadeia.

Níveis tróficos	Energia (kcal/g)	
Vegetação (produtor)	50	
Inseto herbívoro (consumidor primário)	//////////////////// ////////////////////	5
Roedor insetívoro (consumidor secundário)	//////////////////// ////////////////////	0,5
Serpente (consumidor terciário)	////////////////////	0,05

6 O quadro a seguir mostra os resultados de um experimento realizado com sementes de alface.

Temperatura	Luz	Escuridão
Sementes mantidas a 15 °C	Muitas sementes germinam	Nenhuma semente germina
Sementes mantidas a 25 °C	Muitas sementes germinam	Nenhuma semente germina
Sementes mantidas a 35 °C	Nenhuma semente germina	Nenhuma semente germina

Com base nas informações apresentadas, responda às questões a seguir.

a) Há alguma condição desfavorável à germinação da semente? Explique.

b) Que condições parecem ser ideais para a germinação de sementes de alface?

A presença de luminosidade e temperaturas entre 15 °C e 25 °C.

7 Faça uma pesquisa na internet, em livros ou em revistas especializadas, e selecione exemplos de bioindicadores, caracterizando seu papel e sua importância nos estudos ambientais.

Veja resposta em *Respostas e comentários* no Manual do Professor.

8 Em um experimento, uma planta foi colocada dentro de uma caixa de madeira com uma lâmpada vermelha. Na parte de cima da caixa, foi feito um pequeno orifício para observar a planta. Quando a lâmpada for acesa, qual será a cor das folhas dessa planta vista pelo orifício?

8. Como a clorofila absorve os comprimentos de onda correspondentes à cor vermelha (e à cor azul) e reflete os comprimentos de onda da cor verde, as folhas da planta iluminada apenas com a luz vermelha serão vistas na cor preta, pois todos os raios foram absorvidos e não ocorreu a reflexão.

Não escreva no livro.

1. Fatores como temperatura, luz, disponibilidade de nutrientes e de dióxido de carbono, entre outros, podem determinar o aumento da taxa fotossintética e, consequentemente, o aumento da produtividade de um ecossistema.

RELAÇÕES ECOLÓGICAS E DINÂMICA DE POPULAÇÕES

2. Veja respostas em *Respostas e comentários* no Manual do Professor.
3. Veja resposta em *Respostas e comentários* no Manual do Professor.

PARA COMEÇAR

1. Quais fatores podem determinar o aumento da produtividade de um ecossistema?
2. A retirada de algum ser vivo de um ecossistema pode afetar a sobrevivência dos outros? A inserção de novos seres no ambiente afeta a sobrevivência dos demais? Comente.
3. Em sua opinião, como a Matemática pode contribuir para o estudo da Ecologia?

INTRODUÇÃO ÀS RELAÇÕES ECOLÓGICAS

Em uma comunidade ecológica, os indivíduos de uma espécie interagem entre si e com os membros de outras espécies. Essas interações, denominadas **relações ecológicas**, ocorrem devido às atividades que os organismos realizam para obter recursos necessários à sua sobrevivência e reprodução.

As relações ecológicas podem ocorrer entre indivíduos da mesma espécie, denominadas relações **intraespecíficas**, ou entre indivíduos de espécies diferentes, nas **relações interespecíficas**. Na natureza, um mesmo indivíduo mantém relações tanto intraespecíficas como interespecíficas.

Conforme as características próprias da espécie e do nicho ecológico que ela ocupa, os recursos necessários à sobrevivência podem variar bastante, incluindo desde água, alimento e abrigo até condições específicas de luz, temperatura e umidade, disponibilidade de material para a construção de ninhos, condições necessárias para o acasalamento, entre outros recursos.

Assim, os ecossistemas são unidades dinâmicas que passam por modificações ao longo do tempo, impulsionados pelas várias relações entre todos os elementos que os compõem. As populações de seres vivos também se alteram à medida que o ecossistema se modifica.

Neste capítulo, você vai estudar a diversidade de relações ecológicas, ou seja, de interações que ocorrem entre dois ou mais organismos e que possibilitam que eles se alimentem, encontrem abrigo, se acasalem, cuidem da prole, etc. Também vai aprender como as populações se comportam ao longo do tempo e como elas se relacionam entre si e com os elementos abióticos do ecossistema.

Os caranguejos-ermitões transportam anêmonas sobre suas conchas, o que aumenta a proteção, uma vez que as anêmonas têm tentáculos urticantes que impedem a aproximação de predadores. A anêmona, por sua vez, ganha deslocamento, de carona com o caranguejo, e aproveita as sobras de seus alimentos.

Thierry Eidenweil/Shutterstock.com/ID/BR

comprimento do caranguejo-ermitão: cerca de 10 cm

Não escreva no livro.

RELAÇÕES INTRAESPECÍFICAS

As relações intraespecíficas são muito variadas e se diferenciam conforme as características da espécie, podendo ser benéficas, prejudiciais ou até mesmo neutras para todos os envolvidos ou para algum deles. Quando trazem algum benefício ou não há dano nem prejuízo, elas são chamadas **relações harmônicas**. Quando há algum tipo de desvantagem na relação, elas são chamadas **relações desarmônicas**.

Existem dois grupos principais de relações intraespecíficas: as de **cooperação** e as de **competição**.

Relações intraespecíficas de cooperação

Em várias situações, os indivíduos de uma mesma espécie se relacionam de forma a proporcionar benefícios para todos os envolvidos na relação. Esse comportamento cooperativo pode ter diferentes funções, como aumentar a proteção, economizar energia e otimizar a obtenção de alimento ou o cuidado com a prole.

Colônias

A **colônia** é um tipo de organização na qual os indivíduos de uma mesma espécie vivem intimamente ligados entre si, beneficiando-se mutuamente. Um exemplo são os corais, que podem abrigar milhões de indivíduos em um mesmo esqueleto calcário (imagem **A**), como ocorre na Grande Barreira de Coral australiana.

A dependência e a especialização entre os indivíduos nas colônias podem ser tão grandes, que eles chegam a dar a impressão de serem órgãos complementares de um único organismo. Exemplo extremo de colônia é a caravela-portuguesa (*Physalia physalis*), um cnidário marinho muitas vezes identificado erroneamente como água-viva (imagem **B**). Esse ser, aparentemente um único organismo, na verdade é composto de vários indivíduos chamados zooides ou pólipos, cada um deles desempenhando uma função diferente para a colônia.

Michael_ARD/Shutterstock.com/ID/BR

Os corais são colônias formadas por indivíduos chamados pólipos. Cada pólipo mede cerca de 3 mm a 55 mm de diâmetro, dependendo da espécie.

Vitor Marigo/Shutterstock.com/ID/BR

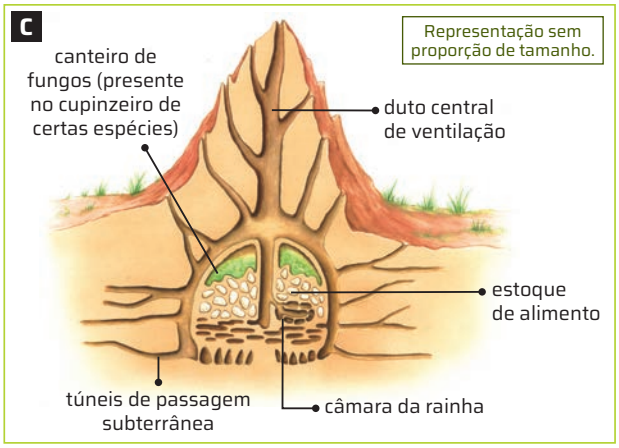
Exemplar de uma colônia de caravela-portuguesa (*Physalia physalis*). Nela, os pólipos responsáveis pela reprodução, por exemplo, são incapazes de obter alimentos e dependem da colônia para se manterem vivos.

Sociedades

A **sociedade** é um tipo de organização entre indivíduos da mesma espécie caracterizado pela cooperação, que ocorre por algum grau de divisão de trabalho e pela comunicação entre seus membros. Esses indivíduos, diferentemente do que ocorre nas colônias, são fisicamente independentes, apesar de compartilharem um mesmo território.

O grau e a forma de organização das sociedades são muito variáveis entre as espécies. Os leões, considerados os mais sociais entre os felinos, vivem em grupos compostos, geralmente, de um a seis machos e de quatro a doze fêmeas adultas com seus filhotes. Cada grupo mantém seu território e o defende da invasão por machos de outros grupos, atividade executada predominantemente pelos machos, por meio da demarcação com urina e do patrulhamento das fronteiras. A extensão territorial varia conforme a disponibilidade de presas, e a caça é feita, geralmente, pelas fêmeas do grupo.

Entre os insetos, algumas espécies constituem sociedades chamadas **eussociais**. As abelhas, as vespas, os cupins (imagem **C**) e as formigas se organizam em sociedades com clara hierarquia e divisão de trabalho entre os indivíduos, formando grupos especializados, denominados **castas** ou classes sociais. A especialização dos indivíduos é tanta que permite identificar adaptações na estrutura do corpo de cada um de acordo com a função desempenhada na sociedade. Além disso, nenhum indivíduo dessas espécies pode sobreviver fora do grupo social em que foi criado. Assim, a formiga de um formigueiro, por exemplo, não pode se mudar para outro.



Jurandir Ribeiro/ID/BR

Representação esquemática do interior de um cupinzeiro. Os cupinzeiros têm câmaras destinadas a diferentes funções, desempenhadas por castas como operárias e soldados. Cores-fantasia.

1. Resposta pessoal. Ao discutir a relação de competição, comente sobre as situações em que a população cresce demasiadamente e há falta de recursos essenciais, como espaço, alimento e água. Apesar de ser um caso incomum, indivíduos da mesma espécie podem ter relações de predação em algumas condições. Tais relações de predação intraespecíficas recebem o nome de canibalismo, que pode fazer parte do comportamento sexual de algumas espécies.

Relações intraespecíficas de competição

Feromônios

Nas sociedades de insetos, a comunicação entre os indivíduos é feita mediante compostos químicos, os **feromônios**, produzidos por glândulas especializadas. Quando excretadas, essas substâncias provocam reações fisiológicas e/ou comportamentais em outros indivíduos da mesma espécie.

Existem feromônios com diferentes funções, como demarcação de território, atração sexual, alarme e localização de alimento. Por exemplo, nas sociedades das formigas conhecidas como saúvas (espécies do gênero *Atta*), a trilha química de feromônio no chão marca o caminho de volta ao formigueiro. Nas sociedades das abelhas, as operárias são estéreis devido à ação de feromônios presentes nas secreções da rainha, que inibem o desenvolvimento de suas gônadas.

Indivíduos da mesma espécie ocupam o mesmo nicho ecológico e necessitam dos mesmos recursos, como água, alimentos, parceiros para reprodução, espaço, luz, materiais para a construção de ninhos, etc. A **competição intraespecífica** ocorre quando um ou mais desses recursos não são suficientes para atender às necessidades de todos os indivíduos da mesma espécie que convivem em um mesmo local. Nesse caso, os indivíduos passam a disputar os recursos disponíveis.

Esse tipo de competição pode ocorrer de duas formas: direta e indireta. A forma direta acontece em lutas, agressões e outros comportamentos pouco amistosos, comumente observados entre indivíduos de certas espécies animais (imagem **A**), ou com a produção de substâncias químicas que inibem o crescimento de outros indivíduos, como se observa em algumas espécies de plantas e em moluscos que habitam costões rochosos. A maior parte das disputas por parceiros sexuais entre animais também envolve a forma direta de competição intraespecífica.

Paco Como/Shutterstock.com/ID/BR

Exemplo de competição intraespecífica. As disputas sexuais podem ser violentas, como as dos antílopes da espécie *Antidorcas marsupialis*, mas raramente levam à morte.

CSNatfzger/Shutterstock.com/ID/BR

Anêmona marinha *Anthopleura elegantissima*.

A forma indireta, em geral menos evidente, ocorre quando um indivíduo consome um recurso de tal forma que acaba por torná-lo indisponível para os outros. Por exemplo, uma espécie de planta que necessita de luz intensa e, ao crescer, produz sombra ao seu redor compete com as mais jovens pela luminosidade e inibe o desenvolvimento delas. Entre os animais, em condições de escassez, um indivíduo mais ativo pode encontrar fontes de alimento com mais facilidade e deixar seus semelhantes à míngua.

A competição intraespecífica também pode apresentar conformações bastante complexas, como é o caso da anêmona *Anthopleura elegantissima* (imagem **B**), comumente encontrada no litoral da costa oeste da América do Norte. Essa anêmona vive na faixa dos costões rochosos exposta aos efeitos da maré e está bem adaptada ao impacto das ondas, à ausência da água na baixa da maré e à vida submersa na maré cheia. Ela pode viver solitariamente ou manter uma relação de cooperação intraespecífica, agregada a centenas de outras iguais a ela, que formam "tapetes" de anêmonas sobre as rochas.

Os "retalhos" desse tapete são clones resultantes de uma única anêmona, pois, apesar de ser uma espécie bissexuada, com machos e fêmeas, a *Anthopleura elegantissima* se reproduz assexuadamente quando o hábitat é favorável a isso. Assim, todos os indivíduos de um "tapete" apresentam o mesmo material genético e, mesmo sendo móveis, permanecem próximos uns dos outros.

No entanto, quando uma anêmona se aproxima e encosta seus tentáculos nos de outra da mesma espécie, mas geneticamente diferente, inicia-se uma série de comportamentos de defesa e ataque de ambas as partes. Nessa situação, as anêmonas em luta disparam nematocistos, estruturas que têm substâncias tóxicas. A competição só termina quando um dos indivíduos finalmente se afasta.

ROTEIRO

1. Explique com suas palavras o significado desta afirmação: A competição é uma relação que se estabelece entre organismos que demandam um mesmo recurso limitado.

Não escreva no livro.

RELAÇÕES INTERESPECÍFICAS

Como nas relações intraespecíficas, as relações ecológicas entre indivíduos de espécies diferentes também podem ser benéficas, prejudiciais ou neutras para todos os envolvidos ou para algum deles. Entre as relações benéficas ou neutras, estão a **protocooperação**, o **comensalismo**, o **mutualismo** e o **inquilinismo**. O **parasitismo**, a **predação** e a **competição** prejudicam ao menos um dos indivíduos da relação.

Protocooperação

A **protocooperação** é uma relação de cooperação entre duas espécies que se associam, gerando benefícios para todos os indivíduos envolvidos. Essa associação, no entanto, não é obrigatória, pois os indivíduos das duas espécies podem viver isoladamente.

Um exemplo clássico de protocooperação, já visto no início deste capítulo, é a relação que os caranguejos-ermitões mantêm com algumas espécies de anêmona. É comum encontrar esses caranguejos dentro de conchas de moluscos, onde se abrigam. Muitas vezes, sobre a concha ocupada pelo caranguejo se encontram algumas anêmonas. Por trás da aparência bizarra desse conjunto, há benefícios para os caranguejos, pois as anêmonas possuem tentáculos urticantes, que impedem a aproximação de predadores. As anêmonas, por sua vez, aumentam sua mobilidade, utilizando os caranguejos como meio de transporte, e também aproveitam as sobras de seus alimentos.

Nos pastos, nas savanas e em ambientes onde há corpos d'água, é comum observar a presença de aves pousadas no dorso de bois, búfalos e capivaras, alimentando-se de carrapatos aderidos à pele desses animais (imagem **A**). Nessa protocooperação, os mamíferos ficam livres do incômodo dos parasitas, e as aves, por sua vez, alimentam-se dos carrapatos.

Rita Barreto/Fotoarena

A capivara (*Hydrochoerus hydrochaeris*) relaciona-se com o gavião-carrapateiro (*Milvago chimachima*), ave que se alimenta de carrapatos e livra o mamífero desses parasitas, o que caracteriza uma relação de protocooperação.

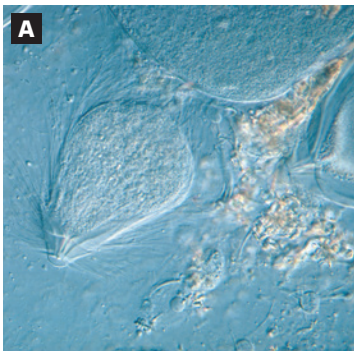
Comensalismo

Nessa relação ecológica, uma das espécies é beneficiada por obter recursos alimentares de outra espécie, para a qual a relação é neutra. Os urubus, por exemplo, se alimentam de restos de comida descartados pelo ser humano em lixões; as hienas aproveitam a carniça remanescente da caça de leões; as cracas aderem ao corpo de algumas baleias e, assim, se deslocam e aumentam sua capacidade de filtrar alimento.

Rêmoras são peixes que têm a nadadeira dorsal modificada em uma ventosa, com a qual se prendem ao corpo de animais como tartarugas marinhas (imagem **B**) e tubarões. O tubarão, por exemplo, não se incomoda com essa "carona" e transporta a rêmora consigo. Quando ele captura e devora uma presa, a rêmora se alimenta dos restos da presa capturada.

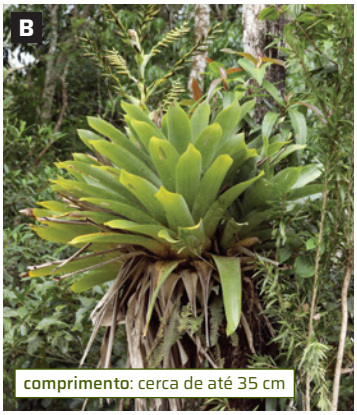
David Keep/Shutterstock.com/ID/BR

A rêmora (*Echeneis* sp.) "pega carona" no ventre da tartaruga marinha (*Chelonia mydas*) e pode se alimentar dos restos de suas presas.



Michael Abbey/Science Source/Fotoarena

Protozoário do gênero *Trichonympha*, que habita o sistema digestório de certas espécies de cupim. Foto ao microscópio de luz; aumento de cerca de 220 vezes.



Fabio Colombini/Acervo do fotógrafo

As epífitas, como a bromélia, beneficiam-se do inquilinismo para obter luz solar, especialmente em matas fechadas, como a Mata Atlântica.

Mutualismo

O **mutualismo** é uma relação de cooperação na qual duas espécies obtêm benefícios de uma associação tão interdependente que uma não pode sobreviver sem a presença da outra.

A capacidade da digestão de celulose pelos cupins, por exemplo, resulta de uma relação de mutualismo desses insetos com certas espécies de protozoários (imagem **A**). Os protozoários que vivem no interior do intestino dos cupins digerem a celulose da madeira ingerida por estes. Os cupins, que não são capazes de digerir a celulose, se beneficiam dessa relação, ao aproveitar os produtos da digestão da celulose. Por outro lado, eles atuam como fonte de nutrição e proteção para esses protozoários, que só sobrevivem em seu interior.

Inquilinismo

O **inquilinismo** ocorre quando um organismo de uma espécie vive sobre o organismo de outra espécie ou em seu interior, porém sem prejudicá-la. Assim, a relação oferece benefícios para o inquilino, que obtém, por exemplo, abrigo e proteção, mas é indiferente para o hospedeiro.

Os exemplos mais tradicionais são as plantas epífitas (do grego *epi*, "em cima", e *phyto*, "planta"), como as orquídeas e as bromélias (imagem **B**). Essas plantas se fixam nos troncos e ramos das árvores e assim obtêm maior acesso à luz solar, necessária para sua sobrevivência, sem causar prejuízos à árvore.

Parasitismo

O **parasitismo** é uma relação em que uma espécie, o **parasita**, utiliza o organismo de outra, o **hospedeiro**, como fonte de alimento (e muitas vezes também como hábitat), necessariamente lhe causando prejuízos. Em geral, os prejuízos causados pelo parasita não chegam a debilitar o hospedeiro de forma significativa e dificilmente ocasionam sua morte. Essa relação envolve grande especialização de ambas as partes. O hospedeiro se especializa em se proteger dos danos causados pelo parasita, enquanto este se especializa em evitar essas reações de defesa, sendo possível, assim, obter os recursos de que necessita sem eliminar o hospedeiro.

Diversos parasitas usam um terceiro organismo, que funciona como **vetor** de dispersão entre um hospedeiro e outro. Geralmente, o vetor não é afetado pelo parasita, funcionando apenas como agente contaminador. É por isso que muitas campanhas de combate a doenças parasitárias visam à eliminação do vetor, como ocorre no caso da dengue.

Espécies parasitas ocorrem entre vírus, bactérias, protozoários, fungos, vegetais e animais. Parasitas que vivem na superfície externa de seus hospedeiros, como os carrapatos (imagem **C**), são denominados **ectoparasitas**. Os parasitas que vivem dentro de seus hospedeiros, como é o caso da tênia (imagem **D**), são denominados **endoparasitas**.

2. Uma possibilidade é organizar os estudantes em grupos e atribuir o mesmo conjunto de imagens a cada grupo. Após o período estipulado por você, um estudante de cada grupo deve apresentar uma explicação sobre os seres vivos envolvidos, como esses seres vivos vivem e que tipo de relação cada imagem retrata.

ROTEIRO

2. Pesquise, em *sites* confiáveis, imagens que ilustrem as relações de mutualismo indicadas a seguir e crie legendas explicativas para cada uma delas.

a) Micorrizas

b) Liquens

Fabio Colombini/Acervo do fotógrafo

Carrapatos-estrela (*Amblyomma cajennense*) entre os pelos de um cão.

Museu de História Natural de Londres, Reino Unido. Fotografia: SPL/Fotoarena

A tênia (*Taenia saginata*) é um parasita que pertence ao grupo dos platelmintos. Também conhecida como solitária, ela parasita o intestino delgado dos seres humanos.

Não escreva no livro.

Predação

A **predação interespecífica** é a relação em que o indivíduo de uma espécie mata um indivíduo de outra espécie para se alimentar. Em geral, o conceito de predação está associado aos grandes predadores, ou seja, àqueles animais que estão no topo das cadeias alimentares, como os leões, as onças, os ursos, os tigres e o ser humano. Mas há uma ampla gama de organismos **predadores** e nem todos são de grande porte. Alguns não ocupam o topo das cadeias alimentares, como os herbívoros, outros nem mesmo são animais.

As plantas carnívoras são um exemplo de predação entre os vegetais. Essas plantas complementam a nutrição com materiais obtidos pela digestão e decomposição de pequenos insetos e animais, capturados por elas em folhas modificadas (imagens **A** e **B**). Dessa forma, elas sobrevivem em solos encharcados e pobres em nutrientes.

Claude Nuridsany & Marie Perennou/SPL/Fotoarena

ThePatt/iStock/Getty Images

As plantas carnívoras apresentam diferentes mecanismos de captura de presas. (**A**) Folhas modificadas da *Nephentes madagascariensis* permanecem parcialmente cheias de líquido e atraem os insetos, que morrem afogados em seu interior. (**B**) Dotadas de um mecanismo semelhante a uma armadilha, as folhas adaptadas da *Dionaea muscipula*, conhecida como papa-moscas, são sensibilizadas pelo toque do inseto e se fecham rapidamente, aprisionando-o.

São outros exemplos de predadores: tamanduás, que se alimentam de formigas e cupins (imagem **C**); sapos, que capturam insetos; gaviões comedores de serpentes; e joaninhas, que comem pulgões (imagem **D**).

Alguns predadores forrageiam, isto é, movimentam-se pelo ambiente em busca de **presas**. Outros utilizam a estratégia da espera, e há ainda aqueles que preparam armadilhas, como as aranhas que tecem teias para capturar insetos.

Na **herbivoria** um animal se alimenta de um ser produtor (como plantas e algas). A relação de herbivoria inclui tanto os animais herbívoros quanto os onívoros. Nela, o animal se beneficia em detrimento do produtor. É uma relação de extrema importância, pois os produtores são a base da cadeia alimentar e fornecem a matéria e a energia necessárias à existência dos demais níveis tróficos em todos os ecossistemas.

Entre os herbívoros, encontram-se desde animais que, como os cupins, pesam menos de um grama, até elefantes, que podem ter mais de 5 mil quilos. Nos oceanos e nos corpos de água doce, o fitoplâncton e as algas são os principais representantes de produtores. Eles servem de alimento tanto para pequenos crustáceos como para grandes peixes e mamíferos herbívoros (imagem **E**) e onívoros.

Murilo Mazzo/Shutterstock.com/ID/BR

Tamanduá-bandeira (*Myrmecophaga tridactyla)* comendo formigas.

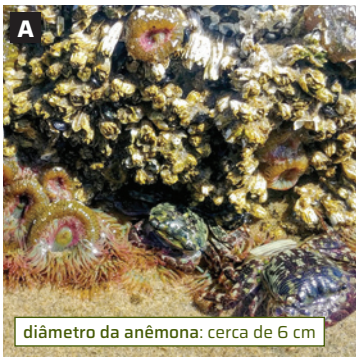
Szabadi Jeno Tibor/Shutterstock.com/ID/BR

Joaninha (*Coccinella septempunctata*) se alimentando de pulgões (*Aphis spiraecola*).

Nick Gordon/Ardea Picture Library/Mary Evans/Imageplus

O peixe-boi da Amazônia (*Trichechus inunguis*) é uma das poucas espécies herbívoras entre os mamíferos aquáticos. Ele se alimenta exclusivamente de plantas flutuantes ou daquelas próximas à margem dos rios.

3. Resposta pessoal. Incentive os estudantes a analisar as diversas formas de interação do ser humano, entre si e com as demais espécies, bem como as condições ambientais favoráveis e os fatores limitantes a elas, para que eles possam avaliar se essas relações podem ser consideradas vantajosas ou desvantajosas aos seres nelas envolvidos.



Lynsey Maudlin/Shutterstock.com/ID/BR

Anêmonas, moluscos e crustáceos habitam costões rochosos, competindo por espaço nesse hábitat.

Competição

As razões que levam à **competição interespecífica** são praticamente as mesmas apresentadas no tópico referente à competição intraespecífica. A competição interespecífica ocorre quando duas ou mais espécies diferentes ocupam o mesmo nicho ecológico ou quando ocorre a sobreposição parcial do nicho e elas dependem de alguns recursos comuns, como alimento, espaço, luminosidade, entre outros, disputando-os entre si. Ela também pode se dar de forma direta ou indireta.

As situações de competição interespecífica são muito variadas e frequentes. Indivíduos de espécies diferentes que se alimentam de capim, como a cigarrinha e o gado bovino, e diferentes espécies de insetos e de beija-flores que se alimentam do néctar de flores da mesma espécie de plantas competem por alimento. Anêmonas, algas e crustáceos que habitam costões rochosos marinhos competem por espaço (imagem **A**), assim como muitas espécies de plantas de uma floresta competem por luz.

Há situações, no entanto, em que a competição se acirra, especialmente quando os recursos são limitados e a sobreposição de nichos ecológicos entre as espécies competidoras é grande. Nesse caso, a espécie que utiliza o recurso de forma mais eficiente acaba excluindo a outra ou levando-a a explorar outros recursos ou ambientes. Assim, diz-se que duas espécies que ocupam nichos muito semelhantes só podem coexistir quando ocorrer a especialização do nicho ecológico de uma ou de ambas, de forma que deixem de disputar os mesmos recursos.

ROTEIRO

3. Em sua opinião, o ser humano estabelece relação de competição com outras espécies? Justifique.

CIÊNCIA SE DISCUTE

Atividades humanas afetam interações entre plantas e aves dispersoras de sementes

Nas últimas décadas, pesquisas têm mostrado como a perda de florestas tem impacto direto na diminuição do número de espécies. Agora, um grupo liderado por pesquisadores da Universidade Estadual Paulista (Unesp) demonstra que mudanças na paisagem causadas pelo desmatamento, perda de área e fragmentação florestal resultam não apenas na diminuição de espécies, mas também de suas interações ecológicas. [...]

"Em ecologia, sabemos muito sobre a relação espécie-área, mas pouco ou quase nada sobre a relação interações-área. Neste estudo, utilizamos redes ecológicas para desvendar como interações de dispersão de sementes respondem à perda de área e à fragmentação da paisagem. Conforme os fragmentos florestais ficam menores, perdemos interações ecológicas importantes para o funcionamento das florestas e manutenção da biodiversidade", disse Carine Emer, primeira autora do artigo [...].

[...] Para este trabalho, os pesquisadores compilaram dados de 16 estudos, cada um sobre um fragmento florestal diferente de Mata Atlântica, formando um gradiente de perturbação humana inferido pelo tamanho da área remanescente de cada fragmento. Foram cruzadas informações como número de espécies de aves, de plantas e de interações entre esses organismos. Os pesquisadores concluíram que, quanto menor o fragmento florestal, menor é o número de espécies e de interações que ali conseguem persistir. No estudo, a interação considerada foi a dispersão de sementes por aves frugívoras, essencial para a constante regeneração da floresta.

[...]

"Primeiramente, desaparecem as aves maiores, essenciais para dispersar espécies de plantas com sementes grandes. A perda, portanto, não é só numérica, mas também funcional, influenciando diretamente o processo de regeneração florestal. A médio-longo prazo, plantas com sementes grandes que perderam seus principais dispersores tendem a desaparecer da paisagem, ficando restritas a áreas maiores e bem preservadas. A floresta fragmentada torna-se mais pobre numérica e funcionalmente, onde persistem apenas espécies de aves pequenas cujo papel funcional é dispersar espécies de plantas com sementes pequenas; ou seja, perdemos a função ecológica de dispersão de sementes grandes, que pode alterar para sempre nossas florestas", disse a pesquisadora. [...]

Além de espécies maiores, a fragmentação prejudica as chamadas interações específicas. Assim, uma planta dispersada por apenas uma ou poucas espécies de ave, por exemplo, corre mais risco de extinção do que outra cujos frutos são comidos por várias aves diferentes. [...]

Julião, A. Atividades humanas afetam interações entre plantas e aves dispersoras de sementes. *Agência Fapesp, [s. l.]*, 15 abr. 2020. Disponível em: https://agencia.fapesp.br/atividades-humanas-afetam-interacoes-entre-plantas-e-aves-dispersoras-de-sementes/32963. Acesso em: 18 set. 2024.

1. Qual foi o objetivo do estudo e a metodologia utilizada? Veja resposta em *Respostas e comentários* no Manual do Professor.

2. A fragmentação é um dos principais problemas ambientais que enfrentamos. Em que medida as relações ecológicas estão conectadas a esse problema ambiental? Espera-se que os estudantes reconheçam no texto a indicação da perda de interações ecológicas como uma das consequências importantes da fragmentação de florestas, o que está diretamente relacionado à perda de biodiversidade.

Não escreva no livro.

CIÊNCIA, TECNOLOGIA, SOCIEDADE E AMBIENTE

USO DA BACTÉRIA WOLBACHIA NO COMBATE À DENGUE

Conheça uma tecnologia que tem sido incorporada como política pública para controlar surtos ou epidemias de certas **arboviroses** em municípios brasileiros.

arbovirose: doença viral transmitida por meio de artrópodes.

Seis municípios devem receber em julho [de 2024] as primeiras solturas de mosquitos *Aedes aegypti* infectados com a bactéria *Wolbachia* [Uberlândia (MG), Londrina e Foz do Iguaçu (PR); Presidente Prudente (SP); Joinville (SC) e Natal (RN)]. [...]. Segundo o Ministério da Saúde, o Brasil é o primeiro país a incorporar a tecnologia como política pública para reduzir os casos de dengue a médio e longo prazo.

O chamado método Wolbachia consiste em inserir a bactéria em ovos do mosquito em laboratório e criar *Aedes aegypti* que portam o microrganismo. Infectados, eles não são capazes de carregar os vírus que causam dengue, zika, chikungunya ou febre amarela e, quando se reproduzem, os mosquitos passam a bactéria para outros, fazendo com que menos insetos possam transmitir doenças para os seres humanos.

Antes da soltura dos mosquitos, há uma etapa de engajamento comunitário, pois, inicialmente, a comunidade tem a percepção de que o número de mosquitos aumentou na região. "Além disso, onde se solta o mosquito, não se pode aplicar inseticida, porque o método se baseia na mudança de população, substituindo mosquitos que [não] têm a *Wolbachia* por aqueles que [...] têm", explica a secretária de Vigilância em Saúde e Ambiente do Ministério da Saúde, Ethel Maciel.

Segundo Ethel, há uma série de critérios que precisam ser observados para que o município receba essa estratégia, principalmente a pouca variação de temperatura durante o dia, porque isso prejudica a adaptação do mosquito com a *Wolbachia*.

De acordo com a secretária, a estratégia tem se mostrado bastante efetiva. Um exemplo é a cidade de Niterói, no estado do Rio, a primeira a receber o projeto na etapa de pesquisa, em 2014, que teve redução de 69,4% dos casos de dengue, 56,3% nos de chikungunya e 37% nos de zika. "Lá, o número de casos é bem inferior ao dos municípios vizinhos, mostrando que a médio e longo prazo a estratégia pode ser muito importante", disse a secretária, em entrevista nesta terça-feira (30).

[...]

Ontem (29), o Ministério da Saúde e o governo de Minas Gerais inauguraram a Biofábrica Wolbachia, em Belo Horizonte. A unidade, administrada pela Fundação Oswaldo Cruz (Fiocruz), vai permitir ao Brasil ampliar sua capacidade de produção de uma das principais tecnologias no combate à dengue e outras arboviroses.

Craide, S. Brasil vai ampliar uso da bactéria wolbachia no combate à dengue. *Agência Brasil*, Brasília (DF), 30 abr. 2024. Disponível em: https://agenciabrasil.ebc.com.br/saude/noticia/2024-04/brasil-vai-ampliar-uso-da-bacteria-wolbachia-no-combate-dengue. Acesso em: 18 set. 2024.

Chico Ferreira/Pulsar Imagens

Agente de saúde libera no ar mosquitos *Aedes aegypti* com a bactéria *Wolbachia*, no município do Rio de Janeiro (RJ). Foto de 2024.

PARA EXPLORAR

Assista

World Mosquito Program Brasil. Fiocruz e Ministério da Saúde.

O vídeo "Entenda o Método *Wolbachia*" explica como esse método foi desenvolvido e como tem sido implementado em cidades de diversos países.

Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=dy5x9kPAuqE. Acesso em: 18 set. 2024.

Para discutir

1. Várias bactérias simbiontes conferem benefícios para os organismos ao qual infectam. De acordo com os dados do estudo, é o que ocorre entre a *Wolbachia* e o *Aedes aegytpi*, uma vez que essa bactéria pode mediar uma proteção antiviral para seu hospedeiro. A protocooperação é uma relação de cooperação entre duas espécies que se associam, não obrigatória, gerando benefícios para os indivíduos envolvidos.

1 **Estudos recentes relatam que, quando a *Wolbachia* estabelece uma relação com o *Aedes aegypti*, ela é capaz de oferecer uma proteção antiviral para seu hospedeiro. De acordo com esses dados, como você classificaria a relação ecológica entre a *Wolbachia* e o *Aedes aegypti*?**

2 **Quais são as limitações na implementação dessa tecnologia?**

3 **Discuta com os colegas outras ações e políticas públicas de combate à dengue que também devem ser estimuladas e implementadas no bairro em que vocês vivem. De que forma isso pode ser feito?**

2. Durante a soltura dos mosquitos com *Wolbachia*, não se deve aplicar inseticidas e também não pode haver muita variação de temperatura durante o dia.

3. Respostas variáveis. Uma vez que o método de introdução da *Wolbachia* não elimina a população de mosquitos, medidas de combate ao vetor devem ser incentivadas, tais como evitar água parada, limpar calhas e higienizar bebedouros, amarrar bem os sacos de lixo, montar armadilhas para mosquitos, usar repelentes, telas de proteção e mosquiteiros, entre muitas outras. Os estudantes podem propor campanhas comunitárias e inspeções de agentes de saúde nas residências e no entorno delas, por exemplo.

Não escreva no livro.

Andre Dib/Pulsar Imagens

Ninhal de aves cabeças-secas (*Mycteria americana*), que integra a população dessa espécie na região do Pantanal mato-grossense.

DINÂMICA DE POPULAÇÕES

A **dinâmica de populações** é o estudo da variação do número de indivíduos de uma ou mais populações de um ecossistema ao longo do tempo. Ela se baseia em estudos experimentais e de campo e usa modelos matemáticos e estatísticos para explicar e prever as variações no tamanho das populações do ecossistema. Vale lembrar que, do ponto de vista biológico, população é um conjunto de indivíduos de uma mesma espécie que ocupam um território comum e que são capazes de se reproduzir entre si (imagem **A**).

Em um ecossistema, as várias populações podem estar estáveis, aumentar ou diminuir. Algumas podem estar em processo de extinção e outras podem ter sido recém-introduzidas. Para verificar como o tamanho das populações varia no ecossistema ao longo do tempo, os ecólogos analisam diversas variáveis populacionais. As mais importantes, apresentadas a seguir, são: densidade populacional, distribuição espacial e taxas de crescimento, de natalidade e de mortalidade.

Densidade populacional e distribuição espacial

A **densidade populacional** é definida como o número de indivíduos da mesma espécie por unidade de área ou de volume. Geralmente, a unidade de área é utilizada para calcular a densidade de populações terrestres, enquanto o volume é comumente usado no estudo das populações aquáticas. Sua expressão matemática está escrita a seguir.

$$\text{densidade populacional} = \frac{\text{número de indivíduos de uma espécie}}{\text{área ou volume}}$$

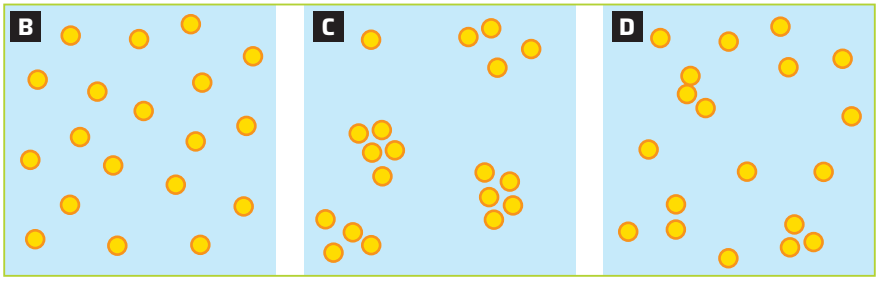
A densidade, no entanto, não é suficiente para descrever a ocupação de uma área por uma população. Para isso, é necessário conhecer também como os indivíduos que a constituem se distribuem no espaço, ou seja, sua **distribuição espacial**. Basicamente, existem três padrões de distribuição espacial das populações: homogênea, agregada e aleatória (imagens **B**, **C** e **D**). O padrão de distribuição de uma população em um ecossistema fornece informações sobre as interações entre os indivíduos que a compõem e sobre as características ambientais.

ROTEIRO

4. **Em uma prova de Biologia, a primeira questão pedia aos estudantes o conceito de população biológica. Um deles escreveu a seguinte resposta: "População biológica é o conjunto dos seres vivos que compõem o ecossistema e que interagem entre si e com vários fatores abióticos".**

Comente essa frase, apontando, se necessário, possíveis equívocos.

Os seres vivos presentes em um ecossistema formam uma comunidade e não uma população. A comunidade, por sua vez, é constituída de um conjunto de populações.



Ilustrações: ID/BR

Esquemas dos padrões de distribuição espacial das populações: homogênea (**B**), agregada (**C**) e aleatória (**D**). Os círculos amarelos representam os indivíduos de uma espécie.

A **distribuição homogênea** ocorre em ambientes homogêneos – ou seja, aqueles cujos recursos (água, alimento, entre outros) estão distribuídos de maneira uniforme – ou quando os indivíduos tendem a evitar os demais, isto é, quando os indivíduos que estão próximos entre si têm suas possibilidades de sobrevivência consideravelmente diminuídas. O **padrão agregado** é o mais comum na natureza. Pode ser resultante, por exemplo, de tendências sociais dos indivíduos para garantir a segurança ou a reprodução e pode refletir também um ambiente muito heterogêneo. A **distribuição aleatória** ocorre em ambientes homogêneos e em espécies sem tendência à agregação.

Não escreva no livro.

Taxa de crescimento

A **taxa de crescimento** de uma população é definida como a variação do número de indivíduos que a constituem durante um intervalo de tempo. Ela permite saber se uma população está crescendo, diminuindo ou se está estável, bem como comparar o comportamento de várias populações entre si.

A **taxa de crescimento absoluto** (**TCA**) indica a variação do número total de indivíduos em um intervalo de tempo, e sua expressão matemática é:

$$\text{Taxa de crescimento absoluto} = \frac{N_f - N_i}{t_f - t_i}$$

Nessa expressão:

N_f é o número de indivíduos no final do intervalo de tempo (t_f);

N_i é o número de indivíduos no início do intervalo de tempo (t_i);

t_f é o tempo final e t_i é o tempo inicial.

Imagine duas populações de ratos, designadas como *X* e *Y*. Inicialmente, na população *X*, havia vinte indivíduos, e a população *Y* era composta de três indivíduos. Após seis semanas, a população *X* apresentava oitenta ratos, e a população *Y*, 21 ratos. Aplicando a fórmula para o cálculo da TCA, obtiveram-se os seguintes resultados: a população *X* cresceu a uma taxa de dez ratos por semana, e a população *Y*, a uma taxa de três ratos por semana.

$$\text{TCA de } X\text{: } \frac{80 - 20}{6} = 10 \text{ ratos/semana}$$

$$\text{TCA de } Y\text{: } \frac{21 - 3}{6} = 3 \text{ ratos/semana}$$

Taxas de natalidade e de mortalidade

Ao longo do tempo, o número de indivíduos de uma população depende diretamente do número de indivíduos que nascem (**taxa de natalidade**) e do número de indivíduos que morrem (**taxa de mortalidade**). Ambas as taxas exercem influência em alguns eventos ambientais e em características da população e vice-versa. Por exemplo, conforme a quantidade de indivíduos aumenta em dada população, a disponibilidade de alimento – e de outros recursos – tende a diminuir. Com isso, a taxa de mortalidade deve aumentar, e a de natalidade deve diminuir.

A ocorrência de uma doença pode intensificar drasticamente a mortalidade, devido à facilidade de disseminação entre os indivíduos. Entretanto, com o decréscimo da população, a disponibilidade de recursos aumenta, o que reduz a mortalidade e intensifica a natalidade. Como resultado, observa-se novamente o crescimento da população.

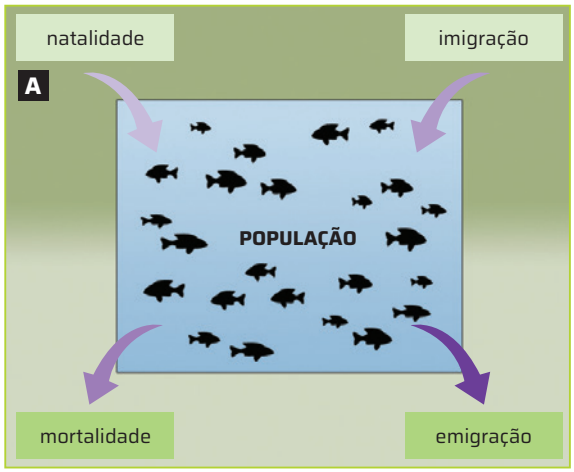
Outros eventos que interferem no tamanho da população são a **imigração** – entrada de indivíduos na população em determinado período de tempo – e a **emigração** – saída de indivíduos da população (imagem **A**).

Para saber se uma dada população está crescendo ou diminuindo, é preciso levar em consideração as taxas de natalidade (N) e de mortalidade (M), bem como as taxas de imigração (I) e de emigração (E).

Se a soma das taxas de nascimento e de imigração for maior do que a soma das taxas de mortalidade e emigração, a população crescerá. Se o contrário ocorrer, a população diminuirá. Por outro lado, se a soma das taxas de nascimento e de imigração for igual à soma das taxas de mortalidade e de emigração, a população permanecerá estável. Essas relações podem ser representadas pelas seguintes expressões matemáticas:

- $N + I > M + E$: população crescente
- $N + I < M + E$: população decrescente
- $N + I = M + E$: população estável

O esquema mostra os fatores que interferem diretamente no tamanho das populações.



ID/BR

Potencial biótico

Em condições ideais hipotéticas, em que não houvesse mortalidade e nenhum tipo de restrição à sobrevivência, qualquer população biológica cresceria indefinidamente, atingindo rapidamente um número elevadíssimo de indivíduos.

Imagine, por exemplo, o que ocorreria nessas condições com a reprodução de um único casal de coelhos. Esses animais atingem a idade reprodutiva aos seis meses de idade e geram, em média, sete filhotes a cada dois meses. Assim, esse casal produziria 56 descendentes no primeiro ano de vida; seis meses depois, teria produzido 392 descendentes e, ao completar o segundo ano, seus descendentes já somariam 3 158 indivíduos. Em poucos anos, o casal teria produzido milhões de descendentes. Contudo, é importante ressaltar que, em situações reais, a incerteza sempre está presente.

Essa capacidade potencial de crescimento das populações recebe o nome de **potencial biótico**. A representação gráfica do crescimento populacional sob essas condições hipotéticas descreve uma curva exponencial, em forma de **J** (gráfico **A**).

Na natureza, o crescimento das populações evidentemente não se dá em função do potencial biótico. Observa-se que as populações em ecossistemas naturais costumam ser relativamente estáveis quanto à sua densidade. Mas por que o crescimento das populações não obedece ao potencial biótico?

GRÁFICO DE POTENCIAL BIÓTICO DE UMA POPULAÇÃO

ID/BR

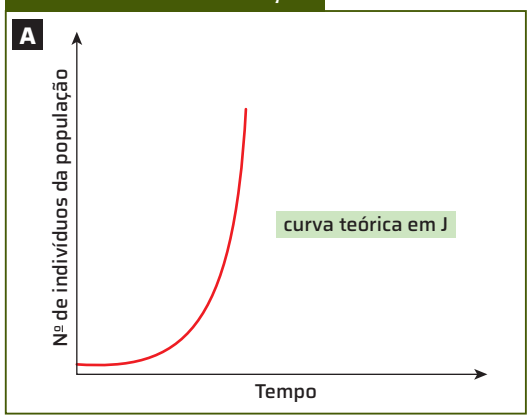


Gráfico do potencial biótico de uma população que cresce infinitamente, em condições ideais hipotéticas.

Fonte de pesquisa: Begon, M.; Townsend, C. R.; Harper, J. L. *Ecology*: from individuals to ecosystems. Malden: Blackwell, 2006. p. 146.

Resistência do meio

Todas as populações de seres vivos estão expostas a uma grande variedade e quantidade de fatores ambientais, bióticos e abióticos, que limitam seu crescimento. A esse conjunto de fatores ambientais limitantes dá-se o nome de **resistência do meio**.

A resistência do meio pode se manifestar de várias maneiras: pela indisponibilidade de alimento, de água e de espaço; pela ocorrência de condições climáticas adversas; e pelas relações com outras espécies – principalmente predação e competição.

GRÁFICO DE CRESCIMENTO REAL DE UMA POPULAÇÃO

ID/BR

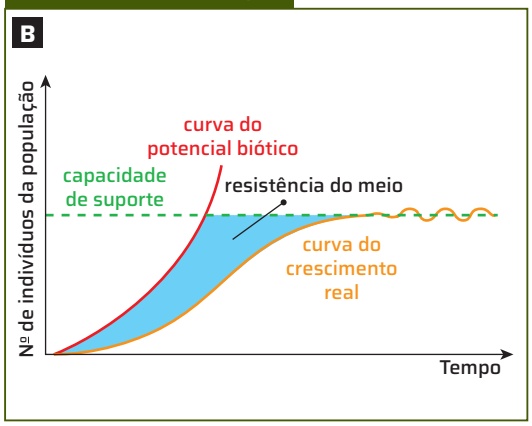


Gráfico do crescimento real de uma população, desde seu estágio inicial. Esse crescimento é limitado pela resistência do meio, que se torna maior à medida que aumenta a densidade da população. O crescimento da população se estabiliza ao atingir a capacidade de suporte do meio.

Fonte de pesquisa: Begon, M.; Townsend, C. R.; Harper, J. L. *Ecology*: from individuals to ecosystems. Malden: Blackwell, 2006. p. 146.

Crescimento real de uma população

O modo pelo qual uma população cresce em um ambiente favorável real segue um padrão bem definido, conhecido como **crescimento real**, que pode ser descrito em várias etapas (gráfico **B**).

Inicialmente, devido ao pequeno número de indivíduos, o crescimento da população é lento. Ele acelera conforme aumenta o número de indivíduos, descrevendo uma curva de crescimento exponencial. Porém, à medida que a população cresce, sua densidade aumenta, e a resistência do meio torna-se mais severa.

Conforme a resistência do meio se intensifica, o crescimento da população diminui. Até que, em determinado momento, a população atinge o número máximo de indivíduos que o ambiente pode suportar – as taxas de natalidade e de mortalidade atingem um equilíbrio, o crescimento da população se estabiliza e a densidade populacional permanece mais ou menos constante. Assim, a representação gráfica do crescimento real das populações tem **forma sigmoide**, em vez de descrever uma curva exponencial, em forma de **J**, como o potencial biótico.

O limite máximo de indivíduos que o ambiente pode suportar em determinado momento é denominado **capacidade de suporte do meio** ou **carga biótica máxima**.

Não escreva no livro.

Estimativa de tamanho populacional

Como estimar o tamanho de uma população formada por organismos que se movimentam, como aves e mamíferos? Nesta atividade, você e os colegas vão simular o **método da captura e recaptura**, utilizado por pesquisadores para estimar o tamanho de uma população.

Davi Augusto Studio/ID/BR

Material utilizado na atividade.

Material

- garrafa plástica de 600 mL
- marcador permanente vermelho
- grãos de feijão, de milho ou de grão-de-bico
- copos plásticos (de café)

Como fazer

1. Organizem-se em grupos de cinco integrantes. Encham cerca de 450 mL da garrafa de plástico com os grãos (de feijão, de milho, etc.), que vão representar o número total de indivíduos da população.
2. Encham um dos copos de plástico com parte dos grãos da garrafa. Contem e marquem os grãos com um traço vermelho para identificá-los. Esses grãos marcados representam a primeira amostra capturada da população (**A**), a qual é marcada e devolvida ao ambiente. Portanto, o próximo passo será devolver os grãos marcados à garrafa.
3. Agitem a garrafa vigorosamente e colham uma segunda amostra, enchendo novamente o copo plástico com os grãos. Contem o número total de grãos no copo (**B**) e, entre eles, o número de grãos marcados (**C**). Em seguida, devolvam a segunda amostra à garrafa. Se em uma amostra não aparecerem os grãos marcados, desconsiderem-na e repitam o procedimento de mistura e coleta com o copo. Para que o experimento tenha eficácia, é preciso repetir o procedimento várias vezes. Copiem o modelo de quadro a seguir no caderno e anotem nela os dados, acrescentando linhas, se necessário.

Número da coleta ou tentativa	Total de grãos marcados e devolvidos à garrafa (**A**)	Total de grãos no copo (**B**) da segunda amostra	Total de grãos marcados no copo da segunda amostra (**C**)	Estimativa do nº total de grãos na garrafa (população)
//////////////	//////////////////////////////	//////////////////////////	//////////////////	//////////////////////////////////
//////////////	//////////////////////////////	//////////////////////////	//////////////////	//////////////////////////////////

4. Para estimar a quantidade total de grãos na garrafa, utilizem a seguinte fórmula:
   População $= \frac{A \cdot B}{C}$, em que:
   - **A** é o número total de feijões coletados na 1ª amostra;
   - **B** é o número total de feijões coletados na 2ª amostra;
   - **C** é o número de feijões marcados presentes na 2ª amostra.
5. Apliquem a fórmula para os dados de cada coleta e, em seguida, calculem a média dos valores de estimativa do número total de grãos na garrafa (população).
6. Retirem todos os grãos da garrafa e contem todos eles. Comparem a estimativa com o número real de grãos contidos na garrafa.

Para concluir

1 **Compare o resultado obtido por seu grupo com os de outras equipes. A estimativa aproximou-se do número total de sementes?** Resposta variável. Espera-se que a estimativa se aproxime do número total de sementes.

2 **Qual é a importância desse método em uma situação real de estimativa de tamanho populacional?** Esse método permite estimar o número total de indivíduos da população por meio de uma amostra.

Fatores reguladores do tamanho das populações

Vimos que, após um período de crescimento exponencial, um conjunto de fatores ambientais limita o crescimento de uma população. Esses fatores podem ser classificados como os que estão relacionados e os que não estão relacionados à densidade da população.

Essa classificação, fundamentada em numerosos exemplos obtidos na natureza e em laboratório, mostra que o próprio aumento da densidade de uma população, como fator isolado, atua como um poderoso regulador do seu tamanho. Isso ocorre porque o aumento da densidade populacional resulta em menor disponibilidade de alimento, acirra a competição intraespecífica pelos recursos do nicho, facilita a disseminação de doenças e atrai predadores, além de diminuir a fecundidade e a expectativa de vida. Todos esses fenômenos são observados tanto em espécies vegetais como em espécies animais.

Assim, algumas relações ecológicas, como a competição, a predação e o parasitismo, são também fatores de regulação populacional dependentes da densidade. É comum, por exemplo, espécies exóticas invasoras competirem com espécies nativas por espaço ou alimento.

Os fatores que não dependem da densidade são aqueles cuja atuação não está relacionada ao número de indivíduos da população. Um bom exemplo são as alterações do clima, como variações da temperatura, da umidade e da disponibilidade de luz, que ocorrem ao longo das estações ou em episódios repentinos, como grandes inundações ou deslizamentos de solo.

Na natureza, no entanto, esses dois conjuntos de fatores atuam de maneira interdependente e complexa, dificultando a caracterização precisa de cada um deles e de seu impacto particular na regulação das populações. A seguir veremos como algumas relações ecológicas atuam na regulação do tamanho das populações.

DE OLHO NO CONCEITO

Espécie exótica invasora

Espécie que se encontra fora de sua área de distribuição natural e que interfere na diversidade biológica e no equilíbrio dos ecossistemas.

Espécies exóticas invasoras

5. A predação tem consequências importantes para a organização de comunidades biológicas, uma vez que os predadores exercem controle sobre o tamanho das populações de algumas espécies que, assim, podem coexistir no mesmo ambiente. Além disso, esse mecanismo faz parte do processo de seleção natural, contribuindo para a evolução das espécies.

ROTEIRO

5. Comente esta afirmação: A predação pode até ser ruim para a presa, mas essa relação ecológica pode ser extremamente benéfica para a comunidade.

Predação

Em geral, a predação ocorre entre indivíduos de populações diferentes, embora possa ocorrer entre indivíduos da mesma espécie (canibalismo). Ela é um fator importante na regulação do tamanho das populações envolvidas, tanto da população de predadores quanto da população de presas.

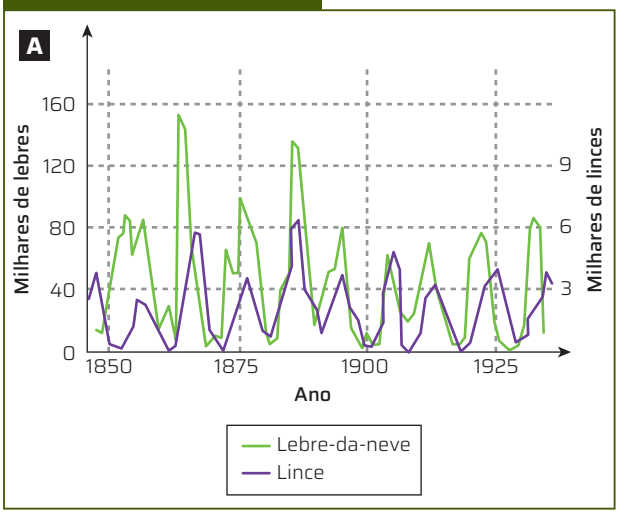
Sob condições naturais, a predação, geralmente, não coloca a população de presas em perigo de extinção. De fato, se as presas deixassem de existir, a capacidade de suporte do meio para os predadores se reduziria, podendo, em casos extremos, levar também a população predadora à extinção.

Observa-se, inicialmente, que a atividade predatória reduz o número de indivíduos da população de presas. Com o passar do tempo, em razão da menor disponibilidade de alimento, a resistência do meio aumenta para a população de predadores, diminuindo o número de indivíduos. Essa redução se dá tanto pelo aumento da taxa de mortalidade, devido à falta de alimento e à maior competição entre os indivíduos, quanto pela diminuição da taxa de natalidade resultante da escassez de recursos.

Para a população de presas, um ecossistema com poucos predadores oferece baixa resistência ambiental. Como resultado, a densidade dessa população aumenta novamente. Assim, ora a população de presas é maior do que a de predadores, ora ocorre o inverso. Em ecossistemas equilibrados, essas oscilações fazem os tamanhos populacionais de presas e de predadores permanecerem relativamente constantes ao longo do tempo, garantindo a coexistência, ou seja, a convivência de ambas as populações no mesmo território (gráfico **A**).

GRÁFICO DE CONTROLE DE DENSIDADE POPULACIONAL – PRESA-PREDADOR

ID/BR



Exemplo de controle de densidade populacional fundamentado na relação presa-predador. O gráfico representa as oscilações nas populações de linces e de lebres-da-neve da baía de Hudson, Canadá, registradas no período de 1845 a 1935.

Fonte de pesquisa: Ricklefs, R. E. *A economia da natureza*. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2003. p. 321.

Não escreva no livro.

Parasitismo

O parasitismo pode ter um papel importante na regulação das populações de hospedeiros. Trata-se de uma relação muito especializada, que se apresenta de maneiras variadas e, muitas vezes, complexas, envolvendo, além do hospedeiro, várias espécies transmissoras, chamadas "vetores". Assim como na predação, há oscilações que tornam os tamanhos populacionais de parasitas e de hospedeiros relativamente constantes ao longo do tempo.

A utilização de parasitas no controle populacional de pragas vegetais pode ter grande eficiência. Além de dispensar o uso de agrotóxicos, ela garante o combate específico do agente causador da praga. Porém, há um risco de desequilíbrio ecológico associado a essa prática, por isso, cada caso de controle populacional deve ser avaliado individualmente.

Competição

Por ser uma interação entre indivíduos para a obtenção de recursos limitados, a competição necessariamente diminui a possibilidade de sobrevivência de alguns desses indivíduos.

Como vimos, a competição intraespecífica é a disputa por recursos, como água, alimentos e nichos, que ocorre entre indivíduos da mesma espécie. Quanto maior a população, maior será a competição; consequentemente, também será maior o poder de regulação que a competição exerce sobre a densidade populacional. Vale lembrar que a competição entre os indivíduos da mesma espécie é um dos agentes da seleção natural.

A araucária, espécie arbórea nativa das regiões Sul e Sudeste do Brasil, produz substâncias inibidoras que dificultam o desenvolvimento de plântulas na área próxima à planta parental. Assim, em uma área ocupada por uma população de araucária, as árvores distribuem-se com certa homogeneidade.

Entre os animais, a demarcação de território é muito comum. Em algumas aves, por exemplo, o canto do macho inibe a presença de outros machos no local. Pesquisas realizadas com aves mostram que os machos com território demarcado têm mais possibilidades de se reproduzirem.

A competição interespecífica, outro possível agente da seleção natural, se estabelece entre espécies que ocupam o mesmo hábitat e utilizam recursos comuns. Ela é um forte fator de regulação das populações.

A dinâmica da competição interespecífica foi revelada por experimentos realizados em 1934 pelo pesquisador russo Georgyi F. Gause (1910-1986). Trabalhando com duas espécies de protozoários, *Paramecium caudatum* e *Paramecium aurelia*, Gause observou que, em meios de cultura separados, com a mesma disponibilidade de alimento e de espaço, a população de *P. aurelia* aumentava mais rapidamente do que a de *P. caudatum*. Quando eram colocadas no mesmo recipiente, também a espécie *P. aurelia* crescia mais rapidamente, mas, após um tempo, a população da espécie *P. caudatum* era eliminada, restando no recipiente apenas indivíduos da espécie *P. aurelia*. Esse experimento mostrou que ocorria a competição entre as duas espécies, resultando na eliminação de *P. caudatum* (gráficos **A** e **B**).

Esses experimentos serviram de base para o estabelecimento do **princípio de Gause**, também chamado **princípio da exclusão competitiva**, segundo o qual duas ou mais espécies não podem coexistir quando utilizam os mesmos recursos do mesmo hábitat de maneira muito semelhante, ou seja, quando há forte sobreposição de nichos. Nessa situação, a espécie que utilizar os recursos mais eficientemente pode excluir a outra.

AÇÃO E CIDADANIA

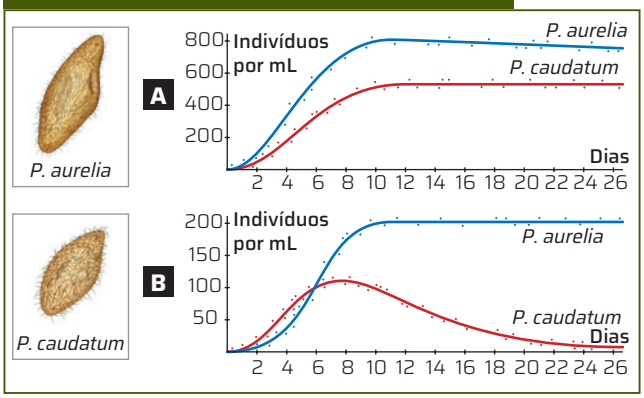
Controle biológico de populações

Uma técnica muito utilizada no combate a espécies que causam prejuízos econômicos é o controle biológico. A técnica consiste na introdução no ambiente de um parasita ou de um predador da espécie que se deseja combater. Assim, é possível reduzir a densidade populacional dessa espécie até níveis que não prejudiquem as culturas.

Um exemplo é o combate de lagartas que se alimentam das folhas do algodoeiro. Nesse caso, introduz-se uma vespa, a *Trichogramma* sp., que põe seus ovos dentro dos ovos de insetos, como mariposas e borboletas, incluindo as espécies cujas lagartas comem folhas do algodoeiro. Os embriões da vespa se nutrem desses ovos, impedindo o desenvolvimento das lagartas.

1. De que forma as técnicas de controle biológico podem ajudar a reduzir os danos ao meio ambiente causados por atividades agrícolas?

GRÁFICOS DE CRESCIMENTO DAS POPULAÇÕES DAS ESPÉCIES *P. AURÉLIA* E *P. CAUDATUM*



Reinaldo Vignati/ID/BR

Representação sem proporção de tamanho.

Gráficos do crescimento das populações de duas espécies de paramécio, obtidos por Gause: em (**A**), *P. caudatum* e *P. aurelia* cultivadas isoladamente; em (**B**), as duas espécies cultivadas no mesmo recipiente, mostrando a extinção de *P. caudatum* por forte competição com *P. aurelia*. Cores-fantasia.

Fonte de pesquisa: Ricklefs, R. E. *A economia da natureza*. 6. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2010. p. 296.

1. Com o uso das técnicas de controle biológico, diminui-se o uso de agrotóxicos que seriam empregados no controle de pragas.

Não escreva no livro.

SUCESSÃO ECOLÓGICA

As comunidades biológicas não são entidades estáticas ao longo do tempo. Certos eventos, como incêndios, erupções vulcânicas, deposição de areia pelas águas de rios e mares, entre outros, originam ambientes novos, abertos à colonização por uma nova comunidade biológica. Também as comunidades biológicas mudam ao longo do tempo, na medida em que elas próprias alteram as condições do ambiente colonizado.

Esse processo de contínua alteração dos ecossistemas é chamado **sucessão ecológica**. Ele é influenciado por diversos fatores, como a profundidade e o tipo de solo, o clima da região, a disponibilidade de água e o tipo de organismos que se instalam no ambiente. De acordo com o avanço do processo de sucessão, costumam-se distinguir três categorias de comunidades biológicas: pioneiras, intermediárias e clímax. Trata-se de uma divisão didática a fim de simplificar um complexo processo ecológico influenciado por inúmeros fatores.

Comunidades pioneiras

Alguns ambientes são extremamente impróprios ao estabelecimento de seres vivos, pois não apresentam os recursos mínimos exigidos por muitas espécies. Esse tipo de ambiente, com baixíssima capacidade de suporte, é comumente referido como ambiente **inóspito.**

Em geral, um ambiente inóspito apresenta solo nu, exposto a intenso intemperismo, como é o caso das superfícies rochosas e das dunas de areia. Nesses ambientes, a intensa exposição à radiação solar resulta em altas taxas de luminosidade e de temperatura e em baixa umidade; a água das chuvas escorre ou logo evapora, e a ação dos ventos também pode ser muito intensa.

Apesar das características adversas, como as altas intensidades de luz e temperatura e a escassez de água e sais minerais, esses ambientes podem ser colonizados por algumas espécies tolerantes, denominadas **espécies pioneiras**, como os líquens, as gramíneas e pequenos invertebrados (imagens **A**, **B** e **C**).

Ao colonizar ambientes inóspitos, essas espécies constituem a **comunidade pioneira**, assim chamada por ser aquela que coloniza o ambiente primeiro, iniciando a sucessão ecológica.

Fases da sucessão

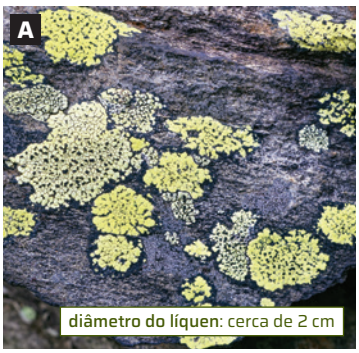
Com o estabelecimento da comunidade pioneira, o ambiente inicialmente inóspito começa a sofrer transformações que favorecem o aparecimento de novas populações. O substrato, inicialmente infértil, recebe matéria orgânica dos organismos pioneiros que morrem e sofre a ação dos ácidos orgânicos, o que forma os primeiros vestígios de solo.

A presença das espécies pioneiras facilita a retenção da umidade, diminui a temperatura da superfície e protege-a contra a ação do vento. À medida que as espécies pioneiras se propagam, o ambiente torna-se gradativamente favorável à instalação de outras espécies, menos resistentes às condições adversas iniciais. Essas comunidades, denominadas **comunidades intermediárias**, por sua vez, continuam alterando o ambiente e tornando possível o estabelecimento de novas espécies, mais exigentes, que só sobrevivem em condições ambientais mais restritas.

Por fim, estabelecem-se as espécies mais exigentes quanto aos recursos ambientais, constituindo a **comunidade clímax**. Esta pode ser um campo, uma floresta ou outro tipo de formação vegetal, uma vez que o estágio clímax sempre será influenciado pelas características próprias do lugar em que ocorre e pelo conjunto de seres vivos que conseguiram se estabelecer na área.

A comunidade clímax ainda estará sujeita a eventuais perturbações ambientais e, portanto, pode continuar passando por alterações ao longo do tempo.

Soisetti Alfio/Shutterstock.com/ID/BR



Mapman/Shutterstock.com/ID/BR

Stephanie Periquet/iStock/Getty Images

Exemplos de espécies pioneiras: liquens (**A**), gramíneas em solo arenoso (**B**) e pequenos insetos (**C**), como esse besouro da espécie *Cauricara eburnea*.

Não escreva no livro.

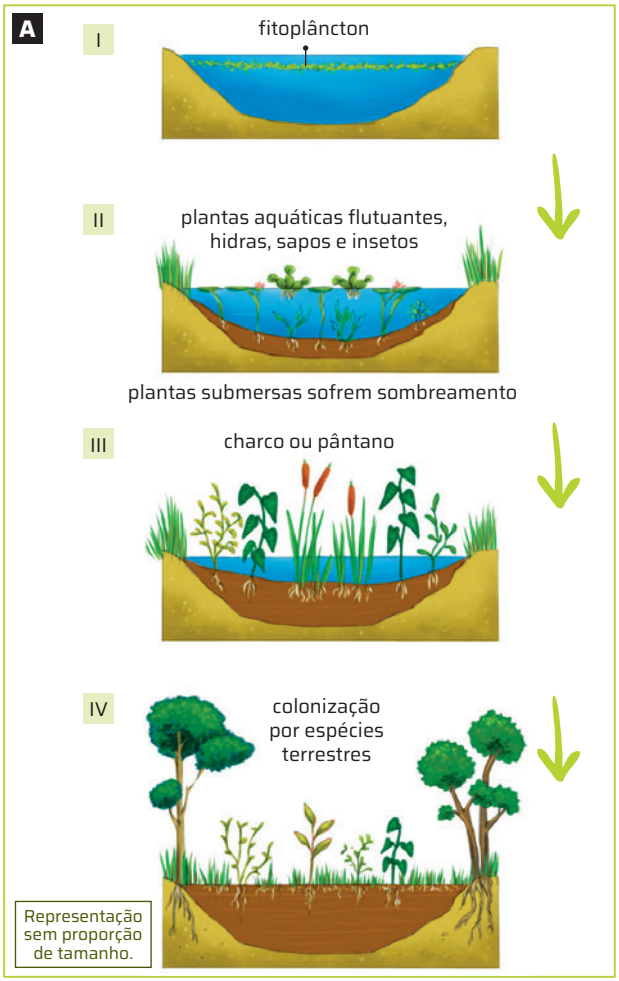
Tipos de sucessão

Os ecólogos reconhecem dois tipos distintos de sucessão ecológica, definidos conforme o tipo de ambiente em que a sucessão se origina.

A **sucessão primária** tem início em terrenos que nunca foram habitados anteriormente por comunidades semelhantes às que se formam durante o processo. O tempo necessário para que uma sucessão primária atinja um clímax pode contar milhares de anos.

A colonização de uma lagoa (imagem **A**) é um exemplo de sucessão primária. São possíveis várias situações diferentes, conforme a interação existente entre a comunidade aquática e a de suas margens. No entanto, há um padrão mais ou menos definido de colonização desse tipo de ambiente. Inicialmente (**I**), a água da lagoa é colonizada pelos microrganismos que compõem o fitoplâncton. Em seguida (**II**), instalam-se plantas aquáticas flutuantes e, mais perto das bordas, algumas outras plantas. A presença de plantas atrai animais de pequeno e médio portes. Os detritos desses organismos (algas, plantas e animais) se depositam no fundo da lagoa com os materiais orgânicos e particulados de solo levados das encostas adjacentes pelas chuvas.

Petra Elster/ID/BR



Esquema de sucessão primária em uma lagoa. As setas indicam a passagem do tempo. Cores-fantasia.

Com o passar do tempo, a lagoa fica cada vez mais rasa (**III**), e, ao mesmo tempo, seu fundo fica mais rico em nutrientes, ampliando a variedade de espécies que podem se instalar em suas margens e mesmo sobre a água. Aos poucos, os detritos depositados no fundo tomam o espaço da água, transformando em pântano a área inicialmente ocupada pela lagoa. As gramíneas se instalam sobre esse solo alagado e ajudam a drenar a água. Essas condições são apropriadas para o desenvolvimento de sementes de arbustos e árvores (**IV**). Gradativamente, pode se formar uma floresta no local.

A **sucessão secundária** tem início em ambientes cujas comunidades sofreram grandes perturbações, que podem ou não ser causadas por influência humana. As mais comuns são as queimadas (naturais ou não), as inundações e os desmatamentos. Nesse tipo de sucessão, a comunidade pode atingir um clímax muito mais rapidamente do que o observado em sucessões primárias.

Um caso clássico de sucessão secundária é o que ocorre em locais que são desmatados para a prática da agricultura e permanecem abandonados por tempo relativamente longo. Nessas áreas abandonadas, o solo já é rico em nutrientes minerais e matéria orgânica, o que possibilita a colonização do local por gramíneas, espécies pioneiras características da sucessão secundária. O fim da sucessão secundária pode ou não resultar em uma comunidade clímax composta das mesmas espécies que existiam antes do desmatamento (imagem **B**).

Reinaldo Vignati/ID/BR

Esquema de sucessão secundária em região queimada e abandonada. A direção da seta indica a passagem do tempo. Cores-fantasia.

ROTEIRO

6. **Compare as características das comunidades pioneira e clímax, apresentadas no quadro a seguir, e procure justificá-las.** Veja resposta em *Respostas e comentários* no Manual do Professor.

Características	Comunidade pioneira	Comunidade clímax
Diversidade biológica	Baixa	Alta
Biomassa total	Pequena	Grande
Teia alimentar	Simples	Complexa
Relação de produção/consumo	Maior que 1	Igual a 1

4. a) Competição intraespecífica entre dois ursos-polares.
4. b) Colônia de corais.
4. c) Protocooperação entre beija-flor e planta.

ATIVIDADE RESOLVIDA

1 (**UFPR** adaptada) Uma população foi reintroduzida em uma ilha em 2019 com a soltura de 50 indivíduos, sendo então monitorada por 5 anos. Nesse período, a cada ano foram estimadas as taxas de natalidade, de mortalidade, de emigração e de imigração, cujos valores são apresentados no quadro abaixo:

	2020	2021	2022	2023	2024
Natalidade	110	210	356	389	298
Mortalidade	45	75	62	123	131
Emigração	11	19	32	48	104
Imigração	7	19	48	26	52

Com base nesses dados, preencha o quadro com a estimativa do número de indivíduos da população em cada ano.

	2020	2021	2022	2023	2024
Nº de indivíduos	/////// ///////	/////// ///////	/////// ///////	/////// ///////	/////// ///////

Resolução

Para obter o número de indivíduos em cada ano, será preciso somar os valores das taxas de natalidade e imigração (fatores que influenciam no crescimento populacional) e subtrair o resultado da soma dos valores das taxas de mortalidade e emigração (fatores que influenciam em sua diminuição); para cada ano, soma-se o valor obtido ao número de indivíduos do ano anterior. Assim, em 2020, o crescimento foi de 61 indivíduos, os quais, somados aos 50 indivíduos iniciais, gerou uma população de 111 indivíduos; em 2021, obteve-se 135 + 111 = 246; em 2022, foram 310 + 246 = 556; em 2023, 244 + 556 = 800; e, em 2024, foram 115 + 800 = 915.

	2020	2021	2022	2023	2024
Nº de indivíduos	111	246	556	800	915

2 Com base nos dados obtidos na atividade anterior, faça o que se pede:

a) Trace um gráfico no caderno e observe a curva de crescimento da população. Que tipo de crescimento essa população apresenta? Explique.
Veja resposta em *Respostas e comentários* no Manual do Professor.

b) Se compararmos o crescimento populacional de 2022 com o de 2024, fica evidente a ocorrência de resistência ambiental (ou do meio). O que gera a resistência ambiental?
Veja resposta em *Respostas e comentários* no Manual do Professor.

3 Nomeie as relações ecológicas que podem existir entre os seguintes conjuntos de seres vivos:

a) lobos e cervos; Predação.

b) morcegos e plantas (frutos); Mutualismo.

c) seres humanos e tênias; Parasitismo.

d) bovinos e grama; Herbivoria.

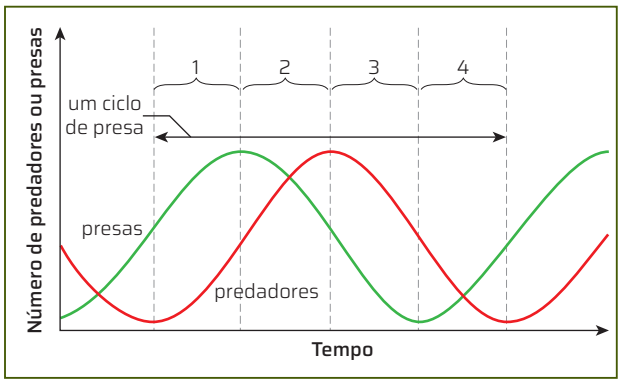
4 Observe as imagens a seguir e escreva uma legenda para cada uma delas, de forma a explicar a relação ecológica entre os indivíduos representados.

Ondrej Prosicky/iStock/Getty Images

Kitjapat Film/Shutterstock.com/ID/BR

Webguzs/iStock/Getty Images

5 Observe a seguir o gráfico que trata da relação entre presas e predadores.



ID/BR

Fonte de pesquisa: Ricklefs, R. E. *A economia da natureza*. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2003. p. 328.

No caderno, relacione as frases a seguir aos números de 1 a 4 presentes no gráfico.

- A diminuição da população de presas leva à diminuição da população de predadores. 3
- A população de predadores aumenta, levando à diminuição da população de presas. 2
- A diminuição da população de predadores leva ao aumento da população de presas. 4
- O aumento da população de presas é seguido pelo aumento da população de predadores. 1

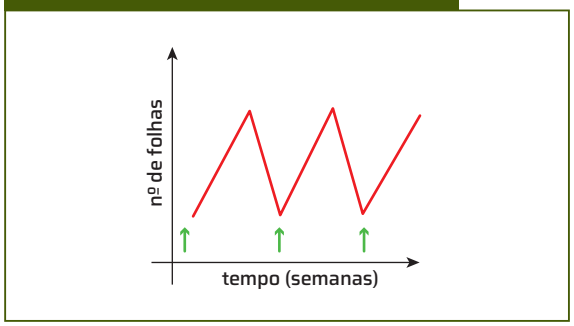
Não escreva no livro.

6. a) Quando as vespas são liberadas, ocorre a diminuição da população de lagartas, o que possibilita aumento do número de folhas, devido à diminuição da herbivoria.

6 Observe abaixo o gráfico que representa o número de folhas de uma planta ao longo do tempo. As setas verdes indicam a liberação, no ambiente, de vespas que põem ovos dentro de lagartas (que se alimentam das folhas), levando essas larvas de inseto à morte.

NÚMERO DE FOLHAS AO LONGO DO TEMPO

AMj Studio/ID/BR



a) Explique o efeito da liberação das vespas sobre as folhas.

b) Que nome recebe a utilização de uma espécie para controlar a população de outra, geralmente causadora de prejuízos agrícolas?
Esse processo recebe o nome de controle biológico.

7 Após décadas de pesquisa, os cientistas chegaram à conclusão de que a bactéria *Wolbachia*, inofensiva para seres humanos, bloqueia a replicação do vírus de dengue, zika, chikungunya e febre amarela quando inserida nos insetos *Aedes aegypti*.

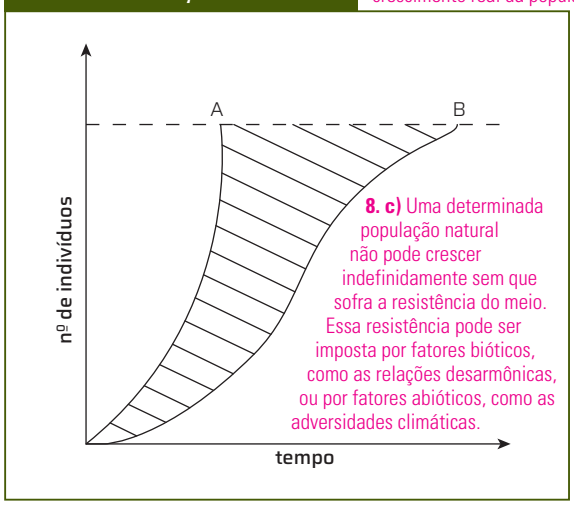
- Compare o uso da bactéria wolbachia no combate à dengue com a técnica do controle biológico.
Veja resposta em *Respostas e comentários* no Manual do Professor.

8 Observe o gráfico hipotético a seguir.

NÚMERO DE INDIVÍDUOS DE UMA ESPÉCIE EM FUNÇÃO DO TEMPO

8. a) A curva **A** representa o potencial biótico, e a curva **B**, o crescimento real da população.

AMj Studio/ID/BR



8. c) Uma determinada população natural não pode crescer indefinidamente sem que sofra a resistência do meio. Essa resistência pode ser imposta por fatores bióticos, como as relações desarmônicas, ou por fatores abióticos, como as adversidades climáticas.

a) O que representam as curvas **A** e **B**?

b) O que significa a área compreendida entre as curvas **A** e **B**? A área existente entre as curvas **A** e **B** representa a resistência do meio.

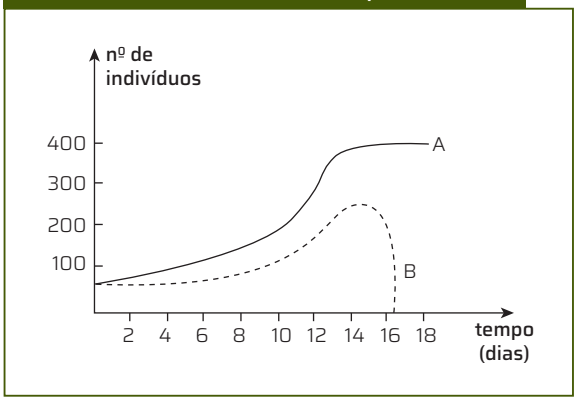
c) Explique qual é a relação dessa área com a curva **B**.

9. a) A população **A** cresceu até a estabilidade. A população **B** cresceu, mas não estabilizou, decaindo até a extinção.

9 Duas espécies de paramécios foram colocadas em um mesmo aquário. Considere que a quantidade de nutrientes disponibilizados para as populações foi constante durante o experimento. O crescimento das populações ao longo do tempo está representado no gráfico abaixo.

NÚMERO DE PARAMÉCIOS EM FUNÇÃO DO TEMPO

AMj Studio/ID/BR



a) O que aconteceu com a população **A**? E com a **B**?

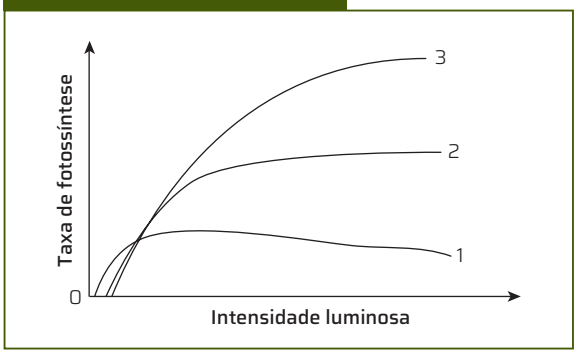
b) Elabore uma explicação para os resultados, considerando o conceito de resistência do meio.
Veja resposta em *Respostas e comentários* no Manual do Professor.

c) O experimento é similar ao realizado por G. F. Gause, cujos resultados levaram à formulação de um princípio. Qual é esse princípio? Explique.
Veja resposta em *Respostas e comentários* no Manual do Professor.

10 Durante um estudo de dinâmica populacional realizado na Mata Atlântica, um pesquisador analisou três populações de plantas. Ele percebeu que cada população analisada ocorria em um dos estágios de sucessão ecológica – comunidade pioneira, comunidade intermediária e comunidade clímax – e coletou um exemplar de cada uma dessas populações. Com os dados obtidos, ele construiu o seguinte gráfico:

INFLUÊNCIA DA INTENSIDADE DE LUZ SOBRE A FOTOSSÍNTESE

ID/BR



- Qual das populações é a mais indicada para iniciar um programa de reflorestamento em um trecho da Mata Atlântica no qual a vegetação foi derrubada? Considere que uma das principais características do local é a altíssima disponibilidade de luz solar. Justifique sua resposta. A população mais indicada para o reflorestamento é a **3**.

PENSANDO CIÊNCIAS

COMO ESTIMAR A BIODIVERSIDADE ALIMENTAR DE SUA COMUNIDADE?

O conceito de biodiversidade alimentar pode ser atribuído ao conjunto de plantas e animais, silvestres e domesticados, que contribuem para a alimentação de diferentes populações humanas. Além disso, ele abrange os organismos que apoiam a produção dos alimentos, como plantas, animais e microrganismos que mantêm os solos férteis, polinizam as plantas, purificam a água e o ar, combatem pragas de colheitas, etc.

Estima-se que, entre as mais de 6 mil espécies de plantas cultivadas para a alimentação, menos de 200 são cultivadas para a produção global de alimentos, e cerca de 10 deles, apenas, representam 65% da produção total de culturas. Além disso, há recursos alimentares pouco explorados no cotidiano, geralmente representativos da biodiversidade regional, e que se encontram bem adaptados ao ambiente de origem. Conhecidos como **alimentos biodiversos**, esses alimentos podem compor dietas diversificadas e nutritivas, mas têm sido negligenciados. Uma pesquisa recente realizada no Brasil estimou que, mesmo sendo considerado um dos países mais ricos em biodiversidade do mundo, apenas 1,3% da população brasileira consome esse tipo de alimento.

PANCs

Kelly Duarte/Shutterstock.com/ID/BR

Ora-pro-nóbis
Pereskia spp.
Espécie nativa

Cfsmady/Shutterstock.com/ID/BR

Tucumã
Astrocaryum aculeatum G. Mey
Espécie nativa

Nino Bautz/Shutterstock.com/ID/BR

Taioba
Xanthosoma taioba
Espécie nativa

Adilson Sochodolak/Shutterstock.com/ID/BR

Pequi
Caryocar spp.
Espécie nativa

As plantas alimentícias não convencionais (PANCs) são exemplos de espécies subutilizadas com alto valor nutricional, ainda conhecidas e consumidas em baixa escala, apenas em algumas regiões do Brasil.

Considerando a importância de dietas nutritivas, saudáveis e diversificadas, como vocês fariam para estimar a biodiversidade entre os alimentos consumidos pelos estudantes de sua turma ou de sua escola?

Decompondo o problema

Para estimar a biodiversidade entre os alimentos consumidos pelos estudantes de sua escola, é preciso decompor esse problema complexo em problemas mais simples de serem resolvidos, tendo sempre em mente o conceito de biodiversidade alimentar. Vocês podem separá-los em tópicos relevantes para explorar o tema, como os sugeridos a seguir:

- Quais itens alimentares são ofertados no bairro onde está situada a escola?
- Quais itens alimentares fazem parte de sua alimentação e da alimentação de seus colegas?
- Esses itens são nativos de sua região, ou do Brasil, ou são originários de outros países?
- Quais alimentos biodiversos há em sua região?

Reconhecendo padrões

Com o objetivo de reconhecer padrões que ajudem na resolução desse problema, vamos retomar as perguntas propostas na etapa anterior e pensar em formas de respondê-las.

Não escreva no livro.

Para identificar a diversidade de itens alimentares ofertados no bairro, é preciso considerar os alimentos *in natura* ou minimamente processados, pois são alimentos que têm maior valor nutricional e que se relacionam diretamente com a variedade de espécies cultivadas para a alimentação. Os alimentos processados e ultraprocessados não devem ser considerados, pois, em geral, eles usam como base poucas espécies. Assim, organizados em grupos, vocês poderão visitar feiras, supermercados, hortifrútis e mercados próximos para registrar os alimentos *in natura* e minimamente processados ofertados no bairro. Nesses registros, basta considerar o gênero/espécie ou, ainda, seu nome popular. Sempre que possível, as variedades também devem ser especificadas.

Na etapa de identificar os alimentos que fazem parte da dieta da comunidade escolar, cada estudante poderá registrar os itens alimentares *in natura* ou minimamente processados que consomem, por exemplo, ao longo de 7 dias. Assim, ao final dessa primeira fase de coleta de dados será possível reunir os dados em duas tabelas, uma com a lista de alimentos ofertados no bairro e a outra com a lista de alimentos consumidos pelos estudantes.

Para atender aos últimos tópicos, será importante identificar alimentos típicos da região, como certas frutas, temperos, chás, alguns tipos de carne e peixe. Muitos dos alimentos biodiversos, como as PANCs, podem não estar acessíveis para compra, mas podem fazer parte do território; por isso, é importante fazer um levantamento para identificá-los. Estudos etnobotânicos, que investigam a relação entre os povos e as plantas, por exemplo, são muito relevantes, uma vez que alimentos biodiversos incluem uma ampla gama de alimentos nativos, tradicionais, indígenas e locais. Dessa forma, vocês vão obter a nova lista nesse estudo.

Abstraindo o problema

Nesta etapa, o objetivo é abstrair os dados que não são relevantes. Por isso, cada grupo deve definir a meta (índice) que pretende conhecer. Essa meta pode ser estimar o número de itens alimentares consumidos pela comunidade escolar, tendo como base os itens disponibilizados nos mercados, hortifrútis, feiras e outros estabelecimentos comerciais do bairro (**n cons./ n total**). Outro índice pode ser estimar o número de itens alimentares biodiversos entre os alimentos consumidos pelos estudantes ou entre os itens ofertados nos estabelecimentos comerciais pesquisados, por exemplo, (**n biod./ n total**). Dessa forma será possível selecionar dados que vão permitir estimar a diversidade de itens ofertados, de itens consumidos, de alimentos biodiversos, entre outros parâmetros relacionados à biodiversidade alimentar.

Buscando soluções

Em grupo, considerando os conceitos envolvidos e a meta que seu grupo definiu na etapa anterior, criem o índice que vai ajudar vocês a solucionar o problema inicial. Ao chegarem a um valor, estabeleçam um parâmetro para avaliar se a dieta do grupo de estudantes pode ou não ser considerada biodiversa. Vocês podem utilizar como base, por exemplo, os dados fornecidos no início da atividade ou pesquisar dados semelhantes. É importante compartilhar as ideias com o(a) professor(a) e com os colegas, a fim de avaliar a coleta dos dados e a pertinência do índice escolhido.

Elaborando o algoritmo

Vamos agora elaborar o algoritmo para a solução do problema, isto é, o passo a passo do que deve ser feito para que outra pessoa também possa obter o mesmo índice que vocês estabeleceram para essa análise e de como ele pode ser relacionado à biodiversidade alimentar de um determinado grupo.

Para discutir

1 **Compartilhem com os demais grupos o índice que vocês desenvolveram e respondam: Há diferenças entre eles? Se sim, quais?** Respostas variáveis. Espera-se que haja diferenças entre os índices produzidos.

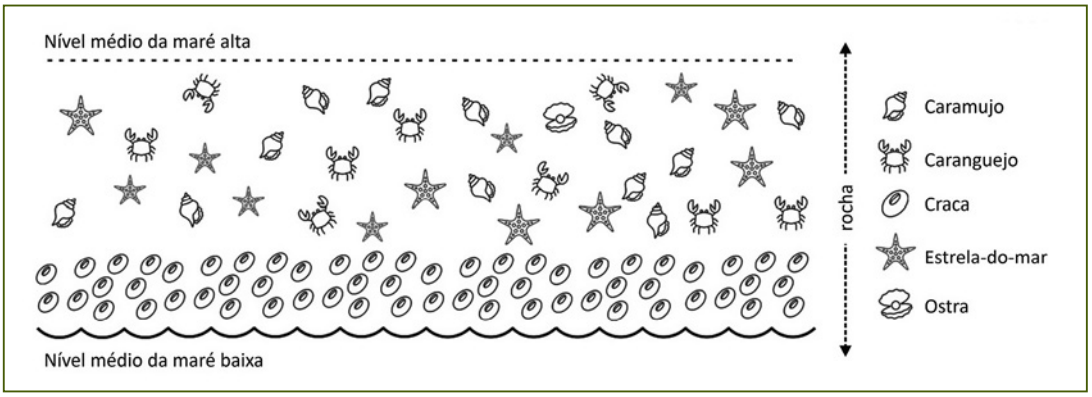
2 **Em sua opinião, o índice que vocês criaram pode ser considerado um bom parâmetro para avaliar a biodiversidade alimentar em sua comunidade? Discuta com os colegas, indicando como ela foi classificada.** Respostas variáveis. Os índices obtidos pelos estudantes podem ser comparados com dados obtidos em estudos nacionais; dessa forma é possível avaliar se eles podem ser considerados um bom parâmetro para avaliar a biodiversidade alimentar da comunidade.

3 **Os dados e os índices obtidos permitem pensar em medidas para aumentar o consumo de alimentos biodiversos pela comunidade. Elaborem uma proposta de ação ou medida para aumentar esse índice e justifiquem a importância de se adotar essas medidas.**
Veja resposta em *Respostas e comentários* no Manual do Professor.

QUESTÕES GLOBAIS

1. c) O costão rochoso é um ambiente característico de <ecossistemas> costeiros, muito comuns nas áreas litorâneas do Sudeste do Brasil, limítrofes com o <bioma> Mata Atlântica. O esquema mostra uma <comunidade> de invertebrados, formada por <populações> de cinco espécies.

1 **(Fuvest-SP)** O esquema representa um costão rochoso e alguns dos organismos comuns que nele vivem.



FUVEST 2021. Fac-símile/ID/BR

Com base no esquema, responda:

a) Qual é o organismo que apresenta maior densidade populacional nesse trecho de costão rochoso representado no esquema? O organismo com maior densidade populacional é a craca.

b) Cite um fator biótico e um fator abiótico que podem atuar neste ambiente.

c) Com relação ao esquema, preencha as lacunas da frase [abaixo], utilizando os níveis de organização a seguir (é possível fazer ajustes de concordância de plural e singular): molécula → célula → tecido → órgão → sistema→ organismo ou indivíduo → população → comunidade → ecossistema → bioma → biosfera

O costão rochoso é um ambiente característico de/do(s)/da(s) ■ costeiros(as), muito comuns nas áreas litorâneas do Sudeste do Brasil, limítrofes com o(s)/a(s) ■ Mata Atlântica. O esquema mostra um(a) ■ de invertebrados, formado(a) por ■ de cinco espécies.

2 **(UFRGS-RS)** **Considere as seguintes afirmações sobre a produtividade e o fluxo de energia nas cadeias e teias alimentares.**

I. Algumas atividades humanas, como a conversão de florestas em pastagens e o desenvolvimento urbano, podem interferir na produtividade primária.

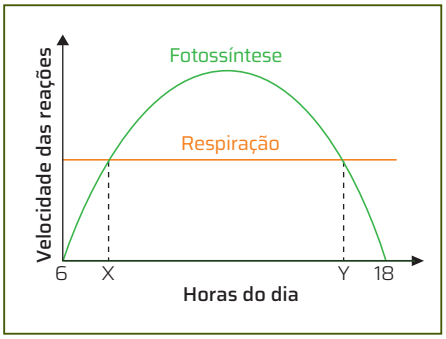
II. Os consumidores primários incorporam a totalidade da energia solar captada pelos produtores.

III. A transferência de energia em uma cadeia alimentar é bidirecional: inicia nos produtores e segue rumo aos consumidores terciários, retornando através da ação dos decompositores.

Quais estão corretas? Alternativa **a.**

a) Apenas I. b) Apenas II. c) Apenas III. d) Apenas I e III. e) I, II e III.

3 **(FMSCSP)** **Uma planta foi exposta à variação da luz solar ao longo de um dia, em condições ideais de temperatura e hidratação no solo. O gráfico mostra a variação da fotossíntese e da respiração dessa planta.**



FMSCSP. Fac-símile/ID/BR

A análise do gráfico permite concluir que Alternativa **d.**

a) no ponto Y a planta libera mais oxigênio para o meio do que no ponto X.

b) no intervalo entre X e Y a planta consome mais oxigênio do que produz.

c) no ponto Y a planta consome mais matéria orgânica do que no ponto X.

d) no intervalo entre X e Y a planta produz mais matéria orgânica do que consome.

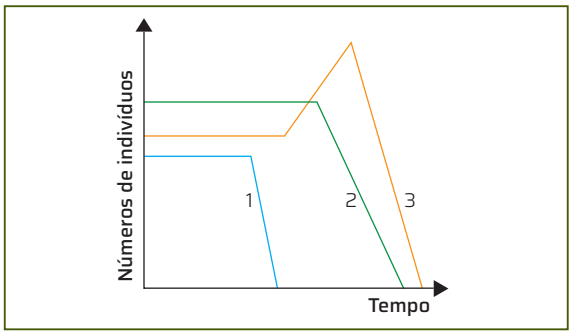
e) nos pontos X e Y a planta reserva amido, mas não libera oxigênio para o meio.

1. b) Como fator biótico podem ser citadas a competição intraespecífica e a interespecífica, além da predação. Como fator abiótico os estudantes podem mencionar a variação do nível de marés e o impacto das ondas, a salinidade e a temperatura, por exemplo.

Não escreva no livro.

4 (**Albert Einstein**) O gráfico mostra a variação do número de indivíduos em populações de ouriços-do-mar, algas marinhas e lontras-marinhas, não necessariamente nessa ordem. As três espécies apresentam relações tróficas e integram a mesma cadeia alimentar marinha. Em determinado momento, a população com o menor número inicial de indivíduos sofreu rápido decréscimo, o que resultou em alterações nos números de indivíduos das outras duas populações.

Albert Einstein. Fac-símile/ID/BR



Sabendo-se que as lontras-marinhas são carnívoras e que os ouriços-do-mar são onívoros, as curvas 1, 2 e 3 representadas no gráfico correspondem, respectivamente, às populações de Alternativa **c.**

a) ouriços-do-mar, algas marinhas e lontras-marinhas.

b) algas marinhas, lontras-marinhas e ouriços-do-mar.

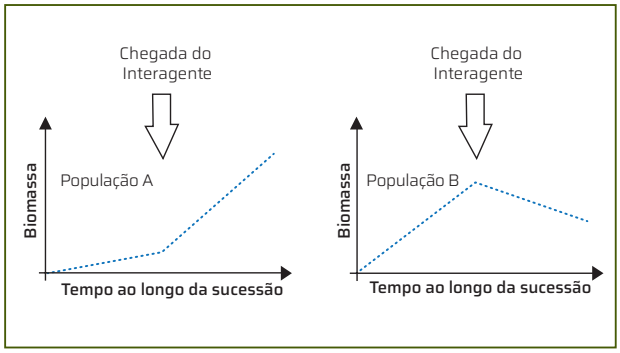
c) lontras-marinhas, algas marinhas e ouriços-do-mar.

d) algas marinhas, ouriços-do-mar e lontras-marinhas.

e) ouriços-do-mar, lontras-marinhas e algas marinhas.

5 (**Fuvest-SP**) Os gráficos mostram a variação da biomassa de duas populações (A e B) de uma planta herbácea ao longo da sucessão primária. Em ambos os casos, em um dado momento indicado no gráfico, ocorre a chegada de indivíduos de uma outra espécie que interagem com essa planta na comunidade.

Fuvest-SP. Fac-símile/ID/BR



Os dois tipos de interagentes que poderiam causar os efeitos representados nos gráficos para as populações A e B, respectivamente, são Alternativa **d.**

a) um competidor e um herbívoro.

b) um parasita e um comensal.

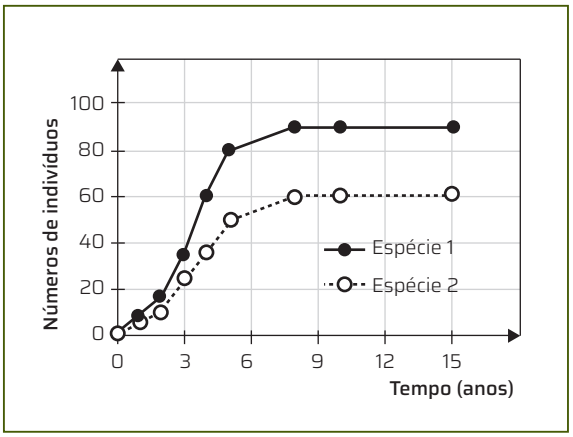
c) um competidor e um parasita.

d) um mutualista e um herbívoro.

e) um comensal e um mutualista.

6 (**Unicamp-SP**) A dinâmica populacional de duas espécies que compartilham o mesmo hábitat é representada na figura a seguir. O tamanho máximo da população de cada espécie é limitado pela disponibilidade de recursos no hábitat.

Unicamp-SP. Fac-símile/ID/BR



Considerando seus conhecimentos e os dados apresentados, é correto afirmar que as espécies

a) competem por recursos e apresentam diferenças na eficiência de utilização do alimento disponível.

b) ocupam nichos ecológicos distintos e têm crescimento populacional até o limite imposto pela resistência ambiental.

c) são generalistas e assim têm nichos ecológicos mais restritos, o que diminui a competição entre elas.

d) apresentam uma relação de cooperação, facilitando o crescimento populacional na ausência da resistência ambiental.
Alternativa **b.**

7 (**Enem**) O número de abelhas encontra-se em declínio em várias regiões do mundo, inclusive no Brasil, sendo que vários fatores contribuem para o colapso de suas colmeias. Nos Estados Unidos, bombas de sementes de espécies vegetais nativas têm sido utilizadas para combater o desaparecimento desses insetos. Elas são pequenas bolinhas recheadas com sementes, adubo e argila. Quando são arremessadas e ficam expostas ao sol e à chuva, germinam até mesmo em solo pouco fértil.

Daraya, V. Disponível em: http://planetasustentavel.abril.com.br. Acesso em: 2 fev. 2015 (adaptado).

Esse método contribui para a preservação das abelhas porque Alternativa **d.**

a) reduz sua predação.

b) reduz o uso de pesticidas.

c) reduz a competição por abrigo.

d) aumenta a oferta de alimento.

e) aumenta os locais de reprodução.

AMBIENTES E CONSERVAÇÃO

Antropoceno é o nome dado pelo químico holandês Paul J. Crutzen (1933-2021) e pelo botânico estadunidense Eugene F. Stoermer (1934-2012) ao período geológico presente. Para eles, atividades humanas vêm afetando a Terra de tal forma que criamos uma nova época geológica.

O ser humano sempre praticou atividades extrativistas. Atualmente, a extração e o processamento de materiais, combustíveis e alimentos são responsáveis por emissões de gases de efeito estufa, perda de biodiversidade e estresse hídrico, entre outros impactos ambientais.

Nesta unidade, você vai estudar os impactos dos seres humanos no planeta Terra, bem como as estratégias que estão sendo desenvolvidas para reduzir esses impactos e preservar o meio ambiente.

OBJETIVOS

1. Veja resposta em *Respostas e comentários* no Manual do Professor.

- Avaliar os efeitos e os impactos das intervenções humanas nos ecossistemas.
- Discutir a importância da preservação e da conservação da biodiversidade, identificando ações em defesa da sustentabilidade do planeta.
- Compreender a importância das políticas de preservação ambiental, diferenciar os tipos de Unidade de Conservação e reconhecer sua importância para a preservação da biodiversidade brasileira.

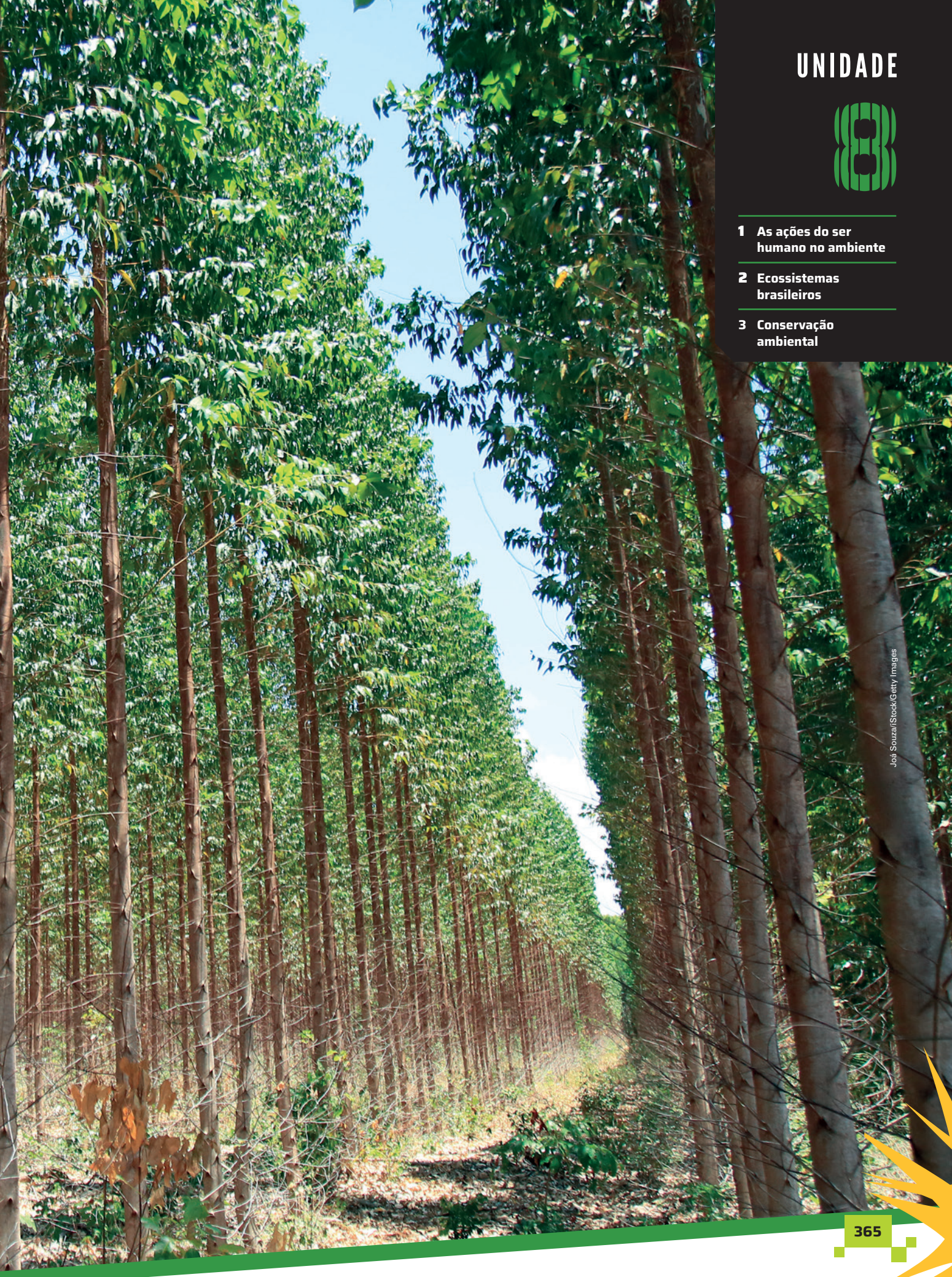
QUESTÕES PARA REFLETIR

1. Observe a imagem de uma floresta plantada. Esse tipo de cultivo pode ajudar a minimizar impactos ambientais e a preservar a biodiversidade? Justifique sua resposta.

2. Debates sobre mudanças climáticas estão geralmente relacionados a ações de conservação de florestas e à regeneração de áreas degradadas pela exploração humana. Como você explica essa relação?

Veja resposta em *Respostas e comentários* no Manual do Professor.

A silvicultura é a ciência dedicada ao cultivo, manejo e conservação de florestas. No Brasil, ela está basicamente voltada para a extração de matérias-primas, tendo uma posição de destaque: 77% é ocupada por eucaliptos, 18% por pínus, e 5% por árvores como a seringueira e a acácia. Plantação de eucaliptos para a produção de madeira, em Conde (BA). Foto de 2021. ▸



José Souza/iStock/Getty Images

UNIDADE 8

1 As ações do ser humano no ambiente

2 Ecossistemas brasileiros

3 Conservação ambiental

CAPÍTULO 1

AS AÇÕES DO SER HUMANO NO AMBIENTE

PARA COMEÇAR

1. O que é efeito estufa?
2. Quais são os gases de efeito estufa?
3. Qual é a relação entre a queimada de florestas e a intensificação do efeito estufa?
4. A água é um recurso renovável, porém a disponibilidade de água potável no mundo está diminuindo em decorrência do aumento da poluição. O que você entende por recurso renovável?

1. Efeito estufa é um processo natural e essencial para nossa existência, pois permite que uma parte da energia solar refletida de volta para o espaço fique retida na atmosfera, mantendo o planeta em uma temperatura adequada para a manutenção da vida.

2. Os principais gases de efeito estufa são: o vapor de água, o dióxido de carbono, o metano, os óxidos de nitrogênio e o ozônio.

3. Veja resposta em *Respostas e comentários* no Manual do Professor.

4. Resposta pessoal. Comente com a turma que recursos renováveis são aqueles que, mesmo usados com frequência, são inesgotáveis, como a energia solar e a eólica.

A AÇÃO ANTRÓPICA E OS AMBIENTES

Como todo ser vivo, o ser humano interage com outras espécies e com o ambiente em que vive. Entretanto, algumas atividades humanas podem provocar alterações ambientais capazes de afetar a sobrevivência de diversas espécies.

O desenvolvimento tecnológico permitiu que a espécie humana ocupasse diferentes ambientes do planeta e incrementasse a exploração dos recursos naturais, muitos deles necessários à sua sobrevivência. Mas, se, por um lado, tecnologias voltadas para otimizar o uso do solo e a produção de alimentos, por exemplo, contribuem para o aumento populacional – em 2023, a população mundial era de cerca de 8 bilhões de habitantes e poderá ultrapassar 10 bilhões por volta de 2055 –, por outro, a derrubada de vegetação, seguida de incêndios para preparar as áreas desmatadas para atividades como a agricultura ou a pecuária, causam perda da biodiversidade e a intensificação do efeito estufa. Além disso, a crescente extração de recursos naturais para atender a um consumo cada vez maior representa enorme pressão sobre o planeta como um todo.

Assim, a maneira como o ser humano tem se relacionado com a natureza provoca a degradação do ambiente e dos recursos naturais necessários à manutenção da vida. As drásticas alterações provocadas na maior parte da superfície terrestre, bem como a geração de resíduos, comprometem o funcionamento de toda a biosfera. Muitos recursos naturais da Terra não são renováveis, ou seja, não serão suficientes para garantir a sobrevivência das gerações futuras com o modelo de desenvolvimento vigente. Neste capítulo, você vai estudar os principais problemas ambientais provocados pelas ações humanas e algumas formas de buscar soluções para eles.

Imagem aérea de parte da floresta Amazônica desmatada por queimadas ilegais, em Lábrea (AM). Foto de 2024. O Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais do Brasil (Inpe) registrou 13 489 focos de incêndio na Amazônia no primeiro semestre de 2024, o pior primeiro semestre no bioma em 20 anos.

Michael Dantas/AFP

Não escreva no livro.

O IMPACTO HUMANO SOBRE O AR

Desde a Pré-História, as atividades humanas alteram a composição atmosférica. Há relatos datados da Antiguidade que registram os efeitos maléficos da fumaça para a saúde humana. No século XIII, a poluição em cidades como Londres, principalmente devido à queima do carvão, já era considerada um problema. A poluição atmosférica começou a se agravar com a Revolução Industrial, iniciada na segunda metade do século XVIII, na Inglaterra.

Durante o processo de industrialização, o movimento migratório da população rural em direção às cidades aumentou, atraída pela oferta de trabalho nas indústrias. A partir da primeira metade do século XX, grande parte da população mundial se concentrava nas cidades, que foram ficando cada vez maiores. Nesses centros urbanos, a poluição do ar passou a ser um grave problema, provocada, principalmente, pelas indústrias e pelo número crescente de automóveis, as duas principais fontes de poluição atmosférica causadas por ações humanas.

Central Press/Hulton Archive/Getty Images

Entre 5 e 9 de dezembro de 1952, a cidade de Londres, na Inglaterra, ficou encoberta por denso nevoeiro tóxico causado pelo excesso da queima de combustíveis fósseis na indústria e nos transportes. Estima-se que 12 mil pessoas morreram nesse período em decorrência de problemas respiratórios causados pela intensa poluição atmosférica.

Principais poluentes atmosféricos

De maneira geral, pode-se dizer que a queima de combustíveis fósseis, como o carvão, o gás natural, o petróleo e seus derivados, produz os principais poluentes atmosféricos lançados na atmosfera pelos escapamentos de veículos automotores e pelas chaminés das fábricas. Outros processos, como as queimadas, também geram esse tipo de poluente.

Entre os principais poluentes atmosféricos destacam-se o monóxido de carbono, os óxidos de nitrogênio, o ozônio e o dióxido de enxofre.

Monóxido de carbono (CO)

É um gás incolor e inodoro, que resulta da queima incompleta de combustíveis. Ele ocorre em maior concentração nas grandes cidades, onde é muito grande a quantidade de veículos automotores em circulação.

Uma das características do monóxido de carbono é a facilidade com que ele se liga à hemoglobina, molécula presente nas hemácias de seres humanos e de outros vertebrados.

A hemoglobina é responsável pelo transporte do gás oxigênio no sangue. Como a ligação da hemoglobina com o CO é muito mais estável que a ligação com o O_2, ela não é facilmente desfeita, o que diminui a disponibilidade de moléculas de hemoglobina para o transporte de O_2. Assim, mesmo em pequenas concentrações no organismo, o CO reduz significativamente a capacidade de transporte de O_2, debilitando a saúde das pessoas.

Óxidos de nitrogênio (NO_x)

Os principais poluentes derivados dos óxidos de nitrogênio, gases produzidos pela queima de combustíveis fósseis, são o monóxido de nitrogênio (NO) e o dióxido de nitrogênio (NO_2). As indústrias de fertilizantes, por queimarem combustíveis fósseis, estão entre as principais fontes de emissão desses gases.

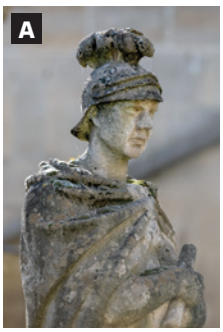
O monóxido e o dióxido de nitrogênio são alguns dos principais poluentes em ambientes fechados, e seus efeitos podem ser agravados pelo mau uso dos sistemas de ventilação. Quando inalado, o NO_2 atinge os pulmões e pode causar doenças como o enfisema pulmonar.

Ozônio (O_3)

Entre 15 e 35 quilômetros de altitude, o gás ozônio forma uma camada que filtra parte dos raios ultravioleta emitidos pelo Sol, impedindo-os de chegar à superfície da Terra. Porém, quando se forma próximo ao solo, por meio de reações químicas que envolvem óxidos de nitrogênio e luz solar, o ozônio é considerado um poluente, causando danos à saúde dos seres humanos e à vegetação, além de reduzir a visibilidade atmosférica.

Dióxido de enxofre (SO_2)

Esse gás, resultante, por exemplo, da queima de combustíveis fósseis como a gasolina e o óleo *diesel*, pode reagir na atmosfera produzindo ácido sulfúrico (H_2SO_4) e causar chuvas ácidas. Tais chuvas provocam a acidificação dos solos e das águas, danificam monumentos históricos (foto **A**), destroem a vegetação (foto **B**) e prejudicam a saúde, causando irritação nas vias respiratórias e agravamento de quadros de asma e bronquite crônica. O dióxido de enxofre também reduz a visibilidade na atmosfera.



Nigel Jarvis/Shutterstock.com/D/BR

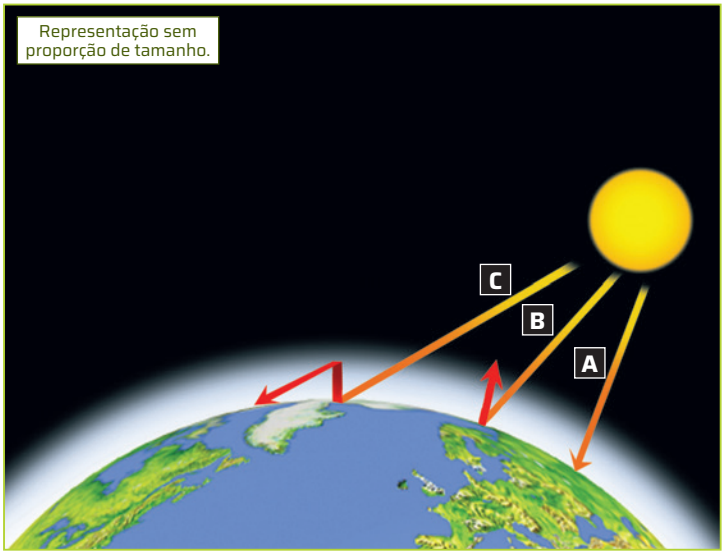
Achim Zeilmann/Alamy/Fotoarena

(**A**) Estátua danificada por chuva ácida, Inglaterra. Foto de 2023. (**B**) Árvores mortas em consequência de chuva ácida. Fronteira entre a Alemanha e a República Tcheca. Foto de 2023.

O aquecimento global

O **efeito estufa** é um fenômeno natural no qual parte da radiação solar permanece na atmosfera em forma de calor. Se esse fenômeno não ocorresse, a temperatura do planeta oscilaria muito e não haveria condições climáticas para a manutenção da vida como a conhecemos.

Luis Moura/ID/BR



Representação do efeito estufa. (**A**) A luz solar penetra na atmosfera e grande parte da radiação é absorvida pela superfície terrestre, aquecendo-a. (**B**) Uma parte da radiação solar é refletida pela Terra e retorna ao espaço. (**C**) Outra parte da radiação refletida pela superfície é retida pela camada de gases de efeito estufa, o que provoca o aquecimento do planeta. Cores-fantasia.

Fonte de pesquisa: Ricklefs, R. E. *A economia da natureza*. 6. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2010. p. 46.

Cerca de 35% da radiação solar que incide sobre a superfície do planeta é refletida de volta para o espaço, e cerca de 65% da que é refletida fica retida na atmosfera, sobretudo devido à ação do vapor de água e também dos gases presentes na atmosfera, como o dióxido de carbono, o metano, os óxidos de nitrogênio, os clorofluorcarbonos (CFCs) e o ozônio. Esses gases, que retêm principalmente os raios infravermelhos, são chamados **gases de efeito estufa** (GEE).

A ideia de que os gases resultantes das atividades humanas poderiam aumentar a quantidade de calor retido na superfície terrestre foi registrada em 1935, nos trabalhos do engenheiro britânico Guy Callendar (1898-1964). Ele analisou milhares de dados meteorológicos e concluiu que, no período de 1890 a 1935, havia ocorrido um aumento de temperatura de quase 0,5 °C. Porém, nos anos seguintes, foram registradas temperaturas médias declinantes, e iniciou-se o debate sobre a proximidade de uma nova era glacial. Foi apenas na década de 1980 que voltou a ganhar a atenção dos cientistas a tese de que os gases produzidos pela atividade humana estariam provocando a elevação da temperatura, e esse fenômeno passou a ser chamado **aquecimento global**.

A teoria do aquecimento global está baseada, principalmente, na associação entre os registros do aumento da temperatura média do planeta nos últimos 150 anos e o aumento da concentração de gás carbônico na atmosfera, especialmente a partir da Revolução Industrial, quando a humanidade passou a usar combustíveis fósseis como principal fonte de energia. O setor industrial e o de transportes, além do desmatamento, são as principais fontes emissoras de GEE. O desmatamento é a principal fonte das emissões brasileiras.

O relatório de 2023 do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC, na sigla em inglês) identificou que, entre 2011 e 2020, as atividades humanas teriam causado um aquecimento global de cerca de 1,1 °C acima dos níveis pré-industriais (referentes à temperatura média global do período entre 1850 e 1900). O relatório fortaleceu evidências de mudanças observadas em eventos climáticos extremos, como ondas de calor, precipitações intensas, secas e ciclones tropicais, e sua atribuição à interferência humana. Um relatório anterior, de 2013, já havia alertado que as concentrações atmosféricas dos gases carbono, metano e óxido nitroso teriam aumentado em cerca de 40%, 150% e 20%, respectivamente, em relação aos níveis pré-industriais. Esse relatório havia previsto ainda que o aumento de temperatura poderia levar ao derretimento parcial das calotas polares e ao consequente aumento do nível do mar, e à ocorrência de eventos climáticos extremos, afetando numerosos sistemas naturais.

Usar energia de forma mais eficiente, adotar fontes renováveis de energia, reduzir as taxas de desmatamento e recuperar áreas verdes degradadas são algumas das maneiras de reduzir a emissão de GEE e de prevenir ou minimizar os impactos negativos do aquecimento global.

PARA EXPLORAR

Assista

***Uma verdade inconveniente*. Direção: Davis Guggenheim. EUA, 2006 (96 min).**

O documentário, vencedor do Oscar nessa categoria, retrata de forma realista as consequências do aquecimento global e propõe saídas para que o planeta não sofra uma catástrofe climática.

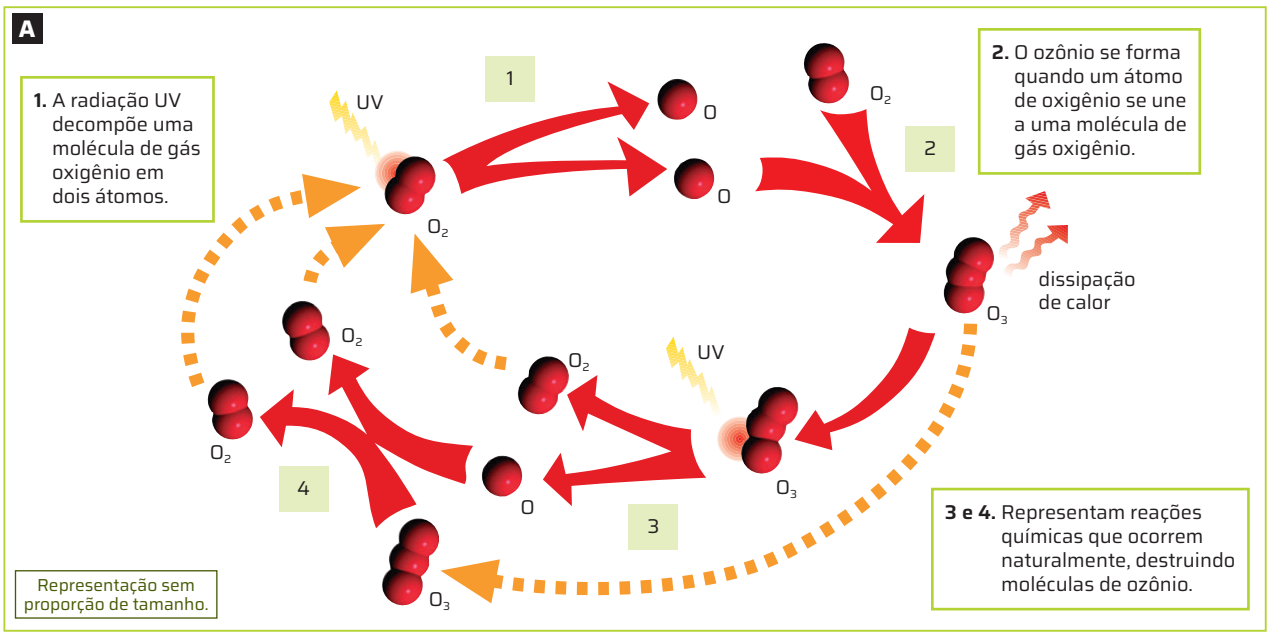
Não escreva no livro.

A camada de ozônio

O ozônio (O_3), gás formado por três átomos de oxigênio, concentra-se na estratosfera formando uma camada que está situada entre 15 e 35 quilômetros de altitude. Assim, a chamada **camada de ozônio**, ou **ozonosfera**, apresenta uma espessura variável, que é maior na linha do Equador e menor nos polos. Sua existência foi descoberta em 1913, e vários estudos mostraram que ela impede que parte dos raios ultravioleta (UV) emitidos pelo Sol chegue à superfície do planeta. Isso é importante porque raios UV podem prejudicar os seres vivos, causando, por exemplo, mutações gênicas, câncer de pele e doenças oculares. A formação e a destruição de moléculas de gás ozônio ocorrem naturalmente (imagem **A**).

Fonte de pesquisa: About the ozone layer. Government of Canada. Canadá, 25 maio 2010. Disponível em: https://www.canada.ca/en/environment-climate-change/services/air-pollution/issues/ozone-layer/depletion-impacts/about.html. Acesso em: 1º set. 2024.

Representação da formação e da destruição natural do gás ozônio na estratosfera. Cada esfera vermelha representa um átomo do elemento oxigênio. Cores-fantasia.



Reinaldo Vignati/ID/BR

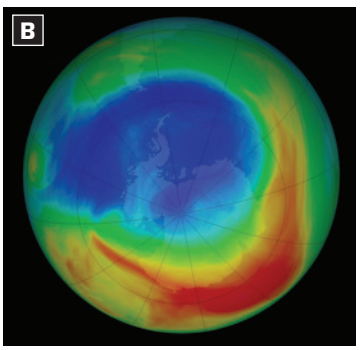
A destruição da ozonosfera pela ação humana

A destruição natural do ozônio se intensifica com a liberação de gases como os CFCs, os hidroclorofluorocarbonetos (HCFCs), o brometo de metila (CH_3Br) e os óxidos de nitrogênio. Esse fenômeno foi observado pela primeira vez no fim da década de 1970 na Antártida, continente no qual a camada de ozônio se tornou mais rarefeita, provocando o chamado "buraco" da camada de ozônio.

Os CFCs e HCFCs são gases utilizados em aerossóis, na fabricação de solventes, em sistemas de refrigeração e nos condicionadores de ar; o brometo de metila é um biocida (substâncias letais para alguns seres vivos) empregado na agricultura; e os óxidos de nitrogênio são produzidos durante o processo de desnitrificação de compostos orgânicos utilizados nos adubos.

Para tentar recuperar e proteger a camada de ozônio, foi assinado, em 1987, o Protocolo de Montreal, um acordo internacional mediante o qual os países signatários se comprometiam a reduzir a produção e o consumo dos produtos citados acima. Hoje, o acordo conta com a adesão de 197 nações, entre elas o Brasil.

Durante os mais de trinta anos da assinatura do Protocolo de Montreal, o "buraco" na camada de ozônio chegou a alcançar tamanho recorde em 2006, mas vinha diminuindo e apresentou, no ano de 2019 (imagem **B**), o menor tamanho desde 1982 (ano de início dos registros). De acordo com estimativas da Nasa, a agência espacial estadunidense, com a redução na produção e na emissão dos CFCs, essa camada poderia se regenerar por volta de 2065, mas como a abertura do buraco na camada de ozônio varia de ano para ano, é preciso acompanhá-lo por mais tempo. Um estudo realizado no período entre 2020 e 2022, por exemplo, observou uma ampliação da extensão e da profundidade do buraco.



NOAA/NASA

Aspecto do "buraco" da camada de ozônio (em azul) sobre o continente antártico em 2019. Imagem colorizada, obtida por satélites.

ROTEIRO

1. a) Veja resposta em *Respostas e comentários* no Manual do Professor.

1. Sobre o ozônio, responda:

a) Qual é o principal fator de destruição da camada de ozônio?

b) Que medidas têm atenuado a destruição dessa camada?

1. b) Para atenuar a destruição da camada de ozônio, deve-se reduzir a produção e o consumo dos produtos citados no item anterior.

Não escreva no livro.

BIOLOGIA E GEOGRAFIA

DESLOCAMENTOS CLIMÁTICOS

Atualmente, o deslocamento de pessoas de um território para outro está cada vez mais ligado a desastres relacionados a mudanças climáticas, ou seja, a alterações nos padrões de clima e de temperatura da Terra. Estima-se que, hoje, a temperatura do planeta esteja 1,2 °C mais quente do que no século XIX (gráfico a seguir) devido, principalmente, à emissão de gases do efeito estufa, como o CO_2.

TEMPERATURA MÉDIA GLOBAL (ºC)

ID/BR

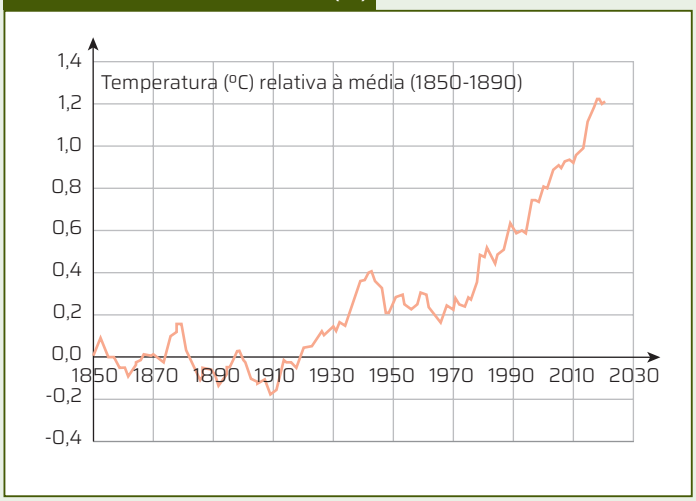


Gráfico mostrando o aumento da temperatura média global nas últimas décadas em relação à média das temperaturas medidas entre 1850 e 1890, as primeiras décadas da era industrial.

Fonte de pesquisa: Dashboard – Temperatura média global. *Climainfo*, [*s. l.*], ago. 2021. Disponível em: https://climainfo.org.br/dashboard-temperatura-media-global/. Acesso em: 27 ago. 2024.

As mudanças climáticas englobam o aquecimento global e todas as suas consequências, como secas intensas e escassez de água, incêndios florestais, derretimento das calotas polares, enchentes, aumento do nível do mar, entre outras. Tais eventos climáticos podem transformar drasticamente a vida das pessoas, já que muitos indivíduos são forçados a abandonar suas casas e seus territórios. Além dos desastres naturais, outros fatores relacionados às mudanças climáticas contribuem para os processos migratórios, como pobreza, perda de meios de subsistência e tensões devido à escassez de recursos, resultando em novos conflitos e, assim, em mais deslocamentos.

De acordo com dados do Alto Comissariado das Nações Unidas para Refugiados (Acnur), os desastres relacionados ao clima provocaram mais da metade dos deslocamentos relatados em 2022. Muitos desses movimentos migratórios foram internos, ou seja, não cruzaram fronteiras. Em 2023, no Brasil, ocorreu o maior número de deslocamentos internos forçados por desastres climáticos do continente americano, segundo relatório global do Centro de Monitoramento de Deslocamento Interno de Genebra. Nesse ano, foi registrado um número recorde de eventos climáticos no país, 68% deles concentrados nas regiões Sul e Sudeste. Apenas entre os meses de outubro e novembro, cerca de 183 mil pessoas se deslocaram na região Sul, devido às chuvas recordes no período. O primeiro semestre de 2024, por sua vez, contabilizava cerca de 82% do total de deslocamentos internos provocados por desastres climáticos em relação ao ano de 2023 inteiro.

Pedro Ladeira/Folhapress

Abrigo para pessoas atingidas pelas enchentes na região metropolitana de Porto Alegre (RS). Foto de 2024.

Em casos como esses, a expressão "refugiados do clima" tem sido frequentemente usada. O termo "refugiado" para se referir a indivíduos que se deslocam pelo interior de seus países por motivos relacionados ao clima, porém, não é reconhecido oficialmente. Essas especificações não constam na Convenção dos Refugiados de 1951 ou no Protocolo de 1967.

Não escreva no livro.

Refugiados climáticos e proteção legal

A necessidade de ampliar a concessão de benefícios aos refugiados do clima, tanto no Brasil como no mundo, é urgente e fundamental, especialmente quando se considera que cada vez mais pessoas devem sofrer com os efeitos das mudanças climáticas. Além de enfrentar o processo de reconstrução de suas habitações, na maioria das vezes a partir do zero e em outras localidades, as pessoas nessas condições também precisam de muita resiliência e estrutura psicológica para lidar com um processo pós-traumático que pode levar anos. Para isso é preciso rever e ampliar o conceito de refugiado. Leia o texto a seguir para conhecer esse conceito, bem como os direitos e deveres dessas pessoas, de acordo com a lei brasileira.

Quem pode ser considerado um refugiado?

A lei brasileira de refúgio nº 9474/1997 define como pessoa refugiada aquela que:

I – devido a fundados temores de perseguição por motivos de raça, religião, nacionalidade, grupo social ou opiniões políticas encontre-se fora de seu país de nacionalidade e não possa ou não queira acolher-se à proteção de tal país;

II – não tendo nacionalidade e estando fora do país onde antes teve sua residência habitual, não possa ou não queira regressar a ele, em função das circunstâncias anteriores;

III – devido a grave e generalizada violação de direitos humanos, é obrigado a deixar seu país de nacionalidade para buscar refúgio em outro país.

Estas definições seguem a Convenção de 1951 relativa ao Estatuto dos Refugiados e também a Declaração de Cartagena de 1984 que amplia a definição inicialmente prevista na Convenção de 1951.

[...]

Quais são os direitos de um refugiado?

Um refugiado tem direito a buscar e receber refúgio em um lugar seguro. Contudo, a proteção internacional abrange mais do que a segurança física. Os refugiados devem usufruir, pelo menos, dos mesmos direitos e da mesma assistência básica que qualquer outro estrangeiro residindo legalmente no país, incluindo liberdade de expressão e de movimento, e proteção contra tortura e tratamento degradante.

De igual modo, os direitos econômicos e sociais que se aplicam aos refugiados são os mesmos que se aplicam a outros indivíduos. Pessoas refugiadas devem ter acesso à assistência médica. Pessoas refugiadas adultas devem ter direito a trabalhar. Nenhuma criança refugiada deve ser privada de escolaridade.

[...]

Os refugiados também têm responsabilidade e obrigações, entre elas a de respeitar as leis do país que os acolhem.

UNHCR ACNUR BRASIL. Perguntas e respostas. [*S. l.*], [20--]. Disponível em: https://www.acnur.org/portugues/dados-sobre-refugiados/perguntas-e-respostas/#refugiado. Acesso em: 27 ago. 2024.

2. a) Não, uma vez que muitas delas se deslocam internamente (não migram para outros países) e esses deslocamentos não são motivados por perseguições por raça, religião, nacionalidade, grupo social ou opiniões políticas, conforme definido na lei brasileira, que segue a Convenção de 1951 relativa ao Estatuto dos Refugiados.

Conecte as ideias

1 **Para calcular a média global da temperatura, cientistas coletam dados em estações meteorológicas, navios, aviões, satélites, entre outros instrumentos, e o cálculo é feito por sistemas computacionais. Vários institutos de pesquisa espalhados pelos continentes estão envolvidos nesse cálculo.**

- Qual é a importância de medir e acompanhar a variação da temperatura média do planeta?
  Veja resposta em *Respostas e comentários* no Manual do Professor.

2 **De acordo com a lei brasileira, responda às questões a seguir:**

a) As pessoas que se deslocam devido às condições climáticas podem ser consideradas refugiadas? Justifique sua resposta.

b) Em sua opinião, o conceito de refugiado deveria incluir as pessoas que se deslocam em função de desastres ambientais? Discuta a importância dessa inclusão para os "migrantes do clima".
Veja resposta em *Respostas e comentários* no Manual do Professor.

3 **O relatório *Groundswell Part 2*, divulgado pelo Banco Mundial em 2021, prevê que cerca de 216 milhões de pessoas serão forçadas a migrar dentro de seus países devido às mudanças climáticas.**

- Discuta com os colegas medidas que poderiam contribuir para a proteção dessas pessoas e também para evitar processos migratórios por razões climáticas.
  Além da atualização no Estatuto do Refugiado, os estudantes devem mencionar esforços de mitigação climática, como a redução de emissões de GEE, e outras soluções abrangentes e sustentáveis capazes de enfrentar os desafios climáticos globalmente.

O IMPACTO HUMANO SOBRE A ÁGUA

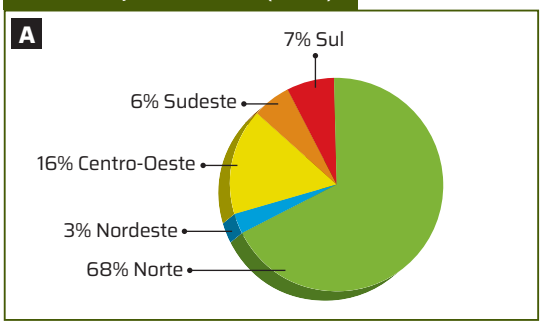
O ser humano utiliza principalmente água doce, água que contém baixas concentrações de sais dissolvidos, para diversos fins, como o consumo doméstico, a atividade industrial, a irrigação agrícola, a geração de energia elétrica, as atividades de mineração, a navegação, entre outros.

No entanto, a maior parte da água do planeta (cerca de 97,5%) é salgada e está nos mares e oceanos e, dos cerca de 2,5% correspondentes à água doce, quase 70% estão na forma de gelo e neve.

Além disso, apesar de a quantidade de água no planeta ser fixa – cerca de 1,4 bilhão de quilômetros cúbicos –, o volume disponível para o consumo humano varia de região para região, como pode ser observado no Brasil (gráfico **A**), e também ao longo do tempo, em razão de mudanças climáticas. A água apropriada para consumo humano é, portanto, limitada.

DISPONIBILIDADE DE ÁGUA DOCE NO BRASIL, POR REGIÃO (2005)

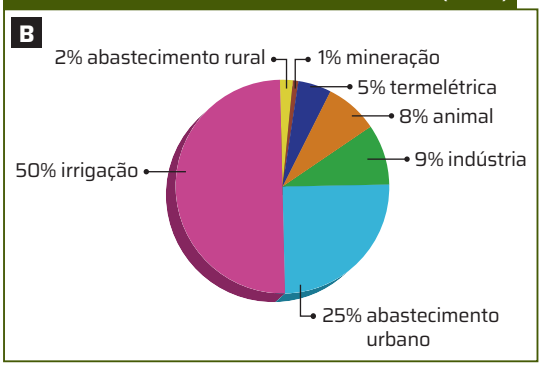
ID/BR



Fonte de pesquisa: IFC VERIFICA. Escassez de água: entenda por que esse problema também é seu. *IF – Instituto Federal de Santa Catarina*, 27 mar. 2023. Disponível em: https://www.ifsc.edu.br/web/ifsc-verifica/w/escassez-de-agua-entenda-por-que-esse-problema-tambem-e-seu. Acesso em: 27 ago. 2024.

USO SETORIAL DA ÁGUA NO BRASIL EM % (2020)

ID/BR



Fonte de pesquisa: AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO (ANA). *Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil – 2021*. Brasília, DF, 2021. Disponível em: https://relatorio-conjuntura-ana-2021.webflow.io/capitulos/usos-da-agua. Acesso em: 11 set. 2024.

Diante desse cenário, dois aspectos tornam-se relevantes. O primeiro é o crescimento acelerado do consumo de água, que, no período de 1950 a 2000, triplicou. Entre os setores da economia, estima-se que 70% dos recursos hídricos mundiais sejam destinados à agricultura. Em seguida, calcula-se que 20% da água disponível no mundo é consumida pela indústria. Os 10% restantes dos recursos hídricos mundiais são destinados ao consumo doméstico, ou seja, para a higiene pessoal, a limpeza de residências, a ingestão de água, entre outras atividades. No Brasil, a água é utilizada principalmente para irrigação de lavouras, abastecimento público, atividades industriais e geração de energia (gráfico **B**). De acordo com a Agência Nacional das Águas (ANA), o consumo de água no país está crescendo e, em 2030, deve superar a marca de 2,5 milhões de litros por segundo.

O segundo aspecto diz respeito à degradação da qualidade da água provocada pelas atividades humanas. Mares, rios, lagos e represas, bem como as águas subterrâneas, são afetados, direta ou indiretamente, pela deposição de esgoto e de lixo doméstico e industrial, pelo escoamento de substâncias tóxicas provenientes da agricultura (inseticidas e herbicidas) e da mineração (mercúrio) e pela deposição de solo removido em atividades como a agricultura ou a terraplenagem. A seguir, são apresentadas algumas das principais causas de poluição das águas.

Poluentes biodegradáveis

O esgoto doméstico e o de algumas indústrias são ricos em matéria orgânica. Quando lançados em rios, lagos ou mares, a matéria orgânica que carregam é decomposta por microrganismos. Esse processo consome gás oxigênio, reduzindo os níveis desse gás dissolvido na água, o que pode provocar a mortandade de peixes e de outros animais aquáticos (imagem **C**).

No entanto, como esses tipos de poluente são constituídos, principalmente, de substâncias que podem ser decompostas por processos biológicos, ou seja, substâncias **biodegradáveis**, o impacto que provocam é reversível, desde que sejam eliminados os focos de poluição. A recuperação do rio Tâmisa, que corta a cidade de Londres, na Inglaterra, é um exemplo de que a implantação de sistemas de coleta e tratamento de esgotos é uma solução para esse tipo de poluente.

Rodrey Costa/Zimel Press/Folhapress

Peixes mortos em consequência de vazamento de esgoto sem tratamento e de baixos níveis de gás oxigênio na Lagoa da Pampulha em Belo Horizonte (MG). Foto de 2024.

Não escreva no livro.

Eutrofização

O aumento da concentração de certos nutrientes em ambientes aquáticos é chamado **eutrofização** (do grego *eu*, "bom", e *trophes*, "nutrição"). Esse processo pode ocorrer naturalmente, mas também pode ser provocado pelo acúmulo de esgotos e de fertilizantes agrícolas nos corpos d'água, pois isso leva ao aumento dos níveis de nitratos e fosfatos, substâncias utilizadas como nutrientes por cianobactérias e algas. O excesso de nutrientes, associado a condições favoráveis de temperatura, salinidade e luminosidade, proporciona a proliferação acelerada desses seres fotossintetizantes, fenômeno conhecido como **floração**.

Esse fenômeno pode turvar a água, diminuindo a luz disponível para a fotossíntese, e provocar a morte de alguns desses organismos. A decomposição dos organismos consome parte do oxigênio dissolvido na água, ocasionando os problemas já mencionados. Além disso, algumas algas e cianobactérias produzem toxinas que podem se acumular em organismos filtradores, como mexilhões e ostras. Aves, mamíferos marinhos e seres humanos, entre outros, podem se intoxicar ao consumir esses animais. Também é desaconselhável banhar-se ou praticar esportes aquáticos em águas com florações.

Um tipo conhecido de floração que ocorre no mar, conhecido como **maré vermelha**, é provocado pela proliferação excessiva de dinoflagelados – organismos unicelulares flagelados (imagem **A**).

A eutrofização excessiva é comum nos rios das grandes cidades que recebem esgoto doméstico e industrial sem tratamento.

Álvaro Migotto/Acervo do fotógrafo

De acordo com dados da Cetesb (Companhia Ambiental do Estado de São Paulo) houve um aumento na ocorrência de florações no litoral paulista, a partir de 2013. Fenômeno da maré vermelha em São Sebastião (SP). Foto de 2019.

Poluição por substâncias não biodegradáveis

Substâncias como metais pesados, alguns detergentes, pesticidas e derivados do petróleo não são biodegradáveis, isto é, são decompostas muito lentamente ou não são decompostas por processos biológicos. Elas permanecem no ecossistema por longos períodos, causando danos muitas vezes irreversíveis, ou reparáveis apenas após décadas ou séculos.

Do ponto de vista ambiental, um dos problemas mais graves relacionados à presença desses poluentes é a biomagnificação ou magnificação trófica. Nesse processo, os poluentes que contaminam os produtores, por exemplo, são gradativamente transferidos aos níveis tróficos superiores por meio da alimentação. Por não serem biodegradáveis, os poluentes permanecem no corpo dos seres vivos e tornam-se mais concentrados nos níveis mais altos da cadeia alimentar. Assim, um consumidor terciário que ingerir várias presas ficará contaminado pelos poluentes presentes no corpo delas.

Metais pesados

Recentemente, as atividades humanas vêm provocando o aumento de metais pesados em vários ecossistemas. Essas substâncias estão presentes, por exemplo, em componentes eletroeletrônicos e produtos agrícolas e em processos industriais na produção de plásticos, tintas e solventes. Alguns desses metais, como o ferro, o zinco e o selênio, são encontrados nos seres vivos, porém em concentração muito pequena. Outros, como o arsênio, o cádmio e o mercúrio, são potencialmente nocivos para plantas, animais e microrganismos.

O mercúrio é amplamente utilizado pela indústria na preparação de substâncias como o cloreto de vinila (usado na produção de plásticos PVC), a soda cáustica e o acetaldeído (usado na produção de tintas, resinas e borrachas). No garimpo, esse metal é usado para facilitar a separação do ouro. Quando despejado nas águas, o mercúrio acumula-se nos níveis tróficos da cadeia alimentar.

A ingestão de mercúrio pode causar envenenamento, com sintomas como tremores, depressão, perda de memória, irritabilidade e paralisia, levando inclusive à morte. Em mulheres grávidas, pode afetar o desenvolvimento do feto nas primeiras semanas.

O tratamento e a disposição adequada de resíduos industriais são fundamentais para prevenir a contaminação da água por metais pesados.

2. b) Os peixes morreram devido à falta de gás oxigênio. A proliferação das algas e bactérias dificulta a penetração da luz na água, reduzindo a fotossíntese de plantas e algas que vivem em maiores profundidades. Além disso, com a maior oferta de nutrientes, aumenta a atividade de seres decompositores, que consomem boa parte do oxigênio dissolvido na água. Consequentemente, os peixes e outros seres aeróbios morrem por asfixia.

ROTEIRO

2. Certo lago passou a receber parte do esgoto doméstico de uma cidade. Inicialmente, a água adquiriu um tom esverdeado, em decorrência da rápida proliferação de algas e bactérias fotossintetizantes. Depois de certo tempo, houve a mortandade de peixes.

a) Que tipo de problema ambiental provavelmente aconteceu nesse lago?

b) Qual é a provável causa da morte dos peixes?

2. a) Deve ter ocorrido eutrofização.

Organoclorados

Outra importante classe de substâncias não biodegradáveis são os organoclorados. Empregados em produtos agrícolas como inseticidas e herbicidas, os organoclorados, assim como o mercúrio, acumulam-se ao longo da cadeia alimentar e estão mais concentradas nos níveis tróficos superiores.

Entre os organoclorados DDT (sigla para diclorodifeniltricloroetano) é o mais conhecido; seu uso atualmente é proibido em vários países, inclusive no Brasil.

A presença do DDT nos ecossistemas aquáticos vem sendo constatada e estudada em diversas partes do mundo, até mesmo nas regiões polares, onde sua degradação é mais lenta que nos trópicos.

No ser humano, pesticidas como o DDT atuam sobre o sistema nervoso central, alterando o comportamento e causando distúrbios nervosos e problemas respiratórios.

Por tudo isso, o uso dessas substâncias, quando permitido, deve ser responsável e criterioso, de acordo com as instruções do órgão ambiental responsável e em níveis adequados.

Poluição por derramamento de petróleo

Raul Spinassé/Folhapress

O vazamento de petróleo de um navio na costa do Nordeste brasileiro atingiu mais de mil localidades dessa região e parte do litoral do Sudeste. Mancha de petróleo na praia de Sítio do Conde (BA). Foto de 2019.

O petróleo é uma das principais fontes poluidoras do ecossistema marinho. Extraído das profundezas da crosta terrestre, o petróleo tem grande importância para as sociedades modernas, não apenas como fonte de combustíveis, mas também como matéria-prima de produtos fabricados para os mais diversos fins, como plásticos, solventes, tintas, óleos lubrificantes, entre outros. A extração e o transporte do petróleo acarretam problemas ambientais quando ocorrem derramamentos de navios-petroleiros, oleodutos, plataformas ou refinarias (imagem **A**).

As extensas manchas de óleo provocadas por esses acidentes bloqueiam a passagem da luz e, consequentemente, impedem a realização da fotossíntese pelo fitoplâncton, além de dificultar a troca gasosa entre a água e a atmosfera.

O óleo derramado também cobre o corpo de aves e de outros animais, impedindo a realização de diversas funções vitais. A presença de óleo nas brânquias dos peixes, por exemplo, pode levá-los à morte por asfixia. Aves marinhas cujas penas estejam cobertas por óleo ficam muitas vezes impossibilitadas de voar e de regular a temperatura do corpo (estresse térmico) e acabam morrendo. O mesmo pode acontecer com os mamíferos marinhos, como golfinhos, lontras e focas. Prevenir acidentes relacionados com a extração e o transporte de petróleo é essencial para diminuir a frequência e a gravidade de desastres ambientais.

Uso consciente dos recursos hídricos

Adriano Kirihara/Pulsar Imagens

Adriano Kirihara/Pulsar Imagens

Irrigação por gotejamento em plantação de tomates. Em destaque, mangueira com água gotejando no solo.

O uso consciente da água no consumo doméstico é uma das maneiras mais simples de contribuir para a economia dos recursos hídricos. Fechar a torneira ao ensaboar as mãos, ao escovar os dentes ou ao ensaboar a louça, por exemplo, ajuda a economizar até 7 litros de água por minuto.

A Organização das Nações Unidas (ONU) recomenda o consumo limite de 110 litros diários, quantidade suficiente para garantir a qualidade de vida sem colocar em risco a oferta dos recursos hídricos. O consumo médio dos brasileiros, porém, está acima desse valor: 154 litros de água por dia.

Além disso, é preciso adotar novas práticas nos setores primário e secundário. Na agricultura, uma maneira de economizar grande quantidade de água é implementar a irrigação por gotejamento, técnica em que a água é aplicada diretamente no solo na forma de gotas (imagem **B**). Com esse método, a perda de água por evapotranspiração é bem menor do que aquela que ocorre no modelo de irrigação tradicional. No caso de atividades industriais, a economia de água pode ser feita por meio da adoção de sistemas de reúso, do aproveitamento da água da chuva e de inspeções periódicas nas redes de distribuição de água, para prevenir vazamentos.

Não escreva no livro.

O IMPACTO HUMANO SOBRE O SOLO

A água e os nutrientes essenciais para a sobrevivência de diversos seres vivos estão presentes no solo. Ele interage com a atmosfera, com as águas superficiais e subterrâneas e com os seres vivos.

O solo é modificado pela ação humana em diversas atividades, como o plantio, a pecuária, a extração de minerais, a construção de estradas, a edificação de cidades e a deposição de resíduos. Essas atividades, quando comprometem o solo, acarretam prejuízos ambientais, sociais e econômicos. As principais formas de degradação antrópica do solo são a erosão, a impermeabilização e a poluição.

Uso do solo

Dentre as atividades humanas que resultam na ocupação do solo, destacam-se aquelas ligadas ao setor primário e à urbanização. A agricultura, a pecuária e a mineração, por exemplo, alteram significativamente as paisagens naturais, causando prejuízos à fertilidade do solo e à disponibilidade de recursos hídricos no entorno. Já a edificação de cidades interfere na absorção de água pelo solo.

No Brasil, o desmatamento reduz a cobertura vegetal a cada ano para a expansão de áreas destinadas a atividades agropecuárias e à extração de minérios.

A substituição da vegetação natural por uma **monocultura**, ou seja, uma única cultura agrícola, como a da soja, interfere na qualidade do solo de diversas maneiras. Além do desbalanceamento de nutrientes provocado pela monocultura, o preparo do solo com arados provoca sua desagregação. O uso de fertilizantes e pesticidas também oferece risco de contaminação do solo e dos lençóis freáticos.

Uma prática que ajuda a atenuar os efeitos nocivos da monocultura é a **rotação de culturas**, técnica em que a planta de interesse é cultivada de modo alternado com outras culturas que podem beneficiar o solo. No caso da soja, o cultivo pode ser alternado com o do milho, do trigo e da aveia, por exemplo. Outra alternativa é a **agrofloresta**, isto é, a ocupação do solo com o plantio integrado de árvores, arbustos e de certas culturas, como é feito em alguns cultivos de café. A manutenção da vegetação nativa também é possível no caso da pecuária.

O desmatamento para a extração de minérios também causa grandes impactos ambientais, desde aquele relacionado à remoção da cobertura vegetal até o relacionado à contaminação do solo por substâncias tóxicas. Por esse motivo, é muito importante reduzir a extração desses recursos e investir no manejo dos resíduos gerados pela mineração.

Nas áreas urbanas, o asfalto e o concreto reduzem a permeabilidade do solo (imagem **A**), o que, por sua vez, favorece a ocorrência de enchentes. Por isso, é fundamental a manutenção de áreas verdes para assegurar áreas de absorção de água pelo solo.

Roça de coivara

Cultivar a terra, preparar o solo, plantar e colher reúnem conhecimentos e práticas culturais milenares, como a roça de coivara, as trocas de sementes e a produção de alimentos orgânicos.

Há mais de 300 anos, os quilombolas do vale do Ribeira desenvolveram um cultivo de alimentos na Mata Atlântica que não usa adubo nem agrotóxico, chamado roça de coivara. Esse sistema agrícola tradicional foi reconhecido, em 2018, como Patrimônio Cultural do Brasil pelo Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional (Iphan).

Nele, o sistema de corte e queima da vegetação, sem o uso de tratores, disponibiliza uma determinada área para o plantio rotativo de culturas de subsistência. O uso do fogo é feito em pequena escala, de forma controlada, e as cinzas geradas agem como defensivos agrícolas naturais. Os troncos maiores, que não queimam, entram em processo de decomposição e fertilizam o solo. As plantações de diversas culturas são feitas durante 1 ou 2 anos. Após esse período, o local é abandonado, o solo se recupera e a floresta se regenera. Essa área é utilizada novamente após duas ou até três décadas.

DE OLHO NO CONCEITO

Coivara

O termo "coivara", de origem indígena tupi, refere-se a uma técnica tradicional agrícola de preparo e adubação do solo que consiste em cortar e queimar a vegetação de um terreno para limpá-lo e adubá-lo com as cinzas.

Nereu Jr/Pulsar Imagens

Vista aérea de bairro em Poços de Caldas (MG), em 2023. A quantidade de áreas verdes é muito pequena para compensar a impermeabilização do solo pelo asfalto.

Erosão

A **erosão** é um processo natural que transporta as partículas de solo de um lugar para outro. Os principais agentes erosivos são a água, o vento e o gelo, agentes físicos que atuam também no **intemperismo**, isto é, na desagregação das rochas em partículas de solo.

Algumas atividades humanas, porém, quando realizadas sem cuidado, podem acelerar a erosão do solo. Certas práticas de agricultura e o desmatamento removem a cobertura vegetal, deixando o solo exposto à ação do sol, dos ventos e das chuvas.

O solo exposto ao sol perde a umidade e as condições necessárias para a manutenção dos organismos que o tornam fértil. Ventos e chuvas também retiram a camada superficial do solo com seus nutrientes, provocando o aparecimento de **voçorocas**, que são sulcos e escavações no solo decorrentes da erosão pluvial (imagem **A**). Muitas vezes, as partículas de solo são transportadas até os cursos de água, onde se acumulam. Com o passar do tempo, a deposição dessas partículas e de outros sedimentos no fundo de rios e represas diminui a profundidade deles. Esse processo é denominado **assoreamento**.

A chuva ainda pode causar a compactação superficial dos solos, por meio da fragmentação física de seus elementos durante o impacto e sua dispersão para poros menos profundos do solo. Isso dificulta a penetração de água. Assim, a água das chuvas escorre sobre a superfície do terreno e forma pequenas correntes, que carregam porções maiores de solo, cavando ravinas (buracos) cada vez mais profundas. Nas áreas urbanas, a erosão ocorre em solo exposto, principalmente devido à terraplenagem (para a construção de estradas, habitações e indústrias) e à ocupação desordenada das encostas. A erosão é uma das principais causas dos desmoronamentos comuns em época de chuva.

Gerson Gerloff/Pulsar Imagens

Voçoroca em São Gabriel (RS). Foto de 2024.

Poluição do solo

A agricultura intensiva utiliza fertilizantes industriais e biocidas, que, dependendo da concentração, são tóxicos e podem ser letais para algumas espécies de seres vivos. Essas substâncias penetram no solo e podem atingir os aquíferos, contaminando-os.

Entre os principais poluentes dos solos estão os metais pesados, como o mercúrio, o cádmio, o níquel e o chumbo. Esses poluentes também se acumulam na camada superior do solo e são facilmente captados pelas raízes das plantas. A partir daí, entram na cadeia trófica dos ecossistemas, podendo causar intoxicação ou envenenamento em seres humanos e outros animais.

A chuva ácida, por sua vez, provoca a acidificação do solo e afeta os seres vivos, podendo causar grandes alterações no ecossistema.

Outra causa da contaminação dos solos é o acúmulo de resíduos urbanos e industriais depositados indevidamente em lixões ou em aterros mal controlados.

Fabio Colombini/Acervo do fotógrafo

Depósito de lixo doméstico a céu aberto na ilha do Marajó (PA). Foto de 2022. Cerca de um terço de tudo o que é descartado pelos brasileiros vai para lixões a céu aberto, córregos, rios e o mar.

O destino do lixo

Os **resíduos sólidos**, também chamados de lixo, representam uma mescla de rejeitos provenientes de atividades domésticas, das atividades comerciais, das fábricas, dos hospitais, etc. Trata-se basicamente de matéria orgânica, papel, plásticos, vidros e metais.

No Brasil, 61% dos resíduos sólidos coletados são destinados aos aterros sanitários. Neles, o terreno é impermeabilizado para evitar a contaminação do solo. Nesses aterros, alternam-se camadas de resíduos e de solo, o que evita o mau cheiro e a proliferação de animais. Nos mais modernos, o chorume, líquido escuro resultante da decomposição da matéria orgânica e que pode poluir o solo, é coletado, e os gases provenientes da decomposição, como o metano, são aproveitados como fonte de energia.

O restante dos resíduos sólidos (39%) é depositado em aterros controlados e lixões, que não contam com um conjunto de medidas necessárias para proteger a saúde das pessoas e o meio ambiente. Os lixões, por exemplo, são locais a céu aberto onde o lixo não recebe nenhum tipo de tratamento (imagem **B**). Além de atrair ratos, baratas e outros animais vetores de diversas doenças, muitas vezes o chorume infiltra no solo e contamina os aquíferos.

O crescimento das cidades e o aumento da produção de lixo demandam novos aterros, embora seja cada vez menor a disponibilidade de áreas adequadas às suas instalações. Aterros sanitários distantes dos centros de produção encarecem o serviço de coleta de lixo. Soluções mais efetivas para esse problema devem proporcionar uma mudança dos hábitos de consumo, com o objetivo de reduzir a quantidade de resíduos produzidos.

Não escreva no livro.

Impermeabilização

A impermeabilização ocorre quando o solo se torna impermeável à água. Esse fenômeno ocorre tanto em áreas urbanas como em áreas rurais.

Nas áreas urbanas, as construções e a pavimentação de ruas e estradas impermeabilizam grande parte do solo que poderia absorver as águas pluviais.

Nas áreas rurais, a impermeabilização ocorre pela compactação, que torna os solos menos porosos. A compactação ocorre no solo nu, exposto às intempéries, e também é causada por maquinários agrícolas, pisoteio animal e passagem de veículos automotores. Esse processo dificulta a troca de gases entre o solo e a atmosfera, diminuindo sua aeração.

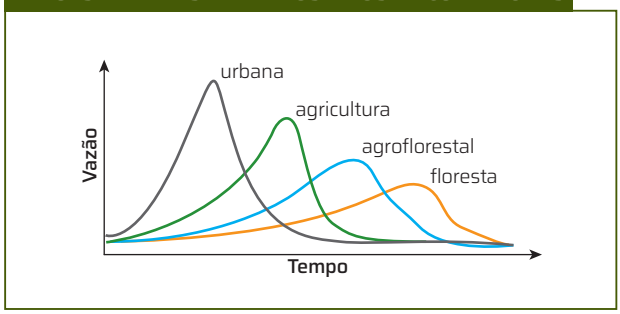
Enchentes urbanas

Várias causas estão relacionadas às grandes enchentes urbanas: ocupação desordenada, chuvas intensas, lixo mal-acondicionado e drenagem deficiente. Mas a impermeabilização dos solos está na origem dos problemas.

No Brasil, como a maioria das ruas tem calçamento impermeável – feito de materiais como asfalto, concreto ou paralelepípedo –, a única possibilidade é o escoamento da água da chuva sobre a superfície. Muitas vezes, um grande volume de água corre sobre as ruas em um pequeno intervalo de tempo (gráfico a seguir).

VAZÕES MÁXIMAS EM VÁRIOS TIPOS DE COBERTURAS

ID/BR



O gráfico representa o volume de água que escoa em certo espaço por unidade de tempo, em diversos tipos de cobertura. Nas cidades, a vazão é maior e ocorre mais rapidamente, aumentando o risco de enchentes. Já nas florestas, parte da água se infiltra no solo e a vazão máxima ocorre lentamente e em níveis mais baixos.

Fonte de pesquisa: Couto, J. L. V. do. Mapa mental dos problemas das enchentes urbanas. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ), [20--]. Disponível em: http://www.ufrrj.br/institutos/it/de/acidentes/mma10.htm. Acesso em: 27 ago. 2024.

As enchentes provocam graves consequências para as populações das áreas urbanas afetadas. Elas facilitam a transmissão de doenças, como leptospirose, diarreia e febre tifoide, destroem casas, veículos, etc., colocando a vida de muitas pessoas em risco.

Algumas medidas ajudam a evitar as enchentes urbanas. Entre elas, destacam-se o aumento das áreas verdes domésticas e públicas, o acondicionamento adequado dos resíduos sólidos e a prevenção do assoreamento de rios e córregos.

AÇÃO E CIDADANIA

Jovens processam 32 países por ansiedade climática

Ver sua casa "coberta de cinzas" após um incêndio florestal mortal foi um gatilho para a portuguesa Claudia Agostinho, que, junto com outros cinco jovens compatriotas, levou 32 Estados à Justiça europeia por sua inação ante [à] mudança climática.

"Foi terrivelmente assustador", diz esta enfermeira de 24 anos, residente de Leiria, no centro, uma região devastada pelos incêndios florestais em 2017.

A jovem diz que "foi essa ansiedade que me levou a agir", antes de sua denúncia ser analisada no Tribunal Europeu dos Direitos Humanos (TEDH).

Assim como os demais demandantes, Claudia estima que as ondas de calor e os incêndios florestais que atingem seu país todos os anos são um resultado direto do aquecimento climático.

"A Justiça tem muito poder, por isso queríamos fazer ouvir nossa voz por este meio", explica Sofia Oliveira [...], depois da "comoção" causada pelos incêndios responsáveis por mais de 100 mortes.

"Queremos que o nosso caso leve os governos a agir", insiste a estudante de 18 anos, que vive em Lisboa.

[...]

Os 32 Estados europeus são acusados de não terem feito o suficiente para reduzir suas emissões de gases do efeito estufa, nesta denúncia feita pelos seis jovens, com idades de 11 aos 24 anos.

"Jovens já apresentaram ações judiciais pela mudança climática perante outros tribunais do mundo, mas é a primeira vez no TEDH e é a primeira vez que uma questão ligada aos direitos dos jovens é ouvida", explica à AFP o advogado que os representa, Gerry Liston, que atua na ONG britânica Global Legal Action Network (GLAN).

[...]

Jovens processam 32 países por ansiedade climática: 'Terrivelmente assustador'. *Ecoa Uol*, 23 set. 2023. Disponível em: https://www.uol.com.br/ecoa/noticias/afp/2023/09/23/jovens-processam-32-paises-por-ansiedade-climatica-terrivelmente-assustador.htm. Acesso em: 27 ago. 2024.

1. De acordo com o texto, qual é a importância da denúncia feita pelos seis jovens?

2. Dados de uma pesquisa realizada pelo Fundo das Nações Unidas para a Infância (Unicef) mostram que 57% dos jovens entre 16 a 24 anos experimentam ansiedade climática, semelhante à relatada na reportagem. Faça uma breve pesquisa sobre o tema e responda:

a) Você e os colegas se sentem ansiosos com os impactos das mudanças climáticas?
Veja resposta em *Respostas e comentários* no Manual do Professor.

b) Em sua opinião, que ações poderiam minimizar esse tipo de ansiedade?
Veja resposta em *Respostas e comentários* no Manual do Professor.

1. Trata-se da primeira denúncia feita ao Tribunal Europeu dos Direitos Humanos (TEDH), e a primeira denúncia ligada aos direitos dos jovens que é ouvida.

Não escreva no livro.

SANEAMENTO BÁSICO

Maurício Simonetti/Pulsar Imagens

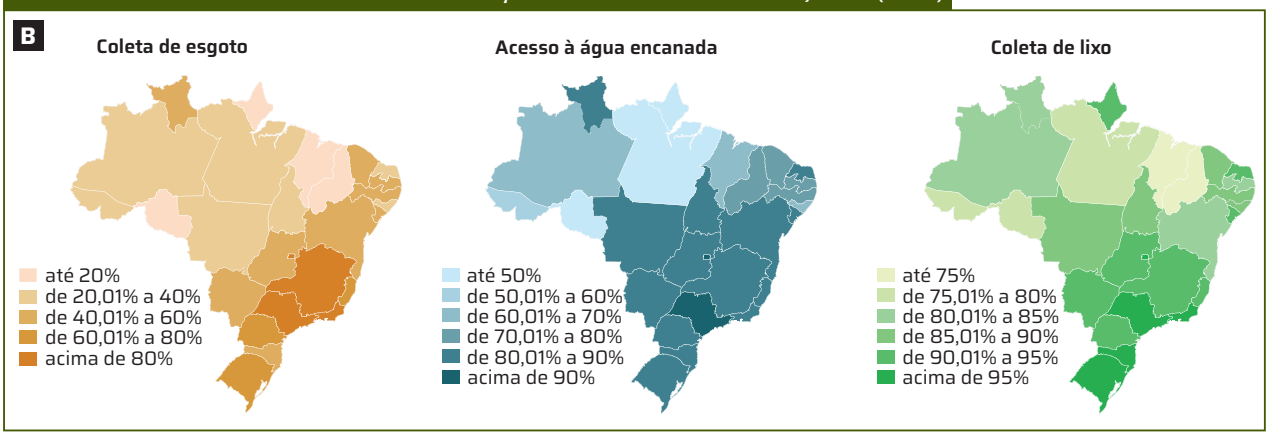
Canos de descarga de esgoto doméstico em córrego evidenciam a falta de saneamento básico. São Paulo (SP). Foto de 2023.

Os impactos ambientais gerados pelo descarte impróprio de lixo e pela falta de tratamento de esgoto (imagem **A**) colocam em risco não apenas o meio ambiente, mas também a saúde da população. Por essa razão, cabe aos municípios adotarem um conjunto de medidas voltadas à manutenção dos recursos hídricos e da qualidade do solo, conhecido como saneamento básico. Entre os serviços de saneamento básico estão o fornecimento de água potável, a coleta e o tratamento adequado de esgoto e de resíduos sólidos e a drenagem urbana.

No Brasil, em 2022, de acordo com dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), cerca de 83,9% dos domicílios tinham acesso à água encanada e 91,7%, à coleta de lixo. Em relação à coleta de esgoto, apenas 64,5% dos domicílios brasileiros tinham acesso à rede de esgoto, o que significa que mais de um terço dos brasileiros não dispunha desse serviço.

As regiões Norte e Nordeste do país apresentavam os piores índices de acesso à água encanada e à coleta de esgoto. Entre os estados do Norte e do Nordeste que registravam os menores índices de acesso à água encanada, o Amapá (43,4%) apresentava a pior situação. Em relação à coleta de esgoto, a Região Sudeste tinha 86,7% dos domicílios atendidos por rede de esgoto, e a Região Norte, apenas 24,4% (imagem **B**).

DOMICÍLIOS BRASILEIROS COM ACESSO A SERVIÇOS DE SANEAMENTO BÁSICO, EM % (2022)



Reinaldo Vignati/ID/BR

Os gráficos mostram a situação do saneamento básico no Brasil, em 2022.

Fonte de pesquisa: IBGE. Panorama – Censo, 2022. Rio de Janeiro: IBGE, 2023. Disponível em: https://censo2022.ibge.gov.br/panorama/. Acesso em: 27 ago. 2024.

Diversas doenças estão associadas à falta de saneamento básico; entre as mais comuns estão diarreias, parasitoses intestinais, dengue e leptospirose.

Estudos feitos com base em dados públicos disponíveis no Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS) e no Datasus (portal do Ministério da Saúde que acompanha ocorrências relacionadas à saúde da população) revelaram que, de 2010 a 2019, o Brasil registrou queda de 603,6 mil para 273,4 mil internações por doenças de veiculação hídrica. Esse novo número, apesar de elevado, evidencia a importância do saneamento básico para a saúde, uma vez que, no período avaliado, a população sem acesso a esses serviços foi reduzida.

Além das doenças causadas pelo contato direto com a água contaminada, há enfermidades transmitidas por mosquitos que precisam de água parada para se reproduzir, como a dengue, a chikungunya e a febre amarela.

Fornecimento de água potável

O fornecimento de água potável à população requer investimentos em infraestrutura para garantir a distribuição e o tratamento adequados. Em regiões onde não há ainda uma rede de distribuição hídrica, é possível garantir o acesso de outras formas, como a construção de cisternas para a coleta de água da chuva e de poços artesianos para o aproveitamento da água dos lençóis freáticos, desde que essa água seja tratada para se tornar potável. A distribuição de água potável também pode ser realizada por caminhões-pipa.

Não escreva no livro.

Nas estações de tratamento de água (ETA), a água imprópria para o consumo humano é retirada de mananciais e conduzida a tanques de tratamento, onde passa por vários processos que removem as impurezas (a exemplo da filtração) e promovem sua desinfecção (com a adição de cloro e flúor). A água limpa é armazenada em reservatórios para o abastecimento da população.

Coleta de esgoto

A coleta de esgoto é outro serviço de saneamento básico que requer infraestrutura. Na ausência de uma rede de esgoto adequada, os **efluentes**, ou seja, despejos líquidos provenientes de atividades humanas, são despejados em rios e mares ou em fossas inadequadas, e provocam a contaminação do solo e dos lençóis freáticos. Uma alternativa provisória é a construção de fossas sépticas, mas elas exigem o tratamento dos dejetos.

Nas estações de tratamento de esgoto (ETE), são realizados vários processos para remover as impurezas da água (imagem **A**); um deles é a digestão por bactérias decompositoras. A água obtida ao final do processo não é considerada própria ao consumo, mas pode ser usada como água de reúso ou despejada em reservatórios para ser direcionada, posteriormente, a uma estação de tratamento de água.

De todo o esgoto que é coletado no Brasil, apenas uma parte passa por tratamento. Segundo dados do SNIS de 2022, em todo o país, cerca de 52,2% do esgoto coletado era tratado, e apenas 56% do esgoto gerado era coletado.

Delfim Martins/Pulsar Imagens

Estação de tratamento de esgoto no bairro do Baldo, em Natal (RN). Foto de 2024.

Drenagem urbana

A drenagem urbana é o serviço voltado à captação de águas da chuva nas cidades, pois a impermeabilização do solo prejudica a absorção hídrica. Tal serviço é essencial para evitar as enchentes e o assoreamento de rios, decorrentes do excesso de pavimentação nas áreas urbanas.

A rede de águas pluviais é composta de galerias que conduzem a água da chuva coletada nos bueiros até um córrego ou rio. Ela também inclui a construção de piscinões (imagem **B**) para o armazenamento do volume de chuvas que não consegue ser drenado adequadamente. Outras soluções que aumentam a capacidade de drenagem são a substituição do asfalto por pavimentos drenantes e a ampliação de áreas verdes, como praças e parques.

Ronaldo Silva/AtoPress/Folhapress

Vista aérea do piscinão na região central de Taboão da Serra (SP). Foto de 2024.

Coleta de resíduos sólidos

A coleta de resíduos sólidos é o serviço de saneamento básico que se propõe a dar um destino adequado ao lixo, a fim de evitar a contaminação do solo e da água. No Brasil, de acordo com o Ministério do Meio Ambiente, os aterros sanitários representam a forma atual mais adequada para a disposição final de resíduos sólidos urbanos (imagem **C**).

Outras opções de destino dos resíduos sólidos são a reciclagem e a compostagem, processos que visam ao reaproveitamento dos resíduos recicláveis (plástico, metal, vidro e papel) e orgânicos (como restos de alimentos), respectivamente. Nesse caso, são necessários o engajamento da população para a separação do lixo, bem como um sistema de coleta seletiva.

Em 2010, foi instituída no Brasil a Política Nacional de Resíduos Sólidos, sejam estes resíduos domésticos, industriais ou eletroeletrônicos, entre outros. Um dos objetivos estipulados era eliminar todos os lixões do país até 2024.

Marcos Amend/Pulsar Imagens

Vista aérea de lagoa de contenção de chorume e estruturas de compostagem de aterro sanitário em Manaus (AM). Foto de 2022.

ROTEIRO

3. Pesquise e discuta com os colegas: É possível dizer que o investimento em saneamento básico representa economia de recursos para o governo? Explique.

3. Sim, pois a causa de muitas doenças é a falta de saneamento básico, e sua prevenção reduziria significativamente o número de doentes, resultando em grande economia no setor de saúde.

Não escreva no livro.

De olho no saneamento básico

Como está a oferta dos quatro serviços de saneamento básico (fornecimento de água, coleta de esgoto, drenagem urbana e coleta de lixo) no bairro em que você vive? Para avaliar a qualidade dos serviços de saneamento básico de uma região é comum usar indicadores. Para isso, você e os colegas vão entrevistar pessoas da região em que vivem, de acordo com as orientações a seguir.

Material

- celular ou câmera fotográfica
- prancheta com papel
- lápis ou caneta
- computador com acesso à internet
- programa de apresentações
- planilha digital

2. Respostas variáveis. A análise pode ter incluído a tabulação dos dados em planilha e/ou a construção de gráficos de setor ou de colunas para comparar os dados obtidos. Espera-se que os estudantes tenham verificado que as respostas quantitativas tornam mais fácil o trabalho de comparar as respostas obtidas.

Como fazer

Parte I – Pré-entrevista

1. Em grupos de quatro estudantes, discutam quais indicadores serão utilizados para avaliar a situação de cada um dos quatro serviços de saneamento básico. Façam anotações das ideias que tiveram durante essa primeira conversa.
2. Em seguida, elaborem duas perguntas para cada indicador a ser analisado e organizem o questionário da entrevista. Deem prioridade a perguntas cujas respostas sejam do tipo quantitativa, por exemplo: Em uma escala de 1 a 5, como você define o serviço de fornecimento de água no bairro? Respostas quantitativas são mais simples de serem tabuladas e analisadas.
3. Determinem a escala das respostas quantitativas, por exemplo: 1 – ruim; 2 – regular; 3 – bom; 4 – ótimo; 5 – excelente.
4. Considerem incluir questões relativas ao perfil socioeconômico dos entrevistados, como renda mensal da família e número de moradores na residência. Assim, será possível relacionar os dados obtidos sobre o acesso aos serviços de saneamento ao perfil socioeconômico das pessoas da amostra.
5. Definam um número mínimo de entrevistados. Discutam também onde vocês vão aplicar os questionários e de que maneira podem garantir uma amostra diversificada de pessoas.

Parte II – Entrevista

Nos grupos, organizem-se em duplas e apliquem o questionário para o número mínimo definido de entrevistados. Se os entrevistados permitirem, vocês também podem gravá-los e/ou fotografá-los durante a entrevista.

Davi Augusto Studio/ID/BR

Parte III – Pós-entrevista

1. Reúnam os dados apurados. Eles deverão ser organizados em tabelas elaboradas em planilhas digitais. Uma das formas de realizar essa análise é calcular a porcentagem de ocorrência de cada uma das cinco respostas na amostra de entrevistados.
2. Caso vocês tenham optado por incluir dados socioeconômicos dos entrevistados, organizem os dados obtidos em grupos, de acordo com o perfil socioeconômico, por exemplo: renda mensal de até 1 salário mínimo, entre 1 e 2 salários mínimos, de 2 a 4 salários mínimos e acima de 4 salários mínimos.
3. Com todos os dados tabulados, construam gráficos para a visualização das informações e a comparação entre os grupos. Nesse momento, realizem uma pesquisa e comparem os dados obtidos com aqueles disponibilizados nos *sites* dos governos estadual e municipal e de instituições de pesquisa, referentes ao município.
4. Montem uma apresentação utilizando ferramentas e programas próprios. Nela, devem constar a pergunta que motivou a pesquisa, os métodos utilizados para coletar os dados, os métodos de análise dos dados, os resultados obtidos e a(s) conclusão(ões) a que vocês chegarem.

Para concluir

1 **Que indicadores foram analisados pelo seu grupo?**
As respostas dependem dos indicadores escolhidos pelo grupo.

2 **De que forma foi feita a análise dos dados? O uso de respostas quantitativas facilitou a análise dos dados? Explique.**

3 **Qual foi o serviço de saneamento básico mais bem avaliado pelos entrevistados? Qual foi mal avaliado?**

4 **Se vocês fizessem parte da associação dos moradores do bairro, qual pedido fariam à prefeitura para melhorar o saneamento básico do bairro?**
Veja resposta em *Respostas e comentários* no Manual do Professor.

5 **Com base nos resultados obtidos nas entrevistas, elaborem um documento a ser enviado às autoridades locais solicitando melhorias nos serviços.**
Veja resposta em *Respostas e comentários* no Manual do Professor.

3. Respostas variáveis. As respostas dos estudantes vão depender do bairro em que vivem e dos problemas enfrentados. De modo geral, a falta de esgoto e as enchentes tendem a ser os problemas mais comuns, não a ausência de fornecimento de água.

Não escreva no livro.

ATIVIDADES

5. a) As regiões Norte e Nordeste. As duas regiões apresentaram, em 2018, uma taxa próxima de internação, com pouco mais de 100 internações a cada 100 mil habitantes.

4. É possível afirmar que há desigualdades especialmente em relação ao acesso a esgotamento sanitário. De acordo com o IBGE (2022), indivíduos de cor ou raça amarela e branca são os que possuem maiores índices de acesso aos serviços de coleta de lixo (97,2% e 94,7%), esgotamento sanitário (91,8% e 83,5%) e abastecimento de água (99,2% e 98,3%). Por outro lado, a parcela preta, parda e indígena da população é menos favorecida, com menor acesso a ambos serviços: coleta de lixo (91%, 87,8% e 44,5%), esgotamento sanitário (75%, 68,9% e 29,9%) e abastecimento de água (97%, 95,7% e 79%).

1 **A Administração Oceânica e Atmosférica Nacional (NOAA, na sigla em inglês) divulgou que a taxa de crescimento da concentração de CO_2 na atmosfera em 2023 foi de 3,36 ppm, o valor mais alto registrado nos últimos 12 mil anos e muito acima da média de 2,4 ppm da década passada.**

a) De acordo com os dados mencionados, qual é a tendência da concentração de CO_2 na atmosfera?
A tendência é de aumento na concentração de CO_2 atmosférico.

b) Qual(is) problema(s) ambiental(is) decorre(m) dessa tendência? O aquecimento global, que pode provocar alterações no nível dos oceanos, nas correntes marítimas e nos regimes de chuvas, entre outras consequências.

c) O que pode ser feito para conter essa tendência?
Diminuir a emissão de gases de efeito estufa e utilizar fontes de energia renováveis e limpas.

2 **Sobre o solo, responda:**

a) Quais são as principais causas da poluição do solo? E suas consequências?
Veja resposta em *Respostas e comentários* no Manual do Professor.

b) Aponte algumas atividades humanas que podem comprometer a qualidade dos solos.
Deposição inadequada de lodos de esgotos ou lodos orgânicos industriais; estocagem de produtos químicos, petróleo e derivados; manejo inadequado de aterros e outras instalações de tratamento e deposição de resíduos.

3 **Considere a situação a seguir, e responda às questões.**

Uma indústria que fabrica PVC descarrega substâncias poluentes, entre elas resíduos de mercúrio, em um rio urbano. Os habitantes da cidade vivem da pesca e do consumo de peixes desse rio. Além dos moradores, certas aves também se alimentam desses peixes, os quais, por sua vez, consomem peixes menores. Os peixes menores são herbívoros, ou seja, alimentam-se de plantas aquáticas.

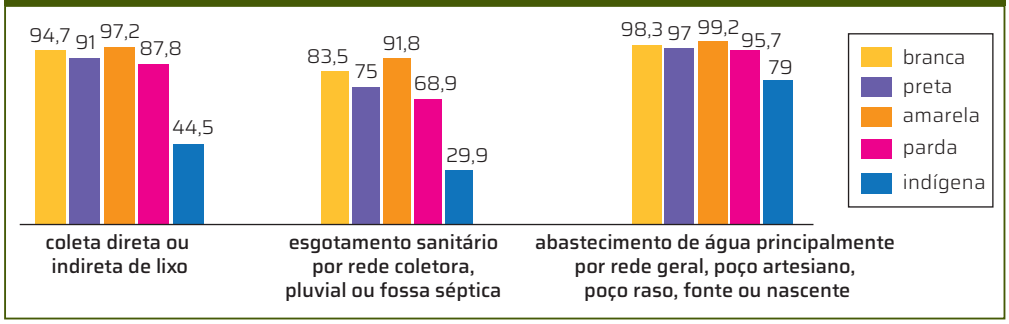
a) Em quais elos da cadeia trófica o mercúrio estará menos concentrado?
Nos produtores (plantas aquáticas) e nos consumidores primários (peixes herbívoros).

b) Quais organismos correm mais risco de contaminação por essa substância?
Os consumidores terciários (seres humanos e aves).

4 **A ausência ou a insuficiência de saneamento básico envolve complicações para a saúde e também para a economia, a educação e outros setores. Observe o cenário nacional, nos gráficos a seguir.**

PROPORÇÃO DOS MORADORES EM DOMICÍLIOS PARTICULARES, SEGUNDO A COR OU A RAÇA (2022)

ID/BR



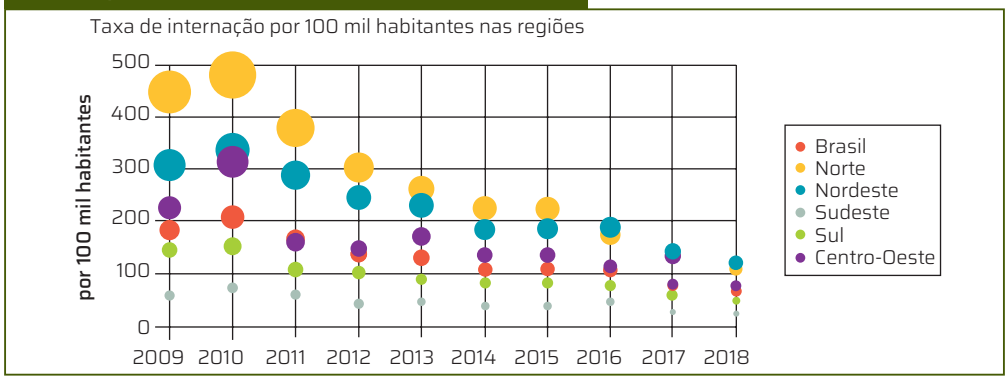
Fonte de pesquisa: IBGE. Censo Demográfico 2022. *In*: Acácio, B. A precariedade do saneamento básico como reflexo da desigualdade socioeconômica. *Observatório das desigualdades*. Fundação João Pinheiro, 9 abr. 2024. Disponível em: https://observatoriodesigualdades.fjp.mg.gov.br/?p=3583. Acesso em: 27 ago. 2024.

- É possível afirmar que há desigualdades de acesso ao saneamento básico no Brasil envolvendo cor ou raça? Justifique sua resposta com dados do gráfico.

5 **Analise o gráfico e responda às questões.**

INTERNAÇÕES POR CARÊNCIA DE SANEAMENTO BÁSICO

ID/BR



Fonte de pesquisa: Fávero, B.; Cunha, A. R. O saneamento básico no Brasil em 6 gráficos. *Aos Fatos*, 30 maio 2019. Disponível em: https://www.aosfatos.org/noticias/o-saneamento-basico-no-brasil-em-6-graficos/. Acesso em: 27 ago. 2024.

a) Quais regiões apresentaram maior número de internações por doenças evitáveis relacionadas à carência de saneamento básico? Justifique sua resposta com dados do gráfico.

b) Faça uma pesquisa em fontes confiáveis e cite as principais doenças causadas por falta de coleta de esgoto e de lixo e de acesso a água tratada.
Diarreias; doenças causadas por insetos como dengue e febre amarela; parasitoses intestinais; leptospirose; e hepatite A.

Não escreva no livro.

CAPÍTULO 2

ECOSSISTEMAS BRASILEIROS

1. Ecossistema é um conjunto formado pelas interações entre componentes bióticos e elementos químicos e físicos de um ambiente de variadas dimensões. Bioma é uma grande área com fisionomia de vegetação e fatores abióticos relativamente homogêneos, especialmente aqueles que se referem ao clima e ao solo, na qual a fauna e a flora são adaptadas.

PARA COMEÇAR

1. O que é ecossistema? E o que é bioma?
2. Quais são os biomas terrestres brasileiros?
3. Que fatores ambientais determinam as características de um bioma?

OS AMBIENTES BRASILEIROS

Ao sobrevoar a floresta Amazônica, é possível avistar uma imensidão verde, formada pelas copas justapostas das árvores. Sob a espessa camada de galhos e folhas, esconde-se fauna e flora ricas em espécies. Prosseguindo em direção ao sul, a paisagem natural muda: as árvores já não estão mais tão próximas umas das outras, e a vegetação rasteira fica visível. Ao longo de todo o percurso, a presença humana se faz notar, em maior ou menor extensão: visualizam-se estradas, habitações ou áreas desmatadas.

O território brasileiro é bastante extenso nos sentidos norte-sul e leste-oeste. O relevo é variado, com serras, planaltos e planícies mais ou menos elevadas. Na costa oceânica, de cerca de 7 500 km, desaguam inúmeros rios provenientes das regiões interioranas. Esses e outros fatores contribuem para a ocorrência de biomas diversificados, verdadeiras zonas de vida caracterizadas pelo ambiente físico nos ecossistemas aquáticos ou pelo tipo de vegetação nos biomas terrestres.

Neste capítulo, você vai estudar características de ecossistemas e biomas, terrestres e aquáticos. Especial atenção será dada às diversas paisagens e às ameaças aos biomas terrestres brasileiros: floresta Amazônica, Mata Atlântica, Pampa, Pantanal, Cerrado e Caatinga. Vai conhecer também povos tradicionais que vivem nesses biomas.

2. Os biomas brasileiros são: floresta Amazônica, Mata Atlântica, Cerrado, Caatinga, Pampa e Pantanal.
3. O clima é um dos principais fatores que afetam um bioma, o que inclui a temperatura e a pluviosidade, ambos influenciados pela latitude e pela altitude. Outros fatores determinantes são o tipo de solo e o relevo.

Vista aérea da floresta Amazônica e de trecho do rio Purus, em Santa Rosa do Purus (AC). Foto de 2024.

André Dib/Pulsar Imagens

Não escreva no livro.

ECOSSISTEMAS AQUÁTICOS

Os ecossistemas aquáticos podem ser classificados em ecossistemas marinhos (de água salgada), de água doce e de água salobra, levando em consideração critérios como salinidade, profundidade e mobilidade das águas. Nos ecossistemas aquáticos, o clima é menos determinante que nos biomas terrestres, e a fotossíntese é realizada, em grande parte, por algas microscópicas.

Ecossistemas marinhos

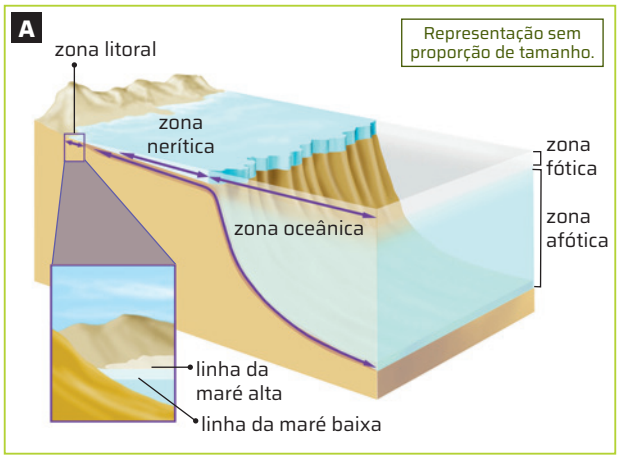
Oceanos e áreas costeiras, que estão sob a influência do mar e que formam diferentes tipos de ambiente para os mais variados seres, constituem os ecossistemas marinhos. O fundo do mar, ou assoalho oceânico, tem uma topografia característica, apresentando regiões mais rasas, próximas ao continente, e regiões profundas relativamente afastadas. A camada da coluna de água que recebe luz suficiente para a realização da fotossíntese corresponde à **zona fótica**. Abaixo dela está a **zona afótica**, onde não existem seres fotossintetizantes (imagem **A**).

Os organismos marinhos podem ser classificados em categorias ecológicas, de acordo com as zonas marinhas em que se situam preferencialmente.

O **plâncton** é formado por organismos microscópicos que flutuam passivamente nas águas superficiais, ou apresentam reduzida capacidade de deslocamento.

O **nécton** é formado por animais capazes de nadar e se deslocar ativamente, tais como peixes e cefalópodes.

Já os **bentos** são organismos que vivem próximo ao assoalho marinho, fixos a um substrato, enterrados no lodo ou na areia, ou que se deslocam sobre o fundo (imagem **B**).



Vagner Coelho/ID/BR

O esquema representa as zonas ecológicas dos ecossistemas marinhos. Após a zona litoral, a zona nerítica se estende até a profundidade de 200 metros, seguida pela zona oceânica, que se estende a regiões de águas muito profundas. Cores-fantasia.

Fonte de pesquisa: Reece, J. B. *et al. Biologia de Campbell*. 10. ed. Porto Alegre: Artmed, 2015. p. 1171.

Ameaças aos ecossistemas marinhos

Entre as principais ameaças aos ecossistemas marinhos estão: a sobrepesca, que já esgotou cerca de um terço dos reservatórios pesqueiros mundiais; os acidentes envolvendo derramamento de petróleo, que causam a morte direta de animais marinhos e de aves, além de contaminar peixes e frutos do mar usados na alimentação; e a contaminação por resíduos industriais e agrícolas, lançados diretamente nos mares ou levados até eles pelas águas fluviais.

Outra grande ameaça aos oceanos e mares é a poluição por plástico. Estima-se que 10 milhões de toneladas de plástico vão parar no mar todos os anos. Animais marinhos, como baleias, tartarugas, focas e golfinhos, podem se enroscar e ficar presos em resíduos de plástico ou confundir esses resíduos com alimento e ingeri-los, situações que causam a morte desses animais (imagem **C**).

O aumento da concentração do gás carbônico na atmosfera também afeta os ecossistemas marinhos. O gás carbônico, ao se dissolver na água, origina o ácido carbônico, que provoca a acidificação das águas oceânicas, interferindo na atividade fotossintética dos produtores. A intensificação do efeito estufa, por sua vez, leva ao aquecimento das águas oceânicas, colocando em risco muitas espécies de organismos marinhos, como os cnidários formadores de corais, e ameaçando a existência de recifes e atóis, ecossistemas de grande importância ecológica.

Panwasin Gettt/iStock/Getty Images

Organismos bentônicos da zona fótica, ao fundo, formam ricas comunidades, exploradas também por organismos nectônicos (cefalópode em destaque). Tailândia. Foto de 2022.

Andriy Nekrasov/iStock/Getty Images

Polvo dentro de uma garrafa de plástico no fundo do mar: situação que pode ser fatal para esses animais. Panamá. Foto de 2020.

Conservação dos ecossistemas oceânicos

Muitas ações individuais ou coletivas podem ser adotadas para proteger os ambientes marinhos, como a redução no uso de plásticos, a diminuição das emissões de gás carbônico e a promoção de ações coletivas de remoção de lixo nas praias, para conscientizar a população a mantê-las sempre limpas.

Ecossistemas de água doce

Os **ecossistemas de água doce** são assim chamados pela baixa quantidade de sais dissolvidos na água. Eles podem ser de dois tipos: os lagos e charcos, caracterizados por águas com pouco movimento, e os rios e cursos de água, caracterizados por águas em movimento.

Lagos

Os **lagos** são massas de água acumuladas em depressões dos terrenos. A **zona litorânea**, ou margem do lago, geralmente apresenta pouca profundidade e pode abrigar plantas enraizadas; na **zona limnética**, região afastada da margem, são encontradas as algas que compõem o fitoplâncton; e na **zona bentônica**, ou no fundo do lago, acumulam-se os sedimentos. Em lagos profundos, pode ocorrer uma **zona afótica**, onde não ocorre a fotossíntese.

Rios

Ao longo do curso dos rios, podem ser reconhecidas três regiões: curso alto, curso médio e curso baixo.

No **curso alto**, a inclinação é acentuada, e as águas são límpidas e transparentes, com temperaturas relativamente baixas e com maior teor de gás oxigênio.

No **curso médio**, apesar de a inclinação, em geral, ser menor que no curso alto, o volume de água é maior, o que aumenta a capacidade de transporte de sedimentos, embora a velocidade das águas possa ser menor.

No **curso baixo**, a velocidade da água é menor, causando o acúmulo de sedimento fino. O rio se aproxima de seu final, desaguando em outro curso de água, em um lago ou no mar; neste último caso, formam-se os estuários.

Fauna e flora aquáticas apresentam adaptações a cada curso do rio, em função principalmente da velocidade da água, da quantidade de matéria orgânica disponível e dos níveis de oxigenação e luminosidade.

Estuários

Nos estuários, a salinidade está sujeita às marés: a água do mar avança rio acima na maré alta, tornando a água salobra. Com a maré vazante, o rio avança sobre o mar, transportando material orgânico para zonas costeiras mais afastadas. Os organismos estuarinos são adaptados para sobreviver às variações de salinidade e de alternância de períodos de exposição à atmosfera com períodos de submersão.

Manguezais

No Brasil, é frequente os estuários tornarem-se manguezais, ecossistemas caracterizados pelo relevo plano, com solo lodoso e rico em matéria orgânica e nutrientes, hipersalino e pobre em oxigênio, e com grande quantidade de espécies adaptadas. As adaptações a esse ambiente incluem, por exemplo, plantas com a presença de raízes do tipo escora e glândulas excretoras de sal (imagem **A**).

Fabio Colombini/Acervo do fotógrafo

O mangue-vermelho apresenta raízes do tipo escora (raízes aéreas com a função de suporte). Variando entre 2 m e 4,5 m de altura, essas raízes permitem o crescimento dessa árvore em solo lodoso. Delta do Parnaíba (PI). Foto de 2023.

A flora do manguezal é constituída de plantas lenhosas, bromélias, orquídeas e líquens, além de algas macroscópicas e microscópicas

Os manguezais são de grande importância ecológica. Várias espécies de animais vivem e se reproduzem no manguezal, como o caranguejo guaiamum (imagem **B**). A produtividade é elevada: a água rasa, relativamente quente e com nutrientes carreados das regiões mais altas, favorece a atividade fotossintetizante. Além disso, as plantas se fixam ao solo, evitando a erosão das zonas costeiras.

Do ponto de vista econômico, inúmeras comunidades pesqueiras sobrevivem ao longo do litoral, obtendo o sustento nas águas dos manguezais.

Bety X/Shutterstock.com/ID/BR

O guaiamum (*Cardisoma guanhumi)* é uma espécie de caranguejo encontrada nos manguezais. A caça predatória para comércio e consumo, agravada pela degradação dos manguezais, coloca esse animal na lista de espécies ameaçadas de extinção. Ubatuba (SP). Foto de 2018.

Conservação dos ecossistemas de água doce

A preservação dos ecossistemas de água doce depende tanto de iniciativas individuais, como não descartar lixo em rios, lagos e mangues, como coletivas, que envolvem ações em larga escala, como a redução do consumo de energia e de materiais não biodegradáveis e a adoção de princípios de sustentabilidade nas cadeias produtivas. Além disso, todo cidadão deve reivindicar do poder público a despoluição de lagos e cursos de água e a instalação de estações de tratamento de esgoto doméstico.

Não escreva no livro.

Derramamentos de óleo: consequências e enfrentamento

Quais materiais podem ser usados para absorver o óleo da água? Como testá-los?

Nesta atividade, você e os colegas vão simular um derramamento de petróleo em um ambiente aquático, analisar as consequências desse problema ambiental e avaliar formas de controle e remediação.

Material

- uma travessa de vidro
- água
- corante alimentício líquido azul
- óleo vegetal
- pó de giz
- uma colher de chá
- bastão de vidro ou palitos de sorvete
- béquer ou um pote de vidro com tampa larga
- materiais absorventes (papel-toalha, bolas de algodão, pano de chão, esponja de náilon e pedaços de isopor)
- detergente
- barra de isopor (menor que o diâmetro da travessa)

Como fazer

4. Espera-se que os estudantes escolham o material que absorveu a maior quantidade de óleo em menos tempo. Do material mais eficiente para absorver óleo para o menos eficiente, temos: a esponja de *nylon*, o algodão, o papel-toalha, o pano de chão e, por último, o isopor.

Os procedimentos a seguir devem ser realizados sob a supervisão do(a) professor(a).

1. Organizados em grupos de até quatro integrantes, coloquem água até a metade da travessa e adicionem 6 gotas do corante alimentício. Misturem a solução com o bastão de vidro ou o palito de sorvete.
2. Coloquem três colheres de chá de óleo vegetal em um béquer ou em um pote de vidro; em seguida, adicionem duas colheres de chá de pó de giz. Misturem o óleo e o pó.
3. Despejem muito lentamente a mistura de óleo e pó de giz na travessa com água. Se despejarem o óleo muito rápido, o experimento não vai dar certo. Descrevam no caderno como o óleo se espalhou na água.
4. Coloquem a barra de isopor no meio da travessa e descrevam o comportamento da mancha de óleo.
5. Escolham três materiais absorventes para testar e elaborem uma hipótese sobre qual dos três materiais escolhidos será o mais eficiente na absorção do óleo da água.
6. Testem um material por vez e anotem no caderno suas observações em um quadro, seguindo o modelo abaixo. Estimem a eficiência do absorvente em relação a cada um dos critérios listados no quadro.

Absorvente	Capacidade de absorção	Velocidade de absorção	A água foi absorvida com óleo? Em que quantidade?	O absorvente afundou ou flutuou?
Algodão	//////////////////	//////////////////	//////////////////////////////////	//////////////////////////////
Esponja	//////////////////	//////////////////	//////////////////////////////////	//////////////////////////////
Papel-toalha	//////////////////	//////////////////	//////////////////////////////////	//////////////////////////////

7. Coloquem algumas gotas de detergente sobre a mancha de óleo e agitem com o bastão de vidro ou o palito de sorvete. Observem o que aconteceu e anotem no caderno.

Para concluir

5. Respostas variáveis. Espera-se que os estudantes discutam os efeitos do uso de detergente no meio ambiente, os danos que poderiam ser causados na vida marinha, por exemplo. Muitos cientistas defendem que o uso de dispersantes, como o detergente, pode ser prejudicial pois espalha ainda mais o óleo pelo ambiente, apesar de impedir que grandes manchas de óleo cheguem às praias, e incrustem no corpo de animais que vivem na superfície. Além disso, as gotas de óleo podem ser ingeridas por animais marinhos e intoxicá-los.

1 **Expliquem por que o óleo permanece na superfície da água.**
O óleo permanece na superfície porque ele é menos denso que a água e essas duas substâncias não se misturam.

2 **A barreira de contenção (barra de isopor) interferiu no espalhamento da mancha de óleo? Como?**
Respostas variáveis. Espera-se que os estudantes verifiquem que a barreira de contenção tem ação limitada para conter o espalhamento do óleo.

3 **Qual foi a hipótese de vocês sobre o material mais eficiente para absorver o óleo da água? Ela se mostrou correta?**
Respostas variáveis. As respostas vão depender dos materiais escolhidos e das hipóteses elaboradas pelos estudantes.

4 **Qual dos materiais absorventes foi mais eficiente na remoção do óleo? Por quê?**

5 **Discutam se o detergente poderia ser usado na limpeza de um derramamento real de óleo.**

6 **Com base em suas observações, qual seria a melhor forma de tratar um derramamento de óleo?**
Respostas variáveis. É importante que os alunos reflitam de maneira crítica sobre os impactos ambientais causados por um derramamento de óleo. Mesmo com a rápida atuação para tentar conter os danos, todo derramamento afeta a vida de muitos seres vivos. Assim, o mais importante é investir em fiscalização e em estratégias de prevenção.

Não escreva no livro.

Restingas

São áreas litorâneas situadas entre a praia e as matas. Com solo arenoso e salino, nas restingas predominam plantas de porte herbáceo e arbustivo, adaptadas à exposição excessiva ao sol, ao vento e ao aerossol de água salgada vindos do mar.

ROTEIRO

1. Imagine que você foi convidado a redigir um texto para um *podcast* com o tema "Onde está a Mata Atlântica?". Como seria ele?

Texto do estudante.

MATA ATLÂNTICA

Originalmente, a Mata Atlântica ocupava grande parte do território costeiro do Brasil, estendendo-se do Rio Grande do Norte ao Rio Grande do Sul e avançando pelo interior de alguns estados. Estima-se que essa floresta tropical tinha uma área de 1,3 milhão de km², mas, atualmente, restam cerca de 12,4% da mata original, somando-se todos os fragmentos com área superior a 3 hectares (mapa **A**).

O clima da Mata Atlântica é equatorial no Nordeste do país e temperado nas regiões ao sul. As temperaturas médias anuais são, porém, sempre elevadas, variando de 14 °C a 21 °C. A pluviosidade está entre as maiores do mundo, especialmente onde o relevo forma uma barreira para a entrada dos ventos oriundos do oceano Atlântico.

Os solos são antigos e erodidos pela alta pluviosidade e pelas temperaturas elevadas. Nas regiões costeiras, a inclinação do terreno favorece a erosão provocada pelas fortes chuvas. A fertilidade dos solos se deve à rápida decomposição dos restos vegetais que caem sobre a superfície.

A topografia é bastante irregular ao longo do bioma. Do Rio de Janeiro ao Rio Grande do Sul, verifica-se a presença da serra do Mar, uma cadeia montanhosa com altitude média em torno de 900 metros, que dá lugar aos planaltos que se estendem pelo interior das regiões Sudeste e Sul. Na Região Nordeste, as maiores elevações estão afastadas do litoral.

A Mata Atlântica apresenta biodiversidade elevada, característica das florestas tropicais, com abundância de plantas epífitas, aquelas que vivem sobre outras plantas (imagem **B**), e árvores que atingem de 20 a 30 metros de altura. Nesse bioma, estão presentes espécies vegetais perenes e outras que perdem suas folhas durante o inverno.

Muitas espécies de árvores familiares, como goiabeira, jabuticabeira, jequitibá, pitangueira, jacarandá, pau-brasil e palmeiras, são típicas da Mata Atlântica. Entre os vertebrados são conhecidas 270 espécies de mamíferos (onças, caititus, macacos, entre outras), 934 de aves (macuco, jacutinga, tucano, papagaio e araponga, por exemplo), 311 espécies de répteis, 456 de anfíbios e 350 de peixes.

MATA ATLÂNTICA: DISTRIBUIÇÃO (2023) **A**

João Miguel A. Moreira/ID/BR

Remanescentes florestais em 2023, considerando critérios da Lei da Mata Atlântica, que monitora fragmentos maiores que 3 hectares, com dossel de copas fechado e sem sinais de degradação.

Fonte de pesquisa: SOS Pro-Mata Atlântica. *Atlas da Mata Atlântica*. SOS Mata Atlântica, Itu, maio 2024. Disponível em: https://www.sosma.org.br/iniciativas/atlas-da-mata-atlantica. Acesso em: 3 set. 2024.

Fabio Colombini/Acervo do fotógrafo

Plantas epífitas, como as bromélias, são abundantes na Mata Atlântica. Parque Estadual Turístico do Alto Ribeira (PETAR), em Iporanga (SP). Foto de 2024.

Mata de araucária

Devido à ocorrência geográfica e à fisionomia da vegetação, a mata de araucária pode ser considerada uma subdivisão da Mata Atlântica. A denominação se deve à presença da *Araucaria angustifolia*, o pinheiro-do-Paraná, típico desse bioma. Essa formação vegetal se desenvolve principalmente nos estados do Paraná, Santa Catarina e norte do Rio Grande do Sul, com pequenas áreas nos estados de São Paulo e Minas Gerais.

Principais ameaças à Mata Atlântica

A degradação da Mata Atlântica teve início após a chegada dos colonizadores portugueses no século XVI. A ocupação do bioma iniciou-se com atividades de grande impacto ambiental, como a extração do pau-brasil, seguida por atividades agrícolas, em especial o cultivo de cana-de-açúcar e de café em grandes extensões de terra, e a derrubada da floresta para criação de áreas de pastagem.

Hoje, como resultado do processo de urbanização, as áreas originalmente ocupadas pela Mata Atlântica são as mais populosas do país. Grande parte das espécies desse bioma está em risco de extinção por conta da redução dos hábitats e da exploração desenfreada dos recursos florestais.

Não escreva no livro.

É o bioma brasileiro que abriga o maior número de espécies ameaçadas. Segundo o IBGE, estudos publicados em 2022 avaliaram que 24,1% das espécies da Mata Atlântica encontram-se ameaçadas de extinção, como a preguiça-de-coleira (imagem **A**), e oito espécies foram declaradas extintas.

A mata de araucária, por exemplo, ocupa uma área reduzida a menos que 7% dos cerca de 4 milhões de hectares originais. A exploração da madeira e o uso das terras para a agricultura são os principais impactos ambientais desse ecossistema. O cultivo de espécies exóticas à flora acabou por afetar também a fauna típica dessas matas, como é o caso da gralha-azul (*Cyanocorax caeruleus*), ave-símbolo do Paraná e que hoje está ameaçada de extinção nesse estado (imagem **B**).

Rogério Peccioli/iStock/Getty Images

Preguiça-de-coleira (*Bradypus torquatus*). Rio de Janeiro (RJ). Foto de 2020.

Fernando Podolski/iStock/Getty Images

Gralha-azul (*Cyanocorax caeruleus*). Paraná. Foto de 2024.

Povos e comunidades tradicionais

A Mata Atlântica era originalmente habitada por povos indígenas, como os Tamoio, os Tupinambá, os Pataxó e os Guarani, entre outros. Por seu modo de vida amplamente embasado na caça, na pesca e na extração de plantas úteis, esses povos têm sido fortemente atingidos pela diminuição de áreas florestadas. Como consequência, suas populações foram reduzidas, a ponto de etnias terem sido extintas.

Atualmente, a região da Mata Atlântica é habitada por **povos** e **comunidades tradicionais** que interagem diretamente com os recursos desse bioma. São povos indígenas, caiçaras, quilombolas, caboclos ribeirinhos e roceiros. Esses grupos possuem formas próprias de organização econômica e social. Sua cultura é transmitida entre gerações, oralmente e pela prática diária.

A maioria dos povos e das comunidades tradicionais da região da Mata Atlântica vive da pesca artesanal, da agricultura de subsistência, do extrativismo ou do artesanato. O desmatamento, a perda da biodiversidade, a especulação imobiliária no litoral e a expansão da agropecuária no interior são algumas das ameaças a essas populações tradicionais.

Conservação da Mata Atlântica

2. Resposta variável. Os estudantes devem reconhecer a importância de considerar e agregar o conhecimento oriundo de diferentes culturas, como o conhecimento de povos tradicionais e o conhecimento científico, na busca por soluções para problemas ambientais e na conservação ambiental.

A regulação e a fiscalização do uso da terra, que impedem a grilagem e a ocupação irregular de mananciais, de áreas protegidas ou de reservas florestais, são a principal forma de preservação da Mata Atlântica. Além da iniciativa governamental, inúmeras sociedades civis se dedicam a promover ações que visam à preservação e à recuperação desse bioma.

As populações tradicionais remanescentes também desempenham um importante papel na preservação do bioma. Detentores de amplo conhecimento sobre a mata, sua fauna e sua flora, desenvolvem projetos de sustentabilidade nas áreas em que vivem.

CIÊNCIA SE DISCUTE

Povos tradicionais e biodiversidade no Brasil

O projeto "Povos tradicionais e biodiversidade no Brasil – Contribuições dos povos indígenas, quilombolas e comunidades tradicionais para a biodiversidade, políticas e ameaças" compõe [...] uma síntese das contribuições dos povos indígenas, quilombolas e comunidades tradicionais no Brasil para a geração e conservação da biodiversidade além de outros serviços ecossistêmicos. Bem como das políticas públicas que os afetam positiva ou negativamente e dos conflitos e [das] ameaças a que estão sujeitos.

[...] o estudo envolve pesquisas interculturais com povos indígenas (Kuikuro, Yanomami, Guarani M´bya, Guarani Kaiowá, Wajãpi, Tuyuka e Tukano do rio Negro, etc.), quilombolas do Trombetas e comunidades tradicionais (quebradeiras de coco babaçu, populações de fundos de pasto, vazanteiros, caiçaras da Jureia, geraizeiros), além de cientistas filiados a cerca de 15 universidades e de 10 Instituições de Pesquisa brasileiras e internacionais, Organizações Não Governamentais, bem como diversos órgãos públicos [...].

Povos tradicionais e biodiversidade no Brasil. *FFLCH – Centro de Estudos Ameríndios* (CEstA-USP), São Paulo, 2 fev. 2022. Disponível em: https://cesta.fflch.usp.br/node/1543. Acesso em: 1º set. 2024.

1. **Pesquise o que são serviços ecossistêmicos. Qual a relação entre serviços ecossistêmicos e geração e conservação da biodiversidade?** Veja respostas em *Respostas e comentários* no Manual do Professor.
2. **Em sua opinião, qual é a importância de pesquisas interculturais, como a relatada no texto?**

Fabio Colombini/Acervo do fotógrafo

Das cerca de 150 espécies conhecidas de primatas encontradas na América do Sul, 60% estão na Amazônia brasileira, entre elas a do uacari-branco (*Cacajao calvus*). Manaus (AM). Foto de 2022.

Estimativa da biodiversidade encontrada na floresta Amazônica	
Organismos	Nº estimado de espécies
Plantas	13 056
Mamíferos	311
Aves	1 000
Répteis	550
Anfíbios	163
Peixes	3 000
Invertebrados	desconhecido

A biodiversidade na floresta Amazônica abrange cerca de 20% das espécies de fauna reconhecidas mundialmente.

Fontes de pesquisa: BFG (The Brazil Flora Group). *Flora do Brasil 2020*. Jardim Botânico do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2021. p. 10. Disponível em: http://doi.org/10.47871/jbrj2021001; Biomas brasileiros. IBGEeduca, [*s. l.*], [20--]. Disponível em: https://educa.ibge.gov.br/jovens/conheca-o-brasil/territorio/18307-biomas-brasileiros.html. Acessos em: 27 ago. 2024.

FLORESTA AMAZÔNICA

A floresta Amazônica é a maior floresta tropical do mundo, abrangendo atualmente cerca de 5,5 milhões de km². Mais de 60% dessa área se encontra em solo brasileiro; os 40% restantes estão em países fronteiriços, como Suriname, Guiana, Venezuela, Colômbia, Peru, Bolívia e o vizinho Equador e no território da Guiana Francesa. Situada na bacia dos rios Orinoco e Amazonas, a Amazônia concentra mais de 20% da água doce disponível na superfície da Terra.

O clima na região amazônica é quente e úmido, com temperaturas médias anuais em torno de 25 °C. A umidade proveniente do oceano Atlântico somada à transpiração das árvores da floresta garante uma precipitação anual entre 2 mil mm e 4 mil mm, dependendo da localidade. Além disso, as massas de ar úmido que se formam – os "rios voadores" – transportam diariamente cerca de 20 bilhões de toneladas de água para as regiões Centro-Oeste, Sudeste e Sul do país, atingindo também Bolívia, Paraguai, Chile, Uruguai e Argentina. As árvores da Amazônia também representam uma enorme capacidade de sequestrar e armazenar carbono atmosférico, contribuindo para a redução das concentrações de CO_2 na atmosfera.

Os solos em geral são antigos, com origem estimada em mais de 600 milhões de anos. Arenosos e ácidos, com alto teor de alumínio e baixos teores de fósforo e potássio, são considerados pobres em nutrientes.

O clima quente e a grande disponibilidade de água favorecem a biodiversidade na floresta Amazônica, que apresenta espécies como o golfinho de água doce ou tucuxi (*Sotalia fluviatilis*), o peixe-boi-da-Amazônia (*Trichechus inunguis*), a onça-pintada (*Panthera onca*), o jacaré-açu (*Melanosuchus niger*) e o uirapuru (*Cyphorhinus arada*). Pesquisas indicam que muitas espécies são endêmicas da região, que é considerada uma das áreas de maior biodiversidade no planeta.

Além da estratificação vertical, típica das florestas tropicais, a floresta Amazônica apresenta uma distribuição horizontal variada, incluindo manchas de vegetação características do Cerrado e da Caatinga nas regiões de menor pluviosidade. As áreas mais úmidas abrangem diferentes fisionomias vegetais, como igapós, várzeas e mata pluvial propriamente dita.

Igapó é a denominação dada à mata que ocorre nas áreas de relevo plano, próximas às margens de rios, portanto, frequentemente inundadas. Nessa mata, as árvores não ultrapassam 20 metros de altura e predominam epífitas, cipós e plantas aquáticas (imagem **A**).

As **matas de várzea**, por estarem situadas em áreas mais elevadas do que os igapós, sofrem inundações apenas ocasionais. Suas árvores podem atingir entre 25 e 30 metros de altura.

Também chamadas **matas de terra firme**, as **matas pluviais** ocupam as áreas mais elevadas, raramente sujeitas à inundação. Os solos não inundados são mais firmes e, por isso, capazes de sustentar árvores de grande porte, que podem atingir 50 metros de altura. A mata de terra firme apresenta o perfil característico das florestas tropicais, com vários estratos de vegetação e dossel espesso, que impede a passagem de luz e, consequentemente, a formação de um estrato herbáceo desenvolvido.

Marcos Amend/Pulsar Imagens

Mata de igapó em Manicori (AM). Foto de 2023.

Mata dos cocais

A mata dos cocais ocorre principalmente nos estados do Maranhão e do Piauí. A denominação desse ecossistema deve-se à predominância de diferentes espécies de palmeira, especialmente o babaçu, a carnaúba e o buriti, cujos frutos são chamados cocos.

A mata dos cocais é muito importante para a economia regional. Do babaçu se extraem óleos, glicerina e fibras. A carnaúba fornece cera de excelente qualidade. No entanto, o valor comercial de seus produtos não impede que as palmeiras sejam derrubadas para a instalação de pastagens. A recuperação das áreas desmatadas pode ser feita com o plantio de sementes em áreas abertas, uma vez que essas palmeiras crescem com facilidade em ambientes fortemente iluminados.

Não escreva no livro.

Principais ameaças

As principais ameaças à Amazônia são o desmatamento, prática muito adotada na agricultura, na pecuária e na mineração, e as mudanças climáticas.

Cerca de 20% a 35% das chuvas que caem sobre a região amazônica são do ciclo da água local, resultante da evapotranspiração. O desmatamento pode, portanto, provocar uma drástica diminuição da pluviosidade, um dos fatores essenciais à manutenção da floresta, além de afetar a formação dos "rios voadores", o que impacta as chuvas em outras regiões do país e do continente sul-americano. Com o desmatamento, não apenas a vegetação é destruída, mas também a camada mais superficial do solo, que é rica em matéria orgânica em decomposição. Além disso, a queima das árvores devolve para a atmosfera o carbono armazenado em forma de biomassa vegetal e diminui a capacidade da floresta de sequestrar carbono.

Assim, muitos especialistas defendem que a floresta Amazônica é um importante regulador do clima do planeta, contribuindo para o arrefecimento da temperatura média mundial. Florestas degradadas são fontes emissoras, e não armazenadoras, de gases de efeito estufa. Eventuais destruições de sua mata criam um círculo vicioso que altera o clima, o que, por sua vez, provoca a retração da floresta e a expansão das áreas com vegetação savânica.

AMAZÔNIA LEGAL: DESMATAMENTO EM KM² (2014 A 2023)

ID/BR

Taxa anual de desmatamento em km² na Amazônia Legal.

Fonte de pesquisa: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (Inpe). PRODES (Desmatamento) – Amazônia Legal. TerraBrasilis, [*s. l.*], [20--]. Disponível em: https://terrabrasilis.dpi.inpe.br/app/dashboard/deforestation/biomes/legal_amazon/rates. Acesso em: 28 ago. 2024.

Povos e comunidades tradicionais

Inúmeros povos indígenas habitavam a região antes dos colonizadores europeus: os Yanomami, os Karajá, os Kayapó, os Macuxi, entre outros. Atualmente, nessa região, vivem cerca de 180 povos indígenas, somando uma população de aproximadamente 208 mil indivíduos, além de 357 comunidades remanescentes de quilombolas e milhares de comunidades de seringueiros, ribeirinhos ou babaçueiros. No entanto, esses números são pouco representativos diante da importância desses povos na formação da cultura e na composição étnica da atual população amazônica.

Estima-se em mais de 6 milhões os habitantes de áreas rurais da região, vivendo em cerca de 30 mil comunidades extrativistas. A extração do látex das seringueiras e a coleta de castanha-do-pará e de açaí são exemplos de atividades que sustentam o modo de vida dos povos tradicionais da Amazônia.

Apesar disso, os povos e as comunidades tradicionais estão longe de ter uma vida tranquila, pois são alvos de constantes disputas pela posse de suas terras. Um relatório divulgado pela Comissão Pastoral da Terra (CPT) indica que no ano de 2023 foram contabilizados 2 203 conflitos agrários no Brasil, nos quais os povos indígenas são alvos em 29,6% dos casos. De acordo com o relatório, no período de 2014 a 2023, foram vitimadas cerca de 420 pessoas.

Conservação da Amazônia

Na primeira década do século XXI, projetos experimentais propostos por entidades não governamentais inspiraram políticas públicas do governo federal. Como consequência, nessa época houve a ampliação de programas de assentamento rural e a criação de reservas extrativistas, nas quais os habitantes locais permaneceriam nas áreas demarcadas e explorariam seus recursos sob a perspectiva de sustentabilidade.

Desde as últimas décadas do século XX, diversas comunidades amazônicas se organizaram em redes de apoio às populações locais, como o Conselho Nacional dos Seringueiros (CNS, criado em 1985), o Movimento Nacional dos Pescadores Artesanais (Monape, criado em 1988) e o grupo de produtores familiares da Confederação Nacional dos Trabalhadores na Agricultura (Contag, criada em 1963).

PARA EXPLORAR

Assista

"Rios voadores": fenômeno natural leva umidade da Floresta Amazônica para outras regiões

Ao assistir essa reportagem de 2020, do Repórter Eco, da TV Cultura, é possível compreender como as chuvas das regiões Sul, Sudeste e Centro-Oeste do Brasil dependem da Amazônia preservada. Duração: 6 min 22 s.

Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=0ROtXcOTZDw. Acesso em: 28 ago. 2024.

Leia

***Ideias para adiar o fim do mundo*, de Ailton Krenak. São Paulo: Companhia das Letras, 2019.**

O livro é uma adaptação de duas palestras e de uma entrevista dadas pelo líder indígena e ambientalista Ailton Krenak, em Portugal, nos anos de 2017 e 2019. Ele critica a ideia de humanidade como algo separado da natureza.

CERRADO

DE OLHO NO CONCEITO

***Hotspots* de biodiversidade**

Biomas caracterizados por grande biodiversidade, alto grau de endemismo e sob risco de degradação, como o Cerrado e a Mata Atlântica.

Alguns pesquisadores consideram o Cerrado brasileiro um tipo de savana. Esse bioma ocupa o equivalente a 2 milhões de km² (22% do território nacional), em uma extensa área contínua do planalto Central, além de manchas em meio à floresta Amazônica e à Mata Atlântica. Aproximadamente metade dessa área está situada entre 300 e 600 metros acima do nível do mar.

As temperaturas médias anuais nesse bioma oscilam entre 22 °C e 23 °C, e a pluviosidade, entre 1 200 mm e 1 800 mm anuais, com chuvas concentradas entre setembro e maio. Esses fatores caracterizam um clima tropical sazonal com inverno seco.

João Prudente/Pulsar Imagens

Vegetação típica do Cerrado em São João Batista do Glória, na Serra da Canastra (MG). Foto de 2023.

Andre Dib/Pulsar Imagens

Maior canídeo da América do Sul, o lobo-guará (*Chrysocyon brachyurus*) pode atingir um metro de altura e 30 kg. Cocos (BA). Foto de 2022.

Em geral, os solos do Cerrado são arenosos, ácidos e pobres em material orgânico. Profundos e bem drenados, não acumulam água próximo à superfície. As raízes superficiais das plantas herbáceas absorvem rapidamente a água durante a estação chuvosa, sobrevivendo durante a estação seca com as reservas acumuladas nos órgãos subterrâneos. Outras plantas têm raízes longas, que atingem até 20 metros de profundidade, onde se encontra o lençol freático. Essas plantas podem permanecer verdes durante todo o ano, mas, geralmente, apresentam folhas coriáceas, o que contribui para diminuir a perda de água por transpiração.

Costuma-se classificar o Cerrado em tipos, de acordo com o aspecto da vegetação. No campo limpo, predominam plantas herbáceas e, no cerradão, árvores. São reconhecidos também tipos intermediários – campo sujo, campo cerrado, cerrado –, de acordo com a abundância de espécies lenhosas e de maior porte.

No Cerrado, são encontradas mais de 11 mil espécies vegetais, a maior parte delas são ervas e arbustos. Muitas espécies de plantas herbáceas apresentam bulbos e caules subterrâneos que acumulam nutrientes. Suas raízes geralmente são superficiais. As plantas lenhosas apresentam troncos e galhos retorcidos, casca espessa e raízes profundas (imagem **A**), adaptações ao fogo e ao tipo de solo.

A longa estiagem e a grande quantidade de matéria orgânica seca acumulada no solo durante esse período favorecem a ocorrência de incêndios, muitos deles naturais. A maioria das espécies vegetais, porém, apresenta adaptações que permitem sobreviver ao fogo. Os órgãos de reserva são subterrâneos e não são destruídos pelo fogo. A casca espessa das espécies lenhosas protege as plantas do calor excessivo. Embora as folhas sejam destruídas, tanto as espécies herbáceas quanto os arbustos e as árvores brotam logo após o incêndio.

A ocorrência de fogo é considerada um fator importante na manutenção da fisionomia do Cerrado. O fogo acelera a ciclagem de alguns dos nutrientes presentes na vegetação seca acumulada sobre o solo. As cinzas oriundas da queima dessa vegetação rapidamente se incorporam ao solo, e os nutrientes são absorvidos pelas raízes superficiais das plantas. No entanto, parte significativa dos nutrientes se perde na atmosfera durante os incêndios. Além disso, incêndios frequentes, incluindo os provocados pelo ser humano, podem impedir que a vegetação lenhosa se estabeleça, causando grande prejuízo ambiental.

O Cerrado é considerado um *hotspot* de biodiversidade mundial. A fauna do Cerrado inclui répteis, como o teiú (*Tupinambis merianae*) e a cascavel (*Crotalus* sp.); aves, como a ema (*Rhea americana*), a siriema (*Cariama cristata*) e o carcará (*Caracara plancus*); e mamíferos, como o tamanduá-bandeira (*Myrmecophaga tridactyla*), o lobo-guará (*Chrysocyon brachyurus*) (imagem **B**) e a onça-parda (*Puma concolor*). Entre os invertebrados, destacam-se os cupins, as formigas, os gafanhotos e as abelhas. O Cerrado também é o refúgio de 13% das borboletas, 35% das abelhas e 23% dos cupins dos trópicos.

Estimativa da biodiversidade encontrada no Cerrado

Organismos	Nº estimado de espécies
Plantas	12 829
Mamíferos	252
Aves	850
Répteis	187
Anfíbios	113
Peixes	1 000
Invertebrados	desconhecido

Segundo maior bioma brasileiro, o Cerrado abriga grande biodiversidade.

Fontes de pesquisa: BFG (The Brazil Flora Group). *Flora do Brasil 2020*. Jardim Botânico do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2021. p. 10. Disponível em: http://doi.org/10.47871/jbrj2021001; Biomas brasileiros. IBGEeduca, [*s. l.*], [20--]. Disponível em: https://educa.ibge.gov.br/jovens/conheca-o-brasil/territorio/18307-biomas-brasileiros.html. Acessos em: 27 ago. 2024.

Não escreva no livro.

Principais ameaças ao Cerrado

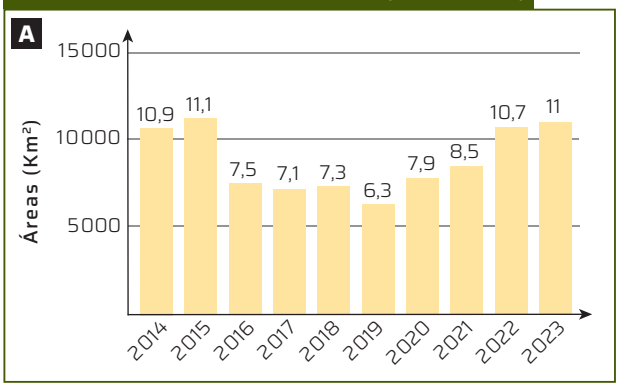
Conhecido como o berço das águas brasileiras, esse bioma abastece seis grandes bacias hidrográficas: Amazônica, Araguaia/Tocantins, Atlântico Norte/Nordeste, São Francisco, Atlântico Leste e Paraná/Paraguai. Além da importância ecológica, grande parte da energia elétrica consumida no Brasil provém de represas localizadas nessas bacias. A região também abrange importantes aquíferos, como o Guarani, o Urucuia e o Bambuí.

Apesar disso, é um dos biomas brasileiros menos protegidos e um dos mais ameaçados do planeta. Apenas 8,21% de seu território é legalmente protegido por Unidades de Conservação, e estima-se que 20% das espécies nativas e endêmicas da região já não ocorram em áreas protegidas. Mais da metade da área original do Cerrado já foi convertida para atividades agropecuárias ou para uso urbano, e pesquisas apontam que menos de 20% da área remanescente se encontra em condições de conservação. Mais recentemente, têm-se verificado a exploração de material lenhoso para a produção de carvão, atividade extremamente predatória.

As queimadas intencionais, usadas para o desmatamento e a ampliação de áreas destinadas ao agronegócio (imagem **A**), ultrapassam a capacidade natural de resistência e de regeneração da flora. O desmatamento afeta também os rios, que se tornam desprotegidos e sujeitos a despejos de resíduos industriais, domésticos e agrícolas. O represamento é outro fator que altera profundamente a dinâmica das populações da fauna aquática, interferindo em seus ciclos migratórios e reprodutivos.

Como consequência dessas ações, cerca de 1 200 espécies da fauna e da flora desse bioma encontram-se ameaçadas.

CERRADO: DESMATAMENTO EM KM² (2014 A 2023)



ID/BR

Taxa anual de desmatamento em km² no Cerrado.

Fonte de pesquisa: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (Inpe). PRODES (Desmatamento) – Cerrado. TerraBrasilis, [*s. l.*], [20--]. Disponível em: https://terrabrasilis.dpi.inpe.br/app/dashboard/deforestation/biomes/cerrado/increments. Acesso em: 28 ago. 2024.

ROTEIRO

2. Quais são as principais ameaças aos biomas Mata Atlântica, Amazônia e Cerrado? De que forma os povos tradicionais contribuem para a conservação desses biomas?

Veja respostas em *Respostas e comentários* no Manual do Professor.

Povos e comunidades tradicionais

Os Karajá, os Tapuia, os Krenak, os Cinta Larga, os Kaiowá e os Terena são alguns dos mais de 80 povos indígenas habitantes do Cerrado, além de quilombolas, comunidades extrativistas, ribeirinhos e pescadores artesanais.

Como em outras regiões, essas populações, herdeiras de conhecimentos tradicionais, vivem do artesanato, do extrativismo e da agricultura familiar. A coleta de flores, por exemplo, se dá nos campos rupestres do Cerrado e é tradição e fonte de renda fundamental para a reprodução sociocultural de muitas famílias (imagem **B**).

Essas comunidades, em geral, praticam modos de produção que favorecem a manutenção dos recursos naturais e da biodiversidade e a conservação dos ciclos hidrológicos e dos serviços ambientais oferecidos pelo bioma.

Andre Dib/Pulsar Imagens

Coletora de plantas ornamentais e de plantas medicinais em comunidade quilombola. Alto Paraíso de Goiás (GO). Foto de 2017.

Conservação do Cerrado

Iniciativas governamentais, como o Centro Nacional de Prevenção e Combate aos Incêndios Florestais (Prevfogo), criado em 1989, e o Plano de Ação para Prevenção e Controle do Desmatamento e das Queimadas no Cerrado (PPCerrado), de 2009, promovem ações para o controle de queimadas e incêndios florestais e outras medidas com o objetivo de diminuir a perda da cobertura vegetal, além de buscar alternativas para a proteção e o uso sustentável dos recursos do Cerrado.

Mulheres da terra: o Cerrado somos nós

Fabio Colombini/Acervo do fotógrafo

Fabio Colombini/Acervo do fotógrafo

Caatinga e morros sedimentares durante a estação seca (**A**) e durante a estação chuvosa (**B**) no Parque Nacional da Serra da Capivara (PI). Fotos **A** e **B** de 2015.

Fabio Colombini/Acervo do fotógrafo

Veado-catingueiro (*Mazama gouazoubira*).

A Caatinga é um bioma exclusivamente brasileiro que apresenta grande biodiversidade.

Fontes de pesquisa: BFG (The Brazil Flora Group). *Flora do Brasil 2020*. Jardim Botânico do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2021. p. 10. Disponível em: http://doi.org/10.47871/jbrj2021001; Biomas brasileiros. IBGEeduca, [*s. l.*], [20--]. Disponível em: https://educa.ibge.gov.br/jovens/conheca-o-brasil/territorio/18307-biomas-brasileiros.html. Acessos em: 27 ago. 2024.

CAATINGA

A Caatinga (do tupi, *ca'a*, "mato"; *tinga*, "branco") é um bioma encontrado nas regiões de clima semiárido do Nordeste do Brasil. Ocupa 850 mil km², abrangendo a maior parte dos estados de Alagoas, Bahia, Ceará, Paraíba, Pernambuco, Piauí, Rio Grande do Norte, Sergipe e Maranhão, além do norte de Minas Gerais. O clima se caracteriza por temperaturas médias anuais elevadas e pela precipitação média anual de 800 mm. As chuvas são concentradas entre dezembro e janeiro, e a estação seca chega a durar oito meses.

A temperatura e o regime de chuvas são os principais fatores que influenciam a vegetação da Caatinga. Por essa razão, existem variações regionais, como o Agreste, situado entre as regiões litorâneas mais úmidas (que podem estar ocupadas por Mata Atlântica), e o interior mais árido, o Sertão, onde as secas são mais longas, podem durar anos.

Os solos, em muitas áreas da Caatinga, são ricos em nutrientes, mas a água é o principal fator limitante para o desenvolvimento da vegetação.

São conhecidas 4 963 espécies de plantas na Caatinga, cerca de 1 547 delas, endêmicas. As mais comuns são árvores (a umburana, o umbu, o juazeiro) e cactos (mandacaru e coroa-de-frade), e há uma abundante vegetação arbustiva, que forma um estrato denso, com galhos retorcidos e espinhosos.

As adaptações das plantas à escassez de água incluem folhas pequenas e com cutícula espessa, o que ajuda a reduzir a perda de água por evapotranspiração e o acúmulo de água no caule. Além disso, as plantas da Caatinga respondem rapidamente ao ciclo das chuvas. Quando estas cessam, as folhas caem e a mata adquire um aspecto cinza-esbranquiçado, o que deu origem ao nome do bioma. Quando as chuvas retornam, as folhas brotam rapidamente, e as plantas produzem grande quantidade de flores, frutos e sementes (imagens **A** e **B**).

A diversidade de espécies animais é muito grande. Dentre elas, estão mamíferos, como o tatu-bola (*Tolypeutes tricinctus*), o mocó (*Kerodon rupestris*) e o veado-catingueiro (*Mazama gouazoubira*) (imagem **C**); aves, como a avoante (*Zenaida auriculata*); e répteis, como a cascavel (*Crotalus* sp.).

Estimativa da biodiversidade encontrada na Caatinga

Organismos	Nº estimado de espécies
Plantas	4 963
Mamíferos	148
Aves	510
Répteis	107
Anfíbios	49
Peixes	240
Invertebrados	desconhecido

Principais ameaças à Caatinga

Único bioma exclusivamente brasileiro, a Caatinga está severamente degradada, principalmente por causa do desmatamento ilegal para a produção de carvão e lenha. Uma das consequências ambientais é a desertificação, processo que torna o solo incapaz de sustentar qualquer tipo de vegetação, nativa ou exótica ao bioma. Estima-se que a Caatinga concentre cerca de 60% das áreas sujeitas à desertificação no país.

Outras ameaças à Caatinga são a agricultura irrigada de forma insustentável e práticas inadequadas do uso do solo, como a monocultura e a pecuária extensivas. Como resultado, estima-se que 42,3% de sua cobertura vegetal original já tenha sofrido algum tipo de modificação, e que 52% do bioma sofra com problemas de degradação, o que afeta a fertilidade do solo, leva espécies da fauna e da flora à extinção e compromete a qualidade de vida das populações locais.

Não escreva no livro.

A pesquisa "Contas de ecossistemas: espécies ameaçadas de extinção no Brasil", divulgada em 2020 pelo IBGE, estimou que a Caatinga abriga 481 espécies de animais ameaçadas de extinção, como a onça-parda (*Puma concolor*) e a onça-pintada (*Panthera onca*). Dessa lista, muitas espécies são endêmicas, como a arara-azul-de-lear (*Anodorhynchus leari*) e o periquito-cara-suja (*Pyrrhura griseipectus*). O bioma é também um dos mais afetados pelo tráfico ilegal de animais silvestres. Quanto à flora, entre as espécies ameaçadas estão árvores de grande importância ecológica, como a aroeira-do-sertão (*Myracrodruon urundeuva*), a baraúna (*Schinopsis brasiliensis*), a quixabeira (*Sideroxylon obtusifolium*) e a umburana-de-cheiro (*Amburana cearensis*).

Delfim Martins/Pulsar Imagens

Umburana-de-cheiro (*Amburana cearensis*). Salgueiro (PE). Foto de 2020.

Povos e comunidades tradicionais

As populações tradicionais incluem povos indígenas como os Pankararu e os Tumbalala, entre outros, além de descendentes desses indígenas miscigenados, ou não, com colonos de origem europeia e afrodescendentes: são os sertanejos, vaqueiros, quilombolas e agricultores de pequenas propriedades familiares.

Segundo a *Carta dos povos indígenas do Cerrado e da Caatinga*, habitam hoje na Caatinga 45 povos indígenas, com uma população em torno de 90 mil habitantes, distribuídos em 36 Terras Indígenas, que ocupam uma área de quase 140 mil hectares. Kambiwá é a maior Terra Indígena no bioma e está localizada no estado de Pernambuco, com pouco mais de 31 mil hectares.

Os indígenas da Caatinga, a exemplo do que também ocorre nos demais biomas, vivem em áreas reduzidas e sofrem intensas pressões, que ocasionam graves impactos sociais, culturais e ambientais.

Conservação da Caatinga

A Caatinga é um dos biomas menos protegidos por Unidades de Conservação: apenas 1,3% de sua área é destinada a Unidades de Proteção Integral, e outros 7,8% para Unidades de Uso Sustentável.

Uma alternativa é a criação de Reservas Particulares do Patrimônio Natural (RPPN), áreas particulares que recebem incentivos para se destinar à conservação da biodiversidade, ao desenvolvimento de pesquisa científica e ao turismo. Cerca de um terço das Unidades de Conservação da caatinga seguem modelos de parcerias privadas como as RPPNs.

AÇÃO E CIDADANIA

Ciência cidadã e conservação

[...]

Um exemplo bastante comum é o registro de espécies [...] por "observadores cidadãos", que disponibilizam uma enorme quantidade de dados ao longo do tempo ao publicarem fotografias com a data e a localização. Este volume de dados não seria possível de ser obtido durante o período de uma pesquisa acadêmica, podendo auxiliar pesquisadores a estimar o tamanho populacional ou calcular a área de ocorrência da espécie e, até mesmo, descreverem novas espécies.

[...]

A ciência cidadã é uma importante aliada da conservação, pois além do apoio à produção de conhecimento científico, ela tem o potencial de ampliar a rede de pessoas comprometidas com a sustentabilidade ambiental. Os participantes voluntários, além da compreensão mais aprofundada do tema para o qual se voluntariaram, têm a oportunidade de fazer parte do processo científico e da prática de geração de conhecimento.

ciência cidadã: é o envolvimento do público não acadêmico no processo de pesquisa científica. Essa cooperação para a produção de conhecimento científico pode ser orientada para a comunidade local, ou em nível global, e pode ocorrer na elaboração de um projeto, na definição do tema de estudo e até na análise dos resultados e na divulgação deles.

O que é ciência cidadã. *Sistema de Informação sobre a Biodiversidade Brasileira (SiBBr)*. Atlas, Ciência cidadã, [20--]. Disponível em: https://sibbr.gov.br/cienciacidada/oquee.html#:~:text=A%20ci%C3%Aancia%20cidad%C3%A3%20consiste%20na,ambiental%2C%20onde%20qualquer%20pessoa%20em. Acesso em: 1º set. 2024.

1. Os dados obtidos por cientistas cidadãos podem ajudar os cientistas a estimar o tamanho populacional ou a calcular a área de ocorrência da espécie e, até mesmo, descrever novas espécies, contribuindo assim para projetos de conservação.

1. **Qual é a importância da ciência cidadã para a conservação de espécies? Explique.**
2. **Em sua opinião, a participação de "observadores cidadãos" em pesquisas pode ajudar a sensibilizar a sociedade para o tema da conservação?** Resposta pessoal. Espera-se que os estudantes reconheçam que sim, a participação da comunidade local em pesquisas de conservação ambiental pode sensibilizar e mobilizar a sociedade sobre o tema.
3. **Faça registros de espécies de seres vivos que você observa em sua região e socialize os dados com os colegas. Caso tenha oportunidade, utilize a plataforma *on-line* do projeto ciência cidadã do SiBBr (www.sibbr.gov.br) para compartilhar imagens, sons e registros dessas espécies, e contribua para o conhecimento da biodiversidade.** Veja resposta em *Respostas* e *comentários* no Manual do Professor.

Fabio Colombini/Acervo do fotógrafo

Fabio Colombini/Acervo do fotógrafo

O Pantanal durante a época das cheias (**A**) e o Pantanal durante a vazante (**B**). Esse regime das águas interfere em toda a vida da região, determinando diversos ciclos biológicos. Poconé (MS). Foto **A** de 2014 e foto **B** de 2013.

Marcos Amend/Pulsar Imagens

O tuiuiú (*Jabiru mycteria*) é considerado a ave-símbolo do Pantanal. Poconé (MS). Foto de 2023.

PANTANAL

Localizado entre a floresta Amazônica e o Cerrado e ocupando cerca de 1,8% do território nacional, o Pantanal estende-se pela bacia do Alto Paraguai e abrange também países vizinhos, como Paraguai e Bolívia, onde é denominado *chaco*. Esse termo é derivado da língua falada pelos nativos dessa região e significa "terra de caça". Trata-se de uma região com enorme biodiversidade, principalmente em relação à fauna.

Massas de ar quente e úmido, provenientes da região amazônica, influenciam o clima da região, que pode ser definido como tropical úmido. As temperaturas médias anuais oscilam entre 23 °C e 25 °C. Eventualmente, porém, massas de ar frio, provenientes da região antártica, provocam quedas bruscas de temperatura, fenômeno conhecido como friagem. A pluviosidade não é muito elevada, entre 1 100 mm e 1 500 mm anuais.

As chuvas são concentradas entre os meses de novembro e abril, período em que as águas invadem os terrenos mais baixos. As planícies não favorecem a vazão, deixando inundados extensos terrenos pantaneiros (imagem **A**). Entre maio e julho, período denominado vazante, as águas vão lentamente escoando e formando lagoas e rios temporários. Finalmente, entre agosto e outubro, ocorre o auge da seca (imagem **B**), durante a qual persistem os grandes rios e os pequenos cursos de água permanentes, chamados **corixos**.

As áreas mais elevadas, conhecidas como **terra firme** ou **cordilheiras**, nunca são inundadas. Nelas, forma-se uma vegetação com características de mata ou cerrado, além de matas que acompanham o curso dos rios. Em regiões de elevação moderada, denominadas **várzeas**, ocorre a inundação temporária. Essas áreas são anualmente fertilizadas por sedimentos ricos em nutrientes trazidos pelas águas dos rios. Nas secas, desenvolve-se nas várzeas uma exuberante vegetação herbácea, que serve de pastagem para a fauna nativa e também para o gado, introduzido pelo ser humano. Nas regiões mais baixas, formam-se baías e lagos permanentes, onde se desenvolve grande variedade de plantas aquáticas.

A fauna pantaneira inclui aves, como o tuiuiú (*Jabiru mycteria*) (imagem **C**), a garça-branca-grande (*Ardea alba*) e a arara-azul (*Anodorhynchus hyacinthinus*); mamíferos, como a onça-pintada (*Panthera onca*) e o cervo-do-pantanal (*Blastocerus dichotomus*); répteis, como a sucuri (*Eunectes notaeus*) e o jacaré-de-papo-amarelo (*Caiman latirostris*); e incontáveis espécies de peixes (pintado, jaú, pacu, dourado, entre outros).

Estimativa da biodiversidade encontrada no Pantanal	
Organismos	Nº estimado de espécies
Plantas	1 682
Mamíferos	132
Aves	463
Répteis	85
Anfíbios	35
Peixes	263
Invertebrados	desconhecido

Mesmo sendo o menor bioma brasileiro, o Pantanal é muito rico em biodiversidade.

Fontes de pesquisa: BFG (The Brazil Flora Group). *Flora do Brasil 2020*. Jardim Botânico do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2021. p. 10. Disponível em: http://doi.org/10.47871/jbrj2021001; IBGE Educa. Biomas brasileiros. Disponível em: https://educa.ibge.gov.br/jovens/conheca-o-brasil/territorio/18307-biomas-brasileiros.html. Acessos em: 27 ago. 2024.

Principais ameaças ao Pantanal

Os principais rios do Pantanal nascem no Cerrado, por isso o desmatamento e a poluição desse bioma afetam diretamente essa região.

Pequenas hidrelétricas instaladas em seus rios interferem no fluxo das águas e nas migrações de peixes. Outras obras de infraestrutura, como aterros para construção de estradas, pistas de pouso ou edificações, também afetam o escoamento das águas, tornando as cheias mais prolongadas, e servem como barreiras artificiais à movimentação de animais.

ROTEIRO

3. Entre as ameaças ao Pantanal estão os incêndios que, em 2024, registraram o pior primeiro semestre dos últimos 26 anos. Faça uma pesquisa e identifique as principais causas de incêndios nesse bioma.

Veja resposta em *Respostas e comentários* no Manual do Professor.

Não escreva no livro.

Como resultado das ações humanas, estimava-se que, em 2021, restavam apenas 59% de áreas remanescentes com vegetação nativa, com taxas de desmatamento elevadas. A remoção da cobertura vegetal, frequentemente com o uso do fogo, destina-se principalmente à criação de áreas de pasto e de uso agrícola. A pesca esportiva e a caça ilegal, seja a esportiva, seja para a captura de animais visando ao tráfico, também ocorrem na região.

No Pantanal, cerca de 36 espécies da fauna e 24 espécies de plantas constam na lista de espécies em risco de extinção.

Cassandra Cury/Pulsar Imagens

Criança da etnia Guató. Corumbá (MS). Foto de 2017.

Povos e comunidades tradicionais

A cultura pantaneira é muito presente na região. Ela se caracteriza por criadores de gado que detêm amplo conhecimento tradicional a respeito do uso de ervas, raízes, cascas e frutos.

O povo indígena Guató, considerado o último povo canoeiro do Pantanal, ocupava praticamente toda a região sudoeste de Mato Grosso. Entre os anos de 1940 e 1950, começaram a ser expulsos de forma intensa de suas terras. Considerados extintos, foram redescobertos por missionários, no final da década de 1970, vivendo na periferia de Corumbá (MS). A partir daí, começaram a se organizar em busca de seus direitos. Foi somente em 2018 que a Terra Indígena Baía dos Guató, de 20 mil hectares, no Mato Grosso, foi homologada. A decisão, porém, tem sido alvo de ações judiciais de pecuaristas e produtores locais.

A situação vivida pelos indígenas Guató não é única no país. Em 2020, existiam 722 Terras Indígenas em diferentes fases do processo de demarcação.

Conservação do Pantanal

O investimento no ecoturismo tem sido visto como uma alternativa para o desenvolvimento sustentado da região. Os estados de Mato Grosso e Mato Grosso do Sul firmaram acordos envolvendo políticas públicas para o exercício dessa atividade. É necessário também estabelecer metas que regulamentem o agronegócio e controlem o avanço das monoculturas e da pecuária sobre as áreas naturais.

Considerando os resultados obtidos em outras iniciativas de conservação ambiental, essas políticas públicas serão mais eficazes se os habitantes da região pantaneira forem incluídos em sua elaboração e implementação.

PARA EXPLORAR

Assista

***500 almas*. Direção: Joel Pizzini. Brasil, 2004 (108 min).**

O documentário enfoca a perda de identidade cultural dos indígenas Guató, habitantes do Pantanal brasileiro. Tidos como extintos na década de 1960, esse povo foi redescoberto e reconhecido oficialmente na década de 1980 e hoje luta por preservar e recuperar sua identidade.

BIOLOGIA E MATEMÁTICA

Modelos matemáticos para estimar mortalidade nos incêndios do Pantanal

Pelo menos 17 milhões de animais vertebrados foram mortos diretamente pelo fogo durante as queimadas que, ao longo de 2020, devastaram 27% da cobertura vegetal do Pantanal brasileiro. A estimativa foi feita por um grupo de 30 cientistas de diferentes instituições, em um estudo inédito coordenado pelo pesquisador Walfrido Moraes Tomas, da Embrapa Pantanal.

[...]

[...] os pesquisadores se engajaram em uma extensa força-tarefa que percorreu áreas atingidas pelo fogo em 126 trechos lineares – ou transectos – distribuídos de norte a sul do Pantanal, em Mato Grosso e Mato Grosso do Sul. [...]

Ao avistar as carcaças, os pesquisadores registravam uma a uma, com datas e coordenadas geográficas, além do posicionamento e distância de cada uma delas em relação à linha de referência. Quanto mais longe da linha, menor a chance de enxergar as carcaças de animais, quando presentes. Calculando essa probabilidade de detectar uma carcaça, os cientistas elaboraram um modelo matemático capaz de corrigir o erro de detectabilidade e estimar o número de carcaças presentes em toda a área.

Segundo Tomas, esse tipo de técnica, conhecida como "amostra de distâncias em linhas", é amplamente empregada pelos biólogos na contagem de populações de animais, mas nunca havia sido utilizada para a contagem de animais mortos por incêndios.

[...]

Fogo matou 17 milhões de vertebrados no Pantanal em 2020. WWF, [*s. l.*], 28 set. 2021. Disponível em: https://www.wwf.org.br/?80028/Fogo-matou-17-milhoes-de-vertebrados-no-Pantanal-em-2020. Acesso em: 1º set. 2024.

1. **Qual é a importância de quantificar os indivíduos mortos após episódios como esse?**
Estudos como esse ajudam a revelar a dimensão do impacto regional do fogo no ecossistema e a identificar, por exemplo, as espécies mais atingidas.
2. **Cite uma provável consequência da alta mortalidade de animais para o equilíbrio do bioma? Como seria possível constatar essa hipótese?** A redução da população de espécies após incêndios podem determinar flutuações de outras populações devido às interações ecológicas, causando ainda mais desequilíbrios no bioma. Essas flutuações podem ser estimadas por métodos de estudo semelhantes, que também envolvem modelos matemáticos.

4. Espera-se que os estudantes confeccionem mapas semelhantes ao mapa "Estado de conservação das espécies da fauna e da flora – 2022", disponível no link: https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-noticias/2012-agencia-de-noticias/noticias/36972-ibge-atualiza-estatisticas-das-especies-ameacadas-de-extincao-nos-biomas-brasileiros (acesso em: 17 out. 2024). Verifique se o mapa apresenta título, dados, legendas e fonte.

PAMPA

O Pampa (ou Campos Sulinos) corresponde ao bioma de pradaria localizado no Rio Grande do Sul e em áreas do Uruguai, Argentina e Paraguai. Pampa, na língua dos indígenas que habitavam a região, significa "plano". No Pampa, o clima é subtropical frio, com temperaturas médias anuais de 19 °C e pluviosidade entre 500 mm e 1 000 mm anuais. As extensas planícies que caracterizam o relevo do Pampa favorecem a propagação dos ventos fortes e gelados, conhecidos como minuanos.

A vegetação predominante é formada por gramíneas: são mais de 450 espécies, com a presença esparsa de arbustos e árvores.

A fauna é composta de uma grande variedade de espécies. Destas, muitas são endêmicas e estão sob ameaça de extinção, como o tuco-tuco (*Ctenomys* sp.), o sapinho-de-barriga-vermelha (*Melanophryniscus dorsalis*), o veado-campeiro (*Ozotoceros bezoarticus*) e o pica-pau-zinho-chorão (*Veniliornis mixtus*).

Fabio Colombini/Acervo do fotógrafo

Pampa gaúcho em Santana do Livramento (RS). Foto de 2024.

Estimativa da biodiversidade encontrada no Pampa	
Organismos	Nº estimado de espécies
Plantas	2817
Mamíferos	74
Aves	120
Répteis	97
Anfíbios	50
Peixes	18
Invertebrados	desconhecido

O Pampa abriga 9% da biodiversidade do Brasil.

Fontes de pesquisa: BFG (The Brazil Flora Group). *Flora do Brasil 2020*. Jardim Botânico do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2021. p. 10. Disponível em: http://doi.org/10.47871/jbrj2021001; Biomas brasileiros. IBGEeduca, [*s. l.*], [20--]. Disponível em: https://educa.ibge.gov.br/jovens/conheca-o-brasil/territorio/18307-biomas-brasileiros.html. Acessos em: 27 ago. 2024.

Principais ameaças

O relevo plano e a predominância de gramíneas fazem do Pampa uma área muito conveniente para a criação de gado e para a agricultura.

No entanto, o cultivo de pastagens, com a introdução de espécies exóticas e monoculturas de trigo, soja, arroz e eucalipto, tem levado à destruição da vegetação original. Dados coletados por satélite pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (Inpe) mostraram que, entre 2018 e 2022, o Pampa foi o bioma brasileiro que proporcionalmente sofreu mais perdas: cerca de 5 mil km², o que corresponde a quase 3% da cobertura original. Além disso, os resíduos de agrotóxicos e de fertilizantes químicos têm contaminado o solo e os cursos de água, colocando em risco ainda maior as populações humanas remanescentes e a fauna.

Estima-se que, em 2024, restavam apenas 40% da cobertura vegetal original. Por ser formado principalmente por vegetação herbácea, o desmatamento nesse bioma não é tão evidente como nas florestas, deixando-o ainda mais ameaçado.

Povos e comunidades tradicionais

O Pampa era originalmente ocupado por indígenas das etnias Guarani, Kaingang e Charrua, que ainda hoje vivem nessa região, onde também são encontradas comunidades tradicionais de pecuaristas familiares, pescadores artesanais, quilombolas, benzedeiras e benzedores, povos de terreiro, pomeranos e ciganos. A cultura desses povos se caracteriza pelo manejo sustentável dos ecossistemas, com respeito à preservação dos mananciais aquíferos, do solo e da biodiversidade, uma vez que sobrevivem da agricultura e pecuária familiares.

Conservação do Pampa

Apenas 3,6% do Pampa está protegido na forma de Unidades de Conservação.

Além da criação dessas áreas, entre as ações consideradas prioritárias para esse bioma podem ser citadas a recuperação de áreas degradadas, a criação de corredores ecológicos, a fiscalização e a educação ambiental.

O incentivo às atividades econômicas de uso sustentável, bem como a diversificação da produção rural e a valorização da pecuária em vegetação nativa, também são caminhos para garantir a conservação da biodiversidade e o desenvolvimento econômico e social.

ROTEIRO

4. **Elabore um mapa dos biomas do Brasil. Em seguida, consulte as estatísticas das espécies ameaçadas de extinção nos biomas brasileiros, atualizadas em 2022 e publicadas pelo IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). Complemente o mapa com esses dados, usando legendas, e crie um título para ele.**

5. **Escolha um dos povos ou comunidades tradicionais do Brasil e faça uma pesquisa sobre seus costumes e/ou manifestações culturais. Especifique o bioma em que essa comunidade vive e procure identificar o uso de recursos do meio. Ao final, organize um relato para os colegas.**

5. Os estudantes devem realizar uma pesquisa em livros, revistas, *sites* e outras fontes, a fim de caracterizar determinada comunidade ou povo tradicional do Brasil. Por meio dessa pesquisa, eles devem enfatizar o papel desses grupos como conhecedores e guardiões do patrimônio ecológico e cultural de sua região, além de destacar a representação atual dessa sociobiodiversidade.

Não escreva no livro.

CIÊNCIA TEM HISTÓRIA

A VIAGEM FILOSÓFICA DE ALEXANDRE RODRIGUES FERREIRA

Nas três últimas décadas do século XVIII, o governo de Portugal caracterizou-se pelo absolutismo ilustrado, inspirado nas ideias filosóficas do Iluminismo, que, por sua vez, priorizava a ciência e a educação.

Nessa época, o Brasil contava apenas com os seminários jesuítas. Não havia instituições de Ensino Superior. Por isso, muitos jovens brasileiros das classes mais ricas eram enviados para estudar em Portugal. Entre eles, estava o baiano Alexandre Rodrigues Ferreira (1756-1815), que, aos 14 anos, foi enviado para a Universidade de Coimbra. Em 1774, transferiu-se para a Faculdade de Filosofia Natural, onde se titulou quatro anos depois, em 1778.

Enquanto estudava, Alexandre foi "demonstrador" de História Natural, atuando de modo semelhante a um técnico ou estagiário de laboratório dos cursos de Ciências Biológicas dos dias de hoje. Essa experiência e seu engajamento no curso renderam-lhe o convite de seu professor, Domingos Vandelli (1735-1816), para chefiar uma "viagem filosófica" pelas então capitanias do Grão-Pará (atual estado do Pará), São José do Rio Negro (atual Amazonas) e Mato Grosso.

Os objetivos da expedição, que partiu do porto de Lisboa em 1º de setembro de 1783, eram muitos e variados. Havia uma forte motivação econômica, voltada ao inventário das riquezas naturais de interesse comercial. Do ponto de vista científico, interessavam não apenas os estudos sobre fauna, flora e minerais, como também os estudos antropológicos, inventariando os povos indígenas, seus hábitos e costumes.

Além dos relatórios técnicos e científicos, cabia a Alexandre a supervisão de todos os aspectos práticos da viagem; ele também se ocupava de instruções burocráticas da Coroa portuguesa e da mediação com os líderes políticos e militares locais. Durante nove anos, ele percorreu 39 mil quilômetros de hileia – nome dado à floresta equatorial amazônica pelo alemão Alexander von Humboldt (1769-1859) e pelo francês Aimé Bonpland (1773-1858), ambos naturalistas –, e de sertão, o que lhe rendeu um riquíssimo material coletado e enviado ao Real Museu de Lisboa.

Investigando os produtos naturais a partir do olhar pragmático da exploração comercial, Alexandre Rodrigues Ferreira escreveu sobre a exploração do peixe-boi e das tartarugas. Sem antecipar qualquer preocupação conservacionista como a que seria desenvolvida a partir do final do século XIX, seu texto ilustra a visão exploradora que caracterizava as relações do ser humano com a natureza no século XVIII.

Depois de descrever os usos que se pode dar à pele do peixe-boi, Ferreira ressalta as consequências econômicas da pesca sem controle:

> Sem dúvida de tantas utilidades quantas são as que deste mamífero se tiram, nenhum policiamento é feito de sua pesca. Um peixe-boi para chegar ao seu devido crescimento deve gastar anos e todos os que aparecem são arpoados, mesmo as fêmeas prenhas. As fêmeas não parem mais de um até dois filhos por ano. Os filhotes tirados do ventre das mães que são arpoadas, para nada servem. Não se conhece o tempo de criação e o arpoador fica feliz quando encontra um filhote para mais fácil arpoar a mãe. Arpoam-nos em todos os tamanhos, sem distinção de idade. Por isto não deve causar espanto a sua raridade em alguns lagos onde já não os encontramos há alguns anos.
>
> FERREIRA, A. R. *Viagem filosófica pelas capitanias do Grão-Pará, Rio Negro, Mato Grosso e Cuiabá*: memórias – zoologia e botânica [1786]. Rio de Janeiro: Conselho Federal de Cultura, 1972. p. 62.

Para discutir

1. O relato do século XVIII descreve a pesca do peixe-boi de forma pragmática, que priorizava o uso econômico dos recursos naturais sem considerar a preservação das espécies, ou seja, sem preocupações conservacionistas,

1 **Como se percebe, pelo relato de Alexandre Rodrigues Ferreira, a exploração de recursos naturais, como a carne de tartaruga e de peixe-boi, é uma prática bastante antiga. De acordo com o relato como essa exploração era feita no século XVIII?**

2 **Como você descreveria a situação atual desse problema? Os recursos naturais são explorados de forma mais racional?**

2. Respostas pessoais. Atualmente, embora exista legislação que regulamenta as atividades e a fiscalização, em alguns casos ela não é suficiente e a exploração predatória se mantém ilegalmente em muitas regiões. Sabe-se que, na atualidade, as atividades predatórias podem, inclusive, levar à extinção de espécies.

ATIVIDADES

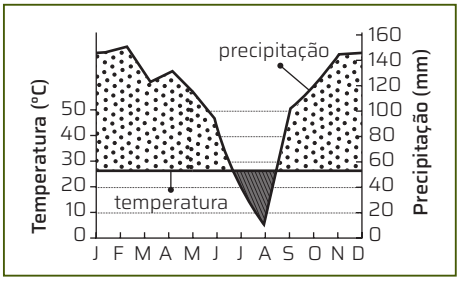
1. a) As espécies arbóreo-arbustivas apresentam casca espessa, que protege o caule do calor das chamas. Muitas espécies apresentam partes aéreas reduzidas e caules subterrâneos ou raízes que acumulam reservas nutritivas.

1 **O Cerrado ocupa uma vasta área contínua no território brasileiro, além de manchas em meio à floresta Amazônica e à Mata Atlântica.**

a) O Cerrado geralmente é atingido por incêndios periódicos. Cite adaptações que permitem às espécies vegetais desse bioma sobreviver ao fogo.

b) Considerando as características desse bioma, comente criticamente esta frase: O fogo é um elemento essencial para a manutenção dos biomas de campo cerrado. Veja respostas em *Respostas e comentários* no Manual do Professor.

2 **O clima de uma região, caracterizado de acordo com a pluviosidade e a temperatura, é um dos principais fatores determinantes de um bioma. Ele pode ser expresso em diagramas que consideram as temperaturas e precipitações médias mensais. Com base no exemplo a seguir, responda às questões.**



ID/BR

a) Nessa região, quais meses do ano correspondem à estação mais abundante em chuvas? No exemplo dado, a estação mais úmida vai de outubro a maio.

b) E quais meses do ano correspondem à estação seca? A estação seca corresponde aos meses de julho a setembro.

c) Qual(is) bioma(s) brasileiro(s) poderia(m) se desenvolver sob essas condições climáticas? Justifique. Pantanal ou Cerrado. Ambos os biomas apresentam temperatura média anual entre 22 °C e 25 °C, precipitação média anual entre 1 000 mm e 1 500 mm e estação seca bem demarcada.

3 **A região do Pantanal é considerada a maior planície inundável do mundo, segundo a Comissão da ONU para o Meio Ambiente. No entanto, nesse bioma, a pluviosidade anual média não é mais elevada do que em outros biomas brasileiros, como o Cerrado, uma área não inundável.**

a) Como se explica o fato de o Pantanal ser uma área onde ocorre inundação durante muitos meses do ano, mesmo com pluviosidade semelhante à de áreas não inundáveis?

3. a) O relevo plano do Pantanal torna lento o escoamento da água no período das chuvas, mantendo grandes extensões de solo inundadas por muitos meses.

b) Muitos especialistas associam a ocorrência periódica das inundações com a alta biodiversidade encontrada no Pantanal. Explique por que essa associação é possível. Veja resposta em *Respostas e comentários* no Manual do Professor.

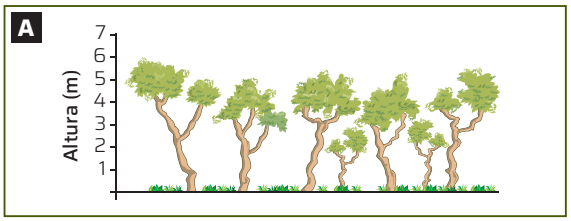
c) O MapBiomas Brasil é uma rede colaborativa para o mapeamento anual da cobertura e do uso da terra no Brasil. Utilize essa ferramenta (https://brasil.mapbiomas.org/) para analisar mapas e obter dados referentes à redução da superfície de água nos biomas, especialmente no Pantanal, nos últimos anos. Em seguida, socialize com os colegas os dados que você obteve. Veja resposta em *Respostas e comentários* no Manual do Professor.

4 **O curso dos rios costuma ser dividido em regiões, de acordo com a topografia do terreno: alto curso, médio curso e baixo curso. Quando o rio deságua no mar, recebe o nome de estuário. Nos estuários, frequentemente, formam-se os manguezais, biomas relativamente comuns nas costas brasileiras. Em comparação com as regiões de alto curso, os manguezais são muito produtivos e habitados por espécies que suportam grandes variações nas condições ambientais.**

a) Como se explica a maior produtividade dos manguezais, em comparação com as regiões de cabeceira? Veja resposta em *Respostas e comentários* no Manual do Professor.

b) Por que nos manguezais são encontrados organismos resistentes à flutuação das condições ambientais? Porque nos estuários e manguezais ocorrem a variação da temperatura e a salinidade das águas, de acordo com o movimento das marés. Os organismos que vivem nesses ambientes estão adaptados a essas flutuações.

5 **O perfil da vegetação é um diagrama elaborado por biólogos para retratar o aspecto da vegetação de um lugar. Na elaboração do perfil, registram-se o tipo de vegetação predominante (ervas, arbustos, árvores, etc.), a altura e a presença dos vários estratos vegetais, a ocorrência de epífitas, etc. Observe os diagramas a seguir, que representam o perfil da vegetação de dois biomas brasileiros.**



Reinaldo Vignati/ID/BR

Studio Caparroz/ID/BR

Representação em cores-fantasia.

a) Quais estratos de vegetação são representados em cada diagrama? Diagrama **A**: estratos arbóreo e herbáceo; diagrama **B**: estratos arbóreo (com emergentes), arbustivo e herbáceo.

b) Em qual dos biomas a vegetação arbórea alcança maior altura? No bioma representado no diagrama **B**.

c) Em qual dos biomas pode-se dizer que há a formação de um dossel? Justifique. No bioma representado no diagrama **B**, no qual as copas das árvores apresentam-se próximas e entremeadas.

d) Qual dos biomas brasileiros pode estar representado em cada diagrama? Justifique. Veja resposta em *Respostas e comentários* no Manual do Professor.

6 **O bioma Mata Atlântica é considerado um *hotspot* de biodiversidade, mas apenas cerca de 7,5% da cobertura vegetal do bioma original permanece preservada.**

a) O que significa ser um *hotspot* de biodiversidade? Veja resposta em *Respostas e comentários* no Manual do Professor.

b) Quais são as principais causas de desmatamento na Mata Atlântica? Respostas variáveis. Os estudantes podem mencionar que as causas de desmatamento da Mata Atlântica podem ser relacionadas à expansão da agricultura, da pecuária e do setor mobiliário.

Não escreva no livro.

7. a) Resposta variável. A Terra Preta de Índio corresponde a uma denominação regional na Amazônia dos solos que apresentam horizontes superficiais escuros, considerados de alta fertilidade, cuja origem muitos estudos atribuíam ao manejo do ser humano, antes da chegada dos colonizadores europeus.

7 **Apesar de a maior floresta tropical do mundo ter solos pobres em nutrientes, algumas áreas apresentam um solo fértil, conhecido como Terra Preta de Índio (TPI). Leia o trecho a seguir e, depois, responda às questões.**

[...] **7. b)** Segundo a visão dominante: ação antrópica; de acordo com o grupo de pesquisadores: ação natural.

Segundo [...] visão dominante, o acúmulo de restos de comida, muitas vezes preparada com o emprego de fogo [...] em setores de antigas aldeias sucessivamente habitadas pelos indígenas levou, ao longo de décadas ou mesmo centenas de anos, à formação desse tipo de solo enegrecido. Ricas em carbono pirogênico (também denominado carvão vegetal, *black carbon* ou biochar, originado pela queima de materiais orgânicos), as terras pretas de índio são, de acordo com essa interpretação, um subproduto da presença humana e do adensamento demográfico em faixas da Amazônia em tempos pré-colombianos.

Porém, depois de analisar um sítio com terra preta, o do Caldeirão, no Amazonas, um grupo de 14 pesquisadores do Brasil, Estados Unidos e Reino Unido propôs uma hipótese alternativa para explicar a gênese desse tipo de solo. Os autores do estudo argumentam que ele se formou entre 8 mil e 4 mil anos atrás de maneira natural, sem a interferência humana, em razão da deposição de sedimentos ricos em elementos químicos, como fósforo, cálcio e carbono pirogênico, provenientes de outras áreas da região. Eles dizem que cinzas de composição química similar a antigos megaincêndios florestais indicam que o carbono e minerais foram transportados para o sítio com os sedimentos.

[...]

Pivetta, M. Uma origem natural das terras pretas de índio? *Revista Pesquisa Fapesp*, São Paulo, n. 301, mar. 2021. Disponível em: https://revistapesquisa.fapesp.br/uma-origem-natural-das-terras-pretas-de-indio/. Acesso em: 1º set. 2024.

a) Faça uma busca na internet, em fontes confiáveis, e defina o que é a Terra Preta de Índio. Comente a importância dessa tecnologia para o uso do solo.

b) Identifique no texto as duas possibilidades de agentes de formação da terra preta.

c) Qual é a importância do debate científico sobre a origem das terras pretas da Amazônia?
Veja resposta em *Respostas e comentários* no Manual do Professor.

8 **Na Amazônia, são usadas práticas agrícolas tradicionais, as quais incluem o corte da vegetação e a queima dos resíduos para limpar a área para o cultivo. Feitas dentro das normas, essas práticas são aceitáveis perante a lei. Uma das normas para as queimadas é não realizá-las nos períodos de seca, quando a mata seca favorece o espalhamento do fogo e pode provocar grandes incêndios.**

O problema é que, muitas vezes, as queimadas estão relacionadas ao desmatamento de grandes áreas, principalmente aquelas que serão convertidas em pastos.

- Quais são os possíveis impactos dos incêndios no ecossistema amazônico? **9. c)** Resposta variável. Espera-se que os estudantes citem redução no uso de objetos plásticos, descarte adequado, reúso e a reciclagem, além de iniciativas como recolher o lixo de praias e de margens de rios, lagos e represas.

9 **Leia o texto a seguir.**

Cientistas descobriram que os microplásticos – pequenos pedaços de plástico de até 5 milímetros – são uma espécie de ímã para poluentes ambientais. Esses resquícios microscópicos absorvem substâncias tóxicas nos oceanos, que se tornam 10 vezes mais nocivas à saúde humana. Essa relação está em estudo publicado em dezembro de 2021 na revista científica Chemosphere.

[...]

Poluentes ficam 10 vezes mais tóxicos quando absorvidos por microplásticos. *Galileu*, 17 fev 2022. Disponível em: https://revistagalileu.globo.com/Um-So-Planeta/noticia/2022/02/poluentes-ficam-10-vezes-mais-toxicos-quando-absorvidos-por-microplasticos.html. Acesso em: 1º set. 2024.

a) Como os microplásticos e outros poluentes descartados no ambiente podem contaminar os seres humanos? Veja resposta em *Respostas e comentários* no Manual do Professor.

b) Faça uma pesquisa sobre estudos que já identificaram microplásticos no corpo humano e os danos que eles podem causar à saúde.
Veja resposta em *Respostas e comentários* no Manual do Professor.

c) Sugira formas de combater o problema da poluição por microplásticos.

10 **Leia o texto e, depois, responda às questões.**

Art. 3º Para os fins deste Decreto [...] compreende-se por: **10. b)** Respostas variáveis, dependendo da região em que os estudantes vivem.

I - Povos e Comunidades Tradicionais: grupos culturalmente diferenciados e que se reconhecem como tais, que possuem formas próprias de organização social, que ocupam e usam territórios e recursos naturais como condição para sua reprodução cultural, social, religiosa, ancestral e econômica, utilizando conhecimentos, inovações e práticas gerados e transmitidos pela tradição.

Brasil. Decreto Federal n. 6 040, de 7 de fevereiro de 2007. Institui a Política Nacional de Desenvolvimento Sustentável dos Povos e Comunidades Tradicionais. Brasília, DF: Presidência da República, [2007]. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/decreto/d6040.htm. Acesso em: 1º set. 2024.

Em 2020, estimava-se a existência no Brasil de 4,5 milhões de pessoas pertencentes a comunidades tradicionais, ocupando 25% do território nacional.

a) Qual é a importância da manutenção das comunidades tradicionais dentro e fora do Brasil?
Veja resposta em *Respostas e comentários* no Manual do Professor.

b) Faça uma pesquisa sobre um bioma e uma comunidade tradicional da América do Sul. Descreva o modo de vida e a cultura dessa comunidade.

8. O fogo provoca a morte da vegetação e de animais, afetando a cadeia alimentar do ecossistema, além de retirar nutrientes do solo. No caso da Amazônia, que apresenta uma camada superficial de nutrientes, essa perda pode acelerar o processo de desertificação.

Não escreva no livro.

CAPÍTULO 3

1. Para o conservacionismo, conservar é manejar os recursos naturais de forma responsável, sem gerar desequilíbrios entre os ecossistemas e a destruição deles. Já preservar é proteger, de forma a deixar intocados os ecossistemas e evitar perdas que levem à simplificação dos sistemas naturais.

CONSERVAÇÃO AMBIENTAL

PARA COMEÇAR

1. O que significa conservar a natureza? E preservá-la?
2. Quais são as ameaças à natureza e às populações tradicionais, como as dos povos indígenas brasileiros, na atualidade?

O QUE É CONSERVAÇÃO AMBIENTAL

Você sabe o que significa "conservação ambiental"?

Em seu artigo 2º (inciso II), a Lei n. 9985, de 18 de julho de 2000, que institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC), define **conservação ambiental** como:

> [...] o manejo do uso humano da natureza, compreendendo a preservação, a manutenção, a utilização sustentável, a restauração e a recuperação do ambiente natural [...].
>
> Brasil. *Lei n. 9985, de 18 de julho de 2000*. Brasília, DF: Presidência da República, [2000]. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9985.htm. Acesso em: 2 jul. 2024.

Já a **preservação ambiental**, pela mesma lei, é definida como um "conjunto de métodos, procedimentos e políticas que visem à proteção a longo prazo de espécies, hábitats e ecossistemas".

A conservação da natureza é um desafio diante da expansão das fronteiras agrícolas, do crescimento das cidades e do aumento das demandas por processos e produtos. Isso gera custos socioambientais que ameaçam a biodiversidade, a diversidade cultural e o futuro das próximas gerações.

Ao mesmo tempo que é responsável por essas ameaças, o ser humano é responsável por criar estratégias que possam revertê-las. Neste capítulo, você vai estudar algumas dessas estratégias.

Pesquisadora do Instituto Tamanduá instalando armadilha fotográfica para monitoramento de tamanduás-bandeiras em Aquidauana (MS). Foto de 2022.

2. Podem ser citadas, entre outras ameaças: a emergência climática; a expansão das fronteiras agrícolas, que causam desmatamentos e queimadas; a poluição do ar, da água e do solo; a invasão de territórios indígenas; os assassinatos de lideranças indígenas; a invasão de áreas protegidas, como as Unidades de Conservação para a mineração, e outros tipos de exploração predatória.

Adriano Kirihara/Pulsar Imagens

Não escreva no livro.

DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

Desenvolvimento sustentável é definido como o desenvolvimento capaz de suprir as necessidades da geração atual, sem colocar em risco a capacidade de atender as gerações futuras.

O conceito de desenvolvimento sustentável é recente: surgiu no final dos anos 1980 como forma de criar parâmetros que associassem o desenvolvimento econômico a formas menos predatórias de exploração ambiental.

A origem do conceito de desenvolvimento sustentável

Na década de 1970, a importância da conservação dos recursos naturais veio à tona com as evidências de que as atividades humanas colocavam em risco, globalmente, a disponibilidade de solo fértil, de água potável e de ar limpo e a sobrevivência de animais e plantas.

Foi nesse contexto que, em 1972, realizou-se a Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente Humano, em Estocolmo, na Suécia. Foi a primeira vez que se reconheceu o direito humano a condições adequadas para a melhoria da qualidade de vida no planeta.

Em 1979, o filósofo alemão Hans Jonas (1903-1993) publicou o livro *O princípio responsabilidade*, no qual refletia sobre o aumento da capacidade humana de intervenção nos ambientes e afirmava que, com as novas capacidades, vinham novas responsabilidades, e a maior delas era garantir o bem-estar das gerações futuras.

Em 1987, a ONU publicou o relatório *Nosso futuro comum*, no qual o termo "desenvolvimento sustentável" foi definido como o desenvolvimento que satisfaz as necessidades atuais sem comprometer tanto a capacidade das futuras gerações de atender às próprias necessidades quanto aos sistemas naturais que sustentam a vida na Terra.

O desenvolvimento sustentável passou, então, a ser considerado um orientador necessário de governos, entidades privadas e comunidades, colocando-se ênfase na **equidade intergeracional**, isto é, na manutenção de oportunidades e recursos para as gerações atuais e futuras. A ideia do desenvolvimento sustentável surgiu, portanto, como uma posição conciliatória entre o desenvolvimento e a proteção à natureza.

Em 2012, ocorreu a Conferência das Nações Unidas sobre Desenvolvimento Sustentável. Três anos depois, líderes políticos mundiais aprovaram o documento *Transformando nosso mundo: a Agenda 2030 para o desenvolvimento sustentável*.

A Agenda 2030 explicitou um conceito de desenvolvimento sustentável amplo e complexo, abrangendo questões econômicas, sociais e ambientais e pontuando que o desenvolvimento vai além do crescimento econômico. Mais do que isso, afirmou que o crescimento econômico feito de forma excludente, reforçando desigualdades e explorando de forma predatória os ecossistemas, é considerado prejudicial ao desenvolvimento.

Agenda 2030/ONU/UNESCO

Os 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) que constam da Agenda 2030 da ONU.

1. Respostas variáveis. Podem ser exemplos aplicáveis à escola: a diminuição do consumo de papel, com adoção de mais documentos virtuais e melhor uso do papel que efetivamente precisa ser gasto; o melhor manejo dos resíduos sólidos, mediante a reutilização e a reciclagem; o maior acolhimento aos membros da comunidade escolar que, por características de etnia, gênero, orientação sexual, classe econômica, grupo social ou outras, são discriminados, entre outros.

PARA EXPLORAR

Assista

Compreendendo as dimensões do desenvolvimento sustentável

O vídeo de 2017, da ONU Brasil, desvenda os princípios do desenvolvimento sustentável e os desafios de sua implantação. Duração: 4 min 54 s.

Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=pZ2RsinirlA. Acesso em: 29 ago. 2024.

ROTEIRO

1. Alguns termos, como os adjetivos "sustentável" e "inclusivo", aparecem repetidas vezes nos textos dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável da Agenda 2030. Em grupo com os colegas, proponha medidas para que a escola onde estudam seja um ambiente em que esses adjetivos possam ser aplicados.

ODS 18

Em 2023, o governo brasileiro propôs a adoção de um novo ODS em complemento aos 17 definidos pela ONU. Trata-se do 18º ODS, para a promoção da igualdade étnico-racial. O Brasil se comprometeu a elaborar os indicadores sob a coordenação do Ministério da Igualdade Racial, do Ministério dos Povos Indígenas e de outros membros, além da participação social, tendo em vista políticas para a promoção da igualdade racial.

O Brasil e a Agenda 2030

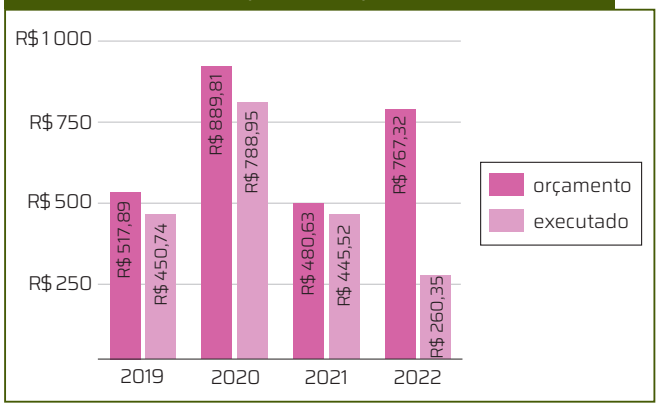
Desde 2017, todos os anos, 48 entidades nacionais têm elaborado em conjunto o *Relatório Luz da Sociedade Civil da Agenda 2030 de Desenvolvimento Sustentável*. Relatórios recentes têm apontado que dificilmente o Brasil alcançará os objetivos estabelecidos até 2030. O *Relatório Luz* de 2024, por exemplo, revela que apenas 7% dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável tiveram um progresso satisfatório e outros 34,5% tiveram progresso insuficiente.

Diante de um contexto de crescente tensão global e de uma crise marcada pela aceleração da perda de biodiversidade, emergências climáticas, preocupações econômicas e conflitos, esse relatorio mostrou que o Brasil, em 2023, apresentou queda de 40% na proporção de pessoas em situação de extrema pobreza. Embora a mortalidade materna tenha diminuído, a mortalidade infantil aumentou, principalmente entre as crianças indígenas (a taxa mais que dobrou entre 2016 e 2022). O Brasil não atingiu a cobertura vacinal de 95% recomendada pela Organização Mundial da Saúde (OMS), mas as taxas de adesão à vacinação infantil melhoraram, embora ainda com taxas inferiores a 80%.

Um outro documento de 2024 da ONU, o *Relatório global sobre desenvolvimento sustentável*, avaliou os resultados mundiais da Agenda 2030 até aquele ano. O relatório revelou que apenas 17% das metas dos ODS estão na direção esperada, com metade apresentando um progresso de mínimo a moderado e mais de um terço estacionado ou regredindo. O documento destacou a falta de grandes investimentos e ações em escala, os impactos da pandemia de covid-19, as tensões geopolíticas e a crescente crise climática como fatores que comprometem as metas para atender às aspirações de bem-estar de toda a humanidade tanto no presente quanto no futuro.

BRASIL: ORÇAMENTO ANUAL DA UNIÃO PARA SANEAMENTO BÁSICO (2019-2022) EM MILHÕES DE REAIS

ID/BR



A diminuição de recursos para o saneamento básico torna mais difícil o atendimento do ODS 6: "Assegurar a disponibilidade e gestão sustentável da água e saneamento para todas e todos".

Fonte de pesquisa: Grupo de Trabalho da Sociedade Civil para a Agenda 2030. *VII Relatório Luz da Sociedade Civil da Agenda 2030 de desenvolvimento sustentável Brasil*. 2023. p. 49. Disponível em: https://gtagenda2030.org.br/wp-content/uploads/2023/10/rl_2023_web completo-v9.pdf. Acesso em: 30 ago. 2024.

AÇÃO E CIDADANIA

Agenda 2030, racismo ambiental e ativismo

[...]

A ativista ambiental Amanda Costa [...] contou sua trajetória de estudante de Relações Internacionais e como se tornou empreendedora social e embaixadora da Organização das Nações Unidas (ONU).

[...]. Ela decidiu começar a divulgar a pauta ambiental a partir da visão das comunidades periféricas quando se deu conta que as decisões centrais eram protagonizadas por "homens brancos, ricos, do Norte global, que estavam influenciando as negociações para falar como o mundo deveria resolver as mudanças climáticas [...]". Assim, passou a atuar com outros jovens para que essas populações, dos países mais atingidos pela crise climática, também pudessem ser ouvidos, inclusive mulheres como ela, negras e periféricas.

Ela [...] introduziu o conceito de "racismo ambiental", em que as comunidades mais vulneráveis são as mais afetadas pelos eventos extremos. [...].

Eduardo Knapp/Folhapress

Amanda da Cruz Costa: ativista utiliza as redes sociais para engajar jovens em temas socioambientais. Foto de 2021.

Algeri, C. Sepei 2024: "A solução não está na ONU, mas no local". Instituto Federal Santa Catarina (IFSC), Florianópolis, 21 ago. 2024. Disponível em: https://www.ifsc.edu.br/web/noticias/w/sepei-2024-a-solucao-nao-esta-na-onu-mas-no-local-. Acesso em: 29 ago. 2024.

1. **Relacione racismo ambiental e crise climática. Caso seja necessário, faça uma pesquisa em fontes confiáveis sobre o tema.** Veja resposta em *Respostas e comentários* no Manual do Professor.
2. **Qual é a importância da participação das comunidades periféricas nos debates sobre mudanças climáticas?**
3. **Você participa de alguma rede social que discute temas como crise climática e racismo ambiental? Como esses temas poderiam ser debatidos na comunidade escolar?**
Respostas variáveis. Os estudantes podem citar rodas de conversa, debates, leitura e discussão de artigos sobre o tema.

2. Essas pessoas são as mais atingidas pela crise climática e têm de lidar com as consequências da falta de políticas públicas e direitos básicos em situações como desabamentos, inundações e insegurança alimentar. Nesses debates, elas podem reivindicar políticas públicas, planos de mitigação e planos de adaptação climática de forma igualitária, para todos.

Não escreva no livro.

2. Espera-se que os estudantes reconheçam que o consumo estimula a exploração de recursos naturais a uma velocidade muito maior que sua recuperação, além de contribuir para o aumento da concentração de gases de efeito estufa na atmosfera, da quantidade de lixo no planeta, da contaminação de solos e da água, bem como da extinção de espécies nativas de áreas degradadas pelo desmatamento e pela exploração de minérios. Assim, espera-se que os estudantes mencionem mudanças de hábitos que contribuam para reduzir o consumo de recursos naturais.

ESTRATÉGIAS DE CONSERVAÇÃO AMBIENTAL

Vimos que a conservação ambiental é um conjunto de ações cujo objetivo principal é o uso consciente dos recursos naturais.

O desenvolvimento sustentável, com sua concepção ampla de direitos socioambientais, também é considerado uma estratégia de conservação ambiental. Assim, a conservação ambiental envolve uma série de práticas que vão desde a proteção e a recuperação de ecossistemas até o saneamento básico e as políticas públicas de combate à pobreza.

As estratégias de conservação ambiental envolvem, geralmente, o poder público e as organizações não governamentais (ONGs).

O poder público é responsável por desenvolver políticas públicas de proteção ambiental. No Brasil, as principais estratégias de conservação são a criação de áreas protegidas, a elaboração de listas vermelhas dos animais em risco de extinção, a fiscalização do cumprimento da legislação ambiental e a destinação de verbas para as ações de conservação. De forma geral, as ONGs trabalham desenvolvendo projetos de conservação de áreas com risco de desmatamento e de espécies em risco de extinção, além de atuar na educação ambiental e de prestar assistência às comunidades tradicionais.

Marcos Amend/Pulsar Imagens

A castanheira-do-Brasil (*Bertholletia excelsa*), também conhecida como castanheira-do-pará, é considerada uma espécie vulnerável pela União Internacional para a Conservação da Natureza (UICN). Novo Airão (AM). Foto de 2023.

Listas vermelhas

As **listas vermelhas** são inventários de espécies sob ameaça de extinção. Além de listar as espécies, elas identificam o *status* de ameaça, isto é, a categoria de ameaça ou em que nível de ameaça a espécie está (imagem **A**). A União Internacional para a Conservação da Natureza (UICN), uma organização que reúne governos e a sociedade civil organizada, com sede central na Suíça, elaborou categorias que são mundialmente reconhecidas. Para a elaboração das listas, os biólogos vão até os locais de ocorrência das espécies e avaliam o número de indivíduos, a diversidade genética das populações, a sua presença em Unidades de Conservação (UC) e as principais ameaças fora dessas áreas protegidas.

ROTEIRO

2. Qual é a relação entre hábitos de consumo e conservação ambiental? Discuta com os colegas mudanças nos hábitos de consumo que contribuam para a conservação ambiental.

Fiscalização da legislação ambiental

O primeiro marco da legislação ambiental no Brasil é a **Lei da Política Nacional do Meio Ambiente**, de 1981, que estabeleceu princípios, diretrizes e instrumentos para a proteção ambiental. Além dessa lei, existe um amplo conjunto de normas legais que inclui, por exemplo, o Código Florestal e a Lei de Acesso à Informação Ambiental.

A fiscalização do cumprimento da legislação ambiental é feita por órgãos ligados ao Ministério do Meio Ambiente e Mudança do Clima e às secretarias de meio ambiente dos estados e municípios.

Aves e monitoramento ambiental

Estratégias biológicas

Entre as estratégias para conservar espécies em risco de extinção estão a ação conjunta de ONGs e de órgãos públicos para a criação de UCs na área de hábitat do animal; o monitoramento, que permite mensurar e acompanhar espécies (imagem **B**); e o manejo reprodutivo, para aumentar a variabilidade genética.

Algumas espécies, chamadas **espécies-chave**, exercem grande influência na dinâmica populacional de um ecossistema e causam um grande impacto quando são perturbadas; por isso, elas servem de indicativo para o grau de conservação da biodiversidade de um ecossistema. A onça-pintada é um exemplo de espécie-chave. Muitas espécies de animais em risco de extinção tornam-se um símbolo para a preservação ambiental; são as chamadas **espécies-bandeira**. Um exemplo é o mico-leão-dourado (*Leontopithecus rosalia*). Os esforços para evitar sua extinção chamaram a atenção da população para a necessidade da preservação da Mata Atlântica.

Vitor Marigo/Cavan Images/iStock/Getty Images

Onça-pintada (*Panthera onca*) com rádio-colar em Miranda (MS). O rádio-colar envia sinais captados por pesquisadores, que conseguem, então, monitorar o animal, identificar o local em que ele está e o número de indivíduos. Foto de 2023.

CIÊNCIA, TECNOLOGIA, SOCIEDADE E AMBIENTE

INOVAÇÃO E URGÊNCIA NO COMBATE À EMERGÊNCIA CLIMÁTICA GLOBAL

Diante da urgência imposta pela crise climática e [pela] acelerada perda de biodiversidade, o tempo é, cada vez mais, um item de luxo que a humanidade não tem. A ciência corre para trazer dados atualizados que possam subsidiar as decisões, mas o fazer científico tradicional requer o artigo raro do tempo. Inovar, portanto, é preciso. Com esse objetivo nasceu o XPrize Rainforest, uma competição de cinco anos para encontrar e fomentar soluções tecnológicas capazes de monitorar e avaliar a biodiversidade em florestas tropicais.

A competição teve início em 2019, com mais de 800 inscritos de diferentes países. Agora, rumo à final, apenas seis das treze equipes avançaram, entre elas, um time de brasileiros ("Brazilian Team"). [...]

A equipe brasileira é composta por cerca de 60 pessoas de diferentes instituições de pesquisa e áreas, com sede na Universidade de São Paulo (USP). Seu projeto inclui uma tropa de *drones* que avaliam a floresta por cima – responsáveis por coletar amostras de água, mapear a área e registrar sons no dossel, assim como temperatura – e um veículo não tripulado terrestre, que avalia por baixo e coleta folhas para análise de DNA.

Cat Kutz/XPRIZE

Brasileiros utilizam *drones* e um veículo terrestre para mapear e monitorar a biodiversidade em floresta de Cingapura e avançam para fases finais de competição de tecnologia. Foto de 2023.

"Nós temos um projeto de estudo de plantas e animais dentro da floresta tropical que envolve todas as ferramentas possíveis para [a] gente fazer isso da forma mais autônoma possível e na maior velocidade [de] que somos capazes. Por exemplo, usamos identificação das plantas e animais através dos indícios de DNA que eles deixam no solo, na serrapilheira, aquela camada de folha no chão da mata. Ali tem penas, pelos, animais mortos... onde vamos achar uma série de informações sobre quem é que está compondo aquela floresta. Ao mesmo tempo, a gente usa os *drones* para conseguir obter fotos das árvores, colocar alguns sensores de temperatura e de som. Então[,] nós fomos montando uma série de estratégias que são executadas de forma mais ou menos conjunta", conta Vinícius Castro Souza, coordenador da Brazilian Team e professor da USP. [...]

"O principal produto final que a gente tem a expectativa de gerar é, na verdade, uma metodologia nova para [o] estudo rápido das florestas tropicais e que independe de você ter os pesquisadores, os especialistas, na área exatamente. Você precisa dos operadores dos equipamentos para coletar os dados e esses dados são tratados, através de inteligência artificial, e algum material – principalmente quando você conhece pouco a floresta – vai precisar da ajuda de especialistas. A gente espera que[,] no final disso, a gente tenha levantamentos muito mais rápidos da biodiversidade dentro das florestas tropicais", destaca Vinícius.

[...]

Menegassi, D. Brasileiros avançam em competição de tecnologia para monitorar a biodiversidade. *O eco*, [*s. l.*], 31 jul. 2023. Disponível em: https://oeco.org.br/reportagens/brasileiros-avancam-em-competicao-de-tecnologia-para-monitorar-a-biodiversidade/. Acesso em: 30 ago. 2024.

3. b) Sim. Os povos indígenas e as comunidades locais não apenas têm direito ancestral sobre suas terras, como também detêm profundo conhecimento dos ecossistemas locais e de práticas sustentáveis, desempenhando papel essencial na preservação das florestas tropicais e no enfrentamento da emergência climática global. Assim, ambos podem contribuir com a proposição de modelos de conservação.

Para discutir

3. a) O projeto brasileiro pode ajudar no levantamento de dados sobre espécies ameaçadas de extinção e atualizar as listas vermelhas, ou, ainda, identificar e fornecer dados sobre espécies-chave. Esses dados permitem elaborar estratégias de conservação para essas espécies.

1 **Qual o formato adotado pela iniciativa XPrize Rainforest para incentivar o uso de novas tecnologias no monitoramento da biodiversidade? Você já viu esse mesmo formato em outras situações? Cite exemplos.**
Veja respostas em *Respostas e comentários* no Manual do Professor.

2 **Por que é importante acelerar o monitoramento da biodiversidade no contexto atual? Identifique algumas estratégias que a equipe brasileira usou para atender a esse requisito.**
Veja respostas em *Respostas e comentários* no Manual do Professor.

3 **Estudos de monitoramento visam à coleta de dados ambientais e dados da biodiversidade local.**

a) De que forma o projeto de estudo do time brasileiro pode contribuir para a conservação da biodiversidade das florestas brasileiras?

b) Tendo em vista o monitoramento e a proposição de estratégias de preservação de florestas, projetos como esse devem envolver povos indígenas e comunidades locais? Justifique.

Não escreva no livro.

UNIDADES DE CONSERVAÇÃO

Uma das estratégias de conservação ambiental é a criação de **Unidades de Conservação** (UCs). De acordo com o artigo 2º (inciso I) da Lei n. 9985, que instituiu o SNUC, uma UC é um:

> [...] espaço territorial e seus recursos ambientais, incluindo as águas jurisdicionais, com características naturais relevantes, legalmente instituído pelo Poder Público, com objetivos de conservação e limites definidos, sob regime especial de administração, ao qual se aplicam garantias adequadas de proteção [...].
>
> Brasil. *Lei n. 9985, de 18 de julho de 2000*. Brasília, DF: Presidência da República, [2000]. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9985.htm. Acesso em: 3 jul. 2024.

Existe uma extensa rede de UCs federais, estaduais, municipais e particulares que compõe um sistema de proteção à biodiversidade, à água e às populações tradicionais e seus saberes. Apesar de extensa, essa rede ainda pode ser melhorada, pois os diferentes biomas não estão igualmente representados nela. Considerando que as UCs abrangem aproximadamente 18% do território do Brasil, a Amazônia é o bioma com maior percentual de área protegida (24,41%), seguido dos biomas Mata Atlântica (10,38%), Caatinga (9,16%), Cerrado (8,62%), Pantanal (4,68%) e Pampa (2,95%).

Além disso, quando as áreas protegidas são fragmentos isolados de vegetação nativa, elas podem não ser suficientes para a conservação da fauna.

As UCs enfrentam, ainda, problemas como desrespeito a seus limites territoriais, com a ocorrência de invasões para a exploração do solo, da madeira, da fauna e da água, redução de verbas para pesquisa e de orçamento para criar, monitorar e fiscalizar as UCs, entre outros.

Essas unidades podem ser classificadas em dois grupos:

- **Unidades de Proteção Integral**: têm como objetivo básico preservar a natureza; nelas se admite apenas o uso indireto de seus recursos naturais, ou seja, aquele que não envolve consumo, coleta, dano ou destruição desses recursos.
- **Unidades de Uso Sustentável**: têm como objetivo básico compatibilizar a conservação da natureza com o uso sustentável dos recursos naturais.

Unidades de Conservação de Proteção Integral

A categoria de Unidades de Conservação de Proteção Integral é a mais antiga. Ela tem como fundamento a concepção de que a natureza, para ser conservada, deve estar separada das sociedades humanas.

Dessa forma, essas unidades não podem ser habitadas, admitindo-se somente o uso indireto de seus recursos, em atividades como pesquisas científicas e turismo ecológico.

O grupo das UCs de Proteção Integral é composto de:

- **Estação Ecológica** (**Esec**): tem como objetivo a preservação da natureza e a pesquisa científica, proibindo-se a visitação, exceto aquela de objetivo educacional.
- **Reserva Biológica** (**Rebio**): visa à preservação integral da natureza, sem interferência humana, exceto nas ações de recuperação de ecossistemas alterados, permitindo-se a pesquisa científica e a visitação apenas para fins educacionais.
- **Parque Nacional** (**Parna**): visa à preservação de ecossistemas naturais de grande relevância ecológica e beleza cênica, possibilitando a realização de pesquisas científicas e o desenvolvimento de atividades de educação e interpretação ambiental, de recreação em contato com a natureza e de turismo ecológico. Quando criadas por estados e municípios, são chamadas **Parque Estadual** e **Parque Natural Municipal**.
- **Monumento Natural** (**Monat**): propõe-se a preservar sítios naturais raros, singulares ou de grande beleza cênica. A visitação depende do regulamento de cada UC.
- **Refúgio de Vida Silvestre** (**RVS**): visa proteger ambientes naturais para assegurar as condições de existência ou de reprodução de espécies ou comunidades da flora local e da fauna residente ou migratória. A visitação depende do regulamento da UC.

Andre Dib/Pulsar Imagens

Luciano Queiroz/Pulsar Imagens

Tales Azzi/Pulsar Imagens

Parte do grupo das UCs de Proteção Integral: (**A**) Estação Ecológica Serra Geral do Tocantins, em Mateiros (TO). Foto de 2023. (**B**) Parque Nacional da Serra das Confusões, Caracol (PI). Foto de 2024. (**C**) Refúgio de Vida Silvestre do arquipélago de Alcatrazes, em São Sebastião (SP). Foto de 2019.

Unidades de Conservação de Uso Sustentável

Ricardo Azoury/Pulsar Imagens

Seringueiro faz cortes no tronco da seringueira (*Hevea brasiliensis*) para extrair látex ou borracha natural na Reserva Extrativista Chico Mendes, em Xapuri (AC). Foto de 2022.

Fabio Colombini/Acervo do fotógrafo

Pegadas de dinossauros na Área de Relevante Interesse Ecológico Vale dos Dinossauros, em Sousa (PB). Foto de 2020.

As Unidades de Conservação de Uso Sustentável caracterizam-se por permitir a presença de moradores, que se organizam em comunidades tradicionais.

Essas comunidades são compostas de pequenos produtores familiares que cultivam a terra e/ou praticam atividades extrativistas, como pesca, coleta e caça, utilizando técnicas de exploração que causem menor dano à natureza. As áreas habitadas por eles têm densidade populacional bem baixa e são muito preservadas.

Essa categoria de UCs foi criada em 1985, como resultado da mobilização dos seringueiros, que dependiam das árvores de seringueira para retirar o látex e, por isso, defendiam suas terras do desmatamento (imagem **A**).

As primeiras reservas foram criadas em 1990, na Amazônia: Reservas Extrativistas (Resex), Chico Mendes (AC), Alto Juruá (AC), Rio Ouro Preto (RO) e Rio Cajari (AP). Em 2000, as Reservas Extrativistas foram incluídas no SNUC, como uma das categorias de UCs de Uso Sustentável.

Assim, o grupo das UCs de Uso Sustentável abrange as seguintes categorias:

- **Área de Proteção Ambiental** (**APA**): área geralmente extensa, com certo grau de ocupação humana. Tem como objetivos básicos proteger a diversidade biológica, disciplinar o processo de ocupação e assegurar a sustentabilidade do uso dos recursos naturais.
- **Área de Relevante Interesse Ecológico** (**Arie**): área, em geral, de pequena extensão, com pouca ou nenhuma ocupação humana, com características naturais extraordinárias ou que abriga exemplares raros da biota regional (imagem **B**).
- **Floresta Nacional** (**Flona**): área com cobertura florestal de espécies predominantemente nativas. Tem como objetivos básicos o uso sustentável dos recursos florestais e a pesquisa científica.
- **Reserva Extrativista** (**Resex**): área utilizada por populações extrativistas tradicionais, cuja subsistência se baseia no extrativismo e, complementarmente, na agricultura de subsistência e na criação de animais de pequeno porte.
- **Reserva da Fauna** (**REF**): área natural com populações animais de espécies nativas, residentes ou migratórias, adequadas para estudos técnico-científicos sobre o manejo econômico sustentável de recursos da fauna.
- **Reserva de Desenvolvimento Sustentáve**l (**RDS**): área natural que abriga populações tradicionais, cuja existência se baseia em sistemas sustentáveis de exploração dos recursos naturais, os quais desempenham um papel fundamental na proteção da natureza e na manutenção da diversidade biológica.
- **Reserva Particular do Patrimônio Natural** (**RPPN**): área privada, que não pode ser desfeita, com o objetivo de conservar a diversidade biológica.

PARA EXPLORAR

Assista

***Reservas extrativistas*: o legado de Chico Mendes. Direção: Roberto Herrera. Brasil, 2019 (45 min).**

O documentário retrata a vida de duas famílias que vivem na Resex Chico Mendes, em Xapuri (AC).

Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=c0lD8J7wn7M. Acesso em: 30 ago. 2024.

Quem foi Chico Mendes

Francisco Alves Mendes Filho, ou Chico Mendes, nasceu em Xapuri, interior do Acre, em 1944. Filho de seringueiro, trabalhou desde a infância na floresta e só se alfabetizou aos 19 anos.

Em 1975, Chico Mendes iniciou seu trabalho como sindicalista e ativista em defesa da Amazônia. Ele criou o Sindicato dos Trabalhadores Rurais de Xapuri (AC) e organizou a União dos Povos da Floresta, uma aliança entre indígenas, seringueiros, castanheiros, pequenos pescadores e populações ribeirinhas.

Chico Mendes desenvolveu estratégias pacíficas de resistência ao desmatamento. Uma dessas estratégias era o chamado “empate”, quando famílias inteiras se posicionavam diante dos tratores para impedir a derrubada de árvores. Sua militância foi reconhecida internacionalmente, chamando a atenção do mundo para o que acontecia na Amazônia.

Chico Mendes foi assassinado em 22 de dezembro de 1988.

Não escreva no livro.

ACORDOS INTERNACIONAIS SOBRE MEIO AMBIENTE

Os **tratados internacionais** são instrumentos formais, regulados pelo direito internacional, que geram compromissos e obrigações entre os países.

Nas questões socioambientais, esses tratados influenciam a legislação interna, incentivam os governos a se empenhar na busca de soluções e permitem a ação conjunta contra problemas globais, como o aquecimento do planeta, que precisam ser enfrentados de forma multilateral. Conheça, a seguir, alguns tratados internacionais referentes à proteção dos ambientes.

Convenção de Viena e Protocolo de Montreal para a Proteção da Camada de Ozônio

A Convenção de Viena, de 1985, teve por objetivo a proteção da saúde humana e do meio ambiente contra os efeitos nocivos das alterações na camada de ozônio.

O Protocolo de Montreal, de 1987, um instrumento complementar a essa convenção, estabeleceu metas para a redução da emissão e determinou a proibição da fabricação de gases e substâncias que degradam a camada de ozônio. O Brasil ratificou ambos os tratados.

Convenção da Diversidade Biológica (CDB)

O tratado assinado pelo Brasil e por mais de uma centena de países na Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, também conhecida como Rio-92 ou Eco-92, apresentou três objetivos principais: a conservação da biodiversidade; o uso sustentável da biodiversidade e a proteção dos conhecimentos tradicionais a ela associados; e a repartição justa e equitativa de benefícios derivados do uso da biodiversidade ou dos conhecimentos tradicionais a ela associados.

A CDB inaugurou a concepção de que os países são soberanos em relação a seus recursos genéticos, e qualquer pessoa interessada em acessá-los deve obter consentimento prévio e informado do país de origem desses recursos. Outra inovação trazida pela CDB foi o reconhecimento da importância dos conhecimentos e das práticas dos povos tradicionais para a conservação da biodiversidade. Foram reconhecidos dois direitos dessas comunidades: o de conceder consentimento prévio e informado a qualquer pessoa interessada no uso desses conhecimentos e o de repartir de forma justa e equitativa os benefícios, econômicos ou não, derivados do uso desses conhecimentos por terceiros.

Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima

Aberto para assinatura na Rio-92 e ratificado por mais de 175 países, foi o primeiro tratado internacional a reconhecer a mudança climática da Terra em decorrência das atividades humanas. A partir desse reconhecimento, foi explicitada a necessidade de uma regulação global da emissão de gases de efeito estufa e de outras atividades que contribuem para o aquecimento global. O compromisso assumido pelos países-membros foi o de estabilizar a emissão de gases de efeito estufa em um nível que não interfira no sistema climático e na vida na Terra.

Para implementar os objetivos dessa Convenção, foi assinado, em 1997, o **Protocolo de Kyoto**, no qual os países se comprometeram a cumprir metas objetivas e progressivas de redução da emissão de gases de efeito estufa.

Acordo de Paris

Visando conter a emergência climática associada ao aquecimento global pelo aumento dos gases de efeito estufa, esse acordo instituiu medidas de redução da emissão desses gases a partir de 2020, a fim de conter o aquecimento global a até 2 °C. Foi negociado em Paris, em 2015, e assinado, em 2016, por 195 países.

Para alcançar as metas, os países com as maiores contribuições na emissão de gases de efeito estufa se comprometeram a reduzir expressivamente a emissão desses gases. O Brasil se comprometeu a reduzir as emissões em 37%, em relação às emissões de 2005. A data-limite para essa redução é 2025, com o indicativo de reduzir 43% em relação às emissões de 2005 até 2030.

Para o Acordo de Paris entrar em vigor, 55 países, responsáveis por 55% das emissões de gases de efeito estufa no planeta, precisavam ratificá-lo. O Brasil e mais 146 países ratificaram o acordo, entre eles os maiores poluidores: China, Rússia, Índia, Japão, Alemanha, Canadá, Coreia do Sul e México. Os Estados Unidos, segundo país emissor de gases de efeito estufa do mundo, haviam se retirado do acordo, porém, em 2021, anunciaram seu reingresso.

Wang Ye/Xinhua/AFP

Cerimônia de assinatura do Acordo de Paris, na sede das Nações Unidas em Nova York, em 22 de abril de 2016.

Pacto Global para o Meio Ambiente

Iniciativa lançada pela França, em 2017, para criar um tratado internacional único, concentrando todas as convenções, declarações e acordos globais em um único documento, objetivando atingir, por exemplo, os 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável da Agenda 2030 e as metas do Acordo de Paris. Uma resolução da ONU de 10 de maio de 2018 deu início a um processo de discussão de um instrumento legal com essa finalidade.

TECNOLOGIA APLICADA À CONSERVAÇÃO AMBIENTAL

A despoluição de rios

Iordanis/Shutterstock.com/ID/BR

Vista do rio Tâmisa, em Londres. A despoluição permitiu que o rio pudesse receber passeios turísticos de barco. Foto de 2023.

Aloisio Mauricio/Fotoarena

A maior parte da poluição no rio Pinheiros, em São Paulo (SP), é causada pelo despejo de esgoto. Foto de 2024.

A crise atual dos recursos hídricos tem componentes de origem social, econômica e ambiental. Dados do Ministério do Meio Ambiente e Mudança do Clima mostram que, nas bacias que abrangem a Região Norte, o impacto se deve, principalmente, à expansão da geração de energia hidrelétrica. Na Região Centro-Oeste, é a expansão da fronteira agrícola que mais desafia a conservação dos recursos hídricos. As regiões Sul e Nordeste enfrentam déficit hídrico, e a Região Sudeste apresenta também o problema da poluição hídrica, cujo principal poluente das águas é o esgoto.

Embora estratégias de conservação de rios e nascentes sejam necessárias, a fim de preservar os cursos de água, também é possível adotar estratégias de despoluição para recuperar rios poluídos.

Um exemplo de estratégia de despoluição é o rio Tâmisa, na cidade de Londres, Inglaterra (imagem **A**). Devido à poluição por despejo de esgoto, na década de 1950, o Tâmisa foi considerado biologicamente morto. O processo de despoluição ocorreu com a construção de estações de tratamento de esgoto e a aprovação de leis rígidas que previam a punição de indústrias que lançassem seus resíduos no rio sem tratá-los. No final da década de 1970, a vida voltou ao Tâmisa.

Outros rios altamente poluídos também foram recuperados ou passam por um processo de despoluição, como o Tejo (Lisboa, Portugal), o Cheonggyecheon, o Han (Seul, Coreia do Sul) e o Sena (Paris, França).

Existem iniciativas já bem longevas de despoluição de rios brasileiros, como a do rio Pinheiros (imagem **B**), que atravessa a cidade de São Paulo e deságua no rio Tietê. A principal fonte de poluição do rio Pinheiros é o despejo de esgoto; cerca de 70% de seu volume é composto de esgotos domésticos. Assim, projetos em curso para a despoluição desses rios envolvem a redução da matéria orgânica nas águas e a melhora da oxigenação.

Os processos de despoluição de grandes rios são caros e complexos. Um dos mecanismos de custeio desse tipo de obra é o princípio do poluidor-pagador, segundo o qual os custos de prevenção, controle e redução da poluição, assim como a reparação dos danos causados pela poluição, são de responsabilidade do poluidor. Além de gerar receitas ao poder público para o custeio dos processos de despoluição, esse princípio incentiva a adoção de manejo adequado de resíduos e a prevenção da poluição. Esse princípio é um dos pilares do direito ambiental. A Organização para a Cooperação e o Desenvolvimento Econômico (OCDE) o incorporou em 1972 e a Declaração da Rio-92 o reafirmou. A Lei n. 6938/81 adotou esse princípio no Brasil, o qual também aparece na Constituição Federal de 1988.

3. a) Respostas variáveis. As respostas dependem da região em que os estudantes vivem.
3. b) Resposta variável. O poder público é responsável por conservar os corpos d'água, portanto, cabe a ele garantir a despoluição.

ROTEIRO

3. As cidades, em geral, eram fundadas às margens de um rio ou lago. Converse com os colegas e responda:

a) Existe um rio ou lago na cidade onde você vive? Como é a qualidade das águas dele? É possível nadar ou pescar nele?

b) Caso o rio, ou lago, tenha de ser despoluído, a quem cabe a responsabilidade dessa intervenção?

BIOLOGIA E QUÍMICA

Demanda Bioquímica de Oxigênio

A Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) indica a quantidade de oxigênio consumida nos processos biológicos de degradação da matéria orgânica no meio aquático. A DBO de uma amostra de água é geralmente medida em laboratório, por meio de um bioensaio no qual é medido o consumo do oxigênio pelos microrganismos presentes nas amostras de água em condições controladas. A DBO é um bom indicador da poluição por cargas orgânicas nos corpos hídricos.

Esgotos domésticos são ricos em matéria orgânica e a DBO é alta em águas que recebem estes efluentes. [...] Quando altos valores de DBO são detectados pelo monitoramento da qualidade de água nos rios, há um forte indicativo de impactos por efluentes sanitários no trecho monitorado.

Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA). Qualidade da água superficial no Brasil. ANA, [s. l.], [20--]. Disponível em: https://qualidadedaagua.ana.gov.br/dbo.html. Acesso em: 30 ago. 2024.

1. O esgoto não tratado tem entre 150 e 300 mg/L de DBO, enquanto o valor mínimo para a preservação da vida aquática está entre 5,0 e 10,0 mg/L.

- Qual é a relação entre DBO e a presença de vida no meio aquático?

1. Durante a degradação da matéria orgânica, microrganismos fazem uso do oxigênio nos seus processos respiratórios, fato que pode causar uma redução da concentração de oxigênio no meio e, assim, interferir na sobrevivência de outros seres vivos que também dependem de oxigênio em seus processos respiratórios.

Não escreva no livro.

Sensoriamento remoto

Sensoriamento remoto (SR) é uma técnica de obtenção de informações sobre um objeto, uma área ou um fenômeno, sem que haja contato físico com eles. As imagens produzidas por meio dessa técnica podem ser utilizadas, entre outras aplicações, para monitorar a cobertura vegetal e para avaliar impactos ambientais. Essa técnica envolve detecção, aquisição e análise (interpretação e extração de informações) da radiação eletromagnética (REM) emitida ou refletida pelos objetos e registrada por sensores remotos.

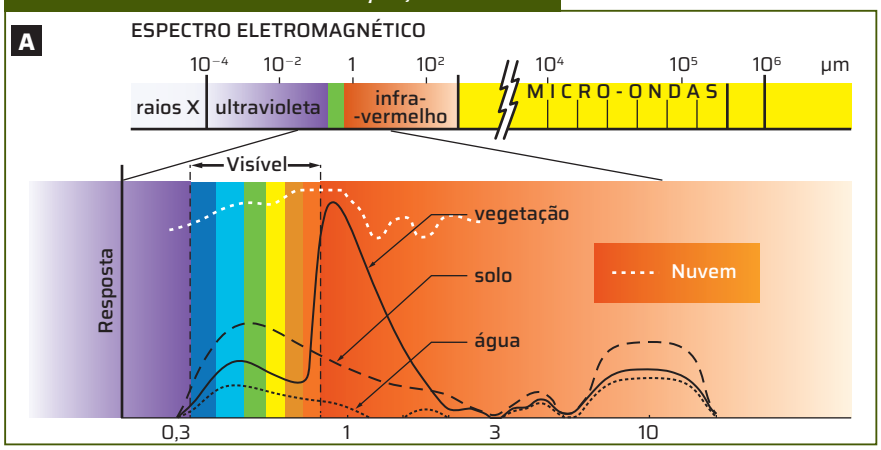
A quantidade e a qualidade da REM refletida, absorvida e transmitida pelos objetos são resultado de suas propriedades físico-químicas e biológicas e podem ser identificadas nas imagens e nos dados dos sensores remotos (imagem **A**).

ROTEIRO

4. **Pesquise, em *sites* confiáveis, outros exemplos de tecnologias aplicadas em favor do ambiente, além das estudadas até aqui, e verifique se há alguma iniciativa desse tipo na região em que você vive.**

Resposta variável. A resposta vai depender da fonte de pesquisa utilizada e da região onde os estudantes vivem.

RESPOSTA ESPECTRAL DE VEGETAÇÃO, SOLO E ÁGUA



Reinaldo Vignati/ID/BR

Representação dos espectros de reflexão de REM em cada comprimento de onda por três objetos: vegetação, solo e água. Perceba que é possível, a partir do espectro eletromagnético, identificar diferentes materiais como vegetação, solo e água.

Fonte de pesquisa: Brasil. Ministério da Ciência e Tecnologia; Agência Espacial Brasileira. *Sensoriamento remoto*. Formação continuada de professores. Curso Astronáutica e Ciências do Espaço. Brasília, DF: Ministério da Ciência e Tecnologia (MCT); Agência Espacial Brasileira (AEB), 2008. p. 11. Disponível em: https://www.gov.br/aeb/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/material_educacional/apostilas-pdf/1sensoriamento_manual.pdf. Acesso em: 30 ago. 2024.

PARA EXPLORAR

Acesse

TerraBrasilis

Portal desenvolvido pelo Inpe para organização, acesso e uso dos dados geográficos produzidos pelos seus programas de monitoramento ambiental.

Disponível em: https://terrabrasilis.dpi.inpe.br/. Acesso em: 30 ago. 2024.

O conhecimento do comportamento espectral dos objetos é muito importante para a escolha da região do espectro sobre a qual se pretende adquirir dados para determinada aplicação.

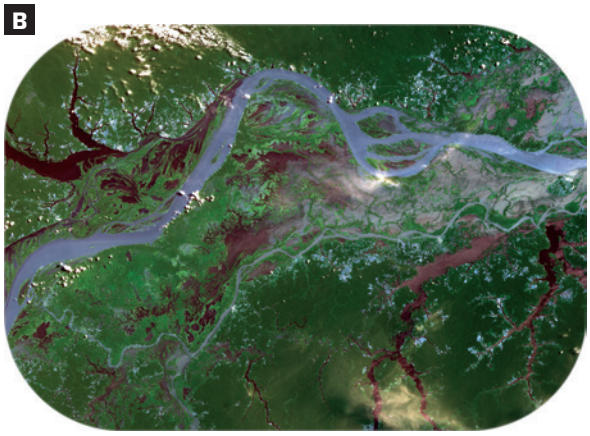
Os dispositivos que detectam a REM (em determinadas faixas do espectro eletromagnético) de um objeto, transformando-a em sinal elétrico e registrando-a, são chamados sensores. Esses sensores podem ser imageadores, que produzem imagens da área observada (imagem **B**), e não imageadores, que apresentam o resultado em forma de dígitos ou gráficos.

Os dados de SR podem ser obtidos em níveis orbital, aéreo e terrestre. No nível orbital, os dados são obtidos por satélites; no nível aéreo, por aviões, balões e helicóptero. No nível terrestre, por sua vez, obtêm-se dados sobre como os materiais absorvem, refletem e emitem radiação, auxiliando, assim, a interpretação dos dados obtidos por satélites.

Os primeiros sistemas de radares usados como sistemas de SR surgiram na década de 1960. O Brasil foi um dos pioneiros nesse campo; na década de 1980, já haviam sido levantados dados de 8,5 milhões de km² do território nacional.

No Brasil, há um grande número de satélites de SR em operação, cujas imagens pertencem ao acervo do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (Inpe).

B



Voran/Shutterstock.com/ID/BR

Imagem do rio Amazonas captada pelo satélite Landsat. Os satélites Landsat revisitam a mesma área a cada 16 dias e cada imagem cobre uma área de 185 km². Imagem de 2016.

Interpretação de imagens de sensoriamento remoto

A produção e a interpretação de imagens de sensoriamento remoto podem ser grandes aliadas na conservação ambiental. Nesta atividade, você e os colegas vão interpretar algumas dessas imagens.

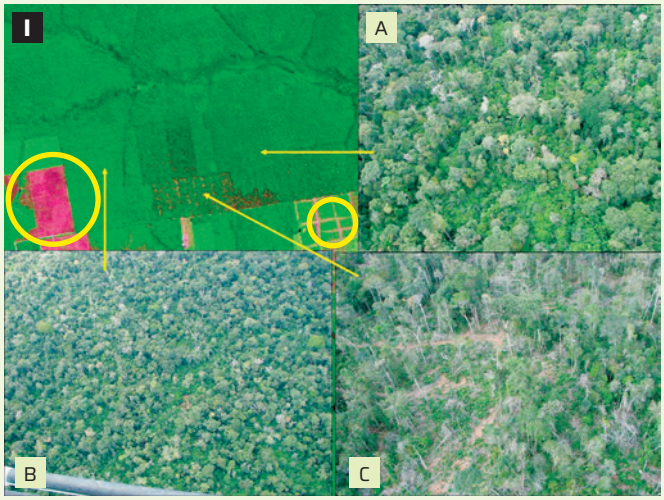
Material

- imagens de SR dos satélites Landsat e CBERS

Como fazer

1. Organizem-se em grupos de dois a três integrantes.
2. Observem a imagem de satélite (**I**) a seguir e interpretem os elementos da paisagem. Para isso, considerem que as cores aplicadas artificialmente indicam diferentes elementos (áreas florestais, áreas agrícolas, áreas desmatadas, áreas urbanizadas, rios, estradas, etc.). Notem, ainda, que as imagens **A**, **B** e **C** são fotografias aéreas das zonas indicadas pelas setas amarelas.

2. Respostas variáveis. Espera-se que os estudantes identifiquem a área rosa, mostrada no canto inferior esquerdo da imagem, como uma grande área desmatada. Já a área mostrada no canto inferior direito pode ser interpretada como uma área agrícola, dada a presença de estradas retilíneas e o tom de verde mais claro que o das áreas em que a vegetação está mais conservada, a exemplo das zonas **A** e **C**.



INPE/ID/BR

Áreas da floresta Amazônica. Imagem composta com dados obtidos pelos satélites Landsat e CBERS (**I**) e fotografias aéreas mostrando os níveis de degradação em três áreas diferentes (**A**, **B** e **C**).

5. As imagens podem permitir identificar alterações ilegais na vegetação, como desmatamentos, queimadas, formação de pastos ou de plantações. Alterações decorrentes da emergência climática, tais como estresse hídrico da vegetação devido a alterações no regime de chuvas, também podem ser percebidas e registradas.

Para concluir

1. Na imagem de satélite (**I**), é possível perceber que a área **C** apresenta uma cor verde menos evidente que a das áreas **A** e **B**, o que indica que a floresta está mais degradada naquela região.

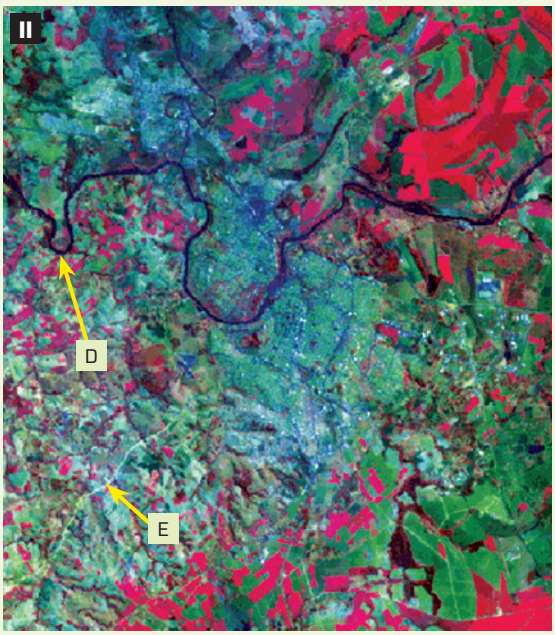
1 Identifiquem, nas fotos **A**, **B** e **C**, a área em que houve maior alteração na vegetação. Justifiquem suas respostas.

2 Observem as áreas circuladas na imagem **I** e proponham uma interpretação para o uso do solo nessas áreas.

3 Na imagem **II**, a linha apontada pela seta **D** pode representar qual elemento da paisagem? Justifiquem suas respostas. A cor azulada e o formato sinuoso sugerem que a seta **D** aponta para um rio.

4 A linha apontada pela seta **E**, na imagem **II**, pode ser interpretada como uma estrada. Vocês identificam outro tipo de ocupação humana nessa paisagem? Expliquem.

5 Como o uso de imagens obtidas por satélite pode auxiliar os órgãos governamentais a fiscalizar a exploração dos recursos naturais em áreas florestadas?



Almeida, C. M./INPE/ID/BR

Região da cidade de Piracicaba (SP) e arredores. Imagem obtida pelo satélite Landsat 5, em 1985.

4. A área percorrida pela linha apontada pela seta **E** parece uma zona urbana, pois a presença de manchas de cores variadas e os formatos geométricos sugerem a existência de terrenos com solos expostos e aglomerados de edificações.

Não escreva no livro.

ATIVIDADES

1. Refere-se à manutenção das oportunidades e dos recursos de gerações atuais e futuras para usufruírem de uma vida digna e de um meio ambiente conservado.

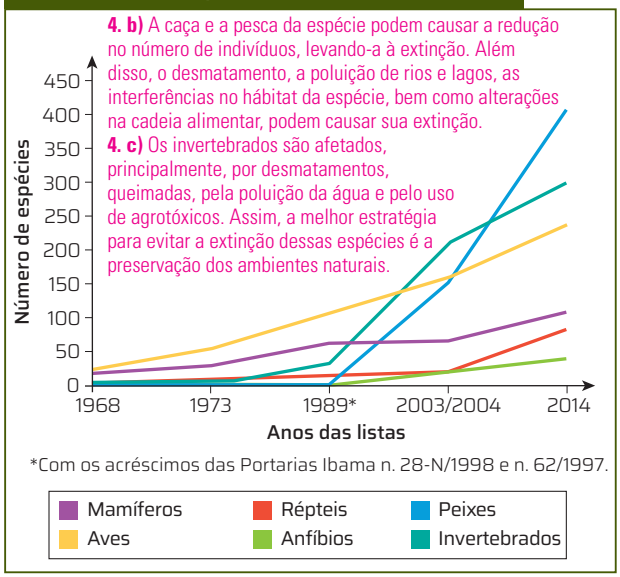
1 A noção de desenvolvimento sustentável se baseia na equidade geracional. A que se refere esse conceito?

2 Segundo a Agenda 2030, publicada pela Organização das Nações Unidas em 2015, o desenvolvimento sustentável é incompatível com a pobreza e mais amplo do que o simples crescimento econômico das nações. Discorra sobre a relação entre meio ambiente, pobreza e desigualdades.
Veja resposta em *Respostas e comentários* no Manual do Professor.

3 Quais são os tipos de Unidades de Conservação? Justifique por que a implementação delas contribui para a preservação ou para a conservação do ambiente.
Veja resposta em *Respostas e comentários* no Manual do Professor.

4 Observe o gráfico e responda às questões a seguir.

ESPÉCIES AMEAÇADAS POR GRUPO TAXONÔMICO E ANO DE PUBLICAÇÃO DAS LISTAS VERMELHAS



Fonte de pesquisa: ICMBio. *Livro vermelho da fauna brasileira ameaçada de extinção*. Brasília, DF: ICMBio/MMA, 2018. p. 46. Disponível em: https://www.gov.br/icmbio/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/publicacoes-diversas/livro_vermelho_2018_vol1.pdf. Acesso em: 30 ago. 2024.

a) Segundo os dados apresentados no gráfico, qual grupo taxonômico apresentou aumento mais acentuado no número de espécies ameaçadas de extinção? Em sua opinião, quais foram as possíveis causas desse aumento? O grupo que apresentou aumento acentuado foi o dos peixes.

b) Quais fatores podem levar uma espécie animal à extinção?

c) Os invertebrados formam o segundo grupo com maior aumento no número de espécies em risco de extinção. Que estratégias de conservação podem ser utilizadas para evitar a extinção desses animais?

5 O que são as Unidades de Conservação de Uso Sustentável? Qual é o papel das comunidades tradicionais nessas áreas?
Veja resposta em *Respostas e comentários* no Manual do Professor.

6 Reúna-se com os colegas e discutam sobre a importância dos tratados internacionais para a conservação do meio ambiente. Veja resposta em *Respostas e comentários* no Manual do Professor.

7 Leia o texto e responda às questões a seguir.

A guarda responsável é essencial para cuidar do seu *pet*, reduzir a exposição a diversos riscos e minimizar os impactos que eles podem causar nos animais silvestres. A domesticação de animais por humanos e o sucesso dessa parceria resultou em milhões de cães e gatos no Brasil. Não é difícil imaginar o tamanho do impacto sobre a vida silvestre em condições inadequadas de cuidados, correto?

Fato é que grande parte desses animais vive sem tutores ou em vida livre, o que leva a uma realidade de conflitos. Na luta pela sobrevivência, cães e gatos de vida livre já extinguiram diversas espécies de animais silvestres e colocaram mais de uma centena em risco de extinção.

Em áreas urbanas a situação fica ainda mais complicada: gatos não estão apenas caçando, mas também afetando o comportamento e [o] desenvolvimento de espécies. É o caso de aves que diminuem o cuidado com seus filhotes em ninhos pela presença de gatos por perto. As aves são o segundo grupo de animais mais afetados pela predação por animais domésticos. Isso é um problema sério, pois as aves desempenham papéis ecológicos cruciais, como a polinização, [o] controle de pragas, e ainda são indicadoras da qualidade e [da] saúde das nossas cidades e ecossistemas.

Cães e gatos são espécies exóticas na maior parte do mundo, o que significa que eles não fazem parte naturalmente dos ecossistemas em que vivem atualmente. Esses animais domésticos, quando vivendo em vida livre, são uma das principais causas de ameaça de extinção de espécies nativas. A guarda responsável de cães e gatos é fundamental, pois não estamos apenas protegendo nossos *pets*, mas contribuindo para a proteção da natureza.

Souza, A. *et al. Guarda responsável de* pets: dicas para uma guarda respeitosa aos *pets* e segura aos animais silvestres. Rio de Janeiro: OAMa, 2024. Disponível em: https://www.oama.eco.br/publicacoes/files/Cartilha%20Guarda%20Respons%C3%A1vel%20de%20Pets%20-%20A%C3%A7%C3%B5es%20Pr%C3%B3-Aves.pdf. Acesso em: 30 ago. 2024.

a) Faça pesquisas em fontes confiáveis e liste algumas medidas de guarda responsável que podem contribuir para a conservação ambiental.
Veja resposta em *Respostas e comentários* no Manual do Professor.

b) Reúna-se com os colegas e elaborem um folheto informativo sobre a importância da guarda responsável de cães e gatos em favor da preservação da fauna silvestre. Produção dos estudantes.

ESTUDO DE CASO

MICO-LEÃO-DOURADO: UM SÍMBOLO DA LUTA PELA CONSERVAÇÃO DA DIVERSIDADE BIOLÓGICA

O mico-leão-dourado (*Leontopithecus rosalia*), uma espécie endêmica da Mata Atlântica do Rio de Janeiro, está em risco de extinção. O extenso desmatamento desse bioma foi o principal responsável pelo quase completo extermínio dessa espécie, uma vez que restam apenas 2% do tipo de Mata Atlântica que serve de hábitat para esse animal.

Em 2023, existiam cerca de 2 500 micos-leões-dourados vivendo livres na natureza, mas, na década de 1970, esse cenário era ainda mais preocupante – estudos apontavam para a existência de apenas 200 indivíduos.

Diego Grandi/iStock/Getty Images

Mico-leão-dourado. Foto de 2023.

PARA EXPLORAR

Acesse

Associação Mico-Leão-Dourado (AMLD)

O *site* disponibiliza textos sobre os micos, os resultados do projeto de conservação do mico-leão-dourado e ações voltadas para a educação ambiental.

Disponível em: http://www.micoleao.org.br. Acesso em: 19 set. 2024.

O mico-leão-dourado vive cerca de oito anos, tem hábitos diurnos e se alimenta de frutos e de pequenos animais. É um importante dispersor de sementes e, portanto, auxilia na preservação e na regeneração da Mata Atlântica.

O biólogo e primatólogo Adelmar Coimbra-Filho (1924-2016) exerceu um papel decisivo na conservação do mico-leão-dourado e de outros primatas ameaçados de extinção. Desde o início da década de 1970, começou a desenvolver pesquisas para a reprodução do animal em cativeiro. Em 1984, os primeiros indivíduos nascidos em cativeiro foram reintroduzidos na natureza.

Atualmente, cerca de um terço da população de micos-leões-dourados livres é oriunda desse tipo de manejo, cuja origem foi motivada pela preservação do mico-leão-dourado e da preguiça-de-coleira (*Bradypus torquatus*), criticamente ameaçados de extinção na época, e pela proteção das áreas remanescentes da Mata Atlântica costeira.

Além disso, as atuações do ambientalista e engenheiro agrônomo Alceo Magnanini (1925-2022) foram fundamentais para a criação, em 1974, de uma área de proteção ambiental para o mico-leão-dourado: a Reserva Biológica (Rebio) de Poço das Antas, localizada em área de Mata Atlântica no Rio de Janeiro, a primeira reserva biológica no Brasil.

O Programa de Conservação do Mico-Leão-Dourado teve início em 1983 e logo se tornou um dos programas de conservação mais bem-sucedidos do mundo. Graças a ele, em 2003, a condição do mico-leão-dourado passou de criticamente ameaçado de extinção para ameaçado de extinção.

Não escreva no livro.

Além de habitar a Rebio de Poço das Antas, atualmente a espécie ocupa a Rebio União e 21 Reservas Particulares do Patrimônio Natural (RPPNs), todas Unidades de Conservação, totalizando 16 600 hectares de área e compreendendo cerca de 20 fragmentos florestais.

Bruna Prado/AP Photo/Imageplus

Assistente de pesquisa usa um dispositivo de telemetria para localizar micos-leões-dourados na região da Mata Atlântica em Silva Jardim (RJ). Foto de 2022.

Para possibilitar a perpetuação da espécie é preciso assegurar o intercâmbio genético entre os animais. O projeto definiu, então, como meta mais importante, garantir que ao menos dois micos-leões-dourados consigam viver em uma área de floresta contínua e protegida de 25 mil hectares.

Reúna-se com os colegas e realizem as atividades a seguir.

1 **Quais são os principais desafios do projeto para cumprir a meta de tirar o mico-leão-dourado da lista de animais ameaçados de extinção?**

Além da reintrodução de animais nascidos em cativeiro, o programa de conservação do mico-leão-dourado utiliza outra técnica de manejo de animais chamada translocação, na qual os indivíduos que vivem em fragmentos florestais muito pequenos são translocados para áreas maiores. Esse manejo tem o objetivo de aumentar a variabilidade genética da espécie e diminuir a vulnerabilidade dos animais que estão sujeitos à destruição de pequenos fragmentos de mata.

2 **Por que a translocação de micos-leões-dourados auxilia no aumento da variabilidade genética da espécie? Qual é a importância da variabilidade genética para o sucesso de uma espécie?**

Existem hoje cerca de 18 populações isoladas de micos-leões-dourados constantemente monitoradas, divididas em diferentes fragmentos de floresta. Os estudos indicam que nenhuma dessas populações é viável a longo prazo se permanecer isolada. Uma das ações que visa restabelecer a conectividade entre as populações é a criação de corredores florestais, com a plantação de árvores nativas interligando as áreas isoladas de mata.

3 **Por que as populações isoladas de micos-leões-dourados não são viáveis a longo prazo? A estratégia de criar corredores florestais auxilia na superação desse problema? Justifique sua resposta.** Veja respostas em *Respostas e comentários* no Manual do Professor.

4 **Quais são os papéis das Unidades de Conservação na preservação da diversidade biológica? Façam uma pesquisa em *sites* confiáveis, se necessário.**

5 **O mico-leão-dourado é uma espécie-bandeira na conservação da Mata Atlântica. Expliquem o que é uma espécie-bandeira e pesquisem outros exemplos de espécies-bandeiras brasileiras. Discuta com os colegas sobre a importância do uso de espécies-bandeiras para a conservação da biodiversidade.**

6 **Que outras ações, além das abordadas até aqui, vocês acreditam que podem ser tomadas para manter a meta de salvar o mico-leão-dourado da ameaça de extinção? Pesquisem em *sites* confiáveis sobre as iniciativas do Programa de Conservação do Mico-Leão-Dourado e verifiquem se elas se assemelham àquelas apontadas por vocês.** Veja resposta em *Respostas e comentários* no Manual do Professor.

1. Para serem considerados livres da ameaça de extinção, os micos-leões-dourados precisam viver livres em 25 000 hectares de área de Mata Atlântica. Assim, espera-se que os estudantes admitam que, para que esse desafio seja atingido, é preciso aumentar a área de Mata Atlântica protegida – que serve de hábitat para os micos-leões-dourados.

2. Os animais são retirados de fragmentos de florestas muito pequenos e introduzidos em áreas maiores. Isso evita a consanguinidade, que é comum quando os animais ficam confinados em áreas muito pequenas. A introdução desses animais em áreas maiores possibilita a troca gênica com outras populações presentes nessas áreas.

4. As Unidades de Conservação têm a função de proteger e recuperar hábitats, espécies e ecossistemas, preservando a biodiversidade neles existente. Elas também têm a função de educação e pesquisa na área da conservação ambiental.

5. Veja resposta em *Respostas e comentários* no Manual do Professor.

QUESTÕES GLOBAIS

1 (**Enem**) O Protocolo de Montreal é um tratado internacional que diz respeito à defesa do meio ambiente. Uma de suas recomendações é a redução da utilização de substâncias propelentes, como os CFCs (Cloro-Flúor-Carbono), em aerossóis e aparelhos de refrigeração. Essa recomendação visa Alternativa **c**.

a) evitar a chuva ácida.

b) prevenir a inversão térmica.

c) preservar a camada de ozônio.

d) controlar o aquecimento global.

e) impedir a formação de ilhas de calor.

2 (**Uerj**) Os manguezais têm a capacidade de armazenar carbono, pois a ausência de oxigênio no solo desse ecossistema retarda, ou até impede, a decomposição da matéria orgânica soterrada. Tendo em vista essa característica, a destruição dos manguezais pode contribuir, significativamente, para o seguinte fenômeno:

a) aumento do efeito estufa. Alternativa **a**.

b) degradação da camada de ozônio.

c) redução da magnificação trófica.

d) fixação de nitrogênio atmosférico.

3 (**Enem**) Se, por um lado, o ser humano, como animal, é parte integrante da natureza e necessita dela para continuar sobrevivendo, por outro, como ser social, cada dia mais sofistica os mecanismos de extrair da natureza recursos que, ao serem aproveitados, podem alterar de modo profundo a funcionalidade harmônica dos ambientes naturais.

Ross, J. L. S. (org). *Geografia do Brasil*. São Paulo: Edusp, 2005. (Adaptado.)

A relação entre a sociedade e a natureza vem sofrendo profundas mudanças em razão do conhecimento técnico. A partir da leitura do texto, identifique a possível consequência do avanço da técnica sobre o meio natural. Alternativa **a**.

a) A sociedade aumentou o uso de insumos químicos – agrotóxicos e fertilizantes – e, assim, os riscos de contaminação.

b) O homem, a partir da evolução técnica, conseguiu explorar a natureza e difundir harmonia na vida social.

c) As degradações produzidas pela exploração dos recursos naturais são reversíveis, o que, de certa forma, possibilita a recriação da natureza.

d) O desenvolvimento técnico, dirigido para a recomposição de áreas degradadas, superou os efeitos negativos da degradação.

e) As mudanças provocadas pelas ações humanas sobre a natureza foram mínimas, uma vez que os recursos utilizados são de caráter renovável.

4 (**Fuvest-SP**) A combinação entre baixa biodiversidade, altas concentrações de poluentes e baixas concentrações de oxigênio dissolvido, que é verificada nos rios que passam por grandes centros urbanos no Brasil, deve-se principalmente à(ao) Alternativa **d**.

a) descarte de garrafas PET e sacolas plásticas, aumentando a cadeia de produção de micro-plásticos.

b) aumento de intervenções de engenharia, como a construção de pontes e dragagens.

c) aquecimento da água do rio devido ao aumento da temperatura média nas metrópoles.

d) descarte de esgoto doméstico e industrial sem tratamento.

e) ocorrência mais frequente de longos períodos de estiagem, aumentando a evaporação.

5 (**Unesp**)

O comércio de peixes ornamentais é um mercado que movimenta milhares de dólares no Brasil e no mundo, porém, essa atividade também é uma das principais fontes de introdução de espécies exóticas. Só no Brasil, mais de 70 espécies de peixes ornamentais não nativos já foram identificadas no ambiente natural, incluindo recentemente o peixe conhecido como paulistinha ou peixe-zebra, nativo do sul da Ásia.

(https://planeta-cometa. Adaptado.)

Os peixes ornamentais exóticos tratados no excerto, quando encontrados em rios brasileiros, caracterizam a chamada Alternativa **c**.

a) biotecnologia, em que o emprego de recursos técnicos se torna uma opção para corrigir as assimetrias dos processos naturais, como o mutualismo e a competição.

b) ressurgência, em que a oferta de condições naturais ideais para determinada espécie possibilita seu crescimento em números relativos.

c) invasão biológica, em que uma espécie, fora de seu ambiente natural, pode crescer de maneira descontrolada e provocar desequilíbrio no ecossistema.

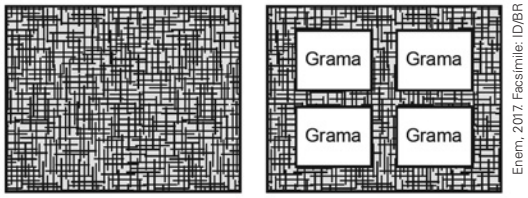
d) explosão demográfica, em que uma espécie, por adaptação, reduz a taxa de mortalidade e passa a registrar um grande crescimento natural.

e) biopirataria, em que espécies animais ou conhecimentos tradicionais são explorados, de forma legal, por pesquisadores.

Não escreva no livro.

6 (**Enem**) Para se adequar às normas ambientais atuais, as construtoras precisam prever em suas obras a questão do uso de materiais de modo a minimizar os impactos causados no local. Entre esses materiais está o chamado concregrama ou pisograma, que é um tipo de revestimento composto por peças de concreto com áreas vazadas, preenchidas com solo gramado. As figuras apresentam essas duas formas de piso feitos de concreto. A utilização desse tipo de piso em uma obra tem o objetivo de evitar, no solo, a Alternativa **a**.

8. b) Os estudantes podem citar características abióticas como altos índices pluviométricos, temperaturas médias elevadas ou alta umidade. Com relação às consequências, eles podem mencionar a redução de hábitats e de nichos ecológicos, a fragmentação de hábitats e a perda de fontes de alimento.



Piso tradicional de concreto — Piso concregrama

Enem, 2017. Facsímile: ID/BR

PONTES, K. L. F. **Estudo de caso de um protótipo experimental** [...]. Disponível em: http://monografias.poli.ufrj.br. Acesso em: 9 maio 2017 (adaptado).

8. c) Rondônia e Pará.Os estudantes devem considerar o processo de colonização mais intenso nas regiões próximas ao litoral somado ao processo de ocupação humana para práticas econômicas, como o ciclo do café e a extração de madeira (entre outras culturas), que levaram à predominância de ambientes antrópicos, já em 1985, nos estados do Paraná, Espírito Santo e Rio de Janeiro, regiões que se tornaram mais urbanizadas e industrializadas.

a) impermeabilização.
b) diminuição da temperatura.
c) acumulação de matéria orgânica.
d) alteração do pH.
e) salinização.

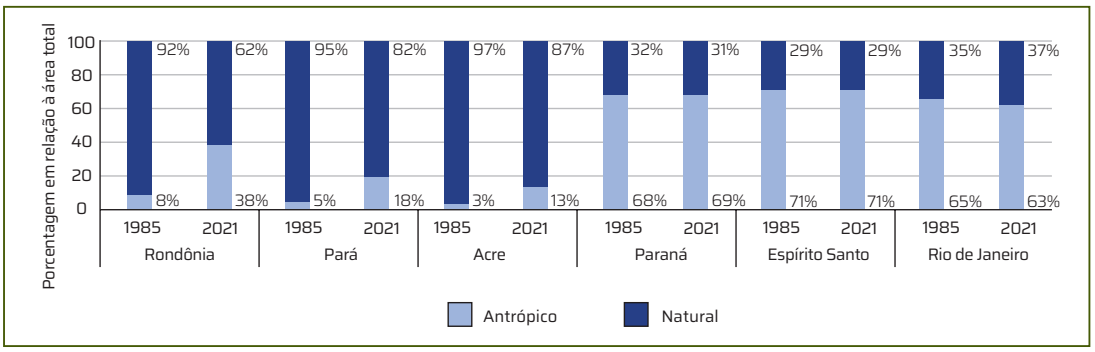
7 (**Enem**) A alteração de hábitats é uma causa bem documentada no que tange à redução de populações de anfíbios no mundo. Uma pesquisa feita em um remanescente da Floresta de Araucária, no município de Fazenda Rio Grande (PR), revelou que cerca de 40% das espécies de anfíbios anuros daquela região estão associadas à mata estudada, distribuindo-se desde o seu interior até o entorno.

ROSSA-FERES, D. C.; CONTE, C. E. *Rev. Bras. de Zoologia*, n. 4, dez. 2007 (adaptado).

Qual é a proposta adequada para a conservação da diversidade biológica dos anuros na região citada? Alternativa **e**.

a) Reflorestar com eucaliptos, por crescerem rapidamente.
b) Modificar geneticamente as espécies de anuros nativas.
c) Soltar anuros criados em cativeiro no fragmento florestal.
d) Introduzir novas espécies de árvores no fragmento florestal.
e) Acabar com o desmatamento do remanescente de Floresta de Araucária.

8 (**Fuvest-SP**) O gráfico mostra a cobertura do solo em 1985 e 2021 em seis estados brasileiros. Em cada barra, o azul-escuro representa vegetação nativa e o azul-claro, ambientes antrópicos.



Fuvest. Fac-símile/ID/BR

Dados obtidos em: Projeto MapBiomas – Mapeamento Anual de Cobertura e Uso da Terra no Brasil – Coleção 7.

a) Qual bioma brasileiro predomina nos estados do Paraná, Espírito Santo e Rio de Janeiro? Mata Atlântica.
b) Cite uma característica abiótica típica do bioma brasileiro no qual estão inseridos os estados de Rondônia, Pará e Acre. Cite uma consequência, para a biodiversidade, da perda da vegetação natural que vem ocorrendo nesse mesmo bioma.
c) Considerando os seis estados, cite os dois onde houve maior diminuição na proporção de vegetação nativa entre 1985 e 2021. Qual causa histórico-temporal explica a predominância de ambientes antrópicos já em 1985 nos estados do Paraná, Espírito Santo e Rio de Janeiro?

JOGOS DE TEMÁTICA SOCIOAMBIENTAL

O LÚDICO COMO FORMA DE CONSCIENTIZAÇÃO

O que será feito

Você já ouviu falar sobre sustentabilidade? Esse conceito está relacionado à criação de parâmetros e estratégias que associam o desenvolvimento econômico a formas menos predatórias de exploração ambiental. Ações para melhorar a qualidade de vida da população, visando reduzir as desigualdades sociais e ampliar o acesso a direitos e serviços básicos, também fazem parte desse conceito. Assim, a sustentabilidade abrange questões ambientais, sociais e econômicas.

Yuri Murakami/Fotoarena

O movimento "sextas pelo futuro" é formado por jovens que pedem mais ação pelo clima. São Paulo. Foto de 2021.

A conservação dos recursos naturais se tornou uma grande preocupação quando se evidenciou o quanto as atividades humanas colocam em risco a disponibilidade de solo fértil, de água potável, de ar limpo, além da sobrevivência de animais e plantas; hoje é consenso para a comunidade científica que a conservação da biodiversidade é fundamental para o desenvolvimento sustentável. É também imprescindível que a sociedade como um todo participe, sempre que possível, de discussões sobre esse tema. Tais discussões podem motivar as pessoas a pensar e a reivindicar soluções para os problemas atuais, visando a melhorias na qualidade de vida da comunidade e no ambiente.

Assim, é cada vez mais importante que a sociedade moderna reflita sobre questões socioambientais como as seguintes: Você considera que as pessoas (especialmente crianças, jovens e adolescentes) têm interesse em assuntos relacionados à conservação da biodiversidade e a práticas sustentáveis? Em que medida as pessoas reconhecem que determinadas formas de produção têm forte impacto ambiental e causam danos à saúde? Como conciliar desenvolvimento econômico com conservação da natureza? Como o conhecimento científico e tecnológico pode contribuir para o aproveitamento sustentável dos recursos naturais? Como fazer para que crianças, jovens e adultos desenvolvam consciência sobre a importância da conservação da biodiversidade e adotem um estilo de vida mais sustentável?

Neste projeto, você e os colegas vão refletir sobre essas questões e elaborar jogos com o intuito de discutir a importância do uso responsável de recursos naturais e da conservação da biodiversidade. Esses jogos serão apresentados em um evento aberto à comunidade da escola e à do bairro.

Objetivos

- Testar um ou mais jogos que tratem de temas relacionados à biodiversidade e à sustentabilidade.
- Identificar jogos que favoreçam a difusão de conhecimento científico, assim como os elementos que os tornam mais atrativos e divertidos.
- Investigar temas socioambientais de interesse das comunidades escolar e local.
- Criar, testar e aperfeiçoar jogos sobre os temas selecionados e apresentá-los aos colegas e às comunidades escolar e local.

Preparação

Para se familiarizar com o tema do projeto, você vai conhecer e praticar um jogo que poderá auxiliar no desenvolvimento da atividade proposta.

Não escreva no livro.

Aprendendo um novo jogo

Vocês acham que a utilização de jogos ou de outras atividades lúdicas pode ser um meio eficaz para difundir o conhecimento sobre biodiversidade e desenvolvimento sustentável, além de torná-lo mais atraente e espontâneo? Por quê?

Nesta etapa, você e os colegas vão participar de um jogo de cartas denominado "Biota: o jogo da biodiversidade" (Paraná. Secretaria da Educação. Dia a Dia Educação. Disponível em: http://www.biologia.seed.pr.gov.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=301. Acesso em: 29 jul. 2024.). O(a) professor(a) vai disponibilizar a vocês as cartas do jogo, cujo objetivo é identificar seres vivos com base em dicas apresentadas em cartas sorteadas. Essas dicas trazem características e curiosidades sobre os organismos.

Organizem-se em equipes de dois a quatro integrantes. O(a) professor(a) será o(a) mediador(a) do jogo, portanto prestem atenção à apresentação dele(a) sobre o jogo e à explicação das regras.

Depois de testarem o jogo, mantendo as mesmas equipes, respondam às questões:

1. O jogo possibilitou, de alguma maneira, conhecimentos novos a vocês? Por quê? Veja resposta em *Respostas e comentários* no Manual do Professor.
2. Como os conceitos e os conhecimentos abordados durante o jogo podem ser associados às questões socioambientais? Veja resposta em *Respostas e comentários* no Manual do Professor.
3. O que vocês mudariam no jogo (regras, conceitos, conteúdo das cartas, entre outros aspectos) para que ele seja ainda mais divertido e mais informativo? Veja resposta em *Respostas e comentários* no Manual do Professor.

Apresentem as respostas das questões acima às demais equipes. Depois, em uma roda de conversa, façam uma discussão sobre as semelhanças e as diferenças entre as respostas que foram apresentadas pelas equipes.

Se for consenso entre a turma e o(a) professor(a), esse jogo poderá ser substituído ou complementado por outros que explorem temáticas semelhantes.

Pesquisa de jogos na internet

Façam uma pesquisa sobre jogos com temática socioambiental, ou seja, que explorem a relação entre a sociedade e o ambiente, e que estejam disponíveis na internet. Essa pesquisa poderá ajudá-los posteriormente com ideias. Sistematizem os resultados obtidos, organizando, durante as buscas, as informações referentes a cada jogo pesquisado: além do conteúdo, verifiquem se o jogo é físico ou digital, o(s) objetivos(s) e a faixa etária a que se destina e realizem um resumo das regras. Anotem todas as informações.

Linaxarabadze/Shutterstock.com/ID/BR

Além de permitir a difusão de conhecimento, os jogos podem ajudar na conscientização de questões relacionadas à temática socioambiental.

Temas socioambientais de interesse da comunidade escolar e do bairro

Os temas dos jogos devem considerar o uso consciente dos recursos naturais, novas alternativas e ações que visem à conservação ambiental e, ainda, as aplicações de certas práticas para o bem-estar coletivo, preferencialmente trazendo questões que envolvam a escola em que vocês estudam ou o bairro, a comunidade ou o município em que vivem. Pode ser a construção de uma horta, o incentivo à agricultura familiar, a proteção da biodiversidade, a reciclagem do lixo, a redução da poluição do ar ou de um rio, córrego, etc.

Com a orientação do(a) professor(a), formem novos grupos ou retomem os grupos formados na etapa anterior. Para identificar as questões socioambientais de interesse da comunidade escolar e do bairro, cada grupo ficará responsável por elaborar um questionário, que será usado para entrevistar vizinhos, familiares e membros da comunidade escolar.

Vejam, a seguir, exemplos de perguntas e de temas que poderão ser explorados e avaliem a possibilidade de padronizar as perguntas entre os grupos.

- Para você, qual é o principal problema socioambiental no bairro onde vive?

(////) Poluição da água. (////) Poluição do solo.

(////) Poluição do ar. (////) Outro. Qual? _____

- Você pode contribuir de alguma forma para melhorar a qualidade ambiental do bairro onde vive?
  (////) Sim. Como? _____ (////) Não. Por quê? _____
- Você realiza alguma atividade de produção e/ou de comercialização de produtos que utiliza um recurso natural?
  (////) Sim. Como? _____ (////) Não.
- Essa atividade concilia a conservação do recurso natural com geração de renda?
  (////) Sim. Como? _____ (////) Não.
- Você realiza alguma atividade de produção e/ou de comercialização de produtos que gera resíduos nocivos ao ambiente?
  (////) Sim. Qual? _____ (////) Não.
- Você procura utilizar meios de transporte que contribuem para minimizar a poluição do ar e o uso de recursos naturais?
  (////) Sim. Qual? _____ (////) Não. Por quê? _____

Depois de aplicar o questionário, reúnam-se com os demais grupos para sistematizar, analisar e discutir as respostas.

Apresentando a ideia do jogo à turma

Em seguida, novamente reunidos, é hora de cada equipe colocar no papel as ideias obtidas a partir dos questionários para desenvolver o próprio jogo. Inventem um nome criativo, definam as regras e os critérios (número de jogadores ou de equipes, objetivos, pontuação, entre outros) e o material que será necessário (tabuleiro, dados, fichas, cartas, papel e lápis, ou até mesmo *tablets* e celulares para o caso de os jogos serem virtuais).

Recordem-se de que o intuito dos jogos é promover a conscientização da importância de se conservar a biodiversidade, assim como trabalhar o entendimento sobre os benefícios ambientais resultantes de um consumo sustentável e de mudanças de certos hábitos e comportamentos. Por essa razão, independentemente dos tipos de jogo a serem criados (jogo físico ou digital, jogo da memória, de cartas, de estratégia, RPG, entre outros), os elementos de cada jogo devem estar relacionados a esses objetivos.

Em uma página de caderno, escrevam um resumo dos temas e dos jogos que vocês criaram e expliquem por que eles poderão contribuir para a conscientização socioambiental. As equipes devem apresentar seus resumos umas às outras e trocar ideias sobre os projetos, com a finalidade de aprimorá-los.

Planejando os próximos passos

Agora que vocês já definiram os temas dos jogos e refletiram sobre como cada um deles poderá contribuir para conscientizar e mobilizar as pessoas para a conservação da biodiversidade e o uso responsável dos recursos naturais, organizem as próximas etapas.

Com a ajuda do(a) professor(a), combinem a formação de grupos – pode ser um novo grupo ou o mesmo formado anteriormente. Cada grupo deverá escolher um dos temas selecionados e reunir informações relacionadas a ele. Essas informações serão exploradas no jogo.

Elaborem um cronograma de trabalho para estabelecer, com o(a) professor(a), as datas de entrega de materiais, de reuniões, a data de apresentação dos jogos, entre outras atividades.

Desenvolvimento

Criação dos jogos

Chegou o momento de criar os jogos e de definir os temas científicos que serão explorados em cada um deles. Com sua equipe e o(a) professor(a), procurem identificar se o objetivo do jogo está claro; se possibilita pequenas vitórias, de forma a propiciar constantes estímulos aos jogadores; se as regras são compreensíveis; e se há desafios no decorrer do jogo. Ao planejarem as questões e os dados que serão explorados, verifiquem a necessidade de ampliar a pesquisa sobre o tema. Essa etapa é essencial para que o jogo seja bem-sucedido.

Não escreva no livro.

Distribuam as tarefas a serem realizadas pelos integrantes da equipe, pensando na criação do jogo e nos materiais necessários. Ao obtê-los, trabalhando em equipe, elaborem os componentes necessários.

No caso de jogo digital, verifiquem com antecedência a disponibilidade de *tablets*, computadores e celulares para serem utilizados no dia da apresentação dos jogos.

N. Galiev/Shutterstock.com/ID/BR

Evitem o desperdício de materiais durante a confecção dos jogos e, sempre que possível, procurem reutilizá-los.

Como aprimorar o que foi feito?

Cada equipe apresentará o jogo que criou ao restante da turma. O ideal é que os estudantes tenham a oportunidade de jogar todos os jogos criados, ao menos uma vez, e de testá-los. Um dos objetivos é reunir as críticas recebidas e usá-las para aprimorar as regras e os conceitos envolvidos em cada jogo.

Para isso, elaborem um questionário, com perguntas que abordem a compreensão dos conceitos trabalhados, a fim de verificar se os jogos auxiliaram na reflexão sobre a responsabilidade de cuidar do ambiente em que vivemos.

Preparação do evento

Com o(a) professor(a), decidam se será necessário montar uma equipe responsável pela organização do evento ou se é preferível dividir essa responsabilidade entre as equipes.

Elaborem cartazes, fôlderes, panfletos, entre outros meios de divulgação, e distribuam os materiais em locais visíveis (como o mural da escola, por exemplo). Elaborem também um cartaz digital para a divulgação *on-line*, por redes sociais, *e-mail*, aplicativos de mensagens, entre outros meios.

Preparem o espaço onde será realizada a apresentação dos jogos, que poderá ser aberta a todos os estudantes da escola e à comunidade local. Verifiquem a disponibilidade de espaço para os jogos (mesas, carteiras, cadeiras, entre outros móveis); no caso de jogos digitais, disponibilizem aparelhos ou solicitem aos participantes que instalem o jogo previamente nos celulares ou *tablets*.

Conclusão

Promovendo o evento de apresentação dos jogos

Definam e divulguem o dia da apresentação dos jogos.

Durante o evento, incentivem e auxiliem os participantes a experimentar todos os jogos ao menos uma vez. Definam quem estará disponível para esclarecer dúvidas e mediar as partidas. Promovam um ambiente divertido, no qual os participantes possam adquirir conhecimentos sobre biodiversidade e sustentabilidade e refletir sobre as questões socioambientais abordadas.

Ao final do evento, apliquem o questionário elaborado previamente para avaliar a opinião dos participantes sobre os jogos.

Avaliação

2. Respostas variáveis. Espera-se que os estudantes respondam que sim. Eles podem mencionar que os jogos proporcionaram um maior engajamento em questões e projetos voltados à valorização e à proteção da biodiversidade, por exemplo.

Finalizado o evento, reúna-se com os colegas em uma roda de conversa e avaliem conjuntamente a execução do projeto. Apresentem possíveis respostas às seguintes questões:

1 **Os jogos apresentados no evento foram divertidos para os participantes? Por quê?** Respostas pessoais. Espera-se que os jogos tenham sido divertidos e que tenham motivado os participantes a refletir sobre o uso responsável dos recursos naturais.

2 **Os jogos ajudaram os participantes a adquirir conhecimentos relacionados às questões socioambientais apresentadas? De que maneira?**

3 **Durante a execução do projeto, os membros das equipes tiveram participação equivalente? Como a distribuição do trabalho poderia ser aprimorada?** Respostas pessoais. Oriente os estudantes para que identifiquem as oportunidades de melhoria na execução do projeto.

4 **Quais outros objetos de conhecimento da Biologia também poderiam ser abordados nos jogos? Como seria essa abordagem?** Respostas pessoais. Espera-se que os estudantes relembrem objetos e conceitos já estudados e apontem outros, explicando como abordariam cada um deles.

Não escreva no livro.

RESPOSTAS DAS ATIVIDADES DE CÁLCULO

UNIDADE 1 – Biologia: o estudo da vida

CAPÍTULO 2 – As bases químicas da vida

Atividades (página 33)

6. Adenina – 28%; timina – 28%; citosina – 22%; guanina – 22%.

UNIDADE 2 – Células e tecidos

CAPÍTULO 1 – As células

Biologia e Física (páginas 44 e 45)

1. **a)** 50 vezes.
b) 600 vezes.

UNIDADE 3 – Genética

CAPÍTULO 1 – Hereditariedade

Roteiro (página 115)

4. $\frac{1}{4}$ ou 25%

5. $\frac{1}{216}$

Roteiro (página 117)

6. Proporções genotípicas: 50% C^VC^B, 50% C^BC^B.
Proporções fenotípicas: 50% rosa, 50% branca.

Atividades (páginas 125 e 126)

2. **a)** Filho albino: $\frac{1}{4}$ ou 25%.
Filho não albino: $\frac{3}{4}$ ou 75%.

4. **a)** 100% de olhos vermelhos e asas longas.
b) 50% de olhos vermelhos e asas longas e 50% de olhos vermelhos e asas vestigiais.
c) 50% de olhos cor sépia e asas longas e 50% de olhos vermelhos e asas longas.

5. As alturas esperadas são: 1,30 m (AaBb) e 1,15 m (aaBb).

7. **b)** $\frac{3}{16}$

9. A probabilidade de o casal ter filhos daltônicos é de 50% para filhas (X^dX^d) e 50% para filhos homens (X^dY).

FECHAMENTO DE UNIDADE (páginas 144 a 147)

Questões globais (páginas 146 e 147)

7. **a)** Casal 1: $\frac{1}{4}$
Casal 2: 0
Casal 3: $\frac{1}{2}$

b) Casal 1: $\frac{1}{16}$
Casal 2: 0
Casal 3: $\frac{1}{4}$

c) Casal 1: $\frac{1}{64}$
Casal 2: 0
Casal 3: $\frac{1}{8}$

9. Casal $CC^{ch} \times C^{ch}C^{ch}$: 50% aguti; 50% chinchila.
Casal $C^hc \times cc$: 50% albino; 50% himalaia.
Casal $C^hc \times Cc$: 50% aguti; 25% himalaia; 25% albino.

UNIDADE 4 – Origem da vida e diversidade dos seres vivos

CAPÍTULO 2 – Evolução

Roteiro (página 186)

3. f (a) = 0,3 ou 30%; f (A) = 0,7 ou 70%;
f (aa) = 0,09 ou 9%; f (AA) = 0,49 ou 49%;
f (Aa) = 0,42 ou 42%.

Atividades (página 193)

10. Frequências gênicas (B – alelo dominante, b – alelo recessivo): f (B) = 0,9; f (b) = 0,1.
Frequências genotípicas esperadas: f (BB) = 0,81; f (Bb) = 0,18; f (bb) = 0,01.

14. **a)** Frequências genotípicas: f (AA) = 0,3; f (Aa) = 0,5; f (aa) = 0,2.
Frequências gênicas: f (A) = 0,55; f (a) = 0,45.

UNIDADE 6 – Ser humano e saúde

CAPÍTULO 1 – Fisiologia humana

Atividades (páginas 296 e 297)

4. **b)** 120 kJ/mol

UNIDADE 7 – Ecologia

CAPÍTULO 2 – Energia e matéria nos ecossistemas

Atividades (página 341)

5. Inseto herbívoro (consumidor primário): 5.
Roedor insetívoro (consumidor secundário): 0,5.
Serpente (consumidor terciário): 0,05.

Não escreva no livro.

TRANSCRIÇÃO DOS ÁUDIOS

As transcrições aqui apresentadas não foram corrigidas de acordo com a norma-padrão da língua portuguesa, resguardando a autenticidade dos textos e preservando aspectos característicos das variações linguísticas e do registro oral das pessoas gravadas.

UNIDADE 5

Página 220

PODCAST – Guia Alimentar para a População Brasileira

Locutor: Guia Alimentar para a População Brasileira.

O Guia Alimentar para a População Brasileira é um documento do Ministério da Saúde com orientações para uma alimentação adequada e saudável, de forma ampla e acessível. Ele contribui para que as pessoas façam escolhas alimentares que beneficiem sua saúde e também a sociedade e o meio ambiente, além de valorizar a cultura alimentar brasileira. O Guia também serve de apoio a órgãos públicos e outras instituições que promovem a educação alimentar e nutricional.

Estela Sanseverino: Olá, eu sou Estela Sanseverino e vou conversar com Kamila Gabe, que é doutora em nutrição e pesquisadora do Nupens, o Núcleo de Pesquisas Epidemiológicas em Nutrição e Saúde da USP. Nesse ano, em 2024, o Guia Alimentar para a População Brasileira, desenvolvido em parceria com o Nupens, comemora dez anos desde o lançamento de sua versão mais recente. Ele é referência mundial e teve um papel muito importante ao tratar de dietas saudáveis e sustentáveis e alertar sobre os ultraprocessados.

No episódio de hoje, vamos entender como o Guia pode contribuir no dia a dia da população.

Kamila, quais são as principais inovações da segunda edição do Guia Alimentar em relação à primeira edição, que foi publicada em 2006?

Kamila Gabe: Uma das grandes inovações da segunda edição do Guia Brasileiro foi ter partido de um conceito ampliado de alimentação saudável. Isso significa que as recomendações do Guia, elas levam em conta, além do impacto da dieta à saúde, os aspectos culturais, econômicos, sociais e também ambientais da alimentação.

Isso representou uma grande mudança em relação à edição de 2006, que era centrada em um paradigma de alimentação saudável puramente biológico e, assim, reduzia a alimentação e os alimentos a uma mera soma de nutrientes.

À luz dessa mudança, uma outra grande inovação do Guia foi ter incorporado recomendações baseadas exclusivamente no nível de processamento dos alimentos, incluindo a pertinente recomendação para que se evitem alimentos ultraprocessados.

Assim, o Guia brasileiro, ele foi considerado bastante inovador e inclusive inspirou diversos países no mundo, sobretudo na América Latina. Hoje, países como o México, Chile, Uruguai também adotam um conceito ampliado de alimentação saudável, valorizando os alimentos tradicionais e desestimulando os alimentos ultraprocessados.

Estela: E, Kamila, você também é uma das autoras de uma pesquisa que foi lançada pelo Nupens que constatou que aderir às orientações do Guia pode levar a práticas relacionadas à melhora da qualidade da dieta.

Você pode nos contar um pouco mais sobre quais são essas práticas e como o Guia pode beneficiar a população?

Kamila: Claro, Estela. As mensagens do Guia, elas são baseadas em práticas alimentares, que podem ser entendidas como uma rede de atividades do cotidiano que são relacionadas ao ato de comer, tais como as rotinas de compra e preparo dos alimentos, os horários e locais de consumo de refeições, o compartilhamento de tarefas domésticas, entre outras. Esse tipo de mensagem tem como objetivo ser mais próximo e mais realista no contexto de vida das pessoas, o que as difere de recomendações baseadas em quantidades e em número de porções, como eram as recomendações do Guia anterior. O que a nossa pesquisa mostrou é que as pessoas que têm maior adesão às práticas saudáveis e sustentáveis recomendadas pelo Guia – tais como planejar refeições, comer à mesa e cozinhar em casa – de fato têm um consumo alimentar mais saudável, ou seja, consomem mais frutas, verduras e legumes, mais feijão e menos alimentos ultraprocessados.

Dessa forma, o Guia pode beneficiar a população, não só como referencial de educação alimentar e nutricional e como um promotor de autonomia nas escolhas alimentares saudáveis, mas também como um indutor de políticas públicas que facilitem as pessoas a adotarem tais práticas, tais como a regulação de preços dos alimentos, a rotulagem nutricional adequada e a facilitação do acesso a alimentos saudáveis.

Estela: Muito obrigada por sua participação no nosso boletim, Kamila.

Eu sou Estela Sanseverino, pesquisadora da Cátedra Josué de Castro de Sistemas Alimentares Saudáveis e Sustentáveis da Faculdade de Saúde Pública da USP e conversei com Kamila Gabe.

Locutor: *Podcast Alimentação e Sustentabilidade USP*. Episódio "Dez anos do Guia Alimentar para a População Brasileira". Crédito: Estela Sanseverino, *Jornal da USP*, Rádio USP. Locução: Jader Cardoso/ID/BR.

Alimentação e sustentabilidade # 24: Dez anos do "Guia Alimentar para a População Brasileira". *Jornal da USP*, São Paulo, 3 jun. 2024. Disponível em: https://jornal.usp.br/podcast/alimentacao-e-sustentabilidade-24-10-anos-do-guia-alimentar-para-a-populacao-brasileira/. Acesso em: 2 out. 2024.

UNIDADE 6

Página 308

PODCAST – *Bullying* virtual

Locutor: *Bullying* virtual.

O *bullying* virtual, também chamado de *cyberbullying*, é um tipo particular de *bullying*, que ocorre no ambiente *on-line* por meio das mídias digitais, sobretudo das redes sociais.

Neste *podcast*, as jornalistas Laura Matos e Januária Alves abordam o assunto entrevistando jovens de diferentes escolas brasileiras e especialistas.

Estudantes da Escola Estadual Pereira Barreto:

Estudante 1: Na internet o alcance é muito grande, né, então mais pessoas vão ver o *bullying*, mais... ou seja, são mais pessoas te atacando também. Na internet [isso] vai ficar registrado eternamente.

Estudante 2: Qualquer um que pesquisar, qualquer um que ver vai achar o *cyberbullying*, vai achar aquele comentário.

Estudante 1: E as coisas na internet acontecem muito rápido. Por exemplo, eu comento na foto de uma pessoa, de uma amiga; eu posso tirar o *print* e mandar num grupo de amigos e esses amigos vão mandar no grupo, no grupo, no grupo... Daqui a pouco a escola inteira está sabendo, em questão de minutos, horas. Então é uma coisa muito complicada, a internet.

Estudante 2: É um ciclo sem fim, né?

Estudante 3: Por ser na internet e ser anônimo, e também chegar num alcance muito maior de pessoas, eu já vi e já

passei por experiências de contas *fakes*, tipo de escola antiga, e o que acontece nessa escola... Pessoas criam contas para falar, tipo, segredos de pessoas da escola, e isso acaba chegando em todo mundo da escola, porque tipo, todo mundo vai seguir, porque todo mundo também não tem o senso de ir lá denunciar a página.

Laura Matos: O assunto da nossa conversa era o *bullying*, ou melhor, o *cyberbullying*, uma modalidade de agressão virtual que inclui situações de violência *on-line*, como humilhações, intimidações, chantagem ou compartilhamento não autorizado de imagens íntimas. Essa prática, infelizmente, é comum nas mídias sociais. Você já viu, ouviu, sofreu ou participou de alguma maneira de um caso de *cyberbullying*?

Januária Alves: Uma pesquisa divulgada pelo Unicef em 2019 revelou que um em cada três jovens em 30 países diz ter sido vítima de *bullying on-line*. Um em cada cinco contou que saiu da escola devido a *cyberbullying* e violência. Ou seja, a coisa é séria e tem causado enormes prejuízos a jovens do mundo inteiro. A Kelly Angelini, que é advogada e palestrante sobre direito digital e educação digital em escolas e empresas, afirma que essa é uma das maiores preocupações de pais e educadores quando se trata do acesso à internet de crianças e jovens.

Kelly Angelini: O que eu tenho percebido é que jovem, no dia a dia, ele está com dificuldade de lidar com os conflitos no presencial, dentro de uma sala de aula, no clube que frequenta, em algum ambiente. E aí ele transporta isso para o digital, para extrapolar essa emoção, esse sentimento que ele não conseguiu lidar no presencial.

E aí vem o quê? A criação de perfis falsos, a criação de um *meme* com a foto e tudo isso... Quando a gente fala de *bullying* e *cyberbullying*, a gente está falando de ações repetitivas. A caracterização do *bullying* e do *cyberbullying* são ações, agressões repetitivas que causam dor, sofrimento e angústia. A consequência para quem é alvo desse *cyberbullying* é tremenda.

Laura: E falar sobre o *bullying* e o *cyberbullying* é um desafio enorme. Não é todo mundo que consegue conversar a respeito, porque é uma coisa que dói, que faz a pessoa se sentir impotente e, especialmente, muito sozinha.

Januária: O *cyberbullying* é um fenômeno complexo e tem a ver com diversas questões, como preconceitos de raça, etnia, sexualidade. E também tem a ver com o fato de as pessoas poderem estar escondidas atrás de suas telas. O *cyberbullying* é como o *bullying off-line*, mas é amplificado pelas mídias sociais.

Letícia (estudante da Escola Parque): Porque o que acontece, geralmente quando você fala em *cyberbullying*, você está falando, tipo, de uma dominação. Assim, é uma... meio que uma hierarquia de poder. Uma pessoa se sente poderosa o suficiente pra ir lá e maltratar a outra, ir lá e, sei lá, rebaixar a outra. E tipo, geralmente isso acontece com minorias, né? Por exemplo, o *cyberbullying* muitas vezes está ligado a algum caso de racismo, a um caso de homofobia, justamente a esse desrespeito, a esse, a essa não compreensão das diferenças. Então, tipo, eu acho que pra combater o *cyberbullying* a gente tem que atuar diretamente no que leva uma pessoa a praticar esse *cyberbullying*. Por que que ela se sente assim na posição de praticar? Então, tipo, eu acho que medidas de combate à discriminação têm que ser tomadas, e a escola é, tipo, um dos principais lugares para você fazer isso, porque você tá ali convivendo por horas com um monte de pessoas diferentes de você, e você tem que aprender a lidar com essa diferença. Você não pode achar que você é melhor do que o outro, por, sei lá, fator X, fator Y.

Laura: E combater o *cyberbullying* e o discurso de ódio é um dos maiores desafios da nossa sociedade. Agora, o que diferencia uma coisa da outra? Bom, enquanto o *cyberbullying* é uma agressão mais pessoal, no discurso de ódio, os ataques incitam a intolerância contra determinados grupos sociais. No Brasil, esse tipo de prática é crime.

Januária: Muitas destas agressões acontecem nas plataformas de mídias sociais, que vêm tentando lidar com esse problema. A Inês Vitorino, professora da Universidade Federal do Ceará, explica esse fenômeno com muita propriedade.

Inês Vitorino: Nós somos únicos. A gente está aqui para ser o que é; e eu vejo hoje uma disseminação muito grande, nesse país, de polarizações, de discursos de ódio, de muita desinformação... Isso, entre muitos fatores, inclusive os financeiros, ligados às plataformas de ganho, de lucro com as polarizações, porque quanto mais eu crio uma polêmica, mais eu tenho curtidas, mais eu tenho compartilhamentos, mais eu tenho visualizações... Então, a polarização, ela favorece as redes, mas ela não favorece as nossas relações humanas. Não favorece o diálogo, o nosso bem comum, a nossa vida em comum. Então, é muito importante que a gente tenha o direito de ser quem a gente é nessa sociedade.

Laura: E há muitas maneiras de se combater o *cyberbullying*. Até as plataformas têm produzido conteúdo sobre o assunto.

Januária: Aliás, é muito importante lembrar que não estamos sozinhos nas mídias sociais. A Safernet Brasil, organização que se preocupa com o bem-estar na internet, mantém o serviço gratuito para orientar crianças, adolescentes, pais e educadores sobre situações de violência *on-line*. É o Helpline Brasil. O canal está disponível em dois endereços: helpline.org.br ou canaldeajuda.org.br.

É isso. Vamos ficando por aqui, convidando você a pensar como pode fazer das suas redes um ambiente melhor, mais acolhedor e mais saudável.

Locutor: *Podcast Curti, e daí?* Episódio "*Bullying* na rede". Crédito: Coordenação de Januária Alves e Vitor Vicente; Instituto Vero. Locução: Jader Cardoso/ID/BR.

Podcast Curti, e daí? Instituto Vero, [*s. l.*], 18 abr. 2023. Disponível em: https://www.vero.org.br/curti-e-dai/03. Acesso em: 3 out. 2024.

UNIDADE 8

Página 391

PODCAST – Mulheres da terra: o Cerrado somos nós

Locutor: Mulheres da terra: o Cerrado somos nós.

Comunidades tradicionais do Cerrado, com forte protagonismo de mulheres, como as apanhadoras de flores e as quebradeiras de coco-babaçu, apresentam seus modos de vida, que contribuem para a conservação deste bioma.

Neste *podcast*, os jornalistas Bianca Pio e Luiz Brasilino conversam sobre o assunto com mulheres dessas comunidades e com a pesquisadora Fernanda Testa Monteiro.

Maria de Fátima: Sou Maria de Fátima Alves, mais conhecida por Tatinha. Sou apanhadora de flores sempre-vivas. Atualmente moro em Diamantina, em Minas Gerais. Estou aqui localizada na porção meridional da Serra do Espinhaço. Desde muito cedo comecei ir a campos de flores. Nasci e me criei nos campos São Domingos, em cima da Serra.

E aí tem algumas questões a partir dessa relação com o Cerrado que é importante destacar. Então, assim, o que a gente entende é que é uma relação de cuidado recíproco... então, assim a natureza, o Cerrado, ele nos dá alimento, nos dá água, nos dá saúde e ao mesmo tempo – e nos dá beleza – e ao mesmo tempo nós cuidamos dele e preservamos da forma que nos foi nos ensinado.

Então, assim, esse cuidado, ele é muito importante. E o tempo de se fazer as coisas. Então assim, o tempo de se plantar, o

Não escreva no livro.

tempo de se fazer o manejo das flores. É lógico que isso é regido pelo ano, mas é a natureza que determina, então assim, é um respeito mútuo. Eu acho que isso é muito importante, um cuidado muito grande. Então, assim, cuidado com as águas, com as plantas, com os animais, porque é de onde a gente tira o nosso sustento, né?

Então, essa relação, ela é muito forte, e quando a gente está falando do território, é da nossa casa, da nossa história. Então a gente cuida da casa, a gente cuida da história, a gente cuida de um pedaço da gente que está fora do corpo, né?

Bianca Pio: Essa relação descrita por Tatinha vai na contramão da financeirização da natureza, que é vendida como uma falsa solução para combater as mudanças climáticas. O modo de vida das comunidades apanhadoras de flores sempre-vivas é um exemplo de equilíbrio do clima, mesmo que elas não utilizem esse conceito. As comunidades são formadas por remanescentes de quilombos, caboclos, lavradores de terra e uma diversidade de outros grupos, e tem como principal atividade a apanha de flores sempre-vivas, a qual faz parte da sua identidade de povo tradicional e representa uma fonte de renda essencial, um modo de vida que é totalmente dependente do meio ambiente em que vive.

Luiz Brasilino: As apanhadoras de flores e as quebradeiras de coco representam dois modos de vida com forte protagonismo das mulheres. Esses modos juntam, por um lado, geração de renda e práticas socioprodutivas para autoconsumo e, de outro, saberes tradicionais, em geral manejados por mulheres e que são transmitidas de geração em geração.

Helena Gomes: Então, o trabalho das quebradeira é o trabalho, a luta. Lutando pelo dia a dia, pelo babaçu, pela sua renda. Então as quebradeiras de coco amanhece o dia e vai para seu trabalho, que é a quebra do coco. Antes de tudo isso, as quebradeiras de coco têm as suas tarefas também, que precisa fazer em casa, né? Que é deixar a criança na escola, que é buscar a criança na escola... Mas elas conseguem associar tudo isso e fazer a quebra do coco. E hoje elas tiram o sustento do babaçu.

Antes a gente só quebrava o coco, mas hoje a gente já tem outros produtos do babaçu que a gente faz que é o azeite do coco-babaçu, é o óleo de coco-babaçu, o mesocarpo do coco-babaçu. A gente também faz bolo, faz biscoito, então são várias coisas que hoje a gente consegue fazer do babaçu e que é um trabalho que vem aí aumentando a sua renda das quebradeiras de coco para a sustentabilidade, para que as mulheres possam criar seus filhos com mais tranquilidade.

Luiz: Acabamos de ouvir Helena Gomes, do Movimento Interestadual das Quebradeiras de Coco-Babaçu. As quebradeiras são mais de 300 mil mulheres trabalhadoras rurais que vivem em função de uma das mais importantes palmeiras brasileiras, o babaçu, e estão espalhadas pelos estados do Maranhão, Piauí, Tocantins e Pará.

Bianca: Tanto as apanhadoras de flores quanto as quebradeiras de coco nos provocam a repensar ideias convencionais de território, já que coletam e manejam paisagens repletas de babaçuais e plantas medicinais, mesmo que estejam além de suas terras, sobre as quais têm posse direta. Esses saberes tradicionais se materializam em uma relação na qual a natureza e os povos tradicionais se confundem. Elas são partes da natureza, não estão separadas dela.

E elas construíram, ao longo de séculos de existência, um modo de manejar e de lidar com os solos, com as águas, com as plantas e com os animais, que garante a continuidade desses recursos naturais. A organização social desse grupo também busca assegurar a continuidade das comunidades, fazendo com que as famílias mantenham terras de uso comum dentro dos territórios. Todos os manejos feitos são ancorados na ancestralidade e em valores culturais desse coletivo.

Luiz: Mas é isso. Apesar de todo esse trabalho para manter o Cerrado em pé, tanto as apanhadoras de flores como as quebradeiras de coco-babaçu enfrentam muitas ameaças e desafios para permanecer em seus territórios. O avanço da monocultura, projetos de mineração e até mesmo Unidades de Conservação têm pressionado as comunidades e dificultado a continuidade de seus modos de vida.

Pesquisadora Fernanda Testa Monteiro: Acho muito importante frisar a necessidade de a gente compreender essas comunidades como também portadoras desse legado, desse patrimônio agrícola, mas que elas seguem domesticando espécies. Então, se hoje a gente tem uma gama de espécies, como arroz e o feijão e tantas outras que fazem parte da nossa cultura alimentar em Minas e no Brasil, é porque por décadas e centenas de anos, milhares de anos, comunidades como essas domesticaram e criaram as condições de produzir esses alimentos, essas plantas que são a base da nossa alimentação, e também os animais. E elas seguem fazendo isso. São os grupos de povos e comunidades tradicionais que seguem domesticando espécies.

Então nós estamos falando de algo muito nobre e importante para a humanidade; é o devir da alimentação humana. E ao mesmo tempo são elas que conservam essa diversidade alimentar de verduras, frutas e inúmeras espécies alimentares que nós temos diariamente no nosso prato e dentro do Brasil e em outras partes do mundo também.

Então, é de suma importância reconhecer a... de que a... a capacidade, a responsabilidade, a seriedade como essas comunidades cuidam do Cerrado, conservam suas águas e suas matas e que, ao mesmo tempo, produzem alimento para a sociedade mais ampla, para nós, e que são a base, inclusive, dos detalhes da culinária de cada região, como, por exemplo, da culinária mineira... Que as plantas aí produzidas e comercializadas, elas são bases também da cultura alimentar mineira, como em outras áreas, outras comunidades certamente estão cumprindo esse papel.

Então, elas são realmente de suma importância para a conservação não só do Cerrado, mas também de um patrimônio agrícola, como um legado dos ancestrais dessas comunidades e que a gente deve respeitar e fortalecer como sociedade.

Bianca: Ao ouvir os relatos das mulheres do Cerrado, temos exemplos do que é a sociobiodiversidade, expressa na diversidade de paisagens, de modos de vida, de alimentação, porque elas trabalham com sistemas agrícolas extremamente complexos e numa relação com a natureza mediada pelos valores do respeito, do cuidado e do pertencimento.

Essas mulheres nos mostram que os modos de vida dos povos indígenas, comunidades quilombolas, comunidades de fundo e fecho de pastos, e outras comunidades tradicionais do Cerrado, não estão presos ao passado; são modos de vida que nos projetam para futuros alternativos. Afinal, o Cerrado é um território vivo em que o combate às mudanças climáticas depende da preservação dos modos de vida das comunidades tradicionais.

Locutor: *Podcast Guilhotina – Le Monde Diplomatique Brasil*. Episódio "Mulheres da terra: o Cerrado somos nós". Crédito: Território vivo – o combate às mudanças climáticas no Cerrado. Parceria do Guilhotina com a Coordenadoria Ecumênica do Serviço (Cese) e apoio técnico da Rádio Tertúlia. Locução: Jader Cardoso/ID/BR.

Mulheres da terra: o Cerrado somos nós. *Le Monde Diplomatique Brasil*, 5 jun. 2023. Disponível em: https://diplomatique.org.br/mulheres-da-terra-o-cerrado-somos-nos/. Acesso em: 3 out. 2024.

BIBLIOGRAFIA COMENTADA

Alberts, B. *et al*. *Biologia molecular da célula*. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017.

A obra reúne vasto conteúdo sobre biologia celular.

Branco, S. M. *O meio ambiente em debate*. São Paulo: Moderna, 2004.

A obra trata de questões ambientais, como desmatamento, demanda de energia, industrialização e urbanização, desenvolvimento sustentável, entre outras.

Brasil. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Básica. *Base Nacional Comum Curricular*: educação é a base. Brasília, DF: MEC/SEB, 2018. Disponível em: http://basenacionalcomum.mec.gov.br/. Acesso em: 17 out. 2024.

A BNCC é um documento de caráter normativo, que define o conjunto progressivo de aprendizagens essenciais que os estudantes devem desenvolver ao longo da Educação Básica, incluindo o Ensino Médio.

Brusca, R. C.; Moore, W.; Shuster, S. M. *Invertebrados*. 3. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2018.

A obra trata da zoologia de invertebrados, abordando diversificação, modos de vida e relações evolutivas.

Griffiths, A. J. F. *et al*. *Introdução à genética*. 12. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2022.

O livro traz extenso conteúdo sobre genética, incluindo descobertas de pesquisa, identificação de genes e aplicações modernas dessa ciência.

Guyton, A. C.; Hall, J. E.; Hall, M. E. *Tratado de fisiologia médica*. 14. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2021.

A obra traz extenso conteúdo sobre fisiologia médica, abordando temas como homeostasia e saúde.

Herculano-Houzel, S. *O cérebro nosso de cada dia*: descobertas da neurociência sobre a vida cotidiana. Rio de Janeiro: Vieira & Lent, 2002.

Nessa obra, a neurocientista Suzana Herculano-Houzel trata da neurociência em uma perspectiva do dia a dia.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). *Atlas geográfico escolar*. 9. ed. Rio de Janeiro: IBGE, 2023. Disponível em: https://atlasescolar.ibge.gov.br/. Acesso em: 3 out. 2024.

A obra traz dezenas de mapas sobre temas diversos, como indicadores sociais e gastos públicos em saúde.

Junqueira, L. C.; Carneiro, J. *Histologia básica*: texto e atlas. 14. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2023.

A obra traz conhecimentos científicos sobre biologia celular e histologia dos tecidos e dos sistemas.

Kardong, K. V. *Vertebrados*. 7. ed. São Paulo: Roca, 2022.

A obra reúne conteúdos sobre biologia de vertebrados, como anatomia comparada, função e evolução.

Margulis, L.; Sagan, D. *Microcosmos*: four billion years of microbial evolution. London: Allen & Unwin, 1997.

O livro trata de microbiologia e evolução, da vida e do futuro do planeta.

Putz, R.; Pabst, R. (ed.). *Sobotta*: atlas de anatomia humana. 25. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2023. v. 1.

Nessa obra, sobre anatomia humana, destacam-se as imagens e as informações que enriquecem o estudo.

Raven, P. H.; Evert, R. F.; Eichhorn, S. E. *Biologia vegetal*. 8. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2014.

A obra trata, principalmente, da biologia vegetal, abordando temas como as células e os tecidos vegetais.

Reece, J. B. *et al*. *Campbell Biology*. 10. ed. [*S. l.*]: Pearson, 2014.

A obra reúne extensa gama de conhecimentos das diversas áreas que compõem as ciências biológicas.

Ricklefs, R. E. *A economia da natureza*. 8. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2021.

A obra traz vasto conhecimento sobre ecologia, abordando níveis de organização, pensamento evolutivo, impactos humanos sobre o ambiente, entre outros.

Ridley, M. *Evolução*. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2006.

O livro trata da evolução biológica, apresentando aspectos históricos, conceitos gerais, entre outros.

Schmidt-Nielsen, K. *Fisiologia animal*: adaptação e meio ambiente. 5. ed. São Paulo: Santos Editora, 2002.

A obra reúne conhecimentos da fisiologia animal.

Sociedade Brasileira de Anatomia. *Terminologia anatômica*. Barueri: Manole, 2001.

A obra traz a terminologia internacionalmente aceita para anatomia macroscópica e topográfica humana.

Tortora, G. J.; Derrickson, B. *Corpo humano*: fundamentos de anatomia e fisiologia. 10. ed. Porto Alegre: Artmed, 2017.

A obra reúne uma gama de conhecimentos da anatomia e da fisiologia, com ênfase na homeostasia.

Voet, D.; Voet, J. G. *Biochemistry*. 4 ed. New York: John Wiley & Sons, 2010.

Livro com conhecimentos gerais da área de bioquímica.

Siglas de exames e universidades

Albert Einstein – Faculdade de Medicina e Enfermagem do Hospital Israelita Albert Einstein

Enem – Exame Nacional do Ensino Médio

Enem PPL – Exame Nacional do Ensino Médio para Pessoas Privadas de Liberdade

FCMSC-SP – Faculdade de Ciências Médicas da Santa Casa de São Paulo

Fuvest-SP – Fundação Universitária para o Vestibular

Uece – Universidade Estadual do Ceará

Uerj – Universidade Estadual do Rio de Janeiro

Ufam – Universidade Federal do Amazonas

UFC-CE – Universidade Federal do Ceará

UFPR – Universidade Federal do Paraná

UFRGS-RS – Universidade Federal do Rio Grande do Sul

UFRJ – Universidade Federal do Rio de Janeiro

UFRN – Universidade Federal do Rio Grande do Norte

UFSM-RS – Universidade Federal de Santa Maria

Unesp – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho

Unicamp-SP – Universidade Estadual de Campinas

Vunesp – Fundação para o Vestibular da Universidade Estadual Paulista

Não escreva no livro.

MANUAL DO PROFESSOR

APRESENTAÇÃO

CARA PROFESSORA, CARO PROFESSOR,

O principal objetivo deste Manual é oferecer subsídios e sugestões para o trabalho cotidiano na área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias e seus componentes curriculares (Biologia, Física e Química), apresentando suas diversas possibilidades escolares e, mais ainda, sociais.

O Novo Ensino Médio e a Base Nacional Comum Curricular (BNCC) propõem iniciativas para alguns dos diversos desafios que enfrentamos como cidadãos brasileiros atualmente, como o de estarmos preparados para as novas formas de uso das tecnologias de comunicação e informação, visando utilizá-las de maneira ética e autônoma. Mais uma vez, a educação é o meio estratégico para que as transformações sociais possam ocorrer e para que os estudantes participem ativamente da construção de um mundo cada vez mais justo, social e ambientalmente.

Na primeira parte deste Manual, são abordados os principais aspectos teóricos e metodológicos do ensino de Ciências da Natureza e suas Tecnologias, bem como de seus componentes curriculares, e as perspectivas pedagógicas que fundamentam a coleção. Também são propostas reflexões e sugestões sobre os processos de avaliação. Há, ainda, a descrição comentada da estrutura dos livros da coleção, os quadros de conteúdos de seus volumes, sugestão de cronograma para este volume e referências bibliográficas acompanhadas de sinopses.

A segunda parte do Manual oferece orientações mais específicas para o planejamento e o trabalho em sala de aula com o Livro do Estudante deste volume de Biologia. São disponibilizadas orientações didáticas e sugestões pedagógicas detalhadas, além de atividades complementares e respostas das atividades do Livro do Estudante. Essa parte também apresenta indicações de *sites*, livros, artigos, portais digitais e outros materiais que, de alguma maneira, podem apoiar a ação docente.

Com isso, esperamos que este material possa dar suporte à oferta de caminhos didáticos criativos e significativos às diversas comunidades escolares de nosso país, ampliando as possibilidades de futuro de nossos jovens.

Bom trabalho!

Equipe editorial

SUMÁRIO

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICO-METODOLÓGICA E ORGANIZAÇÃO DA OBRA 428

Ensino Médio em contexto **428**
O Ensino Médio ao longo do tempo 428
A etapa do Ensino Médio 428
O Novo Ensino Médio e a Base Nacional Comum Curricular 429
Temas Contemporâneos Transversais 430
As Ciências da Natureza na BNCC 431
O jovem, a escola e o Ensino Médio **431**
Juventudes, currículo e equidade 431
Escola e inclusão 432
O ensino de Ciências da Natureza **433**
Ciências da Natureza e interdisciplinaridade 433
A Biologia no contexto das Ciências da Natureza 433
A Física no contexto das Ciências da Natureza 434
A Química no contexto das Ciências da Natureza 434
Contextualização da ciência 435
O papel do professor no Ensino Médio 435
Formas de organização da turma 436
Estratégias e abordagem teórico-metodológica **436**
Desenvolvimento de competências 436
Investigação, prática e linguagem científica 438
Ciência, tecnologia, sociedade e ambiente 439
Argumentação 439
Leitura inferencial 440
Pensamento computacional 440
Avaliação 440
O papel do estudante e as formas de avaliação 440
Avaliação e novos paradigmas educacionais 441
Preparação para exames 442
Objetivos gerais da coleção **442**
Organização da obra **442**
Organização e estrutura da obra 442
Sugestão de cronograma **444**
Quadros de conteúdos da coleção **446**
Bibliografia comentada e leituras complementares **452**

ORIENTAÇÕES E COMENTÁRIOS ESPECÍFICOS 453

Unidade 1 **Biologia: o estudo da vida** **453**
Unidade 2 **Células e tecidos** **461**
Unidade 3 **Genética** **473**
Unidade 4 **Origem da vida e diversidade dos seres vivos** **482**
Projeto 1 ***Podcast* sobre biotecnologia: compartilhando informação de qualidade** **494**
Unidade 5 **O estudo dos seres vivos** **497**
Unidade 6 **Ser humano e saúde** **509**
Unidade 7 **Ecologia** **518**
Unidade 8 **Ambientes e conservação** **530**
Projeto 2 **Jogos de temática socioambiental: o lúdico como forma de conscientização** **542**

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICO-METODOLÓGICA E ORGANIZAÇÃO DA OBRA

ENSINO MÉDIO EM CONTEXTO

O Ensino Médio ao longo do tempo

Historicamente, o acesso ao Ensino Médio no Brasil era restrito, e os avanços em busca da universalização dessa etapa do ensino são recentes. Um dos marcos no processo de redemocratização do país foi o estabelecimento da Assembleia Constituinte em 1987, durante a qual diversos setores da sociedade se manifestaram em favor da elaboração de um novo conjunto de leis para a nação. A Constituição promulgada em 1988 proporcionou avanços significativos para a Educação ao expressar como direitos fundamentais, entre outros:

- a obrigatoriedade e a gratuidade do Ensino Fundamental;
- a progressiva universalização do Ensino Médio;
- o atendimento a crianças de zero a 6 anos[1] de idade e a pessoas com deficiência física ou mental;
- a educação de jovens e adultos que não tiveram acesso à educação formal na idade recomendada[2].

Ficou também expresso na lei que é dever da educação pública preparar o indivíduo para seu desenvolvimento pleno, para o exercício da cidadania e para a qualificação para o mercado de trabalho, dispondo assim sobre os objetivos e a qualidade do ensino. A legislação estabelece, portanto, que apenas uma educação de qualidade contempla adequadamente o direito social previsto pela Constituição.

Essas resoluções foram devidamente organizadas em forma de um projeto, que contou com a participação do Fórum Nacional em Defesa da Escola Pública (FNDEP). Após oito anos de discussões e votações, em dezembro de 1996 foi sancionada a nova Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDB)[3], que, em momentos posteriores, ganhou novos artigos. Apesar de a nova lei não contemplar, por si, a revolução educacional, ela amparou a política educacional em nível nacional, organizando, estruturando e permitindo transformações, reformas e inovações na educação formal. Em relação à legislação anterior[4], a nova LDB introduziu avanços importantes, especialmente para o Ensino Médio. Até então, o acesso a essa etapa de ensino era restrito e tinha somente dois objetivos: preparar o educando para o Ensino Superior ou para uma formação de caráter técnico-profissional. A nova LDB incluiu o Ensino Médio como parte da Educação Básica[5], com possibilidade de articulação com o ensino profissionalizante. Em seu artigo 35, essa lei define que o Ensino Médio tem como finalidades:

> I. a consolidação e o aprofundamento dos conhecimentos adquiridos no ensino fundamental, possibilitando o prosseguimento de estudos;
> II. a preparação básica para o trabalho e a cidadania do educando, para continuar aprendendo, de modo a ser capaz de se adaptar com flexibilidade a novas condições de ocupação ou aperfeiçoamento posteriores;
> III. o aprimoramento do educando como pessoa humana, incluindo a formação ética e o desenvolvimento da autonomia intelectual e do pensamento crítico;
> IV. a compreensão dos fundamentos científico-tecnológicos dos processos produtivos, relacionando a teoria com a prática, no ensino de cada disciplina.
>
> (Brasil, 1996)

Além disso, a LDB prevê o desenvolvimento de habilidades e conteúdos obrigatórios, de forma que o Ensino Médio, ao atender à formação geral do jovem, possa prepará-lo também para o exercício de profissões técnicas.

Nota-se que tal diretiva considera o jovem um sujeito singular, cujo projeto de vida é construído por suas múltiplas relações sociais. Nesse sentido, estabelecidos os objetivos mencionados para o Ensino Médio, o tema passou a fazer parte da agenda das políticas educacionais, na medida em que se fazia necessária a criação de mecanismos que permitissem a implementação da política em âmbito nacional. Entre esses mecanismos, incluem-se a publicação dos Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (PCNEM) e a avaliação do Exame Nacional do Ensino Médio (Enem), que, mais tarde, em 2009, passaria por significativa atualização. Somada a essas ações, destaca-se a ampliação do Programa Nacional do Livro Didático (PNLD), também para essa etapa de ensino. É importante lembrar que foi em 1998 que o Conselho Nacional de Educação (CNE) estabeleceu as bases para tais ações, ao publicar as Diretrizes Curriculares para o Ensino Médio, em consonância com a LDB.

A etapa do Ensino Médio

O Ensino Médio tornou-se um direito universal subjetivo dos cidadãos brasileiros a partir de 2009, por meio da Emenda Constitucional n. 59/2009 (Brasil, 2009), que ampliou a obrigatoriedade escolar para a faixa dos 4 aos 17 anos de idade. Desde então, essa etapa de ensino passou a ser reconhecida como fundamental para a construção da cidadania, na medida em que

1 A Emenda Constitucional n. 53, de 19 de dezembro de 2006, alterou a idade para até 5 anos. Disponível em: https://legis.senado.leg.br/norma/540656. Acesso em: 18 ago. 2024.

2 Brasil. [Constituição (1988)]. *Constituição da República Federativa do Brasil de 1988*. Brasília, DF: Presidência da República, [2020]. Art. 208. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm. Acesso em: 18 ago. 2024.

3 Brasil. *Lei n. 9 394, de 20 de dezembro de 1996*. Estabelece as diretrizes e bases da educação nacional. Brasília, DF: Presidência da República, 1996. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L9394.htm. Acesso em: 18 ago. 2024.

4 Brasil. *Lei n. 5 692, de 11 de agosto de 1971*. Fixa Diretrizes e Bases para o ensino de 1º e 2º graus, e dá outras providências. Brasília, DF: Presidência da República, 1971. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L5692impressao.htm. Acesso em: 18 ago. 2024.

5 Brasil. *Lei n. 9 394, de 20 de dezembro de 1996*, arts. 21 e 22. Estabelece as diretrizes e bases da educação nacional. Disponível em: http://portal.mec.gov.br/arquivos/pdf/lei%209394.pdf. Acesso em: 11 out. 2024.

possibilita aos nossos jovens expandir seus horizontes mediante o acesso ao conhecimento historicamente acumulado, de modo que ganhem autonomia intelectual e ferramentas para o pleno exercício da cidadania e dos demais direitos sociais.

No entanto, o Ensino Médio tem uma particularidade. Por ser a última etapa da Educação Básica, faz-se necessário reconhecê-la dentro de uma visão sistêmica, não apenas no âmbito da formação de cidadãos, mas também como transição para outras etapas da vida, como explicitado nas Diretrizes Curriculares Nacionais da Educação Básica (DCN):

"Visão sistêmica implica, portanto, reconhecer as conexões intrínsecas entre Educação Básica e Educação Superior; entre formação humana, científica, cultural e profissionalização [...]" (Brasil, 2013, p. 147).

As expectativas para essa etapa são tantas que chegam a ser mencionadas como fundamentais para o desenvolvimento do país.

> Para alcançar o pleno desenvolvimento, o Brasil precisa investir fortemente na ampliação de sua capacidade tecnológica e na formação de profissionais de nível médio e superior. Hoje, vários setores industriais e de serviços não se expandem na intensidade e ritmos adequados ao novo papel que o Brasil desempenha no cenário mundial, por se ressentirem da falta desses profissionais. Sem uma sólida expansão do Ensino Médio com qualidade, por outro lado, não se conseguirá que nossas universidades e centros tecnológicos atinjam o grau de excelência necessário para que o País dê o grande salto para o futuro.
>
> (Brasil, 2013, p. 145)

Contudo, ainda que sua importância venha sendo defendida e amparada em leis e documentos oficiais sobre a educação no país, essa etapa de ensino apresenta problemas de acesso e altas taxas de evasão e defasagem.

Esse cenário pode ser explicado por inúmeros fatores, como os de ordem social, política, econômica, entre outros, que se combinam de forma complexa e em diferentes proporções, dependendo da realidade de cada local. Mas um aspecto tem sido frequentemente mencionado: a falta de sentido que muitos jovens veem no Ensino Médio.

Os jovens em idade de frequentar o Ensino Médio têm anseios próprios e estão preocupados não apenas com a profissão que exercerão no futuro, como também com outros aspectos de sua vida: social, afetivo, criativo, etc. Além disso, com as transformações sociais ocorridas nos séculos XX e XXI e a revolução promovida pelas tecnologias da informação e da comunicação no que se refere ao acesso ao conhecimento, os estudantes do Ensino Médio vivem de modo mais agudo a crise que a instituição escolar e o próprio papel do professor têm enfrentado.

> Conforme Oliveira (2008)[6], a escola, e aqui tratando especificamente o Ensino Médio, já não se apresenta como representante único e legítimo de uma cultura a ser transmitida. Para Abramovay e Castro (2003)[7], tal monopólio da produção de significados não é predominante frente às múltiplas formas oferecidas aos jovens para construírem percepções sobre o mundo. Os mesmos trazem à escola suas próprias linguagens e culturas, fazendo-se atores, sujeitos ativos na construção da forma de ser no espaço escolar e não apenas receptores de conteúdos com fins de memorização.
>
> Nesse contexto, a cultura escolar e o processo de ensino vivenciado no Ensino Médio perdem lugar para as diferentes culturas que o jovem experimenta, como a cultura do *skateboard*, do *hip-hop*, do *funk*, da grafitagem, antagonicamente divergente da escola na maior parte das vezes, que fica fechada em si, não oferecendo espaços de abertura à criatividade, ao nomadismo, às inúmeras idas e voltas que têm caracterizado os espaços juvenis (Pais, 2006)[8].
>
> [...]
>
> Parece ser esse um dos aspectos do Ensino Médio que denota a sua crise: as dificuldades em conformar os jovens à cultura escolar. Tais situações reforçam a ideia que permeia a reflexão acerca da juventude e de processos de escolarização, ou seja, o Ensino Médio ainda se faz palco de práticas de longa duração, as quais nem sempre atendem à diversidade de interesses de seu público e, logo, manifestam-se dificuldades no estabelecimento de relações de sentido por parte dos alunos jovens.
>
> (Tomazetti e Schlickmann, 2016, p. 334-335)

Assim, um ensino desvinculado desses anseios dificilmente terá êxito em atrair os jovens e cumprir sua função.

Por esse motivo, as DCN já apontavam: "É sabido que a questão do atendimento das demandas das 'juventudes' vai além da atividade da escola, mas entende-se que uma parte significativa desse objetivo pode ser alcançada por meio da transformação do currículo escolar e do projeto político-pedagógico" (Brasil, 2013, p. 147).

O Novo Ensino Médio e a Base Nacional Comum Curricular

A crise apontada anteriormente pode ser tomada como incentivo para novas configurações escolares que atribuam valor a professores e estudantes.

Visando promover mudanças necessárias e propondo a construção de uma identidade própria para o Ensino Médio, foi idealizada uma reforma dessa etapa educacional, processo esse que foi oficialmente instituído em 2017 (Brasil, 2017) e posteriormente passou por amplo processo de escuta social e institucional, resultando na lei de reforma do Ensino Médio, a Lei n. 14 945, de 31 de julho 2024.

A reforma no Ensino Médio aliou-se ao estabelecimento da Base Nacional Comum Curricular, a BNCC (Brasil, 2018) no esforço conjunto de implementar de forma efetiva uma nova proposta de ensino, com o desafio de aproximar os estudantes do mundo contemporâneo.

Nesse sentido, com o objetivo de atender às necessidades da formação geral e à diversidade de expectativas dos jovens quanto à própria formação, a BNCC destaca a importância de "recontextualizar as finalidades do Ensino Médio, estabelecidas pela Lei de Diretrizes e Bases da Educação (LDB, art. 35) há mais de vinte anos, em 1996" (Brasil, 2018, p. 464).

A reforma do Ensino Médio prevê maior tempo na escola, mas não necessariamente maior ênfase na transmissão de conhecimentos conceituais. Ao contrário, ela pressupõe mais espaço e tempo para práticas diversificadas e flexíveis, maior integração entre os saberes, opções de itinerários conforme o interesse dos estudantes e um olhar para a construção de seus projetos de vida.

6 Oliveira. A. M. *Jovens e adolescentes no Ensino Médio*: sintomas de uma sistemática desvalorização das culturas juvenis. 2008. Dissertação (Mestrado em Educação) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2008.

7 Abramovay, M.; Castro, M. G. *Ensino Médio*: múltiplas vozes. Brasília, DF: Unesco/MEC, 2003.

8 Pais, J. M. Buscas de si: expressividades e identidades juvenis. *In*: Almeida, M. I. M.; Eugenio, F. *Culturas jovens*: novos mapas do afeto. Rio de Janeiro: Zahar, 2006. p. 7-10.

Essa nova estrutura do Ensino Médio [...] adota a **flexibilidade** como princípio de **organização curricular**, o que permite a construção de currículos e propostas pedagógicas que atendam mais adequadamente às especificidades locais e à multiplicidade de interesses dos estudantes, estimulando o exercício do **protagonismo juvenil** e fortalecendo o desenvolvimento de seus projetos de vida.

(Brasil, 2018, p. 468)

Vale ressaltar a importância dos fundamentos científico-tecnológicos para as várias juventudes e seus interesses. Para que sejam de fato garantidos, de modo a relacionar teoria e prática,

[...] a **escola que acolhe as juventudes**, por meio da articulação entre diferentes áreas do conhecimento, deve possibilitar aos estudantes:

- compreender e utilizar os conceitos e teorias que compõem a base do conhecimento científico-tecnológico, bem como os procedimentos metodológicos e suas lógicas;
- conscientizar-se quanto à necessidade de continuar aprendendo e aprimorando seus conhecimentos;
- apropriar-se das linguagens científicas e utilizá-las na comunicação e na disseminação desses conhecimentos; e
- apropriar-se das linguagens das tecnologias digitais e tornar-se fluentes em sua utilização.

(Brasil, 2018, p. 467)

Em caráter complementar, a BNCC passa a determinar quais aprendizagens comuns e obrigatórias, conectadas às competências que preparam os jovens para a vida, devem ser trabalhadas nas escolas de todo o país. É importante ressaltar a inter-relação entre aprendizagem e competências.

Na BNCC, **competência** é definida como a mobilização de conhecimentos (conceitos e procedimentos), habilidades (práticas, cognitivas e socioemocionais), atitudes e valores para resolver demandas complexas da vida cotidiana, do pleno exercício da cidadania e do mundo do trabalho.

Ao definir essas competências, a BNCC reconhece que a "educação deve afirmar valores e estimular ações que contribuam para a transformação da sociedade, tornando-a mais humana, socialmente justa e, também, voltada para a preservação da natureza" (Brasil, 2013[9]), mostrando-se também alinhada à Agenda 2030 da Organização das Nações Unidas (ONU[10]).

(Brasil, 2018, p. 8)

A BNCC propõe, para a etapa do Ensino Médio, uma organização curricular que possibilite a consolidação e o aprofundamento dos conhecimentos adquiridos no Ensino Fundamental, o conhecimento dos fundamentos científico-tecnológicos dos processos produtivos, além de abordagens e temas mais próximos das culturas juvenis, do mundo do trabalho e de dinâmicas e questões sociais do mundo contemporâneo.

9 Brasil. Secretaria de Direitos Humanos da Presidência da República. *Educação em direitos humanos*: diretrizes nacionais. Brasília, DF: Coordenação Geral de Educação/Secretaria Nacional de Promoção e Defesa dos Direitos Humanos, 2013. Disponível em: http://portal.mec.gov.br/index.php?option=com_docman&view=download&alias=32131-educacao-dh-diretrizesnacionais-pdf&Itemid=30192. Acesso em: 18 ago. 2024.

10 Organização das Nações Unidas (ONU). *Transformando nosso mundo*: a Agenda 2030 para o desenvolvimento sustentável. Disponível em: https://brasil.un.org/pt-br/91863-agenda-2030-para-o-desenvolvimento-sustent%C3%A1vel. Acesso em: 18 ago. 2024.

As aprendizagens essenciais da etapa seguem orientadas pelas dez competências gerais da Educação Básica e são organizadas em quatro áreas do conhecimento (Linguagens e suas Tecnologias, Matemática e suas Tecnologias, Ciências da Natureza e suas Tecnologias, Ciências Humanas e Sociais Aplicadas). Cada área do conhecimento é pautada por suas competências específicas, que são articuladas às habilidades a serem desenvolvidas ao longo do Ensino Médio. As habilidades estão relacionadas a diferentes conteúdos, conceitos e processos, que, por sua vez, são organizados em unidades temáticas.

Na BNCC, para cada área do conhecimento, são definidas **competências específicas**, articuladas às respectivas competências das áreas do Ensino Fundamental, com as adequações necessárias ao atendimento das especificidades de formação dos estudantes do Ensino Médio. [...]

Relacionadas a cada uma dessas competências, são descritas **habilidades** a ser desenvolvidas ao longo da etapa [...].

(Brasil, 2018, p. 470)

Em relação à complexidade e amplitude das competências, de acordo com a BNCC (p. 8), as dez competências gerais "consubstanciam, no âmbito pedagógico, os direitos de aprendizagem e desenvolvimento". Por sua vez, em relação às competências específicas das áreas, a BNCC informa:

Essas competências explicitam como as competências gerais da Educação Básica se expressam nas áreas. Elas estão articuladas às competências específicas de área para o Ensino Fundamental, com as adequações necessárias ao atendimento das especificidades de formação dos estudantes do Ensino Médio.

(Brasil, 2018, p. 33)

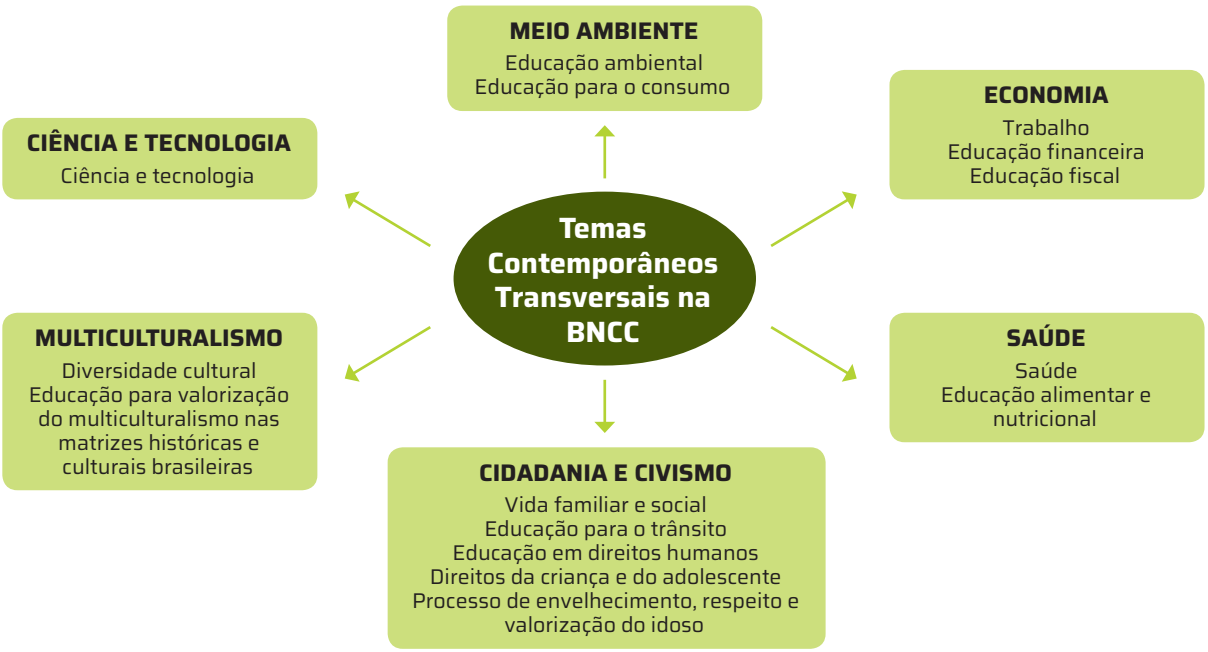
Essa concepção evidencia a proposta de um ensino com foco no desenvolvimento da capacidade de aprender, de saber lidar com a disponibilidade cada vez maior de informações, de atuar com discernimento e responsabilidade nos contextos das culturas digitais, de aplicar à resolução de problemas os saberes adquiridos, de tomar decisões de maneira autônoma, de ser proativo para identificar os dados em uma situação e buscar soluções pertinentes, de conviver e aprender com as diferenças e as diversidades. Nesse sentido, é salutar que os professores tenham autonomia para adaptar seu planejamento didático diante do projeto político pedagógico das escolas, visando à promoção dessas competências e habilidades.

Temas Contemporâneos Transversais

A BNCC também orienta que as escolas e redes de ensino incorporem a seus respectivos currículos e a suas propostas pedagógicas o trabalho com Temas Contemporâneos Transversais (TCTs). O objetivo é contextualizar o ensino com temas que afetam a vida humana, que despertam o interesse dos estudantes e que têm relevância em sua formação como cidadãos em diversas escalas (local, regional e global).

Os TCTs possibilitam estabelecer ligações entre diferentes componentes curriculares, atendem às demandas da sociedade contemporânea e contribuem para um ensino integrador e transversal. Essa abordagem se baseia na problematização da realidade e das situações de aprendizagem, na integração das habilidades e competências curriculares à resolução de problemas e na visão do conhecimento como uma construção coletiva.

Os TCTs perpassam diferentes áreas do conhecimento e se dividem em seis grandes áreas (ou macroáreas) temáticas, ilustradas no esquema a seguir:



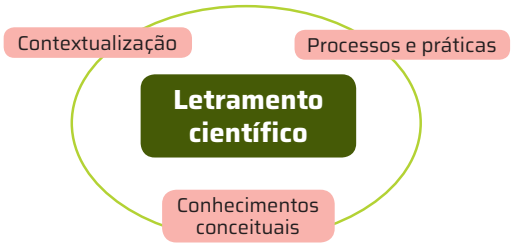
Brasil. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Básica. *Temas contemporâneos transversais na BNCC*: proposta de práticas de implementação. Brasília, DF: MEC/SEB, 2019. Disponível em: http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/implementacao/guia_pratico_temas_contemporaneos.pdf. Acesso em: 18 ago 2024.

As Ciências da Natureza na BNCC

De modo geral, o ensino de Ciências da Natureza proposto na BNCC está alinhado a um enfoque no letramento científico.

> [...] poucas pessoas aplicam os conhecimentos e procedimentos científicos na resolução de seus problemas cotidianos [...]. Tal constatação corrobora a necessidade de a Educação Básica – em especial, a área de Ciências da Natureza – comprometer-se com o letramento científico da população.
>
> É importante destacar que aprender Ciências da Natureza vai além do aprendizado de seus conteúdos conceituais. Nessa perspectiva, a BNCC da área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias – por meio de um olhar articulado da Biologia, da Física e da Química – define competências e habilidades que permitem a ampliação e a sistematização das aprendizagens essenciais desenvolvidas no Ensino Fundamental no que se refere: aos conhecimentos conceituais da área; à contextualização social, cultural, ambiental e histórica desses conhecimentos; aos processos e práticas de investigação e às linguagens das Ciências da Natureza.
>
> (Brasil, 2018, p. 547)

A abordagem da área de Ciências da Natureza deve ser compreendida não somente pelos conteúdos tradicionais mobilizados nas aulas, mas também pela possibilidade de aplicar nas práticas a lógica de produção de conhecimento usado nas Ciências da Natureza, que se baseia na investigação, na pesquisa, no raciocínio lógico, no pensamento crítico, na elaboração e verificação de hipóteses, entre outras estratégias.



Além disso, a própria discussão sobre os produtos e processos das ciências pode se articular ao dia a dia na sala de aula, possibilitando àqueles dispostos a realizar novas dinâmicas implementar um Ensino Médio relevante e efetivo para a formação dos jovens do século XXI.

O JOVEM, A ESCOLA E O ENSINO MÉDIO

Juventudes, currículo e equidade

De acordo com Dayrell e Carrano (2014), observou-se, nas últimas décadas, uma mudança significativa no modo como os jovens se comportam e se comunicam e no modo como expressam a própria identidade e opiniões, por meio de linguagens culturais. No contexto urbano, o sentido de pertencimento a um grupo somado aos impulsos pessoais de expressão de subjetividade levou os jovens a ocupar espaços públicos para produzir e expressar suas culturas. Assim, tais espaços passaram a ser entendidos como locais de uso coletivo ou espaços sociais que potencializam os encontros, as trocas e a expressão cultural deles. Os jovens passaram a se reunir nesses lugares não só para compartilhar ideias com seus pares e fruir manifestações artísticas, mas também para produzir músicas, vídeos, programas de rádios comunitárias, eventos culturais, entre outras formas de expressão.

> Por meio da produção dos grupos culturais a que pertencem, muitos deles recriam as possibilidades de entrada no mundo cultural além da figura do espectador passivo, ou seja, como criadores ativos. Por meio da música ou da dança que criam, dos *shows* que fazem ou dos eventos culturais que promovem, eles colocam em pauta, no cenário social, o lugar do jovem, principalmente no caso dos mais empobrecidos.
>
> (Dayrell e Carrano, 2014, p. 116)

Assim, os jovens estabeleceram uma nova relação com o consumo de bens culturais, tornaram-se protagonistas em seus meios e criaram novos modos de atuar na sociedade. Tudo isso indica que é salutar aproximar-se das culturas juvenis, acolhendo suas diversas modalidades de expressão, em uma educação que visa ao protagonismo e à autonomia.

Uma diferença importante é que muitos jovens do século XXI estão utilizando diversas formas de interação multimidiáticas e multimodais, em aplicativos educativos ou de entretenimento, por exemplo, e especialmente atuando nas redes sociais. Nesse cenário, existe um elemento fundamental a ser considerado: a desigualdade de acesso aos recursos tecnológicos. Enquanto algumas pessoas sentem que o uso exagerado das telas acirrou o imediatismo, o individualismo e a solidão, outras se sentem isoladas exatamente pelo inverso, ou seja, por não terem acesso a essas tecnologias e à internet. A pandemia de covid-19, que se iniciou em 2020 e persistiu por alguns anos, potencializou e escancarou os sentimentos de isolamento, ansiedade e exclusão, que não se restringiram a esse período, mas se tornaram problemas reais para as famílias e para a sociedade de forma ampla.

Se já não podíamos antes dizer que existe uma juventude, no singular, e padronizar nossa entrega aos estudantes, hoje, depois da publicação da BNCC e de tantos estudos nas áreas de educação, psicologia e sociologia, é imprescindível olhar para as individualidades e procurar enxergar que um jovem de periferia de uma metrópole provavelmente não tem as mesmas necessidades de um jovem que reside em um pequeno município rural, por exemplo. Temos uma diversidade de jovens e de juventudes no Brasil e no mundo – basta pensarmos em alguns fatores que claramente impactam a forma de vivenciar o mundo e de ser jovem, como gênero, local de residência, cor de pele, cultura da comunidade em que está inserido, entre outras.

A rede pública de ensino agrupa, em suas salas de aula, estudantes com diferentes perfis econômicos, sociais, políticos, identitários e de instrução; por isso, para que os objetivos de aprendizagem façam sentido para cada grupo específico de estudantes (ou seja, de cada escola, de cada ano, de cada turma), é preciso que esses objetivos sejam definidos com base no que se conhece de cada estudante, assegurando, com isso, que não se recorra a práticas de massificação e apagamento das diferenças observadas na turma, mas, sim, que se promova a equidade na educação. Equidade, como a própria BNCC explicita, significa, na prática, reconhecer que as necessidades dos estudantes são diferentes.

Ao fazer as escolhas curriculares, é papel de cada rede considerar a comunidade que a integra, de maneira ampla, assim como devem ficar nas mãos das escolas e dos professores fazer as escolhas necessárias para que esse currículo dialogue com a realidade de seus estudantes e os engaje no desejo de aprendizagem. Desse modo, a equidade se explicita a cada escolha feita pelos atores que compõem cada rede estadual e municipal de ensino e cada comunidade escolar, e essas decisões devem, necessariamente, dialogar com os diferentes perfis culturais e socioeconômicos que cada sala de aula acolhe. Não se trata de uma tarefa fácil. Por isso, dessa perspectiva, é preciso engajamento, colaboração e respeito mútuo, para que seja possível garantir um melhor índice nas aprendizagens e uma cultura de paz na comunidade escolar e em seu entorno.

Escola e inclusão

Compreender que a diversidade é uma característica intrínseca à sociedade e, por consequência, às salas de aula é imperioso. Cada estudante traz uma bagagem de habilidades, experiências e necessidades, e é papel da escola e dos educadores reconhecer e valorizar essa diversidade. É essencial reconhecer que cada estudante é único e apresenta demandas e capacidades muito próprias.

Para aprofundar as percepções sobre a múltipla diversidade de condições dos estudantes do Ensino Médio, é importante identificar as especificidades de possíveis deficiências e transtornos. De acordo com o artigo 2º da Lei Brasileira de Inclusão da Pessoa com Deficiência – Lei n. 13.146/2015 –, as pessoas com deficiência são aquelas que "têm impedimentos de longo prazo de natureza física, intelectual, mental ou sensorial, o qual, em interação com uma ou mais barreiras, pode obstruir sua participação plena e efetiva na sociedade em igualdade de condições com as demais pessoas".

Por sua vez, de acordo com a Resolução n. 4/2009 do Conselho Nacional de Educação Básica (Brasil, 2009), os estudantes com transtornos do neurodesenvolvimento são os "que apresentam um quadro de alterações no desenvolvimento psicomotor, comprometimento nas relações sociais, na comunicação ou estereotipias motoras". Os transtornos do neurodesenvolvimento englobam uma diversidade de condições que podem variar em nível e em grau, de acordo com o contexto. Nesse sentido, é possível citar o Transtorno do Espectro Autista (TEA), a Deficiência Intelectual (DI), o Transtorno do Déficit de Atenção e Hiperatividade (TDAH) e os transtornos de aprendizagem, sendo os mais comuns entre estes últimos a dislexia, a discalculia e a disgrafia.

É necessário compreender os desafios enfrentados pelos jovens que têm transtornos dessa ordem. Muitos deles podem apresentar dificuldades relativas à comunicação, interação social, compreensão das emoções dos outros, aprendizado acadêmico, bem como dificuldades comportamentais, sendo necessário adotar abordagens pedagógicas específicas para atender às necessidades de cada uma delas.

As deficiências, contudo, agrupam grande diversidade de condições humanas e podem se apresentar em diferentes dimensões, como a física (no caso de pessoas surdas e/ou cegas, de usuários de cadeiras de rodas, etc.) e a intelectual (por exemplo, a síndrome de Down). Assim como ocorre com os transtornos, é importante garantir ambientes que possam receber estudantes que apresentam tais condições e preparar-se para incentivá-los de maneira específica, adaptando propostas pedagógicas e ampliando o repertório escolar concernente a esse cenário.

Resumindo, esses jovens exigem uma política de gestão da escola para recebê-los e cuidar de sua formação, de acordo com seus direitos e suas possibilidades. A arquitetura inclusiva é essencial para facilitar o acesso à escola não só aos estudantes com condições físicas específicas, mas também a outras pessoas que tenham dificuldade de locomoção. É preciso incluir a disponibilização de material didático adaptado, a implementação de estratégias de ensino diferenciadas, como currículo individualizado, o suporte emocional e comportamental (se necessário), a tutoria e o uso de recursos digitais e até mesmo visuais (como os cartões de emoções, que ajudam a identificar os próprios sentimentos e a compartilhá-los com outras pessoas).

Outra estratégia eficaz é trabalhar com os jovens habilidades de resolução de problemas e conflitos. Aqueles que apresentam tais transtornos podem se sentir desafiados em situações de conflito, o que pode ser sanado ou amenizado mediante o ensino de habilidades de negociação, escuta e empatia.

Também pode-se explorar propostas de trabalho colaborativo, em duplas ou grupos, a expressão oral ou a dramatização como recursos para entender ou explicar o pensamento. No entanto, para cada jovem não bastam as estratégias de ensino, também é preciso repensar o que ensinar em função de suas possibilidades. Algumas orientações que podem auxiliar seu planejamento para esses estudantes estão listadas a seguir.

- Organizar o trabalho, combinando com a turma a maneira de realizá-lo, de modo que todos saibam o que se espera de cada um. Comece a aula organizando o que será feito, as tarefas e, se for o caso, as expectativas diferenciadas para os estudantes com deficiência.
- Selecionar conteúdos, relacionando os conceitos das Ciências da Natureza ao contexto e às experiências dos estudantes.
- Utilizar recursos digitais e ferramentas *on-line* que os estudantes possam acessar de acordo com seu potencial, permitindo, também, retomadas ou preparação prévia de qualquer lugar. Plataformas de aprendizagem *on-line*, vídeos educativos e aplicativos interativos podem ser muito úteis.
- Planejar o ensino colaborativo por meio do trabalho em grupo e a aprendizagem colaborativa. Diferentes estudantes podem se beneficiar ao compartilhar seus conhecimentos e habilidades.

Por fim, as decisões para a real inclusão de estudantes com deficiências devem sempre evidenciar, bem como assegurar e promover, em condições de igualdade, que a pessoa com deficiência faz parte do grupo social e é aceita do modo como se apresenta. Não se trata de oferecer concessões ou favores, mas de demarcar o território escolar como um espaço de acolhimento e de cidadania. Portanto, escolas verdadeiramente inclusivas são fundamentais para a construção de uma sociedade inclusiva. Acreditamos, com isso, que a diversidade de condições físicas e neurológicas pode ser bem atendida quando há promoção de valores, como colaboração e empatia; criação de ambientes acolhedores e seguros; valorização ativa da diversidade; e envolvimento da comunidade.

O ENSINO DE CIÊNCIAS DA NATUREZA

Ciências da Natureza e interdisciplinaridade

No amplo processo de reformulação do Ensino Médio, a flexibilização curricular é um dos principais pontos, bem como a ampliação da carga horária mínima, o foco no estudante e em seu desenvolvimento integral e a incorporação de práticas escolares mais dinâmicas e interativas. Essa flexibilização visa possibilitar que os estudantes escolham parte de seu percurso educativo como forma de conectar o aprendizado a seus interesses e projeto de vida. Com isso, o currículo do Ensino Médio passou a integrar formação geral e itinerários formativos. A formação geral, comum a todos os estudantes, está organizada por áreas do conhecimento integradas por componentes curriculares, propondo o trabalho com o conhecimento aplicado e tendo como foco o desenvolvimento de competências. Em relação às ciências naturais, estas estão organizadas na área de conhecimento Ciências da Natureza, a qual é integrada por Biologia, Química e Física.

Não é de hoje que se discute a articulação entre Biologia, Física e Química. As Diretrizes Curriculares Nacionais da Educação Básica (Brasil, 2013, p. 195) já propunham, em seu artigo 8, um "tratamento metodológico que evidencie a contextualização e a interdisciplinaridade ou outras formas de interação e articulação entre diferentes campos de saberes específicos". Em outros documentos oficiais que organizam o currículo, essas disciplinas integram o mesmo campo do conhecimento – a área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias. Essa proximidade justifica-se pela existência de características comuns, como o caráter investigativo, com a aplicação de estruturas lógicas hipotético-dedutivas, e, muitas vezes, a mesma linguagem de sistematização e representação do conhecimento.

Nesse sentido, esta coleção procura oferecer os conteúdos da Biologia, da Física e da Química em seus respectivos volumes únicos, mas também promover a interdisciplinaridade sempre que possível. Isso ocorre por meio de atividades, de conteúdos ou temas pontuais, em seções e boxes, como as seções e os boxes *Biologia e...*, *Física e...* ou *Química e...* (a depender do volume em questão), assim como nos projetos ou em outras seções e momentos da obra. Com isso, procura-se a interação interdisciplinar sem perder de vista os conhecimentos dos componentes curriculares. Não se trata, portanto, de tirar de cena os conteúdos da Biologia, da Física e da Química, mas de promover a interação entre eles (ou com outros componentes curriculares) quando oportuno. É possível, assim, atuar com os componentes curriculares e, ao mesmo tempo, mobilizar o conhecimento destes para o tratamento dos temas interdisciplinares.

A abordagem de temas transversais e/ou contemporâneos e a realização de projetos também ganham especial importância. Tais estratégias são válidas e permitem enormes ganhos em eficácia na aprendizagem. Em ciências, sejam elas naturais, sejam humanas, há noções e conceitos-chave que permeiam os componentes curriculares. A seleção e a eleição dessas noções ou desses conceitos centrais como foco de trabalho interdisciplinar são muito instigantes. Pense, por exemplo, nas ideias de transformação ou de ciclo, ou em conceitos como energia, espaço e tempo. Todos eles estão presentes e são significativos em muitos componentes, da Física à História, da Geologia à Geografia, passando pela Química e pela Biologia. Essas ideias e esses conceitos de caráter interdisciplinar podem, portanto, ser uma motivação especial para a abordagem das ciências naturais.

Não há dúvida de que a interdisciplinaridade traz muitos desafios, especialmente para o professor. Primeiro, porque a formação do docente foi, provavelmente, de caráter estritamente disciplinar, com poucas oportunidades formativas de trabalho interdisciplinar. Segundo, porque, de maneira geral, a escola brasileira ainda carece de práticas organizacionais de trabalho colaborativo típicas de uma proposta interdisciplinar. No que diz respeito ao primeiro desafio, uma alternativa é a busca – em nível governamental, escolar e individual – por oportunidades de formação continuada do professor. Igualmente importante é a construção de aulas em conjunto com professores dos componentes curriculares que formam as Ciências da Natureza – como também de outras áreas de conhecimento. Quanto ao segundo desafio, um passo imprescindível é considerar a interdisciplinaridade na construção do próprio projeto político-pedagógico da escola.

A Biologia no contexto das Ciências da Natureza

Há registro do uso do termo "biologia", em 1766, pelo físico e filósofo alemão Michael Christoph Hanov (1695-1773). Contudo, foi só na primeira década do século XIX que o naturalista francês Jean-Batiste Lamarck (1744-1829) deu ao termo uma formulação mais sistemática, conferindo-lhe o significado de uma ciência da vida como fenômeno unificado e não somente dos seres vivos. Até então, algumas das áreas que mais tarde se tornariam disciplinas da Biologia estavam integradas à Medicina (casos da Anatomia e da Fisiologia), à História Natural e à Botânica. De fato, alguns autores consideram que somente após o advento da teoria da evolução pela seleção natural, elaborada pelos britânicos Charles Darwin (1809-1882) e Alfred Wallace (1823-1913), a Biologia consolidou-se como ciência, pois permitiu a unificação teórica de muitos fenômenos antes compreendidos de modo relativamente independente.

Atualmente a Biologia trabalha com uma diversidade imensa de organismos e atua sob o enfoque de várias áreas de pesquisa. Trata-se de uma ciência extremamente dinâmica – é o que comprova a publicação, a cada ano, de mais de centenas de milhares de artigos científicos relacionados às diversas áreas que a compõem. Além disso, novas fronteiras de investigação vêm sendo abertas. É o caso, por exemplo, de áreas de pesquisa impulsionadas pelo aperfeiçoamento de técnicas de biologia molecular, como a genética, a engenharia genética, a sistemática, etc.

Esse crescimento – não somente da Biologia, mas também da Física e da Química – nas últimas décadas impõe alguns desafios para os professores, os quais se veem diante da necessidade de compreender os fundamentos de diversas disciplinas e, ao mesmo tempo, de se manterem atualizados, para auxiliar os estudantes na aquisição e na interpretação dos novos conhecimentos divulgados cotidianamente. Parte dessa tarefa pode ser facilitada se o professor tiver em mente, de modo bem assimilado, as teorias, as noções, as ideias e os conceitos mais importantes que sustentam a Biologia, como a teoria da evolução por seleção natural. Por meio da teoria da evolução, por exemplo, explicam-se inúmeros processos biológicos, tanto os microscópicos como os mais abrangentes, no nível do organismo ou mesmo no da biosfera. Ela é, portanto, uma teoria central da Biologia, e o domínio dos conceitos ligados aos mecanismos evolutivos, como os de competição, de adaptação e de seleção natural, se bem compreendidos, conferem aos estudantes a base requerida para a assimilação de muitos fenômenos e processos relativos a outras disciplinas da Biologia, tais como a Citologia, a Embriologia, a Botânica e a Zoologia. Assim como a teoria da evolução, há também outros temas ou conceitos estruturadores do pensamento em Biologia e, por isso, fundamentais – como a origem da vida, a transmissão da vida, a ética e a manipulação genética, a diversidade da vida, entre outros. Eles podem, por essa razão, ser empregados como norteadores no processo de ensino-aprendizagem.

A Física no contexto das Ciências da Natureza

A Física pode expandir a compreensão do mundo. Para transferir esse benefício à sociedade, é preciso assegurar o acesso dos estudantes aos saberes produzidos. No entanto, não interessa apenas que os estudantes tenham acesso aos conhecimentos da Física, mas que também tenham compreensão dos instrumentos que acompanham seu aprendizado, evitando generalidades sem significado.

Contudo, mesmo diante de sua importância na aquisição de competências investigativas, o ensino da Física – e, por vezes, da Química – pode ser considerado difícil e complicado. Em parte, isso se explica pelo formalismo matemático, muitas vezes necessário, na resolução de problemas. Por outro lado, nem sempre os estudantes conseguem se apropriar adequadamente dos conhecimentos matemáticos necessários a essa fase da escolaridade. Isso contribui para que a Física se distancie da vida e da realidade deles.

Nesse sentido, é essencial a contextualização do conhecimento científico, que pode ser traduzida em ações complementares: a identificação de fenômenos naturais e de tecnologias presentes na vida diária e a explicação ampla de tais fenômenos e tecnologias que envolvem dimensões do saber diversas. Há também o papel instigante e motivador da investigação científica como elemento característico das Ciências da Natureza no contexto físico, bem como as relações que a Física estabelece com outras áreas do conhecimento. Temas como estrutura da matéria, história da ciência, clima e aquecimento global e astrobiologia, por exemplo, permitem que a Física interaja com outros componentes curriculares, como a Química, a Biologia, a História, a Geografia, entre outros. Essas ações ainda podem servir como pontos de partida ou de apoio para a discussão de assuntos distantes da realidade imediata da sala de aula. A aproximação entre o científico e o cotidiano se dá inicialmente pelo reconhecimento de que existe um conhecimento empírico acumulado pelos estudantes do Ensino Médio e que tal conhecimento é fruto de suas vivências, de sua história pessoal e de sua inserção no mundo.

Por fim, pode-se ver a Física como elemento da ciência, mas também da cultura. Essa concepção reforça o redirecionamento dos elementos históricos, éticos e estéticos – antes empregados como meros objetos de motivação ou ilustração – para um papel de maior relevância. É preciso despertar nos estudantes a capacidade de perceber que a Física – assim como a Química e a Biologia – está presente também em diferentes campos da cultura: nas artes plásticas (como em pinturas e esculturas), na arquitetura, na literatura, nas histórias em quadrinhos, nos filmes, nas séries, no teatro, na música, nos esportes. Assim, é necessário trazer para o ensino de Física diferentes objetos culturais e, ao mesmo tempo, promover a difusão científico-cultural em diversas instâncias para além do ambiente escolar.

A Química no contexto das Ciências da Natureza

A sociedade interage com o conhecimento químico em vários níveis e por diferentes meios, como pela escolaridade formal, por meio da mídia ou por saberes populares. E não são só os químicos que fazem uso dessa ciência, mas também os profissionais de áreas diversas, como Medicina, Farmácia e Artes. Além disso, ela faz parte de inúmeras interações cotidianas. Com isso em mente, é importante ressaltar que a Química e alguns conceitos a ela relacionados são objetos de representações sociais pelos estudantes; portanto, considerar as concepções elaboradas por eles no decorrer da vida em sociedade é de extrema importância para que o processo de ensino-aprendizagem seja bem-sucedido, pois, em geral, tais representações estão solidamente incorporadas ao modo de pensar dos estudantes sobre os fenômenos que os cercam. Ao ignorar essas representações, o professor corre o risco de não se fazer compreender. A interpretação da expressão "substância química", por exemplo, pode ficar comprometida caso os estudantes considerem eventual visão negativa veiculada pela mídia, ou seja, interpretando-a como algo ruim, poluidor, tóxico, artificial, etc.

Nesse sentido, é salutar não reforçar visões maniqueístas a respeito da Química, segundo as quais ela estaria ligada meramente a aspectos negativos do cotidiano. Por exemplo, ao abordar a temática ambiental, é fundamental cuidar para que a Química não seja mostrada somente pelo viés de problemas ambientais, como a poluição de rios e solos, mas também como componente essencial para a sustentabilidade, como evidenciado pela Química Verde. Do mesmo modo, é importante explorar as variadas aplicações e a articulação da Química com outros componentes curriculares. Isso inclui abordar os ciclos biogeoquímicos em conjunto com a Biologia e a Geografia, os modelos atômicos em consonância com a Física e a reciclagem como ação sustentável e forma de subsistência, relacionando-a à Biologia e à Sociologia.

Desse modo, pode-se afirmar que o ensino de Química contribui de maneira eficaz para o pleno exercício da cidadania quando consegue levar os estudantes a relacionar os conceitos científicos entre si e com suas implicações socioeconômicas, culturais, ambientais e tecnológicas. Para isso, é preciso desmistificar a ideia de que a Química é algo distante da realidade dos estudantes, aproximando-a do cotidiano deles e da sala de aula, reforçando seu protagonismo.

Contextualização da ciência

Explicações fundamentadas no senso comum costumam ter um caráter local, específico, particularizado e, com frequência, inconsistente. Por isso é importante estabelecer conexões entre o conhecimento empírico e o conhecimento científico, não para transformar o empírico em científico, mas para explorar as contradições e limitações de um e de outro. Assim, ao contrapor e avaliar diferentes interpretações (prévias, empíricas ou científicas), favorecemos atitudes reflexivas, críticas e investigativas. Ao mesmo tempo, o ensino formal deve permitir aos estudantes a percepção dos limites dos modelos, inclusive dos científicos.

Para contextualizar a produção do conhecimento das Ciências da Natureza em relação a aspectos históricos e sociais, parte-se do pressuposto de que a produção científica, na tentativa de alcançar determinado saber, percorre um caminho marcado por continuidades e rupturas, ou seja, os problemas são tratados dentro da história e da ciência, bem como das implicações sociais que acarretam, explicitando suas origens, as tentativas de solução e as controvérsias. Essa dimensão procura mostrar o conhecimento científico como produto histórico da humanidade, ilustrando como a produção científica percorre uma rota acidentada, coletiva, cheia de percalços e desvios.

É com base nessa percepção ampla de contextualização que o ensino de Ciências da Natureza pode desenvolver nos estudantes a competência crítico-analítica. Com esse objetivo, esta coleção procura explorar os conhecimentos prévios dos estudantes, de maneira que possam refletir sobre a contextualização histórica e social da ciência e da tecnologia, bem como suas aplicações no cotidiano. A coleção busca, ainda, ser atraente e desenvolver nos estudantes competências cognitivas, práticas e sociais a que todo cidadão tem direito – e que se traduzem na capacidade de descrever, interpretar e agir sobre a realidade –, procurando estimular também o planejamento de ações e o pluralismo de ideias.

O papel do professor no Ensino Médio

Levando em conta o exposto anteriormente, consideramos fundamental o papel mediador do professor.

> O que distingue a atuação do professor das demais experiências mediadas presentes no cotidiano do aluno é a maneira planejada, intencional com que ele organiza a sua prática didática, considerando-se que: "os mediadores são todas as pessoas que organizam com intencionalidade sua interação e atribuem significados aos estímulos que o educando recebe" (TÉBAR, 2011, p. 114). O professor ajuda a suscitar o interesse e captar a atenção do aluno, trazendo-o para junto do objeto, a fim de que ao aprendê-lo derive benefícios desta experiência. [...]
>
> A mediação demanda domínio da prática das relações humanas, porque, o mediador é um educador que assume completamente a responsabilidade de seu trabalho educativo, envolve-se na formação integral dos educandos dentro dos limites éticos e é cônscio de que o processo formativo é holístico, pois envolve todo o ser humano. Em suma, "o professor deve ter atitudes de empatia e acolhimento, de permanente interação, de críticas positivas da cultura e vivência dos valores que pretende transmitir" (Tébar, 2011, p.115).
>
> No processo de construção dos conhecimentos do próprio aluno, o professor é o mediador que gerencia, planeja e executa a aplicação das atividades e as relações dos sujeitos com o objeto a fim de atingir os objetivos de aprendizagem dos alunos. O objetivo é a autonomia do aluno, pois ao estruturar sua ação, o professor tem em mente, "[...] que os educandos são os protagonistas de sua própria aprendizagem" (Tébar, 2011, p.125). A autonomia do aluno é construída ao longo do trabalho docente quando este oferece oportunidades ao aluno de tomar decisões (Freire, 2006, p.120).
>
> O professor medeia o processo de aprendizagem do aluno em direção à autonomia da aprendizagem, quando o aluno aprende a aprender. De acordo com os pressupostos da teoria do sócio construtivismo ou sócio-interacionismo de Vygotsky, a aprendizagem é construída no processo de interação social onde o conhecimento é mediado. A prática mediadora é ampla e se manifesta nas relações sociais. Não é somente o professor que cumpre o papel de mediador na vida do aluno, mas a família e a comunidade também o fazem, pois "[...]a mediação é uma forma de interação que engloba todos os âmbitos da vida dos educandos" (Tébar, 2011, p. 114).
>
> A atuação intencional do professor permite que o aluno transcenda e perceba novos sentidos acrescentados pelo conhecimento adquirido, e desta forma desempenha o papel de mediador do processo de ensino-aprendizagem. [...]
>
> [...]
>
> Lima, Miriam Bastos Reis Maia; Guerreiro, Elaine Maria Bessa Rebello. Perfil do professor mediador: proposta de identificação. *Revista Educação*. Centro de Educação – Universidade Federal de Santa Maria (UFSM). Disponível em: https://periodicos.ufsm.br/reveducacao/article/view/34189/pdf. Acesso em: 18 ago. 2024.

Neste sentido, o professor se posiciona como um mediador de linguagens e oportunidades educativas, como aquele que apoia o acesso ao conhecimento e não aquele que o detém. Reuven Feuerstein (1921-2014) reforça que são essenciais algumas características para que, de fato, se efetive a mediação, como intencionalidade e reciprocidade, transcendência e mediação dos significados. Essas e outras características favorecem a autonomia e o protagonismo dos estudantes.

O papel do professor é especialmente importante pois, em geral, em uma turma há estudantes de diferentes perfis, com diferenças significativas em seus conhecimentos e experiências, o que impõe desafios à aprendizagem, principalmente se a turma for grande. Torna-se importante identificar eventuais dificuldades dos estudantes e orientá-los na análise e na descoberta de caminhos e soluções, procurando, sempre que possível, entender essa variedade na base cultural dos jovens, de suas linguagens e de seus anseios de vida. O diálogo e a escuta ativa, em consonância com abordagens como discussões, o trabalho em grupos, o trabalho com outros professores, etc., são essenciais.

De mesmo modo, estimular o debate e o posicionamento crítico dos estudantes no sentido de valorizar uma visão humanista, de respeito aos direitos humanos, à diversidade de corpos, de sexualidades, de gêneros, de culturas, de etnias, de classes sociais, de crenças religiosas, entre outros.

Ao professor também é importante não deixar de investir em seu aprendizado. Sabemos que o cotidiano da sala de aula é desafiador, mas hoje em dia há boa oferta de cursos *on-line* gratuitos que podem colaborar nesse sentido. Um exemplo é a plataforma Avamec, do Ministério da Educação, disponível em https://avamec.mec.gov.br/ (acesso em: 18 ago. 2024). A plataforma propõe um ambiente virtual de aprendizagem que possibilita realizar cursos a distância, projetos de pesquisa ou colaborativos e outras maneiras de apoio educacional a distância para o processo de ensino-aprendizagem.

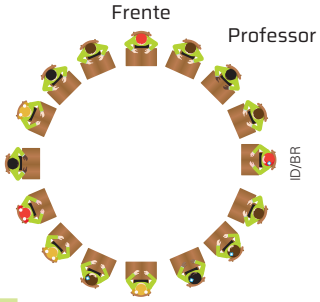
Formas de organização da turma

Pensar a escola é pensar em um espaço formativo, pois é por meio das relações, reações, vivências e convivências nesses ambientes que professores e estudantes se formam juntos. Organizar de maneiras alternativas as carteiras em sala de aula tem como objetivo atender melhor às necessidades diversas dos estudantes, promover interações mais significativas e facilitar métodos de ensino mais dinâmicos e participativos.

As disposições em círculo ou em U, por exemplo, permitem que todos os estudantes se vejam e se ouçam claramente, facilitando a discussão em grupo, a colaboração e o compartilhamento de ideias. Isso não apenas enriquece a experiência de aprendizagem, mas também ajuda a desenvolver habilidades sociais e comunicativas essenciais para o sucesso dentro e fora da sala de aula. Outra possibilidade ideal para trabalhos em grupo ou projetos colaborativos com mais de quatro estudantes é organizar as carteiras em ilhas ou grupos menores para fomentar um ambiente mais cooperativo. Para atividades que exigem foco individual, como testes ou tarefas de escrita, uma disposição em filas ou em forma de L pode ser mais adequada para reduzir distrações e aumentar a concentração. Já a organização da sala em diferentes estações ou áreas, cada uma dedicada a uma atividade específica, estimula a autonomia dos estudantes, permitindo que se movimentem e escolham as atividades que desejam realizar. Observe a seguir a representação de algumas dessas disposições.

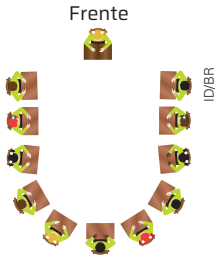
Círculo

Ideal para debates, discussões em grupo e atividades de compartilhamento.



Formato em U

Recomendado para aulas expositivas, discussões e apresentações, permitindo uma boa interação com o professor.

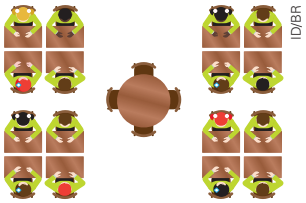


Grupos ou ilhas

Facilita a realização de projetos e atividades em grupo.

Organização em estações

Ideal para aprendizagem com base em centros de interesse, projetos e rotação por estações.



A flexibilidade na organização das carteiras permite que os professores adaptem o ambiente de acordo com os objetivos específicos de cada aula ou atividade. Essa adaptabilidade é crucial em um mundo educacional em constante mudança, no qual as metodologias e abordagens pedagógicas estão sempre evoluindo para melhor atender às necessidades dos estudantes. Há ainda a possibilidade de utilizar espaços externos à sala a de aula, de modo que os estudantes possam experimentar diferentes arranjos em um ambiente mais dinâmico e inclusivo.

ESTRATÉGIAS E ABORDAGEM TEÓRICO-METODOLÓGICA

Desenvolvimento de competências

As semelhanças entre Biologia, Química e Física no contexto das Ciências da Natureza e suas Tecnologias, especialmente no que se refere a procedimentos e linguagens comuns, justificam tanto o compartilhamento quanto o estímulo ao desenvolvimento das competências gerais e específicas e das habilidades que consistem nos objetivos fundamentais desses componentes curriculares.

De modo geral, deseja-se que os estudantes dessa área sejam capazes de se comunicar, obter informações, argumentar, compreender, agir, enfrentar problemas, fazer escolhas, propor soluções, entre outros exemplos de competências ou qualificações humanas amplas desejáveis.

Nesta coleção, compartilhamos o entendimento de competências e habilidades preconizado pela BNCC, apresentado anteriormente. No conjunto de seus três volumes, procurou-se desenvolver todas as competências gerais da Educação Básica e todas as competências específicas e habilidades da área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias.

Esse trabalho com competências e habilidades, além de reforçar o aspecto interdisciplinar, estimula a autonomia, o protagonismo e o pensamento crítico dos estudantes, conduzindo-os

a um papel central como sujeitos do próprio aprendizado. Também promove atitudes e valores, contribuindo para a formação de estudantes com visão ética, justa, inclusiva, sustentável e solidária, para o desenvolvimento de seus projetos de vida e para lidar com os desafios das sociedades contemporâneas.

Relacionamos, a seguir, as competências gerais da Educação Básica e as competências específicas e habilidades de Ciências da Natureza e suas Tecnologias para o Ensino Médio. As siglas utilizadas para as competências que serão mencionadas mais adiante neste Manual são: competências gerais da Educação Básica (CGEB) e competências específicas de Ciências da Natureza e suas Tecnologias para o Ensino Médio (CECNTEM).

COMPETÊNCIAS GERAIS DA EDUCAÇÃO BÁSICA

1. Valorizar e utilizar os conhecimentos historicamente construídos sobre o mundo físico, social, cultural e digital para entender e explicar a realidade, continuar aprendendo e colaborar para a construção de uma sociedade justa, democrática e inclusiva.

2. Exercitar a curiosidade intelectual e recorrer à abordagem própria das ciências, incluindo a investigação, a reflexão, a análise crítica, a imaginação e a criatividade, para investigar causas, elaborar e testar hipóteses, formular e resolver problemas e criar soluções (inclusive tecnológicas) com base nos conhecimentos das diferentes áreas.

3. Valorizar e fruir as diversas manifestações artísticas e culturais, das locais às mundiais, e também participar de práticas diversificadas da produção artístico-cultural.

4. Utilizar diferentes linguagens – verbal (oral ou visual-motora, como Libras, e escrita), corporal, visual, sonora e digital –, bem como conhecimentos das linguagens artística, matemática e científica, para se expressar e partilhar informações, experiências, ideias e sentimentos em diferentes contextos e produzir sentidos que levem ao entendimento mútuo.

5. Compreender, utilizar e criar tecnologias digitais de informação e comunicação de forma crítica, significativa, reflexiva e ética nas diversas práticas sociais (incluindo as escolares) para se comunicar, acessar e disseminar informações, produzir conhecimentos, resolver problemas e exercer protagonismo e autoria na vida pessoal e coletiva.

6. Valorizar a diversidade de saberes e vivências culturais e apropriar-se de conhecimentos e experiências que lhe possibilitem entender as relações próprias do mundo do trabalho e fazer escolhas alinhadas ao exercício da cidadania e ao seu projeto de vida, com liberdade, autonomia, consciência crítica e responsabilidade.

7. Argumentar com base em fatos, dados e informações confiáveis, para formular, negociar e defender ideias, pontos de vista e decisões comuns que respeitem e promovam os direitos humanos, a consciência socioambiental e o consumo responsável em âmbito local, regional e global, com posicionamento ético em relação ao cuidado de si mesmo, dos outros e do planeta.

8. Conhecer-se, apreciar-se e cuidar de sua saúde física e emocional, compreendendo-se na diversidade humana e reconhecendo suas emoções e as dos outros, com autocrítica e capacidade para lidar com elas.

9. Exercitar a empatia, o diálogo, a resolução de conflitos e a cooperação, fazendo-se respeitar e promovendo o respeito ao outro e aos direitos humanos, com acolhimento e valorização da diversidade de indivíduos e de grupos sociais, seus saberes, identidades, culturas e potencialidades, sem preconceitos de qualquer natureza.

10. Agir pessoal e coletivamente com autonomia, responsabilidade, flexibilidade, resiliência e determinação, tomando decisões com base em princípios éticos, democráticos, inclusivos, sustentáveis e solidários.

(Brasil, 2018, p. 9-10)

COMPETÊNCIAS ESPECÍFICAS DE CIÊNCIAS DA NATUREZA E SUAS TECNOLOGIAS PARA O ENSINO MÉDIO

1. Analisar fenômenos naturais e processos tecnológicos, com base nas interações e relações entre matéria e energia, para propor ações individuais e coletivas que aperfeiçoem processos produtivos, minimizem impactos socioambientais e melhorem as condições de vida em âmbito local, regional e global.

2. Analisar e utilizar interpretações sobre a dinâmica da Vida, da Terra e do Cosmos para elaborar argumentos, realizar previsões sobre o funcionamento e a evolução dos seres vivos e do Universo, e fundamentar e defender decisões éticas e responsáveis.

3. Investigar situações-problema e avaliar aplicações do conhecimento científico e tecnológico e suas implicações no mundo, utilizando procedimentos e linguagens próprios das Ciências da Natureza, para propor soluções que considerem demandas locais, regionais e/ou globais, e comunicar suas descobertas e conclusões a públicos variados, em diversos contextos e por meio de diferentes mídias e tecnologias digitais de informação e comunicação (TDIC).

(Brasil, 2018, p. 553)

HABILIDADES DE CIÊNCIAS DA NATUREZA E SUAS TECNOLOGIAS PARA O ENSINO MÉDIO

Competência específica 1

(EM13CNT101) Analisar e representar, com ou sem o uso de dispositivos e de aplicativos digitais específicos, as transformações e conservações em sistemas que envolvam quantidade de matéria, de energia e de movimento para realizar previsões sobre seus comportamentos em situações cotidianas e em processos produtivos que priorizem o desenvolvimento sustentável, o uso consciente dos recursos naturais e a preservação da vida em todas as suas formas.

(EM13CNT102) Realizar previsões, avaliar intervenções e/ou construir protótipos de sistemas térmicos que visem à sustentabilidade, considerando sua composição e os efeitos das variáveis termodinâmicas sobre seu funcionamento, considerando também o uso de tecnologias digitais que auxiliem no cálculo de estimativas e no apoio à construção dos protótipos.

(EM13CNT103) Utilizar o conhecimento sobre as radiações e suas origens para avaliar as potencialidades e os riscos de sua aplicação em equipamentos de uso cotidiano, na saúde, no ambiente, na indústria, na agricultura e na geração de energia elétrica.

(EM13CNT104) Avaliar os benefícios e os riscos à saúde e ao ambiente, considerando a composição, a toxicidade e a reatividade de diferentes materiais e produtos, como também o nível de exposição a eles, posicionando-se criticamente e propondo soluções individuais e/ou coletivas para seus usos e descartes responsáveis.

(EM13CNT105) Analisar os ciclos biogeoquímicos e interpretar os efeitos de fenômenos naturais e da interferência humana sobre esses ciclos, para promover ações individuais e/ou coletivas que minimizem consequências nocivas à vida.

(EM13CNT106) Avaliar, com ou sem o uso de dispositivos e aplicativos digitais, tecnologias e possíveis soluções para as demandas que envolvem a geração, o transporte, a distribuição e o consumo de energia elétrica, considerando a disponibilidade de recursos, a eficiência energética, a relação custo/benefício, as características geográficas e ambientais, a produção de resíduos e os impactos socioambientais e culturais.

(EM13CNT107) Realizar previsões qualitativas e quantitativas sobre o funcionamento de geradores, motores elétricos e seus componentes, bobinas, transformadores, pilhas, baterias e dispositivos eletrônicos, com base na análise dos processos de transformação e condução de energia envolvidos – com ou sem o uso de dispositivos e aplicativos digitais –, para propor ações que visem a sustentabilidade.

(Brasil, 2018, p. 555)

HABILIDADES DE CIÊNCIAS DA NATUREZA E SUAS TECNOLOGIAS PARA O ENSINO MÉDIO
Competência específica 2
(EM13CNT201) Analisar e discutir modelos, teorias e leis propostos em diferentes épocas e culturas para comparar distintas explicações sobre o surgimento e a evolução da Vida, da Terra e do Universo com as teorias científicas aceitas atualmente.
(EM13CNT202) Analisar as diversas formas de manifestação da vida em seus diferentes níveis de organização, bem como as condições ambientais favoráveis e os fatores limitantes a elas, com ou sem o uso de dispositivos e aplicativos digitais (como *softwares* de simulação e de realidade virtual, entre outros).
(EM13CNT203) Avaliar e prever efeitos de intervenções nos ecossistemas, e seus impactos nos seres vivos e no corpo humano, com base nos mecanismos de manutenção da vida, nos ciclos da matéria e nas transformações e transferências de energia, utilizando representações e simulações sobre tais fatores, com ou sem o uso de dispositivos e aplicativos digitais (como *softwares* de simulação e de realidade virtual, entre outros).
(EM13CNT204) Elaborar explicações, previsões e cálculos a respeito dos movimentos de objetos na Terra, no Sistema Solar e no Universo com base na análise das interações gravitacionais, com ou sem o uso de dispositivos e aplicativos digitais (como *softwares* de simulação e de realidade virtual, entre outros).
(EM13CNT205) Interpretar resultados e realizar previsões sobre atividades experimentais, fenômenos naturais e processos tecnológicos, com base nas noções de probabilidade e incerteza, reconhecendo os limites explicativos das ciências.
(EM13CNT206) Discutir a importância da preservação e conservação da biodiversidade, considerando parâmetros qualitativos e quantitativos, e avaliar os efeitos da ação humana e das políticas ambientais para a garantia da sustentabilidade do planeta.
(EM13CNT207) Identificar, analisar e discutir vulnerabilidades vinculadas às vivências e aos desafios contemporâneos aos quais as juventudes estão expostas, considerando os aspectos físico, psicoemocional e social, a fim de desenvolver e divulgar ações de prevenção e de promoção da saúde e do bem-estar.
(EM13CNT208) Aplicar os princípios da evolução biológica para analisar a história humana, considerando sua origem, diversificação, dispersão pelo planeta e diferentes formas de interação com a natureza, valorizando e respeitando a diversidade étnica e cultural humana.
(EM13CNT209) Analisar a evolução estelar associando-a aos modelos de origem e distribuição dos elementos químicos no Universo, compreendendo suas relações com as condições necessárias ao surgimento de sistemas solares e planetários, suas estruturas e composições e as possibilidades de existência de vida, utilizando representações e simulações, com ou sem o uso de dispositivos e aplicativos digitais (como *softwares* de simulação e de realidade virtual, entre outros).

(Brasil, 2018, p. 557)

HABILIDADES DE CIÊNCIAS DA NATUREZA E SUAS TECNOLOGIAS PARA O ENSINO MÉDIO
Competência específica 3
(EM13CNT301) Construir questões, elaborar hipóteses, previsões e estimativas, empregar instrumentos de medição e representar e interpretar modelos explicativos, dados e/ou resultados experimentais para construir, avaliar e justificar conclusões no enfrentamento de situações-problema sob uma perspectiva científica.
(EM13CNT302) Comunicar, para públicos variados, em diversos contextos, resultados de análises, pesquisas e/ou experimentos, elaborando e/ou interpretando textos, gráficos, tabelas, símbolos, códigos, sistemas de classificação e equações, por meio de diferentes linguagens, mídias, tecnologias digitais de informação e comunicação (TDIC), de modo a participar e/ou promover debates em torno de temas científicos e/ou tecnológicos de relevância sociocultural e ambiental.
(EM13CNT303) Interpretar textos de divulgação científica que tratem de temáticas das Ciências da Natureza, disponíveis em diferentes mídias, considerando a apresentação dos dados, tanto na forma de textos como em equações, gráficos e/ou tabelas, a consistência dos argumentos e a coerência das conclusões, visando construir estratégias de seleção de fontes confiáveis de informações.
(EM13CNT304) Analisar e debater situações controversas sobre a aplicação de conhecimentos da área de Ciências da Natureza (tais como tecnologias do DNA, tratamentos com células-tronco, neurotecnologias, produção de tecnologias de defesa, estratégias de controle de pragas, entre outros), com base em argumentos consistentes, legais, éticos e responsáveis, distinguindo diferentes pontos de vista.
(EM13CNT305) Investigar e discutir o uso indevido de conhecimentos das Ciências da Natureza na justificativa de processos de discriminação, segregação e privação de direitos individuais e coletivos, em diferentes contextos sociais e históricos, para promover a equidade e o respeito à diversidade.
(EM13CNT306) Avaliar os riscos envolvidos em atividades cotidianas, aplicando conhecimentos das Ciências da Natureza, para justificar o uso de equipamentos e recursos, bem como comportamentos de segurança, visando à integridade física, individual e coletiva, e socioambiental, podendo fazer uso de dispositivos e aplicativos digitais que viabilizem a estruturação de simulações de tais riscos.
(EM13CNT307) Analisar as propriedades dos materiais para avaliar a adequação de seu uso em diferentes aplicações (industriais, cotidianas, arquitetônicas ou tecnológicas) e/ou propor soluções seguras e sustentáveis considerando seu contexto local e cotidiano.
(EM13CNT308) Investigar e analisar o funcionamento de equipamentos elétricos e/ou eletrônicos e sistemas de automação para compreender as tecnologias contemporâneas e avaliar seus impactos sociais, culturais e ambientais.
(EM13CNT309) Analisar questões socioambientais, políticas e econômicas relativas à dependência do mundo atual em relação aos recursos não renováveis e discutir a necessidade de introdução de alternativas e novas tecnologias energéticas e de materiais, comparando diferentes tipos de motores e processos de produção de novos materiais.
(EM13CNT310) Investigar e analisar os efeitos de programas de infraestrutura e demais serviços básicos (saneamento, energia elétrica, transporte, telecomunicações, cobertura vacinal, atendimento primário à saúde e produção de alimentos, entre outros) e identificar necessidades locais e/ou regionais em relação a esses serviços, a fim de avaliar e/ou promover ações que contribuam para a melhoria na qualidade de vida e nas condições de saúde da população.

(Brasil, 2018, p. 559-560)

Investigação, prática e linguagem científica

Nesta obra, o contato dos estudantes com um repertório estimulante de conhecimentos acadêmicos se articula com o desenvolvimento do fazer científico. Nesse contexto, a proposição de questões ou problemas deve servir aos processos característicos do pensar e do fazer científicos, que envolvem a admiração e o questionamento diante de algo, a ponto de levar os estudantes a formular hipóteses ou suposições, motivando-os, assim, a empreender uma investigação.

Tão importante quanto a problematização ou a apresentação de um conflito inicial é possibilitar meios para que os estudantes percorram o caminho investigativo que os levará à solução do problema e à aprendizagem. O que chamamos aqui de investigação envolve uma lista extensa e diversificada de atividades que inclui a realização de testes e experimentos, as demonstrações, os estudos de meio, as entrevistas e as pesquisas em livros e multimeios. Ou seja, a investigação nas

aulas de Ciências da Natureza e seus componentes curriculares não se reduz apenas à experimentação ou às "atividades de laboratório". Ela envolve todos os tipos de atividade, que são acompanhados de situações problematizadoras que promovem a busca ativa de dados ou de informações, os quais, quando analisados e discutidos, conduzem à solução de um problema ou à geração de informações que evidenciem ou contradigam uma ou mais hipóteses ou suposições formuladas anteriormente. O que de fato faz com que uma atividade seja considerada uma investigação é a forma como ela é apresentada e conduzida pelo professor e o caráter que ela assume no processo de ensino e aprendizagem.

A atividade investigativa possibilita, sobretudo, a reflexão crítica e o engajamento ativo dos estudantes. Ela exige que os estudantes mobilizem várias habilidades cognitivas e processuais, entre elas, as que são importantes no pensamento científico: a observação, a formulação de hipóteses, o planejamento e a construção de modelos, a realização de testes e experimentos, a coleta, a sistematização e a análise de dados e informações, o estabelecimento de sínteses e relações e a comunicação de conclusões. Também demanda dos estudantes o conhecimento de variados conteúdos de natureza conceitual (informações, fatos, dados, conceitos, vocabulário específico, entre outros), a tomada de decisões e a expressão de valores (colaboração, respeito, organização, criatividade, entre outros).

A investigação e suas práticas proporcionam aos estudantes oportunidades de desenvolver habilidades relacionadas à linguagem, como a construção de um discurso oral coerente para expressar uma explicação, argumentar ou relatar uma experiência. Propicia também o desenvolvimento da habilidade de escrita, como em situações de comunicação de resultados na forma de um relatório. Até mesmo o uso de outras linguagens pode e deve ser estimulado, como as linguagens próprias da Matemática e das Ciências Humanas e Sociais Aplicadas, com a utilização de ferramentas de tratamento de dados e de produção e leitura de mapas, entre outras.

Atividades práticas no laboratório ou em campo devem ser estimuladas. Uma rápida saída a campo, para visitar um ambiente natural ou modificado, possibilita ricas experiências de aprendizagem e cumpre um importante papel pedagógico, pois desperta a curiosidade, estimula a busca pelo conhecimento e exercita certas habilidades e a prática de alguns valores e atitudes que nem sempre são facilmente exploráveis em sala de aula. Sabendo que a realidade de cada escola é muito particular, com seu entorno natural e social próprio, não ousamos apresentar no Livro do Estudante propostas definidas de saída a campo. Essa atividade vai depender muito mais do planejamento do professor e do projeto da escola. No entanto, em geral, ofereceremos algumas sugestões na parte específica deste Manual.

A escolha e o planejamento de atividades investigativas são fundamentais em uma proposta de ensino de Ciências da Natureza que vise ao desenvolvimento do pensar e do agir de maneira científica, sem, no entanto, negligenciar a aquisição de conteúdos conceituais. Além disso, se conduzidas de maneira colaborativa e solidária, as atividades investigativas podem auxiliar na consolidação de valores e atitudes importantes e servir de exemplo de como se constrói o conhecimento científico. Desse modo, possibilitam também a vivência e o debate sobre o caráter coletivo, social e cultural do conhecimento científico.

Ciência, tecnologia, sociedade e ambiente

Na esteira de diretrizes educacionais contemporâneas, surgiu e se fortaleceu o movimento Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente (CTSA), que recomenda que o ensino de Ciências tenha como focos: o estudante e suas necessidades; as demandas da comunidade; a consciência de que as respostas da ciência podem ser controversas; a estreita ligação entre ciência e sociedade. Essa visão fundamenta-se tanto em razões político-econômicas como em razões sociais e humanistas. De acordo com Pereira (2002)[11], citando a abordagem de Fourez (1994)[12], as razões econômicas e políticas implicam educar os jovens para se sentirem aptos a lidar com produtos científicos e tecnológicos com maior comodidade e para que entendam os processos produtivos fundamentados na ciência e na tecnologia, sendo então capazes de aproveitar melhor as tecnologias e inovações futuras. No âmbito social, objetiva-se permitir que os jovens compreendam as decisões que envolvem problemáticas científicas e tecnológicas e sejam capazes de participar das decisões, exercendo a cidadania. As razões humanistas agregam diversas dimensões, como:

- a dimensão histórica, para entender como a ciência e a tecnologia emergem da história da humanidade e dela fazem parte.
- a dimensão epistemológica, para adquirir noções de como se constrói a ciência e como se dá a atividade científica.
- a dimensão funcional, para apreciar como determinada teoria ou máquina se ajusta a certas situações.
- a dimensão corporal, para perceber o corpo como um lugar inteligente em relação a utensílios e máquinas.
- a dimensão de comunicação, para ter consciência de que ciência e tecnologia são formas de construir uma visão de mundo compartilhável e comunicável.

Nesse sentido amplo, a BNCC reforça que ciência e tecnologia sejam compreendidas como empreendimentos humanos e sociais. Esta obra se alinha com a orientação da BNCC ao propor discutir "o papel do conhecimento científico e tecnológico na organização social, nas questões ambientais, na saúde humana e na formação cultural, ou seja, analisar as relações entre ciência, tecnologia, sociedade e ambiente" (Brasil, 2018, p. 549). Além disso, ao longo deste Manual do Professor se encontram orientações, proposições e subsídios que fortalecem as relações entre as Ciências da Natureza e os componentes que as integram e com as outras áreas do conhecimento, quando pertinente.

Argumentação

A argumentação aparece explicitamente na competência geral da Educação Básica 7 da BNCC:

> Argumentar com base em fatos, dados e informações confiáveis, para formular, negociar e defender ideias, pontos de vista e decisões comuns que respeitem e promovam os direitos humanos, a consciência socioambiental e o consumo responsável em âmbito local, regional e global, com posicionamento ético em relação ao cuidado de si mesmo, dos outros e do planeta.
>
> (Brasil, 2018, p. 9)

11 Pereira, A. *Educação para a ciência*. Lisboa: Universidade Aberta, 2002.

12 Fourez, G. *Alphabétisation scientifique et technique*. Bruxelles: De Boeck-Wesmael, 1994.

Por meio desse excerto, é possível notar a importância que fatos, dados e informações confiáveis têm para a construção de uma boa argumentação. Também é possível perceber que a argumentação, como competência a ser desenvolvida na escola, deve estar vinculada a princípios éticos e cidadãos. Considerando esse viés, a obra proporciona aos estudantes oportunidades particularmente propícias para o desenvolvimento de importantes habilidades relacionadas à argumentação, como construir um discurso oral coerente, expressar uma explicação, defender uma ideia, deliberar coletivamente ou propor soluções para problemas. Isso ocorre, por exemplo, no desenvolvimento de um projeto, nas atividades propostas nos capítulos, nos estudos de caso, entre outros.

Leitura inferencial

Durante a leitura de textos científicos, em suas investigações ou na execução de tarefas, os estudantes vão se deparar com diversas situações e textos (verbais ou não verbais). Para cada um deles, deverão elaborar um sentido, que vai além de localizar as informações apresentadas. Para elaborar esse sentido, os estudantes precisam fazer inferências, estabelecendo relações entre o que está explícito no texto (ou na situação vivenciada) e aquilo que eles inserem no texto com base em seu conhecimento de mundo. Nessa perspectiva, o conhecimento prévio é um fator fundamental na qualidade das inferências que uma pessoa pode fazer ao realizar uma leitura e, consequentemente, torna-se estritamente necessário para a compreensão de um texto, pois é esse conhecimento, seja linguístico, seja conceitual ou procedimental, que permite ao leitor fazer as inferências necessárias para a construção de significados de um texto (Kleiman, 2010). Segundo Guedes (1999, p. 31-32), "a inferência pode ser considerada a maior contribuição cognitiva do leitor. Sem perceber, o leitor está inferindo, isto é, adequando representações mentais".

Em sala de aula, o professor pode promover a qualidade das inferências nas leituras dos estudantes de diversas formas. É possível formular perguntas que os motivem a antecipar informações, verificar a probabilidade de que as hipóteses sejam reais, acessar seus conhecimentos prévios, explicar o que está implícito em um texto, preencher lacunas de informação com base em pistas já dadas e excluir ou confirmar hipóteses levantadas durante a leitura. Seguramente, ao se empenhar para que os estudantes realizem cada vez mais e melhor a leitura inferencial, o professor obterá maior qualidade dos resultados nas atividades que propõe. Assim, o professor contribuirá para a formação de leitores proficientes, competência tão necessária aos estudantes no enfrentamento dos desafios da vida.

Pensamento computacional

Quem imagina que o pensamento computacional diz respeito unicamente a saber navegar na internet, utilizar as redes sociais, enviar *e-mails* ou utilizar ferramentas digitais para elaborar um texto ou resolver uma equação está enganado. O pensamento computacional utiliza a linguagem e o raciocínio da computação para resolver problemas de modo individual ou colaborativo. Essa estratégia de ensino e aprendizagem está próxima do pensamento analítico, que, assim como a matemática, a engenharia e a ciência, busca, entre outras questões, aprimorar a proposição de soluções para problemas. De acordo com a BNCC, o pensamento computacional:

> [...] envolve as capacidades de compreender, analisar, definir, modelar, resolver, comparar e automatizar problemas e suas soluções, de forma metódica e sistemática, por meio do desenvolvimento de algoritmos.
>
> (Brasil, 2018, p. 474)

Ainda no âmbito da BNCC, em 2022 foi homologado pelo Conselho Nacional de Educação (CNE) o documento *Base Nacional Comum Curricular: Computação – Complemento à BNCC*, resultado de debates ocorridos em comissões formadas por professores e pesquisadores de diferentes áreas (como Pedagogia, Psicologia, Ciências da Computação, Matemática, Geografia, etc.) ao longo dos anos. Nesse documento, o pensamento computacional ganha destaque como um de seus três eixos – os outros dois são cultura digital e mundo digital – de uma perspectiva que considera a abstração, análise e automação[13].

Essa visão encontra consonância com os quatros eixos do pensamento computacional apresentados pelo Currículo de Referência em Tecnologia e Computação (2018)[14], publicado pelo Centro de Inovação para a Educação Brasileira (Cieb):

- Decomposição: trata da divisão de problemas complexos em partes menores para sua solução.
- Reconhecimento de padrões: envolve a identificação de características comuns entre problemas para sua solução.
- Abstração: envolve a filtragem, formas de organização e a classificação de dados para a resolução de problemas.
- Algoritmos: refere-se à construção de orientações claras para a resolução de problemas.

Nesta obra, esses quatro eixos são trabalhados explicitamente na seção *Pensando Ciências*, mas é importante ressaltar que o pensamento computacional pode ser/estar incorporado de diversas maneiras ao se abordar e tentar solucionar um problema. Ao longo dos três volumes, isso pode ocorrer em atividades, por exemplo, que envolvem diferentes processos cognitivos, como analisar, compreender, definir, modelar e resolver. A estrutura da seção *Projeto* também reflete o desenvolvimento do pensamento computacional.

Avaliação

O papel do estudante e as formas de avaliação

Nas últimas décadas, foi se consolidando um referencial para a concepção de aprendizagem com base nas contribuições teóricas da psicologia do desenvolvimento, que se fundamentaram nas pesquisas de Lev Vygotsky (1896-1934), de Jean Piaget (1896-1980) e de Henri Wallon (1879-1962), entre outros. Uma das principais hipóteses dessas linhas de pensamento é a de que o indivíduo constrói um conjunto de conhecimentos nas mais diversas situações vivenciadas, dentro e fora da escola, e leva esse repertório para o espaço educativo. Assim, o indivíduo passa a ser visto como sujeito ativo de seu conhecimento, na busca de responder às inúmeras interrogações postas pelo mundo que o rodeia.

Tal concepção altera radicalmente o papel do estudante – de mero receptáculo de conteúdos para protagonista na construção de seu conhecimento. Essa mudança de perspectiva impõe alterações na maneira de avaliar o estudante, especialmente na compreensão de que a avaliação constitui um processo

13 Diretrizes da Sociedade Brasileira de Computação para o Ensino de Computação na Educação Básica. Sociedade Brasileira de Computação. 2019. Disponível em: https://books-sol.sbc.org.br/index.php/sbc/catalog/view/60/263/505. Acesso em: 18 ago. 2024.

14 Centro de Inovação para a Educação Brasileira (Cieb). *Currículo de Referência em Tecnologia e Computação*: da Educação Infantil ao Ensino Fundamental. São Paulo: Cieb, 2018. p. 19. Disponível em: https://curriculo.cieb.net.br/assets/docs/Curriculo_de_Referencia_em_Tecnologia_e_Computacao.pdf. Acesso em: 18 ago. 2024.

permanente, instaurado ao longo de todo o período letivo, e deve contemplar as múltiplas capacidades e habilidades desenvolvidas pelo estudante no trajeto educativo.

Os novos modelos de avaliação implicam o rompimento da ideia arraigada no imaginário escolar de que avaliação é sinônimo de prova. Os instrumentos de avaliação variam de acordo com a dinâmica da sala de aula. Sem perder de vista os objetivos específicos da disciplina, o professor pode avaliar os resultados de uma vasta gama instrumental, como: produção de textos sobre a análise de modelos ou hipóteses científicas ou de situações do contexto social; debates e rodas de conversa sobre determinado tema dos conteúdos em estudo; produções artísticas resultantes da troca de ideias; registros escritos de experimentos laboratoriais; resoluções propostas para situações-problema variadas; relatos escritos sobre as dificuldades no aprendizado de certos conteúdos; entre outros.

A avaliação passa a ser também um objeto de investigação do professor, com potencial para produzir informações diagnósticas e qualitativamente indicativas sobre as transformações e os avanços na relação entre o grupo de estudantes, o professor e o sistema didático-pedagógico adotado. Hoffmann (1993, 1995) propõe três momentos distintos de avaliação: a **avaliação diagnóstica** ou **inicial**; a **avaliação contínua** ou **formativa**; e a **avaliação final** ou **somativa**.

Nas abordagens pedagógicas em que os estudantes são concebidos como indivíduos que constroem o conhecimento dentro e fora da escola, é adequado, na introdução de cada novo tópico, realizar uma avaliação diagnóstica, ou seja, um levantamento do que eles já sabem. O objetivo dessa avaliação é possibilitar-lhes tomar consciência das concepções que já têm sobre o assunto em foco e facilitar ao professor a identificação dos limites das soluções propostas para construir argumentos que conduzam à compreensão do tópico estudado. Isso pode ser feito por meio de atividades na abertura de capítulos, ou ao introduzir a unidade ou em outro momento que o professor considere oportuno.

A avaliação pode ser também um instrumento para o professor repensar seu planejamento. Nesse caso, é importante não se restringir a um momento final da etapa de aprendizado, quando já não há mais tempo de redirecionar o trabalho. É com esse objetivo que se propõe uma avaliação contínua ou formativa: momentos variados de avaliação ao longo do processo de ensino e aprendizado (por exemplo, ao longo dos capítulos de uma unidade) que possibilitem aos estudantes tomar consciência de suas dúvidas, dificuldades e avanços, e ao professor perceber se suas escolhas didáticas foram adequadas.

O término de uma sequência didática (por exemplo, ao final de uma ou mais unidades) é o momento adequado para a avaliação final ou somativa. Objetiva-se, sobretudo, perceber se os objetivos propostos inicialmente foram atingidos neste ciclo maior, se houve de fato aprendizado, se é possível dar prosseguimento ao processo de ensino ou se há necessidade de revisão e/ou de complementação.

Além desses modelos avaliativos, vale a pena destacar os seguintes:

- avaliação comparativa: utilizada para comparar o desempenho de diferentes grupos de estudantes ou de um grupo de estudantes em diferentes momentos. O objetivo da avaliação comparativa é analisar diferenças no desempenho entre grupos de estudantes (como diferentes turmas ou escolas) ou, ao longo do tempo, para entender tendências e efetividade de métodos de ensino.
- avaliação ipsativa: compara o desempenho atual de um estudante com seu desempenho anterior. Ela pode ser utilizada para manter registros das avaliações dos estudantes ou você pode pedir a eles que façam autoavaliações e estabeleçam metas de aprendizagem, revisando essas metas periodicamente para monitorar seu progresso pessoal. O objetivo principal da avaliação ipsativa é focar no progresso individual e na melhoria contínua dos estudantes, incentivando o desenvolvimento pessoal.

Outro aspecto importante para a formação do estudante é o incentivo à autoavaliação. Esse processo colabora para que o estudante se torne responsável pelo próprio processo de aprendizado, na medida em que a autoavaliação subsidia o desenvolvimento de estratégias metacognitivas. Essas estratégias são entendidas como a capacidade do ser humano de monitorar o que é percebido, julgar o que é aprendido ou o que precisa aprender e predizer as consequências das ações futuras (Metcalfe, 1996).

Neste Manual, procuramos oferecer, nas orientações específicas de cada unidade, uma série de subsídios e de estratégias que possibilitem ao professor conduzir da melhor maneira a avaliação dos estudantes.

Avaliação e novos paradigmas educacionais

Ao seguir o paradigma de uma aprendizagem centrada em conteúdos – e pressionada pela necessidade de medir, de forma objetiva, o "sucesso" ou o "fracasso" de seus estudantes –, a escola tradicional perpetuou um modelo de avaliação de caráter classificatório, seletivo e frequentemente punitivo, que deixa de lado aspectos importantes (hoje entendidos como centrais) do processo educacional, como a aquisição de competências e habilidades e a construção de valores e atitudes.

Em decorrência do entendimento atual sobre como se processa a aprendizagem, surge a necessidade de romper com essa concepção de avaliação. O "erro" deve ser encarado como parte fundamental do processo de ensino-aprendizagem, visto que ele é uma evidência dos processos mentais por meio dos quais os estudantes experimentam a realidade, formulam hipóteses sobre o seu objeto de estudo, confrontam-nas com as hipóteses de seus pares, reestruturam-nas e criam concepções que devem ser aplicadas à realidade. Quando visto desse modo, o "erro" – e também o "acerto" – não é mais do que um elemento que ajuda a compor o diagnóstico do professor sobre as aprendizagens de seus estudantes, sinalizando a necessidade de repensar seu planejamento, de experimentar outras estratégias de ensino-aprendizagem e de realizar de maneira mais próxima a gestão da aprendizagem de um estudante. A avaliação, nessa perspectiva formativa, significa saber em que ponto se está e o que é preciso fazer para se chegar aonde se pretende.

Um dos instrumentos mais importantes para operacionalizar esse modo de avaliação é o estabelecimento de objetivos de aprendizagem claros e passíveis de serem aferidos. Em se tratando de habilidades e competências, é necessário cuidado especial para traduzir em notas ou conceitos a relação entre os objetivos estabelecidos para a aprendizagem e aquilo que os estudantes demonstram como conhecimento efetivamente construído. Também é preciso dar peso adequado a cada aspecto a ser avaliado. Esses objetivos devem ser traçados considerando-se o programa de ensino de Ciências da Natureza e seus componentes curriculares como um todo, mas, idealmente, devem ser subdivididos em objetivos parciais, para que seja possível transformar a avaliação em uma prática processual, realizada ao longo de todo o período letivo e não apenas ao final de etapas burocraticamente instituídas.

Para que se torne produtiva, a avaliação deve ser dialógica, valorizando em igual proporção as atividades individuais e as coletivas, as atividades de avaliação do professor, de avaliação entre pares e de autoavaliação. Deve, ainda, abrir espaço para a criatividade, a participação e o questionamento do estudante. Trocas de experiências entre professores da área podem ser muito valiosas para se pensar em caminhos alternativos, partilhar situações de ensino e aprendizagem bem-sucedidas e buscar subsídios teóricos e metodológicos para reorientar a prática, quando necessário.

Preparação para exames

Ao longo da obra, os estudantes terão contato com questões de exames de larga escala, como o Exame Nacional do Ensino Médio (Enem). No Manual do Professor, também são apresentadas opções de atividades que podem ser compartilhadas com os estudantes, para que conheçam e resolvam questões de diversas instituições do país. O intuito é dar aos estudantes a oportunidade de se prepararem para esses tipos de exame, que estão presentes na vida dos jovens brasileiros como parte da trajetória natural para o ingresso no Ensino Superior, colaborando, assim, para a construção de seu projeto de vida. Caso o professor considere oportuno, essas atividades podem ser organizadas em um simulado, por exemplo.

Outro aspecto importante nessa preparação é possibilitar aos estudantes conhecer como funcionam esses exames, as instituições que são de seu interesse, entre outros aspectos. Vale a pena orientá-los a acessar *sites* de universidades e de instituições aplicadoras de exames, como a página do Enem (disponível em: https://enem.inep.gov.br/; acesso em: 18 ago. 2024), em que poderão conhecer mais esse exame, acessar a cartilha do estudante, fazer o *download* de provas e gabaritos de anos anteriores, etc.

OBJETIVOS GERAIS DA COLEÇÃO

Tendo como base o que foi apresentado anteriormente, listamos, a seguir, alguns objetivos para a coleção no conjunto de seus volumes.

- Promover as competências gerais da Educação Básica e as competências específicas e habilidades da BNCC para a área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias para o Ensino Médio.
- Valorizar os conhecimentos científicos, utilizando-os de modo que os estudantes entendam, interpretem e expliquem fenômenos e processos do mundo natural, tecnológico e do cotidiano.
- Discutir o papel do conhecimento científico e tecnológico e de questões sociais, políticas, históricas e culturais, analisando as relações entre ciência, tecnologia, sociedade e ambiente.
- Promover a cultura de paz e de diálogo, colaborando para o desenvolvimento integral dos estudantes e preparando-os para enfrentar as demandas complexas do cotidiano.
- Promover o letramento e a investigação científica, exercitando a curiosidade intelectual dos estudantes, pondo em prática conceitos, processos, práticas, valores e atitudes.
- Estimular os estudantes a expressar ideias e compartilhar conhecimentos, informações, vivências, experiências, bem como a defender e negociar decisões, ideias e perspectivas por meio da construção de argumentos alicerçados em conhecimentos, dados, informações confiáveis, etc.
- Reconhecer e valorizar a diversidade de culturas e saberes, respeitando e valorizando os diferentes indivíduos e grupos sociais, identidades, culturas, sem preconceitos de origem, etnia, gênero, idade, convicção religiosa, entre outros.
- Colaborar para o desenvolvimento do protagonismo dos estudantes, estimulando-os a agir com autonomia, criticamente, pautando-se em conhecimentos, em princípios éticos e democráticos, na inclusão e na solidariedade.

ORGANIZAÇÃO DA OBRA

Organização e estrutura da obra

Esta coleção está organizada em três volumes únicos: um de Biologia, um de Física e um de Química. Cada volume apresenta dois projetos e oito unidades; as unidades são formadas por capítulos.

Páginas iniciais

As primeiras páginas de cada volume trazem uma apresentação aos estudantes, com um texto motivador para o estudo da coleção e a seção *Conheça seu livro*, que orienta os estudantes sobre como o livro está organizado. Além disso, há um sumário.

Projeto

A obra apresenta dois projetos em cada volume. Neles, os estudantes desenvolvem um produto relevante para a comunidade. A realização de um projeto é um dos principais momentos de protagonismo do estudante.

Abertura da unidade

Sempre em dupla de páginas, a abertura da unidade procura atrair o interesse dos estudantes para o estudo dos respectivos conteúdos. Ela introduz a temática da unidade por meio de uma imagem em tamanho grande e de um texto curto relacionado ao assunto. Além de introduzir o tema, a abertura apresenta os objetivos, propõe questões que podem explorar a imagem e o contexto apresentados e/ou questões reflexivas sobre a relevância do tema para a vida dos estudantes e fornece a relação dos capítulos da unidade.

Capítulo

Cada capítulo apresenta um número variável de páginas de conteúdo, com base na especificidade de cada tema. O conteúdo dos capítulos é estruturado segundo os elementos descritos a seguir.

Abertura de capítulo: além do número e do título do capítulo, a página apresenta o boxe *Para começar*, que apresenta questões que possibilitam aos estudantes levantar os conhecimentos prévios que têm sobre os conceitos e/ou práticas abordados no capítulo. A abertura também traz ao menos uma imagem para despertar o interesse deles. O texto dessa página pode apresentar uma introdução ao tema do capítulo ou ir diretamente à apresentação do conteúdo.

Texto-mestre: trata-se do texto principal do capítulo no qual são apresentados os conteúdos a serem estudados. As imagens, o glossário e outros recursos gráficos facilitam a compreensão do conteúdo focalizado pelos estudantes. Os títulos e subtítulos organizam e demarcam os conteúdos, permitindo aos estudantes estabelecer relações entre os temas em estudo e

compará-los, sintetizá-los e analisá-los, o que colabora para a integração dos conceitos.

Objetos digitais: a coleção apresenta, em sua versão digital, doze objetos digitais para cada volume, totalizando 36 objetos. Eles se apresentam nos seguintes tipos: *podcasts*, vídeos, carrosséis de imagens, mapas clicáveis e infográficos clicáveis. Esses objetos podem ser localizados por meio do sumário presente no início do Livro do Estudante ou ao longo dos capítulos, por meio deste ícone:

Boxes: os boxes aparecem em quantidades variáveis nos capítulos e visam trabalhar aspectos diversos dos conteúdos. São eles:

- **De olho no conceito:** retoma e/ou define algum conceito importante que é necessário para a compreensão do conteúdo abordado na página em que está inserido.
- **Ciência se discute:** apresenta debates, conflitos e controvérsias entre os próprios cientistas ou entre sociedade e ciência, propondo questionamento(s) e/ou atividade(s).
- **Ação e cidadania:** apresenta exemplos de aplicações do conhecimento científico que promovem melhoria na vida das pessoas e no ambiente ou que estão relacionados aos direitos e deveres dos cidadãos, a questões de atitudes e valores, etc., propondo questionamento(s) e/ou atividade(s).
- **Biologia e... / Física e... / Química e...:** aprofunda pontos de contato e a relação entre conteúdos da Biologia, da Física ou da Química (a depender do volume/componente em questão), na área das Ciências da Natureza e suas Tecnologias, ou com componentes de outras áreas do conhecimento. No formato de boxe, a informação é apresentada de modo pontual ao longo dos capítulos. No volume de Biologia, esse boxe se chama *Biologia e...*; no volume de Física, *Física e...*; por fim, no volume de Química, *Química e...*. Em todas, o título é complementado com o nome do componente curricular com o qual se relaciona, por exemplo: Biologia e Geografia.
- **Roteiro:** aparece eventualmente ao longo do capítulo. Traz atividades de retomada, compreensão e aplicação do que foi apresentado, que podem envolver a resolução de uma questão, a produção de sínteses, a construção de analogias, o estabelecimento de relações, a produção de pequenos textos, gráficos e tabelas, etc. Tem como finalidade ajudar os estudantes na compreensão do texto apresentado.
- **Ampliação:** trata de assuntos que complementam ou aprofundam o que foi abordado no texto principal.
- **Para explorar:** apresenta indicações comentadas de vídeos, *sites*, livros, etc. Não é exclusivo do capítulo e pode aparecer em outros momentos no decorrer da obra, como em Projeto.

Seções de capítulos: as seções se diferenciam dos boxes por serem desenvolvidas em páginas inteiras ou em duplas de páginas, permitindo aprofundar determinados desdobramentos dos conteúdos e estimular a reflexão por parte dos estudantes. As que constam dos capítulos, em quantidades variáveis, são:

- **Práticas de Ciências:** apresenta atividades práticas, experimentais e investigativas. Envolve coleta e análise de dados e informações, uso de tecnologias variadas, trabalho em grupo, elaboração de conclusões coletivas e comunicação. Desenvolve as várias formas de investigação próprias das ciências como meio de conhecer e de interpretar o mundo.
- **Ciência, tecnologia, sociedade e ambiente:** apresenta um assunto relacionado à temática da ciência, tecnologia, sociedade e ambiente e questões que estimulam a análise, a reflexão e o posicionamento sobre assuntos relacionados ao tema do capítulo.
- **Ciência tem história:** discute a história da ciência, o contexto histórico, personagens, conflitos, construção de conceitos, métodos, mudanças de paradigmas, etc. Evidencia o caráter social e histórico da ciência como empreendimento humano.
- **Biologia e... / Física e... / Química e...:** a seção é "coirmã" do boxe de mesmo nome, apresentado anteriormente. O objetivo é explorar a interdisciplinaridade entre Biologia, Física ou Química (a depender do volume/componente) com componentes da área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias ou de outras áreas do conhecimento. Na forma de seção, o assunto é desenvolvido de modo mais aprofundado em páginas duplas. No volume de Biologia, essa seção se chama *Biologia e...*; no volume de Física, *Física e...*; por fim, no volume de Química, *Química e...*. Em todas elas, o título recebe o complemento do componente curricular; por exemplo: Química e Física.
- **Atividades:** organizada sempre ao final de cada capítulo, apresenta questões que permitem aos estudantes retomar conteúdos pontuais e trabalhar diferentes habilidades e competências na resolução das atividades propostas. O conjunto dessas atividades possibilita, portanto, estabelecer relações entre os tópicos tratados e avaliar o conhecimento adquirido.

Fechamento da unidade

Seções de fechamento da unidade: o final de cada unidade apresenta uma seção *Estudo de caso* ou uma seção *Pensando Ciências*. *Questões globais* está presente em todo fechamento de unidade.

- **Estudo de caso:** contém um texto narrativo que apresenta dados e uma situação-problema, para que os estudantes, em grupo, discutam e proponham uma solução/interpretação do caso. Pode envolver exemplos de diferentes atuações profissionais.
- **Pensando Ciências:** apresenta um problema/questão a ser solucionado(a) pelos estudantes por meio da aplicação do pensamento computacional.
- **Questões globais:** propõe atividades autorais mais elaboradas, que abordam o conjunto dos capítulos e/ou de exames de larga escala (vestibular e Enem). A exemplo do que ocorre nas atividades ao longo dos capítulos, nesta seção, espera-se que os estudantes mobilizem diferentes habilidades e competências na resolução das atividades propostas e que se preparem para exames de larga escala.

Fechamento do volume

Ao final do volume do Livro do Estudante, há as seções:

- **Respostas das atividades de cálculo:** são apresentadas aos estudantes as respostas das atividades do Livro do Estudante que envolvem cálculo.
- **Transcrições dos áudios**: neste Manual do Professor, as transcrições dos áudios (*podcasts*) se encontram no final da reprodução do Livro do Estudante.
- **Bibliografia comentada**: referências bibliográficas e breves comentários sobre as obras utilizadas na elaboração do volume e indicadas para o aprofundamento dos estudos na área.

SUGESTÃO DE CRONOGRAMA

Apresentamos, a seguir, uma proposta de distribuição dos conteúdos deste volume em bimestres, trimestres e semestres previstos para os três anos do Ensino Médio. Entretanto, sabemos que o dinamismo do contexto escolar exige uma prática docente flexível diante dos desafios que surgem ao longo do ano letivo. Assim, esta proposta tem o objetivo de nortear sua prática pedagógica de maneira que você possa adaptá-la à sua realidade escolar e ao projeto pedagógico desenvolvido na instituição de ensino em que leciona.

UNIDADE	CAPÍTULO	1º ANO			
		1º semestre		2º semestre	
		1º trimestre	2º trimestre		3º trimestre
		1º bimestre	2º bimestre	3º bimestre	4º bimestre
1. Biologia: o estudo da vida	**1.** O que é Biologia?				
	2. As bases químicas da vida				
2. Células e tecidos	**1.** As células				
	2. Metabolismo celular				
	3. Ciclo celular e o estudo dos tecidos				
3. Genética	**1.** Hereditariedade				
	2. Biotecnologia				
4. Origem da vida e diversidade dos seres vivos	**1.** A origem da vida				
	2. Evolução				
	3. Taxonomia, sistemática e diversidade da vida				
Projeto 1	*Podcast* sobre biotecnologia: compartilhando informação de qualidade				
5. O estudo dos seres vivos	**1.** Nutrição e excreção				
	2. Circulação e trocas gasosas				
	3. Coordenação e percepção do ambiente				
6. Ser humano e saúde	**1.** Fisiologia humana				
	2. Saúde e tecnologia				
7. Ecologia	**1.** Noções básicas de Ecologia				
	2. Energia e matéria nos ecossistemas				
	3. Relações ecológicas e dinâmica de populações				
8. Ambientes e conservação	**1.** As ações do ser humano no ambiente				
	2. Ecossistemas brasileiros				
	3. Conservação ambiental				
Projeto 2	Jogos de temática socioambiental: o lúdico como forma de conscientização				

Caso considere oportuno, apresente os temas em uma ordem diferente, mas atente para os temas e os conceitos abordados em unidades precedentes e posteriores, a ligação que estabelecem com os demais conteúdos e como isso pode interferir no andamento dos projetos. Os projetos, por sua vez, podem ser executados no momento que julgar mais adequado à sua realidade escolar.

Você pode complementar essa proposta esmiuçando os temas, os boxes e as seções que compõem os capítulos e as unidades. Se considerar interessante, também é possível adaptar os momentos previstos para as avaliações, conforme sua necessidade.

2º ANO				3º ANO			
1º semestre		2º semestre		1º semestre		2º semestre	
1º trimestre	2º trimestre		3º trimestre	1º trimestre	2º trimestre		3º trimestre
1º bimestre	2º bimestre	3º bimestre	4º bimestre	1º bimestre	2º bimestre	3º bimestre	4º bimestre

QUADROS DE CONTEÚDOS DA COLEÇÃO

Volume de Biologia

Unidade	Capítulo	Conteúdos
1 Biologia: o estudo da vida	**1.** O que é Biologia?	• Características dos seres vivos • Níveis de organização • A Biologia e a investigação científica • A Biologia e sua relação com outras áreas do conhecimento
	2. As bases químicas da vida	• Composição química dos seres vivos • Moléculas orgânicas das células vivas • Água, sais minerais e vitaminas
2 Células e tecidos	**1.** As células	• Introdução à citologia • Observações ao microscópio • A célula • Composição e estrutura da membrana plasmática • Citoplasma • O núcleo celular
	2. Metabolismo celular	• Metabolismo e energia • Metabolismo • Reações de oxirredução e metabolismo energético • Respiração celular aeróbia • Processos anaeróbios de obtenção de energia • Fotossíntese • As etapas da fotossíntese • Quimiossíntese • O DNA e o metabolismo • Síntese de proteínas
	3. Ciclo celular e o estudo dos tecidos	• Células e tecidos • Ciclo celular • Mitose • Meiose • Tecidos celulares • Tecidos epiteliais • Tecido conjuntivo • Tecido muscular • Tecido nervoso
3 Genética	**1.** Hereditariedade	• Diferenças e semelhanças • Primeiras ideias sobre hereditariedade • A herança cromossômica • Genética mendeliana • Noções de probabilidade • Padrões de dominância • Interação gênica • Alelos múltiplos • Padrões de herança influenciados pelo sexo • Ligação gênica • Alterações cromossômicas • Epigenética
	2. Biotecnologia	• O uso da natureza • O que é biotecnologia? • Produção de vacinas • Produção de antibióticos • Tecnologia do DNA recombinante • Sequenciamento de DNA • Clonagem • Células-tronco • Biotecnologia e ética
4 Origem da vida e diversidade dos seres vivos	**1.** A origem da vida	• Como surgiu a vida na Terra? • Os primeiros seres vivos • Primeiras ideias sobre a geração dos seres vivos • Teorias sobre a origem da vida na Terra • A teoria da evolução molecular da vida • Evolução do metabolismo energético • A origem das células, da multicelularidade e da diversidade celular
	2. Evolução	• A evolução biológica • O pensamento evolucionista • A evolução por seleção natural • Evidências da evolução • Seleção natural e adaptação • Seleção sexual e seleção artificial • A teoria sintética da evolução • As bases genéticas da evolução
	3. Taxonomia, sistemática e diversidade da vida	• Classificação dos seres vivos • Sistemática filogenética • Os grandes grupos de seres vivos • Vírus • Bactérias • Protozoários • Algas • Fungos • Plantas • Animais • As origens da humanidade

Unidade	Capítulo	Conteúdos
5 O estudo dos seres vivos	**1.** Nutrição e excreção	• Os seres se nutrem e excretam resíduos • Nutrição • A água e os seres vivos • Osmose e pressão osmótica • Osmorregulação e excreção • Plantas e o transporte da seiva mineral
	2. Circulação e trocas gasosas	• Os gases e os seres vivos • Composição da atmosfera • Trocas gasosas em animais • Circulação nos animais • Trocas gasosas e transpiração em plantas
	3. Coordenação e percepção do ambiente	• Introdução aos sistemas sensoriais • Células nervosas e condução de estímulos • Sistema nervoso • Mecanismos e receptores sensoriais • Audição e equilíbrio humanos • Evolução da percepção visual • Hormônios
6 Ser humano e saúde	**1.** Fisiologia humana	• Uma ciência antiga • Nutrição • Sistema digestório • Sistema respiratório • Sistema circulatório • Circulação da linfa • Sistema urinário • Sistema nervoso • Sistema endócrino • O ciclo menstrual • Gestação • Parto • Aleitamento materno
	2. Saúde e tecnologia	• O que é saúde? • A evolução do conceito de saúde • A saúde pública no Brasil • O Sistema Único de Saúde • Doenças crônicas • Saúde sexual e saúde reprodutiva • Saúde mental • Tecnologia e saúde
7 Ecologia	**1.** Noções básicas de Ecologia	• Introdução à Ecologia • A biosfera • Ecossistemas • Biomas • Biodiversidade • Fatores abióticos em um ambiente • Nicho ecológico
	2. Energia e matéria nos ecossistemas	• Relações tróficas nos ecossistemas • Biomassa e produtividade • Pirâmides tróficas • Fotossíntese
	3. Relações ecológicas e dinâmica de populações	• Introdução às relações ecológicas • Relações intraespecíficas • Relações interespecíficas • Dinâmica de populações • Sucessão ecológica
8 Ambientes e conservação	**1.** As ações do ser humano no ambiente	• A ação antrópica e os ambientes • O impacto humano sobre o ar • O impacto humano sobre a água • O impacto humano sobre o solo • Saneamento básico
	2. Ecossistemas brasileiros	• Os ambientes brasileiros • Ecossistemas aquáticos • Mata Atlântica • Floresta Amazônica • Cerrado • Caatinga • Pantanal • Pampa
	3. Conservação ambiental	• O que é conservação ambiental • Desenvolvimento sustentável • Estratégias de conservação ambiental • Unidades de Conservação • Acordos internacionais sobre meio ambiente • Tecnologia aplicada à conservação ambiental

QUADROS DE CONTEÚDOS DA COLEÇÃO

Volume de Física

Unidade	Capítulo	Conteúdos
1 Física e o estudo dos movimentos	**1.** Física, ciência da natureza	• Ciências da Natureza • Ciência, tecnologia e ética • Ciência e religião na sociedade • Modelagem de fenômenos
	2. Medidas	• Medidas no dia a dia • A importância das medições • Grandezas físicas e medidas • Representações de medidas
	3. Cinemática escalar	• Estudo do movimento • Conceitos iniciais • Movimento uniforme (MU) • Movimento uniformemente variado (MUV) • Movimento circular
2 Dinâmica	**1.** Forças e leis de Newton	• Causas e alterações nos movimentos • Interações e forças • Caracterização de uma força • A inércia e a primeira lei de Newton • O princípio fundamental da dinâmica e a segunda lei de Newton • Força peso ($\vec{P}$) • O princípio da ação e reação e a terceira lei de Newton • Força normal ($\vec{N}$) • Força de tração ($\vec{T}$) ou força tensora • Força de atrito • Aplicações das leis de Newton • Movimento no plano inclinado • Forças no movimento circular
	2. Energia e trabalho	• Usos comuns de energia e trabalho • A grandeza energia • Tipos de energia • Trabalho de uma força constante • Trabalho de uma força variável • Energia cinética • Energia potencial e forças conservativas • Energia mecânica • Sistemas não conservativos e forças dissipativas • Potência e rendimento
	3. Impulso e colisões	• Quantidade de movimento • Princípio da conservação da quantidade de movimento • Outro enunciado da segunda lei de Newton • Energia em colisões
	4. Bases da Mecânica celeste	• A evolução dos modelos cosmológicos • Os primeiros modelos cosmológicos • Modelo aristotélico • Modelo ptolomaico • Modelo copernicano • Leis do movimento planetário • Lei da gravitação universal • Movimento dos satélites artificiais
3 Estática	**1.** Torque	• Relação entre equilíbrio e força em corpos extensos • Torque • Relação entre o torque e a direção da força • Centro de massa • Alavancas • Forças em uma alavanca
	2. Estudo dos fluidos	• O que são fluidos • Grandezas básicas no estudo dos fluidos • Princípios básicos no estudo dos fluidos • Alguns fenômenos que envolvem fluidos líquidos
4 Física térmica	**1.** Temperatura e calor	• Calorimetria • Temperatura • Calor • Medidas de temperatura
	2. Consequências do calor	• O calor e a variação de temperatura • Capacidade térmica • Calor específico • Calor latente • Equilíbrio térmico e mudanças de estado • Dilatação e contração térmica
	3. Leis da Termodinâmica	• Um pouco sobre a Termodinâmica • A Termodinâmica e a Revolução Industrial • A primeira lei da Termodinâmica • A segunda lei da Termodinâmica • Ciclo de Carnot • Entropia • Máquinas térmicas • Combustíveis

Unidade	Capítulo	Conteúdos	
5 Luz, som e ondas	**1.** Óptica	• Reflexão da luz • Modelos para a luz • Fontes de luz • Tipos de reflexão da luz	• Espelhos • As cores dos objetos • Refração da luz
	2. Introdução às ondas	• Pulso e onda • Classificação e características das ondas • Ondas sonoras • Qualidades fisiológicas do som	
	3. Fenômenos ondulatórios	• Estudo dos fenômenos ondulatórios • Polarização da luz • Reflexão de uma onda • Refração de uma onda	• Difração de uma onda • Ressonância • Onda estacionária • Efeito Doppler
6 Eletricidade e magnetismo	**1.** Força elétrica e campo elétrico	• Eletricidade • Introdução à força elétrica • Força elétrica	• Campo elétrico • Energia potencial elétrica • Potencial elétrico
	2. Corrente elétrica e circuitos elétricos	• Corrente elétrica e condutividade em metais • Resistência elétrica e a primeira lei de Ohm • Resistividade elétrica e a segunda lei de Ohm • Eletricidade, resistência e choques elétricos • Potência elétrica • Resistência elétrica e efeito Joule	• Cálculo de consumo de energia elétrica • Associação de resistores • Circuitos residenciais • Geradores • Força eletromotriz
	3. Produção e consumo de energia elétrica	• Transformações de energia • Energia • Usinas hidrelétricas	• O caminho da energia: das usinas às residências • O problema da escassez mundial de energia
	4. Magnetismo e indução eletromagnética	• A importância das bússolas • Campo magnético • Campo magnético de correntes elétricas em fios retilíneos • Força magnética • A descoberta da indução eletromagnética • Fluxo magnético	• Lei de Faraday • Lei de Lenz • As ondas eletromagnéticas • O espectro eletromagnético • Computadores e Tecnologia da Informação (TI)
7 Física do "muito pequeno"	**1.** Estrutura da matéria	• Modelos atômicos • O átomo contemporâneo	
	2. Física quântica	• Fenômenos atômicos • O trabalho de Planck • O efeito fotoelétrico • A dualidade onda-partícula	• O princípio da incerteza • A descoberta do *spin* • A física das partículas elementares
	3. Física nuclear	• Medicina nuclear • A descoberta da radioatividade • Decaimento radioativo	• Efeitos biológicos da radiação ionizante • Alteração do núcleo atômico
8 Física do "muito grande"	**1.** Evolução da Terra	• A origem da Terra • A Terra primitiva • Os planetas do Sistema Solar • A estrutura da Terra	
	2. Estrelas	• Céu noturno • Escala de distância cósmica • Classificação das estrelas • O destino das estrelas	
	3. Teoria da relatividade	• Espaço curvo • Contexto histórico-científico	• Teoria da relatividade especial de Einstein • Teoria da relatividade geral de Einstein
	4. Modelo cosmológico padrão	• Universo em expansão • A geometria e a estrutura do Universo • A expansão do Universo	• O Big Bang • Modelo Cosmológico Padrão – ΛCDM

QUADROS DE CONTEÚDOS DA COLEÇÃO

Volume de Química

Unidade	Capítulo	Conteúdos
1 Química e estudo dos materiais	**1.** Química: objeto de estudo e aplicações	• Onde a Química está presente • Conhecimento químico • Química Verde: uma abordagem mais sustentável para a conservação ambiental
	2. Propriedades da matéria	• Medições • Massa • Volume • Densidade • Propriedades da matéria • Sistemas • Substâncias puras e misturas • Substâncias simples e substâncias compostas • Propriedades específicas dos materiais e separação de misturas
	3. Modelos atômicos e características dos átomos	• Aplicações dos raios X • Modelos atômicos de Dalton e Thomson • O modelo de Rutherford e as partículas fundamentais do átomo • Próton, nêutron e elétron • Número atômico • Isótopos • A reelaboração do modelo atômico de Rutherford • Espectros atômicos • O modelo atômico de Rutherford-Bohr • Distribuição eletrônica em camadas ou níveis de energia • Critérios para prever a distribuição eletrônica
	4. Ligações químicas	• Introdução ao estudo das ligações químicas • Substâncias iônicas, moleculares e metálicas • Ligação iônica • Ligação covalente • Ligação metálica • Fórmulas das substâncias moleculares: as representações de Lewis • Ligações simples, duplas e triplas • A polaridade das ligações e das moléculas • Geometria molecular e polaridade de moléculas • Estado físico das substâncias e as forças intermoleculares
2 O macro e o micro	**1.** Relações entre massas de átomos e moléculas	• O Modelo-Padrão e a massa dos átomos • Massa atômica • Isótopos e massa atômica • Massas moleculares
	2. Quantidade de matéria	• Quantidades de substâncias • A unidade mol • Relação entre mol, massa molar e constante de Avogadro
	3. Contando átomos e moléculas	• Reações químicas • Equações químicas • Balanceamento de equações • Tipos de fórmula • Cálculo estequiométrico • Reagente em excesso e reagente limitante • Reagentes impuros e rendimento de uma reação
3 O comportamento das substâncias	**1.** O comportamento dos gases	• Como os gases afetam a vida na Terra • Características dos gases • Transformações gasosas
	2. Funções inorgânicas	• Introdução às funções químicas • Funções inorgânicas • Ácidos • Bases • Óxidos • Sais
	3. Soluções e propriedades coligativas das soluções	• As diferentes propriedades de uma solução de sal de cozinha • As soluções • Relações entre a quantidade de soluto e a de solvente ou a de solução • Propriedades coligativas
4 Energia e transformações da matéria	**1.** Termoquímica	• A energia dos alimentos é química • Transformações exotérmicas e endotérmicas • Energia envolvida nas transformações • Poder calorífico de um combustível e calor de combustão • Entalpia e variação de entalpia de reação • Lei de Hess • Energia de ligação • Entalpia-padrão de formação (ΔH^0_f)
	2. Cinética química	• Rapidez das reações • Como as reações ocorrem • Fatores que alteram a rapidez das transformações químicas • Catalisadores

Unidade	Capítulo	Conteúdos	
5 Eletroquímica	**1.** Contando elétrons	• Reações envolvendo transferência de elétrons • Reações de oxirredução • Número de oxidação (Nox) • Transferência de elétrons • Regras para determinação do Nox • Nox e as reações de oxirredução	• Balanceamento de equações de oxirredução • Reações redox e produção de corrente elétrica • Espontaneidade das reações • Pilhas comerciais • Corrosão de metais: um exemplo de pilha • Proteção contra a corrosão
	2. Eletrólise	• Eletrólise: energia elétrica gerando transformações químicas • Eletrólise ígnea e eletrólise em solução aquosa	• Comparação entre a eletrólise e o funcionamento das pilhas • Principais aplicações da eletrólise
6 Equilíbrios químicos	**1.** Estado de equilíbrio	• Reconhecendo os equilíbrios químicos • Equilíbrio químico • Constantes de equilíbrio • Cálculo das constantes de equilíbrio • Princípio de Le Châtelier	
	2. Equilíbrios ácido-base	• Ácidos e bases no cotidiano • Ácidos e bases segundo a teoria de Arrhenius • Ácidos e bases segundo a teoria de Brönsted-Lowry • Constantes de ionização de ácidos e de dissociação de bases	• Equilíbrio iônico e produto iônico da água • Determinação do pH • Indicadores ácido-base • Cálculo de pH de soluções de ácidos e bases • Titulação ácido-base • Sistema-tampão ou solução-tampão
	3. Equilíbrios em sistemas heterogêneos	• Equilíbrios heterogêneos • Solubilidade de gases em líquidos • Perturbação de equilíbrios heterogêneos • Produto de solubilidade (K_{PS})	
7 A química da vida	**1.** Ciclos biogeoquímicos	• Introdução aos ciclos biogeoquímicos • Ciclo da água • Ciclo do carbono • Ciclo do oxigênio • Ciclo do nitrogênio	
	2. Carbono e cadeias carbônicas	• A versatilidade do carbono • Introdução à química orgânica • O carbono e as ligações covalentes	• Carbono e cadeias carbônicas • Algumas características dos compostos orgânicos
	3. Hidrocarbonetos	• Hidrocarbonetos e mudanças climáticas • Hidrocarbonetos • Petróleo: fonte de hidrocarbonetos • A queima de combustíveis fósseis e as mudanças climáticas	• Carvão mineral: fonte de hidrocarbonetos aromáticos • Isomeria
	4. Funções orgânicas	• Introdução às funções orgânicas • Funções nitrogenadas • Funções halogenadas	• Funções oxigenadas • Isomeria óptica
8 Química, sistema produtivo e meio ambiente	**1.** Reações químicas na natureza e no sistema produtivo	• Reações químicas e a obtenção de produtos • Processos de obtenção de alguns metais • Galvanoplastia • Reações que envolvem funções oxigenadas • Sabões	
	2. Polímeros sintéticos	• Plásticos • Monômeros e polímeros • Tipos de polímeros • Reciclagem de materiais plásticos	
	3. Gestão de resíduos: práticas e desafios	• Descarte adequado de resíduos perigosos: uma questão de saúde pública e ambiental • O que acontece com o lixo descartado • Os perigos do mercúrio: de Minamata ao Tapajós	• A doença de Minamata • Perigos do mercúrio na mineração do ouro

BIBLIOGRAFIA COMENTADA E LEITURAS COMPLEMENTARES

André, C. F. O pensamento computacional como estratégia de aprendizagem, autoria digital e construção da cidadania. *TECCOGS – Revista Digital de Tecnologias Cognitivas*, São Paulo, n. 18, p. 94-109, jul./dez. 2018. Disponível em: https://www.pucsp.br/pos/tidd/teccogs/artigos/2018/edicao_18/teccogs18_artigo05.pdf. Acesso em: 18 ago. 2024.

O artigo discorre sobre o pensamento computacional como visão estratégica de aprendizagem, considerando a autoria digital e a perspectiva da cidadania, entre outros aspectos relacionados a esse tema.

Brasil. *Emenda constitucional n. 59, de 11 de novembro de 2009*. [...] dá nova redação aos incisos I e VII do art. 208, de forma a prever a obrigatoriedade do ensino de quatro a dezessete anos [...]. Brasília, DF: Presidência da República, [2009]. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/Emendas/Emc/emc59.htm. Acesso em: 18 ago. 2024.

A redação dos incisos prevê a obrigatoriedade do ensino para a faixa etária dos 4 aos 17 anos de idade e amplia a abrangência dos programas suplementares para todas as etapas da Educação Básica.

Brasil. Conselho Nacional de Educação Básica. Resolução n. 4/2009, de 2 de outubro de 2009. *Diário Oficial da União*, Brasília, DF, seção 1, p. 17, 5 out. 2009. Disponível em: http://portal.mec.gov.br/dmdocuments/rceb004_09.pdf. Acesso em: 11 set. 2024.

O documento estabelece as diretrizes para a organização e a prática do ensino nas escolas de Educação Básica. Ele visa orientar a formação de um currículo que atenda às necessidades educacionais dos estudantes e os prepare para uma participação ativa e crítica na sociedade.

Brasil. *Estatuto da Pessoa com Deficiência*. 3. ed. Brasília, DF: Senado Federal, Coordenação de Edições Técnicas, 2019. Disponível em: https://www2.senado.leg.br/bdsf/bitstream/handle/id/554329/estatuto_da_pessoa_com_deficiencia_3ed.pdf. Acesso em: 18 ago. 2024.

O documento detalha a Lei Brasileira de Inclusão da Pessoa com Deficiência (Lei n. 13 146/2015), que estabelece uma série de direitos e garantias para pessoas com deficiência.

Brasil. *Lei n. 13 415, de 16 de fevereiro de 2017*. [...] institui a Política de Fomento à Implementação de Escolas de Ensino Médio em Tempo Integral. *Diário Oficial da União*, Brasília, DF, seção 1, p. 1, 17 fev. 2017.

Brasil. *Lei n. 14 945, de 31 de julho de 2024*. Brasília, DF: Presidência da República, 2024. Disponível em: https://www2.camara.leg.br/legin/fed/lei/2024/lei-14945-31-julho-2024-796017-publicacaooriginal-172512-pl.html. Acesso em: 18 ago. 2024.

A lei estabelece a organização e a carga horária referentes à reforma do Ensino Médio.

Brasil. Ministério da Educação. Novo Ensino Médio. Disponível em: https://www.gov.br/mec/pt-br/novo-ensino-medio-descontinuado/. Acesso em: 18 ago. 2024.

O portal do Ministério da Educação sobre o Novo Ensino Médio traz diversas informações, como o marco legal e as mudanças no Ensino Médio para estudantes, professores e gestores escolares, entre outras.

Brasil. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Básica. *Base Nacional Comum Curricular*: educação é a base. Brasília, DF: MEC/SEB, 2018. Disponível em: http://basenacionalcomum.mec.gov.br/. Acesso em: 18 ago. 2024.

A BNCC é um documento de caráter normativo que define o conjunto orgânico e progressivo de aprendizagens essenciais que os estudantes devem desenvolver ao longo das etapas e modalidades da Educação Básica, incluindo o Ensino Médio.

Brasil. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Básica. Secretaria de Educação Continuada, Alfabetização, Diversidade e Inclusão. Secretaria de Educação Profissional e Tecnológica. Conselho Nacional da Educação. Câmara Nacional de Educação Básica. *Diretrizes Curriculares Nacionais da Educação Básica*. Brasília, DF: MEC/SEB/Dicei, 2013. Disponível em: http://portal.mec.gov.br/index.php?option=com_docman&view=download&alias=13448-diretrizes-curiculares-nacionais-2013-pdf&Itemid=30192. Acesso em: 18 ago. 2024.

O documento oficial apresenta e justifica normas obrigatórias para a Educação Básica visando orientar o planejamento curricular das escolas e das redes de ensino no Brasil.

Brasil. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Básica. Conselho Nacional de Educação. *Base Nacional Comum Curricular*: Computação – complemento à BNCC. Brasília, DF: MEC/SEB, 2022. Disponível em: http://portal.mec.gov.br/docman/fevereiro-2022-pdf/236791-anexo-ao-parecer-cneceb-n-2-2022-bncc-computacao/file. Acesso em: 18 ago. 2024.

O documento apresenta diretrizes específicas para a inclusão da área de Computação na Base Nacional Comum Curricular (BNCC) da Educação Básica no Brasil.

Dayrell, J.; Carrano, P. Juventude e Ensino Médio: quem é este aluno que chega à escola. *In*: Dayrell, J.; Carrano, P.; Maia, C. L. (org.). *Juventude e Ensino Médio*: sujeitos e currículos em diálogo. Belo Horizonte: Ed. UFMG, 2014. p. 101-133.

O artigo trata do currículo como um caminho para equilibrar saberes relevantes e projeto de vida, sem simplificar a experiência escolar, o que possibilita uma interlocução com os universos do trabalho, das tecnologias, da cultura, das artes e das ciências.

Gentile, P.; Bencini, R. Construindo competências: entrevista com Philippe Perrenoud, Universidade de Genebra. *Nova Escola*, p. 19-31, set. 2000.

Nessa entrevista, o sociólogo suíço Philippe Perrenoud, da Universidade de Genebra, aborda as competências e a educação.

Guedes, M. B. Espaços mentais, leitura e produção de resumos. *Veredas*: revista de estudos linguísticos, Juiz de Fora, v. 3, n. 2, p. 31-48, jul./dez. 1999.

O artigo apresenta uma investigação sobre estratégias de leitura e esquemas cognitivos ativados durante a leitura, verificando a atribuição de sentido ao texto.

Hoffmann, J. *Avaliação mediadora*: uma prática em construção da pré-escola à universidade. Porto Alegre: Educação & Realidade, 1993.

Neste livro, a autora explora pressupostos metodológicos relacionados à prática avaliativa mediadora, do Ensino Infantil ao Ensino Superior.

Hoffmann, J. *Avaliação, mito e desafio*: uma perspectiva construtivista. 16. ed. Porto Alegre: Educação & Realidade, 1995.

A obra aborda, por meio de exemplos reais, a ressignificação da avaliação como acompanhamento da construção do conhecimento dos estudantes.

Jiménez-Aleixandre, M. P.; Rodríguez, A. B.; Duschl, R. A. "Doing the lesson" or "doing science": argument in high school genetics ("Fazendo a lição" ou "fazendo ciência": argumento em genética do Ensino Médio). *Science Education*, Hoboken, v. 84, p. 757-792, 2000.

Neste artigo, os autores investigam a construção de argumentos em aulas de Ciências.

Kleiman, A. *Texto e leitor*: aspectos cognitivos da leitura. Campinas: Pontes, 2010.

O livro apresenta as teorias cognitivas relacionadas à interpretação de texto e explica como percepção, atenção, memória e inferência têm papel central na compreensão e na reflexão sobre o que se lê.

Metcalfe, J. Metacognitive processes. *In*: Bjork, E. L.; Bjork, R. A. (ed.). *The handbook of perception and cognition*: memory. San Diego: Academic Press, 1996. v. 10.

O capítulo discute o papel da metacognição na resolução de problemas e sua relação com o aprendizado e a memória.

Sasseron, L. H. ; Carvalho, A. M. P. de. Construindo argumentação na sala de aula: a presença do ciclo argumentativo, os indicadores de alfabetização científica e o padrão de Toulmin. *Ciência & Educação*, Bauru, v. 17, n. 1, p. 97-114, 2011. Disponível em: http://scielo.br/pdf/ciedu/v17n1/07.pdf. Acesso em: 18 ago. 2024.

Nesse artigo, as autoras investigam os elementos em jogo na construção de um argumento, dando destaque aos aspectos estruturais da argumentação.

Tomazetti, E. M.; Schlickmann, V. Escola, Ensino Médio e juventude: a massificação de um sistema e a busca de sentido. *Educação e Pesquisa*, São Paulo, v. 42, n. 2, p. 331-342, abr./jun. 2016. Disponível em: http://www.scielo.br/pdf/ep/v42n2/1517-9702-ep-42-2-0331.pdf. Acesso em: 18 ago. 2024.

O artigo problematiza o Ensino Médio, refletindo sobre a falta de sentido atribuída à escola em razão de mudanças sociais, culturais e políticas.

UNIDADE 1

BIOLOGIA: O ESTUDO DA VIDA

INTRODUÇÃO

Esta unidade, constituída de dois capítulos, apresenta informações fundamentais para a compreensão da natureza viva. Aborda os princípios e as questões essenciais que justificam a existência do componente Biologia entre as ciências.

Há dois objetivos principais que norteiam a unidade: a discussão sobre o que é Biologia e o que ela faz e a definição ou caracterização do que é a vida.

O capítulo 1 apresenta a Biologia como uma disciplina científica que compõe a grande área das ciências naturais. É fundamental, portanto, caracterizar o objeto de estudo da Biologia – a vida ou os seres vivos –, introduzir alguns conceitos basilares, enfatizar a importância dos métodos utilizados na investigação científica e a relação da Biologia com outras áreas da ciência.

No capítulo 2, por meio da apresentação das moléculas orgânicas das células vivas, aprofunda-se a discussão dos elementos que caracterizam os seres vivos. Trata-se de um capítulo de síntese e revisão de conceitos, cuja abordagem requer ponderação, uma vez que muitos dos temas que o integram serão revistos ao longo dos estudos de Biologia realizados neste ano e nos próximos. Além disso, requer conhecimentos de Química que alguns estudantes podem ainda não dominar.

Os objetivos da unidade se articulam a este e a outros contextos e ao desenvolvimento de competências e habilidades. Nesta unidade, são promovidas as seguintes competências gerais da Educação Básica: **CGEB1** e **CGEB2**. Também são desenvolvidas as competências específicas e habilidades das áreas de Ciências da Natureza e suas Tecnologias, por exemplo, a habilidade **EM13CNT301**, que leva os estudantes a elaborar hipóteses e a interpretar modelos explicativos em situações-problema, muitos deles presentes no dia a dia.

Sugestão de planejamento

Os temas relativos à Química, sobretudo aqueles mais relacionados com a Biologia, costumam ser abordados no final do Ensino Fundamental. Portanto, nos casos em que isso for viável, sugerimos, antes de iniciar o estudo desses temas, uma conversa com os professores de Ciências da Natureza e Química, em especial com aqueles que acompanharam os estudantes durante os últimos anos do Ensino Fundamental, para se situar em relação aos conteúdos estudados durante esse período. Esse procedimento vai possibilitar que se organize uma estratégia para a abordagem conjunta dos temas de Biologia que estão relacionados com Química.

MAPA DA UNIDADE

CAPÍTULO	OBJETIVOS	COMPETÊNCIAS	HABILIDADES	TEMAS CONTEMPORÂNEOS TRANSVERSAIS
1	• Reconhecer a importância da Biologia. • Conhecer as diferentes aplicações da Biologia. • Identificar as características dos seres vivos.	CGEB2 CECNTEM2	EM13CNT202 EM13CNT301 EM13CNT303	Ciência e tecnologia
2	• Identificar as moléculas orgânicas. • Compreender as funções das moléculas orgânicas.	CGEB1 CGEB2 CECNTEM2	EM13CNT202 EM13CNT303	Educação alimentar e nutricional
Fechamento da unidade	• Utilizar o pensamento computacional na resolução de um problema. • Compreender o papel do sequenciamento genético e associá-lo aos benefícios para sociedade.	CGEB2 CECNTEM3	EM13CNT301 EM13CNT302 EM13CNT303	

ORIENTAÇÕES DIDÁTICAS

ABERTURA DA UNIDADE (PÁGINAS 12 E 13)

- Use a imagem para verificar com os estudantes o que eles já sabem sobre os seres vivos e o que difere um ser vivo de um ser não vivo. Dê tempo para que eles apresentem suas ideias a respeito do tema e explore os elementos mostrados na imagem, para ajudá-los nessa questão.
- Sobre o estudo da Biologia, pergunte aos estudantes o que eles acham que significa a vida. Estimule-os a procurar propriedades semelhantes entre os seres vivos para desenvolver esse assunto, buscando levantar os conhecimentos prévios deles.

RESPOSTAS E COMENTÁRIOS

Questões para refletir (página 12)

2. Os estudantes podem indicar algumas características dos seres vivos aprendidas no Ensino Fundamental, como: organização celular, presença de substâncias orgânicas (carboidratos, DNA, RNA, etc.), resposta a estímulos do ambiente, ciclo de vida, etc. Algumas ideias vinculadas a outras formas de conhecimento que podem aparecer, tais como a presença de "alma" ou "essência", devem ser separadas dos conceitos científicos.

CAPÍTULO 1 O QUE É BIOLOGIA? (PÁGINA 14)

SUGESTÃO DE AULA

- Discuta com os estudantes o que é Biologia e apresente-a como uma ciência, considerando sua heterogeneidade, e como um modo de pensar o mundo e seus fenômenos, que se baseia na busca de fatos e evidências, assim como em teorias sistemáticas bem integradas e de grande poder explicativo. Essa característica requer que o modo de pensar científico se diferencie do senso comum, em geral baseado na tradição, na crença e na intuição. E isso não significa que esses aspectos não estejam presentes entre as pessoas que fazem ciência. No entanto, as explicações científicas não podem se basear apenas nesses elementos. Assim, é importante propiciar oportunidades, durante o contato inicial com a Biologia, para que os estudantes possam refletir e discutir sobre essas diferenças. A ideia é que eles percebam que o estudo da Biologia requer um tipo de raciocínio que se caracteriza pelo modo de pensar científico, baseado em observações, formulação de hipóteses, coleta de dados, sistematização da informação, construção de modelos, experimentação, elaboração de teorias e outras habilidades pertinentes ao fazer científico. No entanto, procure ressaltar que não há um método científico único, mas abordagens e estratégias de investigação distintas, que conduzem à produção de conhecimento científico. Isso pode ser difícil para os estudantes, na medida em que o senso comum costuma indicar certos procedimentos constituídos por etapas muito bem definidas. Alguns exemplos podem ajudar no esclarecimento dessa diversidade: na caracterização de determinado ambiente natural, faz-se um levantamento descritivo e ecológico dos organismos existentes naquele local, mas na caracterização de um agente patogênico e suas implicações para a saúde humana os procedimentos claramente são outros, incluindo aí, possivelmente, testes em animais.
- Crie situações em que os estudantes vivenciem a forma de pensar ciência, desafiando-os também a formular hipóteses, propor estratégias para a solução de questões problemáticas, levantar dados e buscar informações e evidências que os conduzam a uma conclusão. Para isso, sugere-se explorar a seção *Práticas de Ciências* (p. 19), na perspectiva da competência geral **CGEB2** e da competência específica **CECNTEM2**.
- Procure realizar essa proposta, e/ou atividades semelhantes, em parceria com professores de outras áreas. Ao final, é importante que os estudantes percebam que o modo de pensar científico extrapola o campo da Biologia e permeia o fazer científico das demais áreas do conhecimento.

Características dos seres vivos (página 15)

- Após a discussão da abertura desta unidade, selecione os argumentos apresentados pelos estudantes e veja quais estão de acordo com a ciência e por quê. Assim, eles podem começar a tentar identificar o que são definições científicas e o que são noções de senso comum.
- Não se espera que os estudantes consigam identificar os conceitos de modo acurado, especialmente o conceito referente à "vida". Na linguagem cotidiana, por exemplo, a palavra "vida" expressa um conceito que apresenta conotações diferentes, mas que, de modo geral, têm agregado um juízo de valor positivo. Em Biologia, no entanto, os conceitos têm de ser precisos, sem ambiguidades, sustentados pelo conhecimento das características dos seres vivos, estas sim mais facilmente identificáveis. Este capítulo possibilita o trabalho com a habilidade **EM13CNT202**.
- O objeto digital *O que todo ser vivo tem* permite levar os estudantes a identificar as características que possibilitam distinguir um organismo como vivo de um objeto inanimado. O recurso pode ser trabalhado como forma de introduzir o tema aos estudantes.

Níveis de organização (página 16)

- Este é um dos conceitos mais importantes na Biologia, pois ajuda a compreender como a matéria viva se apresenta. Comente com os estudantes a relação desse conceito com a existência das subáreas da Biologia (citologia, histologia e ecologia, por exemplo) e com uma das questões mais intrigantes da Biologia: "Como surgiu a vida?". Embora não exista uma resposta definitiva, as teorias atuais situam-na entre os planos molecular e celular dos níveis de organização.

A Biologia e a investigação científica (página 17)

- As ciências naturais são frequentemente denominadas ciências experimentais. É fundamental, portanto, enfatizar a importância da observação sistematizada, da formulação de hipóteses e da realização de experiências controladas na construção de teorias explicativas na área de Biologia. No entanto, é importante salientar com os estudantes a inexistência de um método único. Esse tópico favorece o trabalho com o tema contemporâneo transversal **Ciência e tecnologia** da área Ciência e tecnologia.
- Dois aspectos que merecem atenção são o chamado rigor científico e a objetividade do saber científico. Essas expressões, muitas vezes empregadas com conotação negativa, referem-se mais à adoção de uma linguagem precisa – que

inclui a matemática e a terminologia – de aparelhos de medição usados em observações e de protocolos empregados em experimentações que tornam os resultados aceitáveis. Assim, afirmar que a temperatura do ar variou entre 21 °C e 30 °C, por exemplo, é mais preciso do que afirmar que o dia foi quente. Além disso, o registro organizado e sistemático da temperatura do ar observada diariamente ao longo dos anos, paralelamente ao acompanhamento de outras variáveis, permite elaborar diagramas climáticos, uma importante ferramenta para caracterizar o ambiente de uma localidade.

A Biologia e sua relação com outras áreas do conhecimento (página 18)

- A Biologia é, ao mesmo tempo, integradora e multidisciplinar, ou seja, apoia-se em conhecimentos provenientes de outras áreas, além de contribuir para o desenvolvimento de outros campos do saber. Pode ser interessante comentar a diferença entre os termos "naturalista" e "cientista". O primeiro costumeiramente é utilizado para fazer referência aos que estudavam a Biologia antes do advento da ciência moderna. O filósofo grego Aristóteles (384 a.C.-322 a.C.) é um bom exemplo, visto que seus trabalhos e observações abarcavam a zoologia, a botânica e a astronomia, além da própria Filosofia. A ciência moderna, além de introduzir o método experimental e a matematização, promoveu a compartimentalização do saber: os cientistas tornaram-se cada vez mais especializados em áreas e subáreas (por exemplo, um zoólogo que se especializa em insetos e, dentro desse grupo, se dedica às abelhas, em especial às abelhas brasileiras sem ferrão).
- Contudo, existe uma tendência à formação de equipes interdisciplinares, compostas de pesquisadores de áreas afins e complementares, superando, em parte, a compartimentalização. Além disso, em todas as áreas das ciências naturais existem teorias que são integradoras, dentro das quais cada campo de especialização se situa e ganha significado mais amplo. Por exemplo, a teoria da evolução ajuda a entender a origem da socialidade nos insetos, e nas abelhas em particular, e o motivo de existirem diferenças entre a organização social das abelhas e a das formigas.
- Podemos ainda lembrar que as ciências naturais influenciam e sofrem influência das ciências humanas. No campo do evolucionismo, por exemplo, pode ser citado o darwinismo social, que consiste em transferir mecanicamente a teoria da evolução para as sociedades humanas, e que é usado para justificar – indevidamente – as diferenças entre os segmentos de uma sociedade e entre etnias. No entanto, o evolucionismo, em muitas situações, se vale da teoria de custo-benefício, originada das ciências humanas, para explicar o sucesso relativo de uma nova característica perante outras.
- O boxe *Ciência se discute* (p. 18) favorece a discussão sobre pseudociências ao abordar as pesquisas em torno da homeopatia.

Práticas de Ciências – O que há dentro da caixa? (página 19)

- A atividade proposta "O que há dentro da caixa?" é uma experiência simulada de investigação que se baseia na observação e na coleta de dados, na formulação de hipóteses, em predições e na proposição de conclusões sustentadas por dados ou evidências. Pode ser realizada no início do estudo do capítulo ou depois de algumas aulas, a seu critério. Como estímulo à realização da atividade, pode-se fazer um paralelo com situações cotidianas: quando uma pessoa ganha um presente, por exemplo, costuma chacoalhar a caixa para tentar descobrir o conteúdo dela. Pergunte aos estudantes se eles consideram possível fazer essa tentativa de descoberta de modo científico e então apresente a atividade. Esse trabalho promove o desenvolvimento da habilidade **EM13CNT301**, ao proporcionar aos estudantes a elaboração de questões e hipóteses com base em uma perspectiva científica.

Ciência, tecnologia, sociedade e ambiente – IPH coleta amostras do Guaíba para detectar a presença de patógenos e de resíduos químicos e físicos na água da enchente (página 20)

- Esta seção oferece a possibilidade de trabalhar a educação com enfoque em ciência, tecnologia, sociedade e ambiente (CTSA), cuja finalidade é integrar educação científica, tecnológica e socioambiental. O texto trata de uma pesquisa conduzida por cientistas da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFGRS), que reuniu grupos de professores, técnicos, estudantes e cientistas de diversas áreas para elucidar um dos problemas causados pelas enchentes: a proliferação de doenças transmitidas pela água contaminada. Com o objetivo de promover políticas públicas, essa pesquisa revela uma discussão multidisciplinar, que abrange questões ambientais, culturais, sociais e econômicas. Além disso, favorece o trabalho com a alfabetização científica, auxiliando os estudantes na construção do conhecimento científico.
- Auxilie os estudantes a compreender a situação vivenciada pelos moradores do estado do Rio Grande do Sul no primeiro semestre de 2024 e nas questões mencionadas anteriormente, buscando uma possível tomada de decisão com base nos princípios de ordem moral que envolvem tais decisões.
- Oriente a discussão sobre qual é o trabalho de um cientista e como esse trabalho é conduzido, incentivando os estudantes a reconhecer informações científicas autênticas e a diferenciá-las das informações falsas. Essa seção possibilita o trabalho com a habilidade **EM13CNT303**, ao propor aos estudantes a interpretação de textos de divulgação científica.

FONTES COMPLEMENTARES

- Margulis, L.; Sagan, D. *O que é vida*? Rio de Janeiro: Jorge Zahar, 2002.
- Murphy, M. P.; O'Neill, L. A. J. (org.). *O que é vida?* 50 anos depois. São Paulo: Ed. da Unesp, 1997.

  Nesses livros, os autores procuram entender melhor o que é a vida com base nos fenômenos biológicos que compõem o tema.
- Chediak, K. O problema da individuação na biologia à luz da determinação da unidade de seleção natural. *Scientiae Studia*, São Paulo, v. 3, n. 1, p. 65-78, 2005. Disponível em: https://www.scielo.br/j/ss/a/hgHPGgsRHN5LcGv4Lvgfpqs/. Acesso em: 20 set. 2024.

  A tese defende que a existência de múltiplos níveis de seleção natural tem sido utilizada para explicar a diversidade de níveis de organização biológica.
- Chibeni, S. S. *O que é ciência?* São Paulo: Departamento de Filosofia, Unicamp. Disponível em: https://www.unicamp.br/~chibeni/textosdidaticos/ciencia.pdf. Acesso em: 20 ago. 2024.

  Este trabalho apresenta para um público geral algumas das principais concepções de ciência defendidas por filósofos da ciência desde o surgimento da ciência moderna, no século XVII.

- Souza, D. V. L. de; Oliveira, I. M. Pseudociências e os desafios atuais impostos ao ensino de ciências. *Educação e Realidade*, n. 49, abr. 2024. Disponível em: https://www.scielo.br/j/edreal/a/xhbjYwtDffG8WygCxs6XZbr/# . Acesso em: 16 out. 2024.

  O artigo discute o que é pseudociência, analisa as possíveis razões das crenças pseudocientíficas terem se difundido e como o ensino de ciências pode ser aprimorado com o objetivo de combater as pseudociências.

- Leite, S. Q. M. (org.) *Práticas experimentais investigativas em ensino de Ciências*: Caderno de Experimentos de Física, Química e Biologia – Espaços de educação não formal – Reflexões sobre o ensino de Ciências. Vitória: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo e Secretaria de Estado de Educação do Espírito Santo, 2012. Disponível em: https://educimat.ifes.edu.br/images/stories/Publica%C3%A7%C3%B5es/Livros/Ifes_Livro-Praticas-Experimentais-_2012.pdf. Acesso em: 20 set. 2024.

  O caderno oferece experimentos de Biologia, Física e Química para contribuir com o ensino em sala de aula.

ATIVIDADE COMPLEMENTAR

Leitura e interpretação de imagem – Imagens do cientista

Convide os estudantes a desenhar um cientista, de preferencia um biólogo. Finalizada a produção dos desenhos, organize-os em um mural para que todos os estudantes possam analisar as imagens feitas pelo grupo. Em seguida, conduza uma discussão/interpretação das representações produzidas. Levante questões tais como:

- Que semelhanças existem entre as imagens produzidas?
- Existe algum padrão que se repete entre elas?
- Como os cientistas foram retratados, de modo geral?
- Há mulheres representadas nas imagens? Quantas? (Se o número for reduzido: Por que tão poucas?)
- Há negros ou indígenas representados nas imagens? Quantos? (Se o número for reduzido: Por que tão poucos?)
- Qual é a imagem que se tem de um cientista?
- Qual é a imagem que se tem de um biólogo?
- Essas imagens condizem com a realidade?

Uma maneira de ampliar esta atividade, caso a escola disponha de recursos, consiste em solicitar uma pesquisa de imagens de cientistas na internet por meio de palavras-chaves (como cientista ou *scientist*) em um *site* de busca.

Certamente surgirão muitas imagens estereotipadas, mas também outras que contextualizem o cientista na sua pratica cotidiana, o que ampliará a discussão.

Avalie levar para a sala de aula nomes de cientistas negros e indígenas de diversas áreas como forma de quebrar estereótipos etnico-raciais.

Você pode ainda selecionar as imagens e apresentá-las aos estudantes e novamente servir como mediador na discussão.

Em ambos os casos, motive os estudantes a comparar as imagens produzidas por eles com as divulgadas pela mídia e com as que representam os cientistas em sua realidade cotidiana.

Finalize a conversa perguntando se algum estudante da turma já considerou seguir a carreira de pesquisador/cientista. Se surgir interesse na turma, avalie marcar uma conversa com um profissional da área para explicar quais os passos necessários para se tornar um cientista.

SUGESTÕES DE AVALIAÇÃO

Entende-se que a avaliação deve ser parte integrante do processo de ensino-aprendizagem e se basear em processos e atividades que promovam a melhora da aprendizagem, incluindo instrumentos de avaliação que possibilitem ao estudante o desenvolvimento da autorregulação. Para isso, são necessários clareza na exposição dos objetivos a serem alcançados em cada atividade, critérios utilizados em sua correção, possibilidade de reelaboração das atividades, autoavaliação e avaliação dos trabalhos dos colegas de classe.

Nesse sentido, provas ou atividades que se baseiem exclusivamente na memorização de termos, fatos e conceitos devem ser evitadas. Resumos, glossários e mapas conceituais podem ser utilizados como etapas da avaliação, e a consulta a essas e a outras fontes de informação deve ser estimulada. Exemplos:

- A leitura de cada tópico ou de textos complementares do livro deve incluir o levantamento dos termos não compreendidos pelos estudantes, que se encarregam de buscar a etimologia e o significado deles, organizando um glossário em arquivo eletrônico ou em forma de fichas.
- A elaboração de um mapa conceitual que aborde a relação da Biologia com outras áreas do conhecimento. Um passo a passo para a elaboração de mapas conceituais pode ser encontrado em: https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/4211802/mod_resource/content/1/Como%20construir%20um%20mapa%20conceitual.pdf. Acesso em: 20 ago. 2024.

Trabalhos em grupo que incluem a divisão de tarefas de acordo com as habilidades de cada integrante também são importantes. Exemplo:

- Para trabalhar o tópico "Características dos seres vivos", a turma pode ser dividida em grupos e cada grupo fica responsável pela pesquisa e pelo aprofundamento de um dos tópicos citados nesse item do capítulo. Os resultados da pesquisa podem ser organizados na forma de painéis eletrônicos ou físicos e compartilhados com a turma.

Também é indicada a formalização de perguntas que envolvem temas polêmicos ou debates sobre esses temas. Exemplos:

1. Os vírus podem ser considerados seres vivos?
2. O uso de animais em experimentação científica deve ser permitido? Como pode ser regulamentado?

RESPOSTAS E COMENTÁRIOS

Atividades (página 21)

2. Matéria orgânica – nível de organização molecular; água – nível de organização molecular; ar – nível de organização molecular; raízes – nível de organização orgânico; bactérias – nível de organização organismo (unicelular); formigas – nível de organização organismo (pluricelular).

4. a)

Reflexão sobre o problema ou ação realizada	Etapa do método científico
Notar que a lâmpada do quarto não acende.	Primeira observação.
Supor que o fornecimento de energia foi interrompido.	Primeira hipótese.
Acionar a lâmpada da sala.	Primeiro experimento ou teste de hipótese.

Reflexão sobre o problema ou ação realizada	Etapa do método científico
A lâmpada da sala acende.	Resultado do primeiro teste ou experimento.
Pensar que a lâmpada do quarto está com defeito.	Segunda hipótese.
Instalar a lâmpada do quarto em um abajur.	Experimento ou teste da segunda hipótese.
A lâmpada do abajur acende.	Resultado do segundo experimento ou teste.

b) Uma vez verificado que há fornecimento de energia e que a lâmpada não está com defeito, outras hipóteses possíveis são: o interruptor do quarto está com defeito; o fusível ou disjuntor que protege o ramal da rede elétrica que conduz energia ao quarto está queimado ou desarmado; pode haver um defeito na fiação.

CAPÍTULO 2 AS BASES QUÍMICAS DA VIDA (PÁGINA 22)

- O entendimento sobre as moléculas características dos seres vivos requer o conhecimento de como são formadas essas estruturas que, geralmente, são muito grandes. Portanto, é fundamental compreender a natureza dos monômeros, suas características e a formação da macromolécula pela repetição dessas unidades básicas. Avalie conduzir uma aula introdutória sobre o tema com o auxílio do(a) professor(a) de Química. Desse modo, desenvolvem-se a competência geral **CGEB2** e a habilidade **EM13CNT202**, ao se analisarem as moléculas orgânicas dos seres vivos em seus diferentes níveis de organização, desde a união de átomos, para formar as unidades fundamentais, até a formação das macromoléculas.

Moléculas orgânicas das células vivas (páginas 23 a 32)

- O estudo das proteínas (p. 26) remete, necessariamente, aos aminoácidos, que são os monômeros dessa classe de polímeros. A diversidade de seus arranjos – tendo em vista que somente 20 aminoácidos são utilizados na síntese de proteínas – permite uma combinação capaz de formar inúmeros tipos de proteínas. Saliente a importância das enzimas para o metabolismo celular, esse tema será retomado com mais profundidade na unidade 6.
- No tópico "Ácidos nucleicos" (p. 29) destaque o fato de que esses compostos também são polímeros, assim como as proteínas, e que também estão sujeitos à desnaturação.
- No tópico "Água, sais minerais e vitaminas" (p. 32), ao falar sobre vitaminas e sais, explore o conceito de macronutriente e micronutriente, aqueles que, mesmo em quantidades mínimas, são fundamentais para o equilíbrio metabólico.
- Reforce a importância do consumo de alimentos frescos, ricos nessas substâncias, em contraposição aos ultraprocessados. Estes são muitas vezes mais atraentes em virtude do preço acessível, da facilidade de obtenção e da sensação de saciedade que provocam. Comente que essa sensação se deve à presença de altos teores de sal e de gorduras saturadas, e não de nutrientes saudáveis; além disso, os ultraprocessados são pobres em vitaminas e proteínas.

SUGESTÃO DE AULA

- Avalie conduzir uma aula introdutória sobre os tópicos referentes a lipídios (p. 23) e carboidratos (p. 25), com auxílio do(a) professor(a) de Química. Inicialmente, explorem o texto "Merenda escolar saudável", proposto no boxe *Ação e cidadania* (p. 25), que aborda, além da merenda escolar saudável, o decreto que entrou em vigor em Brasília, em 2015, e que proíbe a venda de alimentos como balas, refrigerantes e frituras nas escolas dessa cidade. Aproveite para ressaltar aos estudantes a importância do consumo reduzido de alimentos ultraprocessados, os quais costumam ser ricos em açúcares e gordura e pobres em outros nutrientes, e de priorizarem alimentos *in natura* e minimamente processados, que são ricos em nutrientes.
- Avaliem a possibilidade de desenvolver com a turma um projeto com o objetivo de melhorar os hábitos alimentares dos estudantes e da comunidade escolar, tendo em vista o valor nutritivo dos alimentos. Vocês podem iniciar o projeto na lanchonete da escola e, depois, expandi-lo para a comunidade. Considere orientar os estudantes para incluir cozinheiras da própria escola na elaboração do projeto. Iniciativas como essas, levadas para o ambiente doméstico, têm grande poder transformador nas famílias. A publicação *Guia alimentar para a população brasileira* (versão resumida disponível em: https://www.gov.br/saude/pt-br/assuntos/saude-brasil/publicacoes-para-promocao-a-saude/guiadebolso2018.pdf. Acesso em: 20 set. 2024) pode fornecer subsídios para o desenvolvimento de um projeto de alimentação saudável.
- Ao final, considerem ler com os estudantes o texto complementar "Vai um natural?" (p. 459 deste manual), que trata da acrilamida, um composto natural tóxico, comum em alimentos ultraprocessados. Além do trabalho com o tema transversal **Educação alimentar e nutricional**, da macroárea Saúde, com foco na mudança de hábitos alimentares, essa abordagem também possibilita retomar os conteúdos sobre proteínas e carboidratos, visto que a acrilamida pode se formar na reação química entre o aminoácido asparagina e açúcares como glicose e frutose, e o trabalho com a competência específica **CECNTEM2**.

Biologia e Química – Colesterol (página 24)

- Pode-se iniciar o trabalho perguntando aos estudantes o que eles sabem sobre o colesterol. Caso alguns deles não saibam que se trata de uma molécula orgânica, pode-se solicitar que façam uma pesquisa sobre a molécula e, com base nos resultados dessa pesquisa, explorar o tema proposto na seção.
- Por se tratar de uma seção interdisciplinar, é enriquecedor trazer informações de outro componente para complementar o trabalho. Pode-se desenhar a molécula de colesterol (imagem a seguir) na lousa e solicitar aos estudantes que reconheçam as funções orgânicas que ela apresenta.

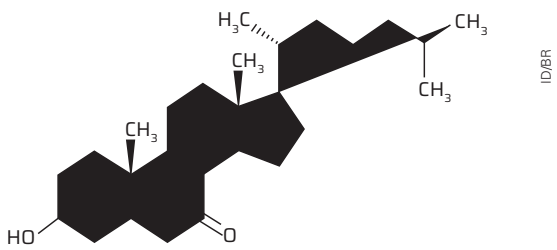


Figura 1. Colesterol em sua forma livre.

- Explique que a bioquímica é uma área da Biologia que estuda as biomoléculas, suas estruturas e funções orgânicas. Acrescente que, nas últimas décadas, essa área tem apresentado um grande desenvolvimento biotecnológico.

Práticas de Ciências – Montando modelos de proteínas (página 28)

- A atividade pode ser desenvolvida em uma sequência de duas aulas consecutivas – a primeira, para montagem do modelo; a segunda, para discussão dos resultados – ou em uma aula dupla.
- As tampinhas de garrafas PET representam os aminoácidos, mas também podem ser usados clipes coloridos, tampas de garrafas de vidro, tampas de frascos de medicamentos, rolhas, miçangas, entre outros materiais que aceitem cola quente.
- Organize o material previamente e, para isso, peça com antecedência aos estudantes que colecionem as tampinhas, para terem uma quantidade adequada no dia da atividade.
- Alternativamente, a montagem do modelo pode ser feita previamente pelo professor ou em sala de aula, com a participação dos estudantes.
- Exponha o objetivo da atividade aos estudantes e estimule a curiosidade com perguntas como: "É possível ver uma molécula de proteína?"; "Como os químicos sabem qual é o formato da estrutura da proteína?", entre outras.
- Dependendo da espessura e da rigidez do arame obtido, pode ser necessário o uso de alicate para espiralar e enovelar o modelo.
- Caso não seja possível obter cola quente e a pistola aplicadora, as tampas podem ser perfuradas lateralmente com uma verruma, broca ou prego aquecido.
- Alerte aos estudantes sobre os cuidados durante o manuseio do arame e das ferramentas a fim de evitar acidentes. Se necessário, faça você mesmo esses procedimentos ou acompanhe-os de perto.
- Estabeleça ou combine com os estudantes previamente quais tampas serão coladas durante a etapa de enovelamento do arame; é interessante que a mesma regra seja seguida por toda a sala. Este aspecto também pode ser objeto de discussão: nas proteínas reais, as forças de interação não são variáveis, pois dependem das propriedades químicas dos radicais, entre outros fatores.

  Após a finalização da montagem, estimule os estudantes a observar os modelos dos outros grupos.

Ciência tem história – A descoberta da estrutura do DNA (páginas 30 e 31)

- Após a leitura do texto da seção, discuta com os estudantes sobre a relevância da descoberta da estrutura do DNA para a ciência. O momento também é oportuno para discutir a questão das mulheres na ciência e o quanto elas foram e ainda são invisibilizadas em um meio dominado por homens, principalmente na época da descoberta do DNA. Se for possível, solicite uma pesquisa sobre a questão de gênero na ciência atualmente, solicitando, por exemplo, uma comparação do percentual de homens e de mulheres em alguma área da pesquisa científica. Essas discussões propiciam o desenvolvimento da competência geral **CGEB1** e da habilidade **EM13CNT303**.

ATIVIDADE COMPLEMENTAR

A sugestão de atividade prática complementar para este capítulo inclui a realização de um teste que identifica a presença de amido em alguns alimentos rotineiramente consumidos.

Identificação do amido

O objetivo desta atividade é a identificação, pelos estudantes, da presença de amido em diferentes alimentos.

Material - por grupo de 3 a 4 estudantes

- solução de lugol (iodo, iodeto de potássio e água destilada) ou tintura de iodo
- água
- solução de amido
- estante
- tubos de ensaio
- pipetas
- 1 placa de Petri
- alimentos diversos: farinha, biscoito doce, biscoito salgado, pão, banana, alimentos processados, laticínios, etc.

Como fazer

1. Amostra de controle 1: Coloque 5 mL de água em um tubo de ensaio e adicione 3 gotas de lugol utilizando a pipeta.

   R.: *Resultado esperado: amarelo, indicando ausência de amido.*
2. Amostra de controle 2: Coloque 5 mL da solução de amido em outro tubo de ensaio e adicione 3 gotas de lugol utilizando a pipeta.

   R.: *Resultado esperado: azulado/preto, indicando a presença de amido.*
3. Na placa de Petri, coloque um pouco de cada alimento. Mantenha as amostras distantes umas das outras, evitando contato entre elas. Na sequência, adicione 1 gota de lugol a cada amostra.
4. Anote as mudanças de cor observadas em cada amostra.

Para discutir

1. Qual é a cor que identifica a presença de amido nos alimentos testados?

   R.: *Azulada/preta.*
2. Quais alimentos testados têm amido? Quais não têm?

   R.: *Resposta variável. Depende de quais alimentos foram analisados.*
3. Qual a importância da realização dos testes de controle 1 e 2?

   R.: *Os testes de controle demonstram que o lugol reage com o amido, mas sua cor permanece inalterada na ausência desse composto. Esses resultados validam os testes feitos nos alimentos.*

FONTES COMPLEMENTARES

- Roque, N. F. *A química e o mundo* – Livro 2: a vida. São Paulo: Editorial LF, 2015.

  A química da vida é o conteúdo central dessa obra. A água serve de modelo para o estudo das estruturas moleculares. As substâncias orgânicas são apresentadas por meio do estudo do petróleo, das substâncias que causam a sensação do cheiro e dos alimentos. São abordadas também a química do DNA e dos esteroides, além de questões relacionadas à origem da vida.

- Watson, J. D. *A dupla hélice*: como descobri a estrutura do DNA. São Paulo: Zahar, 2014.

  Nos anos 1950, a compreensão da estrutura molecular do DNA envolveu pesquisadores do mundo todo. Nesta obra, Watson narra o surgimento da ideia de dupla hélice e as dificuldades enfrentadas na sua decifração. Watson aborda também a rivalidade com outros cientistas e a ambição em ser o autor da descoberta, sabendo que com isso poderia entrar para a história.

TEXTO COMPLEMENTAR

Vai um natural?

É muito empregada em bioquímica uma técnica chamada eletroforese em gel de poliacrilamida. Essa técnica permite fracionar polímeros (proteínas e DNA, por exemplo) para diversos fins. [...]

Dada a grande utilidade do método, a preparação do gel de poliacrilamida faz parte da maioria dos programas de treinamento de estudantes de graduação na área biomédica, mas é comum os orientadores alertarem para a necessidade de muita cautela no manuseio da acrilamida. Isso acontece porque ela é tóxica para as células nervosas, é potencialmente cancerígena (suspeita-se que esteja ligada ao câncer colorretal) e parece afetar também a fertilidade.

De fato, o recipiente em que a acrilamida vem acondicionada traz o clássico símbolo dos produtos tóxicos e venenos: a eloquente figura da caveira e dos ossos cruzados.

Curiosamente, a acrilamida não é algo sintético. É um produto natural. Até há pouco tempo, era conhecida apenas por estar entre as centenas de venenos presentes na fumaça dos cigarros, colaborando para minar a saúde dos fumantes. Infelizmente, os não fumantes e os ex-fumantes não estão livres do problema: a acrilamida foi detectada em produtos alimentícios. Ela pode se formar quando ocorre uma reação química entre o aminoácido asparagina (aminoácidos são as unidades que compõem as proteínas) e açúcares como glicose e frutose. Em altas temperaturas, essa reação, conhecida como reação de Maillard, é favorecida.

O amido, componente importante de alimentos como batatas, pães e outros, é constituído de unidades de glicose encadeadas. Quando esses alimentos ou outros produtos à base de amido são fritos ou assados, a acrilamida é produzida. Entre os alimentos muito consumidos hoje, destacam-se as batatas fritas, o café solúvel, o pão e alguns biscoitos crocantes, e estudos mostram que todos apresentam níveis preocupantes de acrilamida. Desde que a presença dessa neurotoxina em alimentos foi descoberta, em 2002, as autoridades e os produtores de alimentos da Europa e dos Estados Unidos, em um esforço conjunto, vêm buscando reduzir os riscos dessa potencial bomba-relógio. Várias publicações relatam associações entre a ingestão de acrilamida e efeitos como retardo de crescimento de fetos, alterações celulares no sistema nervoso, câncer de útero e de ovário – e por aí vai.

[...]

Outra opção é apelar para a educação e tentar mudar os hábitos alimentares das pessoas, tarefa quase impossível hoje, apesar de estarmos na era da comunicação.

Aliás, comer saudavelmente está ficando cada vez mais difícil. Ao cuidado já vigente de evitar excesso de agrotóxicos, soma-se agora a preocupação com a acrilamida, e sabe-se lá que outros perigos se avizinham. [...]

Rumjanek, F. Vai um natural? *Ciência Hoje*, Rio de Janeiro, n. 300, p. 19, jan./fev. 2013. Disponível em: https://cienciahoje.periodicos.capes.gov.br/storage/acervo/ch/ch_300.pdf. Acesso em: 18 jun. 2024.

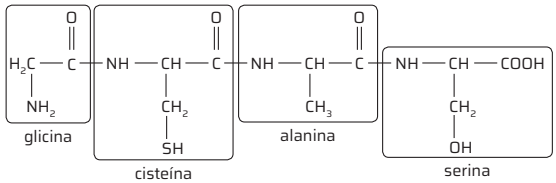
SUGESTÕES DE AVALIAÇÃO

- A avaliação deve ser realizada de maneira contínua ao longo de todo o capítulo. As atividades propostas nos boxes *Roteiro* podem servir como avaliação formativa e evidenciar dificuldades.
- Considere aproveitar a seção *Atividades* (p. 33) como avaliação formativa, a fim de identificar os pontos frágeis da aprendizagem dos conceitos abordados neste capítulo.
- A atividade experimental complementar, sugerida anteriormente, também pode ser utilizada como estratégia de avaliação, pois reforça o desenvolvimento de habilidades e competências das práticas científicas, além de favorecer o engajamento dos estudantes em práticas de investigação.
- Aproveite os momentos de discussão propostos ao longo da unidade para avaliar os estudantes em relação às Competências Gerais da Educação Básica.

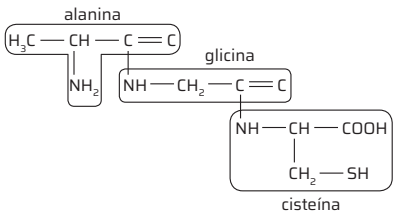
RESPOSTAS E COMENTÁRIOS

Atividades (página 33)

5. a)



b)



FECHAMENTO DA UNIDADE (PÁGINAS 34 A 37)

Pensando Ciências – Como sequenciar um genoma? (páginas 34 e 35)

- Após a leitura do texto da seção, discuta com os estudantes sobre o sequenciamento do genoma, abordando os avanços tecnológicos na área e a interdisciplinaridade da Bioinformática com a Biologia.
- Na etapa "Decompondo o problema", os estudantes podem identificar diferentes técnicas de sequenciamento de DNA. Informações sobre técnicas tradicionais, como o sequenciamento baseado no método Sanger, podem ser obtidas no artigo disponível em: https://www.geneticanaescola.com/revista/article/view/75/66 (acesso em: 9 out. 2024).
- Em "Abstraindo o problema", espera-se que os estudantes obtenham a seguinte sequência: ATGACGGATCAGCCGCAAGCGG.
- Ao trabalhar "Elaborando o algoritmo", apresente o procedimento para trocar a lâmpada queimada de um abajur como exemplo de um algoritmo. Explique que esse procedimento requer:
  1. retirar o abajur da tomada;
  2. remover a lâmpada do soquete do abajur;

3. envolver a lâmpada velha em jornal e guardá-la ou descartá-la em local que aceite esse tipo de resíduo;
4. tirar a lâmpada nova da caixa e rosqueá-la no soquete do abajur;
5. religar o abajur na tomada;
6. apertar o botão do abajur para verificar se a luz acende.

- Ao desafiar os estudantes a remontar a sequência original do DNA no processo do sequenciamento do genoma, esta seção promove o trabalho com as habilidades **EM13CNT301**, **EM13CNT302** e **EM13CNT303**. Favorece também o desenvolvimento da competência específica **CECNTEM3** e da competência geral **CGEB2**, ao levar os estudantes a utilizar procedimentos e linguagens próprios das Ciências da Natureza para propor soluções que utilizem a investigação, a criticidade e a criatividade, a fim de buscar e propor soluções para problemas reais.

ATIVIDADES DE PREPARAÇÃO

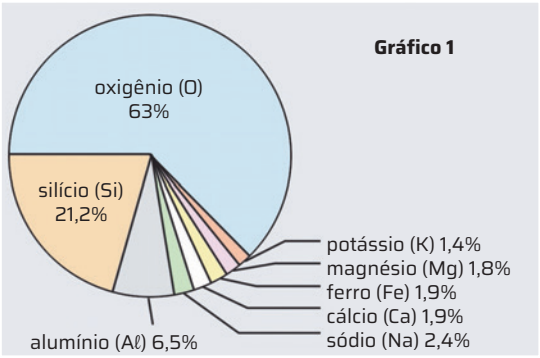
1. (**Enem**) Embora seja um conceito fundamental para a Biologia, o termo "evolução" pode adquirir significados diferentes no senso comum. A ideia de que a espécie humana é o ápice do processo evolutivo é amplamente difundida, mas não é compartilhada por muitos cientistas.

Para esses cientistas, a compreensão do processo citado baseia-se na ideia de que os seres vivos, ao longo do tempo, passam por

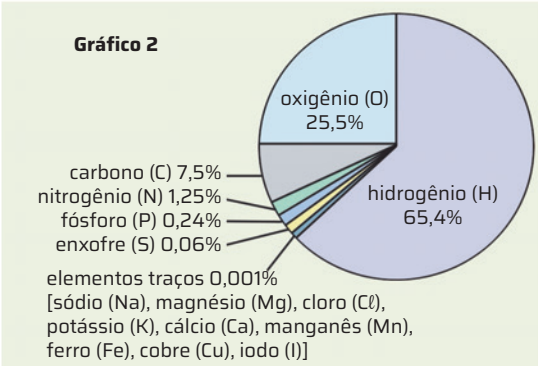
a) modificação de características.
b) incremento no tamanho corporal.
c) complexificação de seus sistemas.
d) melhoria de processos e estruturas.
e) especialização para uma determinada finalidade.

Alternativa **a**.

2. (**UFF-RJ**) Os seres vivos possuem composição química diferente da composição do meio onde vivem (gráficos a seguir). Os elementos presentes nos seres vivos se organizam, desde níveis mais simples e específicos até níveis mais complexos e gerais.



UFF-RJ. Fac-símile: ID/BR



UFF-RJ. Fac-símile: ID/BR

Assinale a opção que identifica o gráfico que representa a composição química média e a ordem crescente dos níveis de organização dos seres vivos.

a) Gráfico 1, molécula, célula, tecido, órgão, organismo, população e comunidade.
b) Gráfico 1, molécula, célula, órgão, tecido, organismo, população e comunidade.
c) Gráfico 2, molécula, célula, órgão, tecido, organismo, população e comunidade.
d) Gráfico 2, molécula, célula, tecido, órgão, organismo, comunidade e população.
e) Gráfico 2, molécula, célula, tecido, órgão, organismo, população e comunidade.

Alternativa **e**.

3. (**Enem**)

> Na década de 1940, na Região Centro-Oeste, produtores rurais, cujos bois, porcos, aves e cabras estavam morrendo por uma peste desconhecida, fizeram uma promessa, que consistiu em não comer carne e derivados até que a peste fosse debelada. Assim, durante três meses, arroz, feijão, verduras e legumes formaram o prato principal desses produtores.
>
> *O Hoje*, 15 out. 2011 (adaptado).

Para suprir o déficit nutricional a que os produtores rurais se submeteram durante o período da promessa, foi importante eles terem consumido alimentos ricos em

a) vitaminas A e E.
b) frutose e sacarose.
c) aminoácidos naturais.
d) aminoácidos essenciais.
e) ácidos graxos saturados.

Alternativa **d**.

2 CÉLULAS E TECIDOS

INTRODUÇÃO

Nesta unidade, serão apresentados os principais elementos constituintes dos seres vivos. No capítulo 1, os estudantes são introduzidos às células e seus principais constituintes, evidenciando a hierarquia estrutural em sua organização molecular. O capítulo 2 visa relacionar as reações de oxirredução aos processos metabólicos celulares. No capítulo 3, são tratados os tecidos – nível de organização dos seres vivos que está acima das células e que consiste em conjuntos de células com mesma função, atuando na manutenção do funcionamento do organismo – e o ciclo celular.

Os objetivos da unidade se articulam a este e outros contextos e ao desenvolvimento de competências e habilidades. Assim, a unidade desenvolve as competências gerais da Educação Básica **CGEB1**, **CGEB2**, **CGEB5** e **CGEB7**. Também são desenvolvidas competências específicas da área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias e habilidades, como a **EM13CNT202** e a **EM13CNT301**.

Sugestão de planejamento

Por ser uma unidade bastante teórica, é importante, durante o planejamento das aulas, procurar contextualizar o tema tratado; os boxes e seções auxiliam nessa tarefa. No capítulo 1, a seção *Ciência tem história* discute o caráter coletivo do fazer científico ao mostrar como vários atores foram responsáveis pelo estabelecimento da teoria celular. No capítulo 2, pode ser interessante trabalhar em conjunto com o(a) professor(a) de Química os conceitos de reações de oxirredução. De forma geral, o tema "metabolismo celular" costuma atrair o interesse dos estudantes, da mesma forma que é considerado um assunto difícil por eles; sempre que possível, use exemplos do cotidiano nas explicações. O boxe *Ciência se discute* (p. 78) explora o uso da inteligência artificial na elucidação de estruturas proteicas; utilize-o como ponto de partida para discutir o uso dessa ferramenta na ciência. Utilize a seção *Práticas de Ciências* (p. 81) como base para discutir a regulação da expressão gênica. No capítulo 3, sempre que possível, faça uso de imagens ilustrativas. Explore também as imagens disponíveis no *site* indicado no boxe *Para explorar* (p. 90).

MAPA DA UNIDADE

CAPÍTULO	OBJETIVOS	COMPETÊNCIAS	HABILIDADES	TEMAS CONTEMPORÂNEOS TRANSVERSAIS
1	• Reconhecer a célula como menor unidade estrutural dos seres vivos. • Reconhecer, por meio do exemplo da história das observações microscópicas, o caráter histórico e cultural da ciência. • Construir modelos e compreendê-los como ferramenta de comunicação e compreensão de conceitos científicos.	CGEB1 CGEB2 CGEB4 CGEB7 CECNTEM2	EM13CNT202	Ciência e tecnologia
2	• Reconhecer o papel das reações de oxirredução no metabolismo. • Analisar os processos metabólicos essenciais à manutenção da vida, como a fotossíntese e a respiração celular. • Relacionar o metabolismo a DNA, RNA, código genético, síntese de proteínas e determinação de características nos seres vivos. • Utilizar simuladores digitais para compreender um sistema de regulação gênica.	CGEB1 CGEB5 CGEB7 CECNTEM1 CECNTEM2 CECNTEM3	EM13CNT101 EM13CNT104 EM13CNT201 EM13CNT202 EM13CNT205 EM13CNT301	Ciência e tecnologia
3	• Compreender as funções dos tecidos celulares e como se relacionam no funcionamento do organismo. • Ler e interpretar imagens de microscopia de células humanas.	CGEB1 CGEB7 CGEB8 CECNTEM2 CECNTEM3	EM13CNT202 EM13CNT304	Ciência e tecnologia
Fechamento da unidade	• Refletir sobre a importância da imaginação e da criatividade na construção do conhecimento científico. • Analisar e interpretar modelos para a resolução de problemas.	CGEB2 CECNTEM3	EM13CNT201 EM13CNT301	

ORIENTAÇÕES DIDÁTICAS

ABERTURA DA UNIDADE (PÁGINAS 38 E 39)

- A dupla de páginas traz como destaque a imagem de células do hipocampo. As questões propostas na abertura da unidade propiciam uma ocasião para identificar as ideias dos estudantes sobre o assunto. Aproveite-as para coletar os conhecimentos prévios dos estudantes e as opiniões individuais ou discutidas em grupos.

RESPOSTAS E COMENTÁRIOS

Questões para refletir (página 38)

1. Respostas variáveis. Os estudantes podem mencionar que a imagem apresenta tipos diferentes de células com prolongamentos verdes e células com prolongamentos azuis. Comente com a turma que a foto mostra o hipocampo, estrutura encontrada no cérebro dos seres humanos responsável pelo processamento das informações que compõem a memória. Ao realizar com os estudantes a leitura da imagem, explique que os núcleos das células estão colorizados em vermelho, os axônios circundados por estrato mielínico estão colorizados em azul e as células da glia aparecem em verde. O estrato mielínico que circunda o axônio é composto de lipídios e proteínas. As células da glia são células que sustentam e nutrem as células nervosas. Estudos recentes sugerem que as células gliais também estão envolvidas em funções como a memória e a consciência.

CAPÍTULO 1 AS CÉLULAS (PÁGINA 40)

Introdução à citologia (página 40)

- O capítulo destaca os conhecimentos relativos à citologia, uma das áreas da Biologia cuja aprendizagem apresenta mais desafios. Isso se deve, em grande parte, à quantidade de conceitos envolvidos e à dificuldade que os estudantes sentem de estabelecer, por conta própria, uma hierarquia apropriada com relação a esses conceitos, no sentido de discernir os mais abrangentes dos mais específicos.
- Observe se os estudantes reconhecem que a célula e os processos vitais que nela acontecem são essenciais à manutenção da vida. O entendimento de que a célula está presente em todos os seres vivos fortalece a ideia nuclear de que os seres vivos têm uma origem única e comum. Neste capítulo, são trabalhadas, particularmente, a competência específica **CECNTEM2** e a habilidade **EM13CNT202**.

Observações ao microscópio (página 41)

- Enfatize a relação entre os tipos de microscópio (de luz ou eletrônico) e as descobertas em nível celular que esses instrumentos proporcionaram. Assinale que o desenvolvimento do microscópio de luz permitiu a identificação dos constituintes básicos da célula e das principais diferenças entre células animais e vegetais. Com o advento do microscópio eletrônico, foi possível realizar estudos detalhados da ultraestrutura e da função das organelas, conhecimento que contribuiu para a caracterização das diferenças entre as células eucariontes e as procariontes. O tema desenvolve o tema contemporâneo transversal **Ciência e tecnologia**.
- O objeto digital *Tipos de microscopia* apresenta imagens de microscopia produzidas por diferentes tipos de microscópios. Utilize esse recurso para complementar o trabalho sobre o tema, apresentando outros exemplos de imagens produzidas por esses aparelhos.

Ciência tem história – As contribuições de Robert Hooke (páginas 42 e 43)

- Nesta seção, são apresentadas as contribuições do naturalista inglês Robert Hooke para a microscopia e para a ciência. Dessa forma, fornece-se aqui uma oportunidade para discutir o caráter histórico e cultural da ciência e a noção de construção coletiva que nela tem lugar. A seção promove o trabalho com a competência geral **CGEB1**.

Biologia e Física – Instrumentos ópticos (páginas 44 e 45)

SUGESTÃO DE AULA

- Inicie o trabalho com a seção retomando com os estudantes os tipos de microscópios e as diferenças entre eles.
- A seção *Ciência tem história* (p. 42) pode ser utilizada para trazer um panorâma histórico do início dos trabalhos com microscopia. Aproveite para comparar as imagens obtidas por Leeuwenhoek e Grew e as imagens obtidas atualmente por microscopia. Discuta o avanço dessa técnica e as consequências não só para a ciência básica, mas também para a Medicina.
- Ao aprofundar a discussão sobre o funcionamento dos diferentes tipos de microscópio, avalie trabalhar em conjunto com o(a) professor(a) de Física.
- As atividades propostas ao final da seção podem ser utilizadas como avaliação.

A célula (página 46)

- Um dos conceitos fundamentais deste capítulo diz respeito às estruturas que as células têm em seu interior. Enfatize que, à luz da teoria da evolução darwiniana, a presença de uma estrutura geral nas células reforça a ideia de ancestralidade ou de uma origem comum dos seres vivos, enquanto as diferenças estão relacionadas à adaptação selecionada ou às diferentes funções por elas desempenhadas no organismo.

Composição e estrutura da membrana plasmática (páginas 47 a 49)

- Ao longo deste capítulo, retome ou explore com mais profundidade algumas das bases químicas da vida, como lipídios, proteínas, etc., a fim de que os estudantes compreendam bem o papel de cada um desses elementos no funcionamento das membranas. É o caso, por exemplo, de sua permeabilidade seletiva e de sua importância tanto para o reconhecimento entre as células como para o transporte de substâncias. Com relação a esse último aspecto, é importante os estudantes perceberem que ele é bidirecional, ou seja, que ocorrem tanto a entrada de substâncias fundamentais para o metabolismo celular da célula como a secreção de substâncias e a eliminação de resíduos metabólicos.

Citoplasma (páginas 50 e 51)

- O texto sobre retículo endoplasmático merece destaque, por exemplificar as diferenças entre os tipos de célula no tocante à sua estrutura e função; células nas quais o retículo endoplasmático rugoso é bem desenvolvido têm, geralmente, intensa atividade de produção de proteínas, muitas das quais saem da célula e desempenham seu papel fisiológico fora dela. Entre as células que exportam proteínas estão as que revestem a parede do estômago e produzem muco e enzimas digestivas.
- Apesar da semelhança na constituição do citosol de células eucariontes e procariontes, é fundamental entender as diferenças entre elas. É no citosol que ocorrem todos os processos químicos resultantes da atividade celular nas células procariontes; mas, nas eucariontes, as atividades estão segmentadas, embora integradas, nas diversas organelas citoplasmáticas. Marcar essa diferença é uma boa forma de introduzir os tipos de organela citoplasmática das células eucariontes, além de mostrar aos estudantes que a compartimentalização das atividades celulares é a grande responsável pelo aumento de complexidade dessas células em relação às procariontes. É possível pensar que esse aumento de complexidade está intimamente relacionado à grande biodiversidade que se verifica no domínio *Euarya*.

Práticas de Ciências – Construção de modelos de células (páginas 52 e 53)

- Dedique tempo à discussão da seção, que exemplifica como o uso de modelos pode auxiliar no estudo das estruturas celulares. Esta seção mobiliza a habilidade **EM13CNT202** e as competências gerais **CGEB2** e **CGEB7**.
- A representação de célula nesta seção é apenas um exemplo de modelo. Oriente-os de forma que as organelas sejam representadas em proporção no modelo. Se possível, trabalhe em parceria com o(a) professor(a) de Matemática, para que ele(a) possa ajudar a turma a calcular a escala das organelas no modelo. Essa etapa é muito importante, pois a escala dará uma ideia mais aproximada da proporção entre as diversas organelas representadas no modelo.

FONTES COMPLEMENTARES

- Batisteti, C. B. *et al*. As estruturas celulares: o estudo histórico do núcleo e sua contribuição para o ensino de biologia. *Filosofia e História da Biologia*, São Paulo, Associação Brasileira de Filosofia e História da Biologia (ABFHiB), v. 4, p. 17-42, 2009. Disponível em: https://www.abfhib.org/FHB/FHB-04/FHB-v04-01-Caroline-Batisteti-et-al.pdf. Acesso em: 17 out. 2024.

  Nesse artigo, os autores discutem, do ponto de vista histórico, as caracterizações das estruturas celulares e o quanto esse tipo de abordagem pode promover a facilitação da aprendizagem de conceitos científicos.

- Cell size and scale. *In*: *Learn.Genetics – Genetic Science Learning Center*. [Utah: University of Utah, 2020]. Disponível em: https://learn.genetics.utah.edu/content/cells/scale/. Acesso em: 17 out. 2024.

  Ferramenta *on-line* que permite a visualização em escala de diversas estruturas celulares, como o cromossomo, a mitocôndria e os lisossomos.

- Célula interativa 3D. [*S. l.: s. n.*], 2023. 1 vídeo (2 min 6 s). Publicado pelo canal Deborah Talita Ruppel. Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=XXV4Y7f8cgA. Acesso em: 17 out. 2024.

  Animação em vídeo que apresenta um modelo de célula em 3D. Os componentes celulares são apresentados em vários ângulos de visão, acompanhados de textos explicativos.

- Mendes, C. L. S. *et al*. Microscopia I: descobrindo um mundo invisível. *Com Ciência na Escola*, fascículo 1, Rio de Janeiro, LBC/IOC/Fiocruz. Disponível em: https://www.ioc.fiocruz.br/sites/default/files/comciencia_01.pdf. Acesso em: 17 out. 2024.

  O material reúne atividades que ensinam as propriedades do microscópio, seu funcionamento, os cuidados necessários à utilização e observação de materiais simples.

- Pereira, C. R. da S. *et al*. Unidade de aprendizagem sobre citologia e nanotecnologia: um novo olhar ao século XXI. *Experiências em Ensino de Ciências*, Cuiabá, Instituto de Física da Universidade Federal de Mato Grosso, v. 3, n. 3, p. 7-17, dez. 2008. Disponível em: https://fisica.ufmt.br/eenciojs/index.php/eenci/article/view/283/259. Acesso em: 17 out. 2024.

  Artigo com sugestões de atividades que relacionam nanotecnologia com citologia.

ATIVIDADE COMPLEMENTAR

Microscopia básica

Esta atividade prática deve ser realizada em um laboratório (caso a escola tenha um) e exige o uso de um microscópio. Incentivamos a utilização do microscópio pelos estudantes para a familiarização deles com o instrumento.

Contudo, se a escola não dispuser de um para as aulas práticas, opte pela construção de um microscópio caseiro, que permite observações semelhantes às dos primeiros microscopistas. As orientações e os materiais necessários para isso estão descritos em: Wallau, G. L. *et al*. Construindo um microscópio, de baixo custo, que permite observações semelhantes às dos primeiros microscopistas. *Genética na Escola*, Ribeirão Preto, Sociedade Brasileira de Genética, v. 3, n. 2, p. 8-12, 2008. Disponível em: https://7ced070d-0e5f-43ae-9b1c-aef006b093c9.filesusr.com/ugd/b703be_287b7c90c580468b9e9d828d3a9506be.pdf. Acesso em: 8 out. 2024.

Organize a sala de forma a distribuir os estudantes de acordo com o número de microscópios disponíveis. O trabalho pode ser realizado em duplas ou em trios. Certifique-se de que a execução da atividade seja bem dividida a fim de que todos possam participar tanto da montagem como da observação do material. Aproveite esta atividade para debater com eles outras aplicações dos instrumentos ópticos.

TEXTO COMPLEMENTAR

Modelos no ensino de Ciências

Modelos científicos são representações de fenômenos naturais tais como entidades ou processos criados pela comunidade científica com a função básica de ressaltar algum aspecto ou aspectos da realidade. Modelos tais como diagramas, gráficos, esquemas, desenhos, construções com objetos tridimensionais, simulações computadorizadas, entre outros, são desenvolvidos com a finalidade de reproduzir uma parte de uma dada realidade que, em geral, não pode ser diretamente observada por meio dos sentidos. Em Biologia Molecular, o clássico modelo da dupla-hélice, criado por Watson e Crick em 1953, expressava a similaridade estrutural entre um modelo tridimensional feito com pedaços de alumínio e ferro e a

estrutura da molécula de DNA [...]. A finalidade de tal modelo era a de representar como esses materiais se "encaixariam" da mesma forma que no DNA as moléculas de fosfato se ligariam quimicamente às pentoses e estas a quatro tipos diferentes de bases nitrogenadas. Um par dessa estrutura representaria a dupla-hélice.

[...]

No ensino, tal como na ciência, a instrução se apoia em modelos para ajudar a explicar certos fenômenos não observáveis ou apenas parcialmente observáveis. Os modelos didáticos, utilizados em sala de aula, têm a função de facilitar a transposição dos modelos científicos consensuais (modelos desenvolvidos e aceitos em seus atributos mais relevantes pelos membros da comunidade científica) para o contexto escolar [...].

[...] a utilização de modelos em sala de aula é uma das ferramentas que [...] propiciam não só o aprendizado de conhecimentos científicos como também a reflexão sobre as formas de representação e desenvolvimento de tais conhecimentos.

Ferreira, L. B. M. *et al*. O papel dos modelos na formação de licenciandos em Ciências Biológicas: uma investigação do tipo professor-pesquisador. *In*: Encontro Nacional de Pesquisa em Ensino de Ciências (Enpec), 6, 2007, Florianópolis. *Anais* [...]. Belo Horizonte: Associação Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências, 2007, v. 1, p. 1-12. Disponível em: https://abrapec.com/atas_enpec/vienpec/CR2/p853.pdf. Acesso em: 17 out. 2024.

SUGESTÕES DE AVALIAÇÃO

- Considere aproveitar a seção *Atividades* como avaliação formativa para identificar os pontos frágeis dos estudantes em relação à aprendizagem dos conceitos abordados neste capítulo.
- A construção de mapas conceituais também é uma forma eficiente que pode ser utilizada como método de síntese e de revisão de conceitos pelos estudantes.
- Caso julgue necessário, sugira aos estudantes que elaborem esquemas, desenhos ou modelos contendo as estruturas celulares. É uma estratégia para explorar outras formas de expressão e de avaliação.

RESPOSTAS E COMENTÁRIOS

Ciência tem história – As contribuições de Robert Hooke (páginas 42 e 43)

1. É preciso notar, em primeiro lugar, que, diferentemente das ilustrações atuais, a representação de Grew do caule de uma planta apresenta simultaneamente a vista em corte longitudinal e transversal. É possível verificar diferentes tipos de célula, mas provavelmente os estudantes não saberão diferenciá-las. Se julgar conveniente, explique a eles que, na camada mais externa, estão as células da epiderme, seguidas pelo córtex, e no centro está o parênquima medular.
2. Hans Janssen e Zacharias Janssen (1580-1638): estudos sobre a construção de microscópios, telescópios e óculos. Antonie van Leeuwenhoek (1632-1723): análise microscópica de tecidos para o comércio; estudos microscópicos dos mais variados objetos naturais e de organismos e partes de organismos; produção de lentes; construção e venda de microscópios. Robert Hooke (1635-1703): estudos em mecânica (estabelecimento da lei da elasticidade), gravitação, horologia (construção de relógios), microscopia, paleontologia (reconhecimento de que conchas como as amonitas eram restos de seres vivos que foram embebidos em água mineralizada), astronomia, arquitetura (contribuição com a reconstrução de Londres após o grande incêndio de 1666); Nehemiah Grew (1641-1712): estudos em anatomia, morfologia e fisiologia de plantas; cunhou o termo "parênquima" para se referir aos tecidos vegetais. Marcello Malpighi (1628-1694): estudos médicos e naturalistas sobre animais, especialmente insetos; em sua homenagem, foram nomeados os órgãos excretores dos insetos como túbulos de Malpighi. Matthias Jacob Schleiden (1804-1881): atuação profissional em Direito; seu *hobby* pela botânica o levou a destacar a importância do núcleo das células e sua relação com a divisão celular, concluindo que todas as partes das plantas são feitas de células. Theodor Schwann (1810-1882): propôs o que se convencionou chamar de primeira teoria celular, que pode ser dividida em três partes. A primeira parte define que todos os organismos são feitos de células. A segunda define que as células formam a unidade básica dos seres vivos. Essas duas primeiras partes se basearam em conclusões de Schwann e Schleiden em 1838. A terceira parte da teoria é uma contribuição de Rudolf Virchow (1821-1902): criticando o "princípio de desenvolvimento" defendido por Schleiden e Schwann, por se relacionar com a geração espontânea, cunhou a frase em latim *Omnis cellula ex cellula* (Toda célula vem de outra célula), parafraseando a famosa afirmação de Francesco Redi (1626-1697) contra a geração espontânea, *Omne vivum ex vivo* (Toda vida vem da vida).

Roteiro (página 51)

4. O hormônio é produzido pelos ribossomos no retículo endoplasmático granuloso (REG). Em seguida, é transportado pelo retículo endoplasmático não granuloso (RENG) até porções mais periféricas da célula. No RENG formam-se vesículas contendo o hormônio, e estas migram até o complexo golgiense (CG). No CG formam-se as vesículas de secreção que conduzem o hormônio para fora da célula. O hormônio secretado pode cair diretamente no tecido-alvo ou cair na corrente sanguínea e, depois, atingir a célula-alvo.

Práticas de Ciências – Construção de modelos de células (páginas 52 e 53)

1. Resposta pessoal. Os estudantes podem ter encontrado dificuldades de construção, como a escolha de materiais adequados e elaboração da escala do modelo. A análise da escala é muito importante, pois ela dará uma ideia mais aproximada da proporção entre as diversas organelas representadas nos modelos. Se a escala não for respeitada fisicamente, ela deve ser indicada de alguma forma.
2. **a)** Resposta pessoal. Os estudantes podem citar a possibilidade de visualizar as estruturas celulares em três dimensões, a compreensão das proporções entre o tamanho relativo das diversas estruturas, a facilitação da aprendizagem, entre outros aspectos.

   b) Resposta pessoal. Os estudantes podem mencionar limitações relacionadas às cores, às proporções, ao formato da célula, ao fato de o modelo ser estrutural e não funcional, entre outras.
3. Resposta pessoal. O importante é que os estudantes associem corretamente as estruturas ou as organelas da célula às suas respectivas funções. Esta atividade desenvolve a

competência geral **CGEB4**, ao incentivar os estudantes a expressar e partilhar informações.

Atividades (página 55)

2. A micrografia da esquerda foi feita sob microscópio de luz, e a da direita, em microscópio eletrônico. Na imagem à esquerda, não aparecem organelas citoplasmáticas, que só podem ser visualizadas em microscópio eletrônico (imagem à direita).

3. Incorretas: **a**, **b**, **c**, **d**, **f**.

a) As bactérias são seres procariontes e, como tais, não apresentam núcleo organizado e têm membrana celular.

b) Robert Hooke observou estruturas que hoje são conhecidas como células vegetais mortas ao colocar uma fina fatia de cortiça em seu microscópio.

c) Os seres eucariontes distinguem-se dos procariontes porque têm organelas endossimbióticas e derivadas da membrana plasmática em seu citoplasma.

d) O núcleo das células pode ser visto tanto ao microscópio de luz quanto ao microscópio eletrônico.

f) Paredes celulares são estruturas encontradas em bactérias, fungos e plantas, mas não em animais.

4. b) São duas camadas de fosfolipídios, cujas caudas (hidrofóbicas) estão voltadas para dentro, enquanto as cabeças (hidrofílicas) estão voltadas para os meios intra e extracelular. As proteínas estão associadas a essas camadas, externamente na face intracelular ou mergulhadas na bicamada lipídica. Os carboidratos estão associados aos fosfolipídios e às proteínas.

5. b) Em caso de extravasamento na célula, pode ocorrer digestão parcial do conteúdo, causado pelas enzimas do lisossomo, provocando a autólise e a morte celular.

6. a) Os movimentos ameboides envolvem a formação de pseudópodes, que ocorrem devido a modificações no citoesqueleto celular e na consistência do citoplasma.

b) A fusão das vesículas de fagocitose aos lisossomos originam os vacúolos digestivos. Assim, as enzimas digestivas dos lisossomos poderão atacar os corpos estranhos, destruindo-os.

7. b) Não, pois a eliminação das organelas por autofagia deve ocorrer após a síntese da hemoglobina, que só ocorre na presença do retículo endoplasmático granuloso ou de ribossomos livres no citoplasma.

8. a) Os ribossomos são responsáveis pela síntese proteica. Ao inibir tais organelas, esse tipo de antibiótico impede que a bactéria sintetize suas próprias proteínas e enzimas, o que compromete a atividade metabólica bacteriana, inclusive o processo reprodutivo.

b) Os ribossomos bacterianos são estruturalmente similares aos dos seres humanos, mas são compostos de RNA e de proteínas próprias dos seres procariontes. Isso garante a especificidade na ação dos antibióticos.

CAPÍTULO 2 METABOLISMO CELULAR (PÁGINA 56)

- Este capítulo promove as competências específicas **CECNTEM1** e **CECNTEM2**. As perguntas introdutórias têm como objetivo identificar o conhecimento dos estudantes a respeito das principais biomoléculas encontradas em tecidos e células (ácidos nucleicos, proteínas, carboidratos e lipídios) e suas funções específicas, tais como as funções de reserva energética, estrutural, reguladora e de hereditariedade.

Metabolismo e energia (página 56)

- As representações esquemáticas das etapas dos processos metabólicos apresentados neste capítulo constituem um recurso valioso para sua compreensão como um fluxo contínuo. Além disso, facilitam a visualização e o entendimento das ideias gerais sobre esses processos e poderão ser usadas como um guia para a sistematização e a recuperação dos conceitos a eles relacionados.
- Os diversos conceitos relacionados ao metabolismo celular podem ser mais bem compreendidos quando trabalhados de forma interdisciplinar. Assim, um planejamento conjunto com os professores de Física, Química e Educação Física pode garantir um aprendizado mais efetivo do capítulo.
- O conceito de energia é de difícil assimilação, em especial por causa do senso comum que a relaciona à força ou a combustível. O trabalho conjunto com o(a) professor(a) de Física pode facilitar tanto a compreensão de energia como a capacidade de realizar trabalho como a identificação dos processos de transformação de um tipo de energia em outro. Esse conhecimento integrado facilitará a compreensão de que os seres vivos participam de processos de transformação de energia (metabolismo celular).

Metabolismo (página 57)

- O estudo do conjunto de reações anabólicas e catabólicas de uma célula pode ser explorado pela compreensão dos vários tipos de reação envolvidos no metabolismo celular em um trabalho conjunto com o(a) professor(a) de Química. Cite aqueles que já são de domínio dos estudantes, como as reações de oxirredução, e apresente-lhes outros exemplos: reações de ligação (formam ligações covalentes por meio da hidrólise de um ATP); isomerização (os átomos são rearrumados, formando isômeros); transferência de grupamentos (um grupo funcional é transferido de uma molécula para outra); hidrólise (quebra de ligações pela adição de água); e adição ou remoção de grupos funcionais (grupos funcionais são adicionados ou retirados da molécula, transformando-a).

Reações de oxirredução e metabolismo energético (páginas 58 e 59)

- Os processos de oxidação e redução fazem parte das principais classes de reações químicas comuns no cotidiano. Eles estão presentes em situações fundamentais para o processo evolutivo da tecnologia, como a produção de energia elétrica. Muitas reações, como a combustão, a corrosão, a extração de metais de minério, entre outras, podem parecer diferentes, mas, sob a óptica da Química, percebe-se que elas são exemplos de um mesmo tipo de processo.
- O boxe *Roteiro* (p. 58) desenvolve a habilidade **EM13CNT202** ao possibilitar que os estudantes percebam que o metabolismo dos alimentos é capaz de gerar energia para as atividades celulares a partir de um conjunto de reações de oxirredução.

Respiração celular aeróbia (páginas 60 a 63)

- Aproveite este tópico para reforçar a noção de que as funções realizadas pelas diversas organelas de uma célula compõem um todo integrado. Assim, a ênfase dada à mitocôndria e à sua função no metabolismo celular deve ser sempre associada às demais funções e atividades celulares.

- A habilidade **EM13CNT301** é desenvolvida com a realização da atividade 3 do boxe *Roteiro* (p. 63), uma vez que essa atividade estimula os estudantes a combinar e a interpretar as reações anabólicas e catabólicas de cada etapa do metabolismo celular aeróbio, e a apresentar seus produtos em uma única e simplificada tabela.
- Um ponto fundamental para a compreensão da sequência de reações químicas envolvidas na respiração celular está no entendimento de que a energia necessária para a fosforilação do ATP é gerada pela diferença entre as concentrações de íons H^+ no interior da membrana e na matriz mitocondrial. Assim, é imprescindível que os estudantes conheçam a estrutura básica do átomo de hidrogênio e saibam que ele pode ser ionizado por meio da liberação do íon H^+. Essas noções serão retomadas e aprofundadas na seção *Estudo de caso* (p. 100).

Processos anaeróbios de obtenção de energia (página 64)

- Além das restrições que o baixo rendimento energético da fermentação pode determinar a muitas bactérias, note que há seres vivos, como as leveduras, capazes de realizar fermentação ou respiração aeróbia (seres anaeróbios facultativos), dependendo das condições ambientais em que se encontram. Por outro lado, há certas bactérias que morrem na presença de gás oxigênio (anaeróbias obrigatórias), como é o caso de vários microrganismos patogênicos. Assim, procure explorar os processos aeróbios e anaeróbios de obtenção de energia e aproveite para analisar como eles interferem nas diferentes formas de vida, exercitando, desse modo, as habilidades **EM13CNT101** e **EM13CNT202**.
- É possível propor um trabalho conjunto interdisciplinar com Educação Física; a ênfase deve recair sobre os diferentes tipos de exercícios físicos que podemos realizar (aeróbico e anaeróbico) e a via metabólica acessada em cada caso. Assim, os estudantes podem compreender mais facilmente que conseguimos realizar esforço físico mesmo quando o corpo não é capaz de armazenar gás oxigênio dada a existência de uma via respiratória "alternativa" que não utiliza gás oxigênio para produzir ATP (a glicólise láctica).

Fotossíntese (página 65)

- Tendo por base a competência geral **CGEB1**, atente para a contextualização histórica ao discutir determinados conteúdos. Neste capítulo, você conta com os textos "Os primeiros seres fotossintetizantes", no boxe *Ampliação* (p. 65), "De onde provém o gás oxigênio", no boxe *Ciência se discute* (p. 66), e "Joseph Priestley e a fotossíntese", na seção *Ciência tem história* (p. 70 e 71), os quais permitem desenvolver as habilidades **EM13CNT201** e **EM13CNT301**. Desse modo será possível, por exemplo, analisar modelos explicativos de diferentes épocas para alterações na composição da atmosfera ao longo do tempo, conhecer os experimentos que permitiram identificar o processo da fotossíntese e comparar diferentes explicações para a origem do gás oxigênio liberado nesse processo.
- Para os estudantes, o conceito de fotossíntese poderia ser resumido na seguinte afirmação hipotética: "É o processo pelo qual as plantas retiram gás carbônico do ar e devolvem a ele gás oxigênio". Essa visão simplificadora costuma ser reforçada por expressão do tipo "As florestas são os pulmões do mundo", usada pelos meios de comunicação para enfatizar a necessidade de preservar a vegetação desses ecossistemas. Em face disso, a ênfase deve ser direcionada ao principal conceito relacionado ao processo fotossintético: a produção de compostos orgânicos, os quais constituem a fonte de energia que sustenta toda a cadeia alimentar.

As etapas da fotossíntese (páginas 66 a 69)

- A atividade 5 do boxe *Roteiro* (p. 68) estimula os estudantes a analisar as transformações que ocorrem em processos de transferência de energia luminosa para energia química, de forma a reconhecer a importância do Sol como fonte de energia para os seres vivos na Terra, assim como para o uso de inúmeras tecnologias e processos produtivos desenvolvidos pelo ser humano, propiciando o desenvolvimento da habilidade **EM13CNT101**.
- A atividade 6 do boxe *Roteiro* (p. 69) desenvolve as habilidades **EM13CNT202**, **EM13CNT205** e **EM13CNT301**, ao propor aos estudantes que interpretem os resultados de uma situação experimental dada com base no modelo explicativo da fotossíntese e considerando determinadas condições ambientais com certas condições favoráveis e outras limitantes.

Ciência tem história – Joseph Priestley e a fotossíntese (páginas 70 e 71)

- Os textos trabalhados nesta seção evidenciam a importância da observação em situações experimentais e até mesmo cotidianas. Evidencie passagens que mostrem como tais observações podem nos levar a outros temas de pesquisa, uma vez que muitos fenômenos naturais envolvem conhecimentos de várias disciplinas.

Quimiossíntese (página 72)

- Reforce, sempre que possível, a relação entre os processos fotossintético e quimiossintético e a produção de compostos orgânicos, a fim de levar os estudantes a uma reformulação conceitual. O artigo "Fotossíntese: um tema para o ensino de Ciências?", indicado na seção *Fontes complementares* (p. 467 deste Manual), oferece um excelente subsídio para identificar eventuais conceitos prévios equivocados dos estudantes, além de enriquecer a abordagem que se pretende adotar aqui.

Ciência, tecnologia, sociedade e ambiente – Cientistas criam carros "abastecidos" por fotossíntese artificial (página 73)

- A situação proposta no texto permite uma discussão multidisciplinar, envolvendo questões ambientais, culturais, sociais e econômicas, desenvolvendo o tema contemporâneo transversal **Ciência e tecnologia**. Além disso, favorece o trabalho com a alfabetização científica, auxiliando os estudantes na construção do conhecimento científico.

O DNA e o metabolismo (página 74)

- Enfatize a importância da elucidação da estrutura química e das propriedades físicas do DNA, e também dos diferentes tipos de RNA e de proteínas, para a compreensão da relação entre essas moléculas nos processos que ocorrem durante o fluxo da informação gênica.
- Aproveite para reforçar o trabalho com história da ciência iniciado com o texto do boxe *Ciência se discute* (p. 74).

- Chame a atenção dos estudantes para o caráter interdisciplinar intrínseco a esses estudos, já que os pesquisadores participantes, muitos deles ganhadores de Prêmio Nobel, atuavam em diversas áreas do conhecimento, como Medicina, Química, Física, Infectologia, etc.

Síntese de proteínas (páginas 75 a 80)

- A área da Biologia que estuda processos nos níveis molecular e celular (como a síntese de compostos como ácidos nucleicos, proteínas e lipídios) apresenta conceitos cuja compreensão demanda grande capacidade de abstração dos estudantes. Assim, o uso de ferramentas computacionais do tipo animação e simulação podem ajudar a esclarecer tais conceitos. Por isso, ao trabalhar com a síntese de proteínas, explore o uso do simulador "Fundamentos da expressão genética", indicado na seção *Fontes complementares* (nesta página deste Manual). Um simulador semelhante será usado na seção *Práticas de Ciências* deste capítulo.
- O boxe *Ciência se discute* (p. 78) desenvolve a competência específica **CECNTEM3** ao discutir o uso da inteligência artificial na elucidação de estruturas proteicas.
- Comente que as mutações gênicas são um evento raro. Isso é explicado pelos mecanismos de reparo no processo de duplicação do DNA, pelo fato de o código genético ser degenerado e também porque cada códon codifica somente um aminoácido. Portanto, o DNA é relativamente estável, o que permite a conservação e a transmissão das informações genéticas.
- No boxe *Ação e cidadania* (p. 80), é importante ter como base a competência geral **CGEB7** ao discutir a importância da difusão do conhecimento científico para a sociedade, especialmente na adoção de práticas e políticas públicas que promovam o bem-estar da população.

Práticas de Ciências – Como as células fazem a regulação gênica? (página 81)

- Na atividade prática proposta nesta seção, os estudantes terão a oportunidade de contextualizar e aplicar os modelos explicativos para os diversos "estágios" do fluxo da informação gênica, desenvolvendo as habilidades **EM13CNT201** e **EM13CNT202**. Além disso, o uso do simulador contribui para que os estudantes enriqueçam seu repertório de possibilidades de uso das tecnologias digitais, auxiliando assim no desenvolvimento da competência geral **CGEB5**.

FONTES COMPLEMENTARES

- A estrutura do DNA. Disponível em: http://biomodel.uah.es/en/model4/dna_pt/index.htm. Acesso em: 17 out. 2024.

  Conjunto de quatro tutoriais animados e interativos que abordam a estrutura e a função do DNA.

- Kawasaki, C. S.; Bizzo, N. M. V. Fotossíntese: um tema para o ensino de Ciências? *Química Nova na Escola*, São Paulo, Sociedade Brasileira de Química, v. 12, p. 24-29, 2000. Disponível em: http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc12/v12a06.pdf. Acesso em: 17 out. 2024.

  O artigo aborda as concepções dos estudantes sobre o tema, além de enriquecer a abordagem sobre o processo da fotossíntese.

- Kowaltowski, A. *O que é metabolismo?*: como nossos corpos transformam o que comemos no que somos. São Paulo: Oficina de Textos, 2015.

  O livro aborda como os alimentos são transformados em moléculas essenciais ao nosso organismo e em energia.

- Santos, V. C. dos; El-Hani, C. N. Ideias sobre genes em livros didáticos de Biologia do Ensino Médio publicados no Brasil. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, Belo Horizonte, v. 9, n. 1, 2009. Disponível em: https://periodicos.ufmg.br/index.php/rbpec/article/view/4010/2574. Acesso em: 17 out. 2024.

  Esse artigo aborda os conceitos de gene em livros didáticos do Brasil.

- Fundamentos da expressão genética. Portal PhET Interactive Simulations, University of Colorado Boulder. Disponível em: https://phet.colorado.edu/sims/html/gene-expression-essentials/latest/gene-expression-essentials_pt_BR.html. Acesso em: 17 out. 2024.

  O simulador permite aos estudantes visualizar as sequências de eventos que ocorrem durante a síntese proteica e simular como diferentes concentrações podem interferir ou não na produção de determinada proteína.

SUGESTÕES DE AVALIAÇÃO

- As representações esquemáticas apresentadas neste capítulo constituem um recurso valioso para a compreensão dos processos metabólicos, pois facilitam a visualização deles e a organização de ideias, e podem ser usadas como um guia para a sistematização e a recuperação dos conceitos a eles relacionados. Da mesma forma, uma avaliação contínua pode ser planejada por intermediação de representações esquemáticas e tabelas, como sugerido na atividade 3 do boxe *Roteiro* (p. 63).
- O roteiro de atividades proposto na seção *Práticas de Ciências* apresenta, na etapa "Para concluir", questões que podem ser usadas para avaliar a compreensão dos mecanismos de fluxo gênico e controle do metabolismo. Atividades similares, promovidas com o uso de simuladores, constituem valiosas ferramentas de aprendizagem e de avaliação de processos metabólicos.

RESPOSTAS E COMENTÁRIOS

Roteiro (página 63)

3. Os estudantes devem interpretar os modelos explicativos referentes à respiração celular aeróbia e representar, em tabelas, os resultados da análise dos produtos de cada uma das etapas, visando obter o saldo energético desse processo. Para isso, devem considerar:

ETAPA	PRODUTOS	
	MOLÉCULAS	ATP
Glicólise	2 $NADH_2$ + 2 ATP	2
Ciclo de Krebs	8 $NADH_2$ + 2 $FADH_2$	2

CADEIA RESPIRATÓRIA		
ORIGEM	MOLÉCULA	ATP
Glicólise	2 $NADH_2$	6
Ciclo de Krebs	8 $NADH_2$	24
Ciclo de Krebs	2 $FADH_2$	4
	Saldo final	38

Comente que, em algumas células, quando as moléculas de NADH atravessam as membranas da mitocôndria, ocorre gasto de 2 ATP (os outros 8 NADH e os 2 $FADH_2$ que se formam na respiração já estão dentro da matriz mitocondrial e, portanto, não há gasto de ATP). Assim, ao final do processo, para cada molécula de glicose, o saldo energético é de 36 ATP. Já nos organismos procarióticos que realizam respiração celular aeróbia, as diferentes etapas da respiração ocorrem no citosol. Portanto, não existe o gasto de 2 ATP que, na célula eucariótica, são consumidos quando o NADH atravessa a membrana mitocondrial. Assim, o saldo energético final da respiração aeróbia nesses organismos é de 38 ATP para cada molécula de glicose. Os estudantes podem construir tabelas com diferentes organizações.

Ciência se discute – Desvendando a duplicação do DNA (página 74)

1. Espera-se que os estudantes reconheçam que conhecer trabalhos já realizados por outros pesquisadores pode trazer benefícios como: evitar a duplicação de pesquisas; permitir a replicação de pesquisas em diferentes escalas e contextos; identificar possíveis falhas em estudos já realizados; apresentar métodos e recursos que podem ser utilizados em estudos semelhantes; apontar lacunas de conhecimento a serem exploradas em determinadas áreas; confrontar, complementar e acrescentar dados; entre muitos outros aspectos.

Ação e cidadania – A fenilcetonúria (página 80)

1. Trata-se de uma doença genética (DNA) na qual o bebê nasce com uma alteração na enzima capaz de quebrar o aminoácido fenilalanina. Sem a atividade adequada dessa enzima, os níveis de fenilalanina crescem no organismo, provocando alterações como atraso no desenvolvimento mental e físico, convulsões, problemas de pele e agressividade. Ao se diagnosticar a doença precocemente, é possível optar por tratamentos que evitam tais danos, assim como garantir as condições ideais para a nutrição e o desenvolvimento saudável da criança.

Práticas de Ciências – Como as células fazem a regulação gênica? (página 81)

Como fazer

2. Na presença do *lac promoter*, nota-se que as moléculas de RNA-polimerase se ligam à molécula de DNA, percorrendo-a. Porém, não é possível observar o processo de transcrição, ou seja, não há moléculas de RNA mensageiro sendo geradas (representados por linhas na cor preta).
3. A RNA-polimerase liga-se ao DNA e, ao percorrer o segmento *lacZgene*, sintetiza uma molécula de RNA mensageiro (linha preta), representando o processo de transcrição.
4. As esferas roxas representam as proteínas codificadas pelo segmento *lacZgene* do DNA. O processo pelo qual o RNAm é convertido em proteína é chamado de tradução.
5. A lactose acumula-se no meio extracelular. Professor, note que a celulose não é capaz de entrar na célula bacteriana.
6. O segmento correspondente ao *lacYgene* transcreve um RNAm que codifica proteínas (caixas verdes) capazes de se inserirem na membrana da célula. Essas proteínas de membrana permitem que a lactose entre na célula. Com a lactose sendo absorvida pela célula, é possível identificar que a proteína codificada pelo segmento *lacZgene* tem como função quebrar a lactose (dissacarídio) em monossacarídios.

   Chame a atenção dos estudantes para o fato de os monossacarídios desaparecerem em seguida. Verifique se todos percebem que esse fato está indicando que os monossacarídios estão sendo destinados ao metabolismo energético da célula (respiração celular).
7. Arrastar o *lac operator* para o DNA não causa alterações nas moléculas que estão sendo produzidas nem interfere em suas ações.
8. Com o *lacI promoter* e o segmento *lacIgene* presentes, há formação de RNAm e de polipeptídios. As proteínas formadas a partir do *lacIgene* ligam-se ao *lac operator* e atuam impedindo que a RNA-polimerase transcreva os segmentos *lacZgene* e *lacYgene*.
9. Inicialmente, a lactose não tem como entrar na célula e acumula-se no meio extracelular. Os segmentos *lacZgene* e *lacYgene* encontram-se bloqueados e observa-se também que há uma redução na tradução da proteína *LacI*. Quando a lactose volta a se acumular no meio extracelular, algumas proteínas de membrana, eventualmente sintetizadas, permitem que moléculas de lactose entrem na célula. É possível notar, então, que as moléculas de lactose apresentam grande afinidade pelas proteínas *LacI*, por isso, ao entrar na célula, essas moléculas combinam-se, alterando a conformação espacial das proteínas *LacI* e impedindo que elas se liguem ao *lac operator* no DNA. Dessa forma, a lactose impede as proteínas *LacI* de bloquear a transcrição dos demais segmentos (*lacZgene* e *lacYgene*). Os estudantes devem notar que a função dessa proteína é impedir a RNA-polimerase de transcrever esses RNAm na ausência da lactose.

Para concluir

3. Resposta variável. Nesse simulador, cada segmento de DNA que não é corretamente posicionado no fragmento de DNA bacteriano não transcreve seu respectivo RNAm (ou não se conecta à RNA-polimerase) e, consequentemente, não forma a proteína correspondente. A ausência dessa proteína estará, assim, representando uma mutação, uma vez que alterações na molécula de DNA podem determinar proteínas não funcionais na célula. Por exemplo, se o segmento *lacZgene* não for posicionado no DNA, não haverá síntese de proteínas que quebram a glicose, independentemente da presença ou não dos demais segmentos. O mesmo ocorreria em uma célula caso esse trecho do DNA tivesse sofrido alguma mutação.
4. O *lac operon* é um conjunto de segmentos de DNA responsável pela produção de enzimas importantes para regular o metabolismo de transporte e utilização de lactose em algumas células bacterianas. Ele é expresso somente quando a lactose está presente e a glicose, ausente. Espera-se que os estudantes reconheçam que é ineficiente produzir proteínas que promovam o transporte e a quebra de moléculas de lactose quando elas não são necessárias, ou seja, quando não há lactose no meio extracelular. Dessa forma, a célula só usará energia e componentes orgânicos para produzir proteínas quando essas moléculas forem, de fato, necessárias.

Atividades (páginas 82 e 83)

2. Metabolismo é a atividade geral da célula e do organismo ou o conjunto dos processos relacionados à manutenção da

vida. Ele pode ser separado em dois grupos: catabolismo (reações de degradação ou quebra), quando ocorre a decomposição de moléculas, e anabolismo (reações de síntese ou de produção), quando são criadas moléculas complexas a partir de moléculas simples. Exemplos de catabolismo: degradação da molécula de glicose; quebra do ATP gerando ADP e P_i. Exemplos de anabolismo: síntese de proteínas; produção de ATP a partir de ADP e P_i.

3. Nas mitocôndrias, há moléculas de piruvato que participam de reações exergônicas (reações que liberam energia livre, ocorrem espontaneamente) e liberam energia ao final da fase aeróbia. Essa energia ficará armazenada nas moléculas de ATP, que poderão ser usadas em outras reações do metabolismo celular. Nas pilhas também há substâncias químicas que reagem entre si, liberando energia que vai ser utilizada pelos aparelhos em que forem instaladas.

4. O piruvato é utilizado no ciclo de Krebs, que ocorre na matriz mitocondrial. Ao longo dessa etapa, os hidrogênios são utilizados para formar quatro moléculas de $NADH_2$ e uma de $FADH_2$ (que têm íons H+). Tanto o $NADH_2$ como o $FADH_2$ participam da cadeia respiratória (a etapa seguinte), liberando os íons H+, que, com os elétrons energizados, contribuem para a fosforilação das moléculas de ADP, armazenando energia nas ligações químicas entre os fosfatos. Finalmente, os íons de hidrogênio combinam-se com os íons das moléculas de gás oxigênio, formando água. Os átomos de carbono, por sua vez, são desmembrados e convertidos em CO_2, liberado no processo respiratório.

5. A destruição dos citocromos leva ao bloqueio da cadeia respiratória e à consequente morte dos seres vivos aeróbios. Ao longo da cadeia, a transferência de íons de hidrogênio para o gás oxigênio, que chega do meio extracelular, libera elétrons energizados, que são captados pelos citocromos e gradualmente perdem energia. Parte dessa energia é utilizada para regenerar o ATP a partir do ADP. Se não houver formação de moléculas de ATP suficientes, o metabolismo celular cessa e o indivíduo morre. Esta atividade permite trabalhar a habilidade **EM13CNT104**.

6. Não. O pai errou ao afirmar que somente à noite as plantas respiram. A respiração ocorre durante todo o dia. Porém, mesmo no escuro, o consumo de gás oxigênio pelas plantas é ínfimo. Portanto, a presença delas não provocará asfixia. Ressalte que o senso comum leva pessoas a pensar que plantas colocadas no quarto podem sufocar quem está dormindo, pois "roubam" todo o O_2 do ar e produzem CO_2. Essa ideia não tem fundamentação lógica nem científica. Informe aos estudantes que, em termos gerais, cada quilograma de biomassa vegetal consome cerca de 0,2 L de oxigênio por hora. O ser humano consome cerca de 25 L de oxigênio no mesmo intervalo de tempo, em condições de repouso (cerca de 30 respirações completas por minuto). Se considerarmos oito horas de sono, teremos o consumo de 200 L (25 · 8) de oxigênio por pessoa em um quarto (uma planta de 1 kg consumiria, nessas oito horas, apenas 1,6 L). Assim, mesmo que o quarto fosse hermeticamente fechado (mas não é, pois existem pontos de entrada e saída de ar, como frestas de janelas, fechaduras, etc.), o consumo de gás oxigênio pela planta seria muito menor do que o do ser humano.

11. Esse processo é semiconservativo porque cada uma das duas novas moléculas que se formam conserva uma das cadeias de nucleotídios da molécula-mãe e apresenta uma nova, complementar àquela que lhe serviu de modelo. É exatamente a complementaridade das bases nitrogenadas que faz que as duas moléculas formadas sejam idênticas entre si e à molécula original. A vantagem está na reprodução celular. Cada uma das células formadas apresenta exatamente a mesma informação genética da célula que lhe deu origem, mantendo assim as características e a organização do organismo.

CAPÍTULO 3 CICLO CELULAR E O ESTUDO DOS TECIDOS (PÁGINA 84)

Células e tecidos (página 84)

- Este capítulo aborda os temas relativos à histologia, que, modernamente, envolve o estudo da biologia celular, estrutural e molecular dos tecidos. Trata-se, portanto, de uma disciplina de caráter multidisciplinar, já que se vale do aporte dos conhecimentos gerados em outras disciplinas, da mesma forma que as nutre, principalmente aquelas de caráter médico, como a patologia, que faz uso dos conhecimentos da histologia para o diagnóstico médico, por exemplo.
- Em todo o capítulo, dê um sentido mais prático à aprendizagem ao relacionar os principais conceitos e noções aos cuidados necessários para a preservação da saúde. Esse aspecto é fundamental, sobretudo porque motiva e promove o engajamento dos estudantes.
- Este capítulo desenvolve, particularmente, as competências específicas **CECNTEM2** e **CECNTEM3**, e as habilidades **EM13CNT202** e **EM13CNT304**. Também evidencia o trabalho com as competências gerais **CGEB1** e **CGEB8**.

Ciclo celular (página 85)

- Explore a relação com a teoria celular. Lembre os estudantes que as células são unidades vivas, portanto, apresentam ciclo vital e outras características típicas dos seres vivos.
- Comente que um período G_0 prolongado significa que a célula interrompeu o ciclo celular, mas não necessariamente interrompeu sua atividade; células altamente diferenciadas e muito ativas, como neurônios, permanecem longos períodos em G_0 sem entrar em divisão celular. Células em G_0 podem eventualmente voltar a proliferar, dependendo da necessidade do organismo.

Mitose (páginas 85 e 86)

- Certifique-se de que os estudantes entenderam que a duplicação do DNA resulta em cromossomos formados por duas cromátides com carga genética equivalente, pois uma é cópia da outra. Peça a eles que façam, ou demonstre na lousa, esquemas representativos da duplicação dos cromossomos e formação das cromátides-irmãs, unidas pelo centrômero. Esses esquemas podem ter pontos marcados por letras simbolizando genes.
- Certifique-se de que eles percebem que as diferenças entre os padrões observados na citocinese das células animal e vegetal está associada às diferenças estruturais dessas células, com a presença de parede celular nas células vegetais.

Meiose (páginas 87 e 88)

- Certifique-se de que os estudantes entenderam a relação entre a meiose e a reprodução sexuada. Se necessário, comente que processos sexuados envolvem troca ou combinação de material genético entre dois indivíduos, e que a meiose possibilita a fecundação sem que a ploidia dos organismos seja modificada ao longo das gerações.

- Comente que a divisão da prófase 1 em subfases é necessária devido à complexidade dos eventos dessa fase, em especial os relacionados à recombinação. Enfatize a grande variabilidade genética resultante dos processos combinados de troca de material genético e permutação na formação de gametas.
- O boxe *Ação e cidadania* (p. 88) favorece o trabalho com a competência geral **CGEB7** e o tema contemporâneo transversal **Ciência e tecnologia** ao explorar a tecnologia de terapia celular CAR-T.
- O objeto digital *Mitose e meiose* (p. 88) explica os processos de meiose e mitose e pode ser usado como recurso complementar à exposição teórica em sala de aula. Pode-se, ainda, solicitar aos estudantes que assistam ao vídeo antes da discussão teórica em sala, utilizando, dessa forma, a metodologia de sala de aula invertida, favorecendo a aprendizagem ativa.

Tecidos celulares (página 89)

- Enfatize que os tecidos são formados por células e que existem quatro tipos básicos de tecidos. Cada tipo de tecido apresenta suas variações, que se diferenciam pela forma, características gerais e estruturas das células, bem como por suas diferentes funções. É importante salientar que os tecidos são formados por células que desempenham as mesmas funções e que diferentes tipos de tecidos, com funções integradas, formam órgãos. Dê exemplos de órgãos humanos e de outros animais e de plantas.

Tecidos epiteliais (páginas 89 e 90)

- Ao apresentar o tecido epitelial, tome alguns cuidados. É importante diferenciar, efetivamente, os tipos de tecido epitelial existentes no organismo humano e caracterizá-los bem, pois as quatro funções que desempenham são muito distintas. Uma maneira eficiente de realizar esse trabalho é propor algumas questões que levem à problematização e estimulem os estudantes a relacionar a forma à função do tecido estudado. Uma possibilidade é contextualizar esse aprendizado, ressaltando as correlações entre os diferentes tipos de tecido epitelial e suas respectivas funções mediante a apresentação da pele como um órgão fundamental para a manutenção do corpo.

Tecido conjuntivo (páginas 91 a 93)

- Ao caracterizar as funções do tecido conjuntivo, relacione claramente cada tipo de tecido conjuntivo à sua função. Destaque a variedade de funções desse tecido, associando essa característica à diversidade de células e matrizes extracelulares de cada subtipo. Inicie a abordagem mostrando as características gerais, assim como a origem da matriz extracelular e das células do tecido conjuntivo. Caso surja algum questionamento sobre células-tronco, aproveite para aprofundar o assunto, ressaltando o conceito de células indiferenciadas.

Tecido muscular (páginas 94 e 95)

- Ao desenvolver este tópico, mencione que se trata de um tecido especializado na contração, e essa especialização está diretamente relacionada à forma e à constituição de suas células. Aproveite esse momento para ressaltar aos estudantes que o tecido muscular é característico dos animais. Associe a capacidade de locomoção – e o desenvolvimento dos sistemas neurossensorial e locomotor – ao modo de vida heterotrófico. Discuta as vantagens de sobrevivência obtidas com a facilitação na fuga diante de predadores e na localização e captura de alimento.

Tecido nervoso (páginas 96 e 97)

- Para trabalhar o tecido nervoso, utilize como recurso uma situação hipotética relacionada ao dia a dia dos estudantes, e contextualize-a em relação ao funcionamento mais geral do sistema nervoso e do próprio organismo. Aponte, por exemplo, as ações e interações necessárias quando se toma um ônibus. Para chegar ao ponto do ônibus e manter-se em pé à espera do meio de transporte, o ser humano aciona músculos esqueléticos e ossos específicos. No ponto de ônibus, também aciona o sistema nervoso ao tecer expectativas quanto à chegada do ônibus e ao pôr em funcionamento mecanismos de atenção e os sentidos (visão e audição) capazes de detectar a aproximação do veículo. Faz, então, o sinal para que o veículo pare e possa subir nele. Mediante esse exercício inicial, os estudantes podem levantar os primeiros elementos relativos à função desse tecido e, em seguida, analisar sua forma.

Práticas de Ciências – Análise de lâminas histológicas (página 98)

- Peça aos estudantes que comparem a quantidade de substância intercelular nos tecidos epitelial e conjuntivo, de modo que eles possam concluir que, nos tecidos epiteliais, essa substância aparece em menor quantidade do que nos tecidos conjuntivos, nos quais é mais abundante. O uso de imagens contribui para a compreensão do conteúdo, uma vez que estimula os estudantes a aplicar os conceitos aprendidos para interpretar as imagens, além de evidenciar a relação entre forma (estrutura) e função dos tecidos.
- Ao acessar o Laboratório de Microscopia Virtual, oriente os estudantes nas buscas utilizando palavras-chave. Na aba "Ver lista", é possível selecionar as imagens por tipo de tecido ou por sistemas dos corpos. Para cada lâmina, há uma descrição da imagem e das estruturas presentes. Auxilie-os na identificação das estruturas e na elaboração dos desenhos. O uso de dispositivos digitais para a análise de imagens de tecidos e órgãos desenvolve nos estudantes a habilidade **EM13CNT202**.

FONTES COMPLEMENTARES

- Andrade, F. G.; Ferrari, O. (org.) *Atlas digital de histologia básica*. Londrina: UEL, 2014. Disponível em: http://www.uel.br/ccb/histologia/portal/pages/arquivos/Atlas%20Digital%20de%20Histologia%20Basica.pdf. Acesso em: 18 out. 2024.

  Esse atlas é ilustrado com imagens em alta resolução de cortes histológicos de tecidos humanos, com *download* gratuito.

- Araújo, E. J. A. (org.) *Práticas de anatomia e histologia para a educação básica*. Londrina: Kan, 2011. Disponível em: https://www.uel.br/ccb/histologia/portal/pages/arquivos/Praticas%20de%20Anatomia%20e%20Histologia%20para%20a%20Educacao%20Basica.pdf. Acesso em: 18 out. 2024.

  O livro, com *download* gratuito, engloba diversas práticas para trabalhar anatomia e histologia em sala de aula.

- Vicente, E. C. P. *et al.* Viagem à célula – Divisão celular. *Projeto Embrião*, 8 mar. 2012. Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=9bLQegsYoFk. Acesso em: 31 out. 2024.

  O vídeo, da série "Viagem à célula", ilustra as etapas da mitose e os principais acontecimentos em cada uma de suas fases.

SUGESTÕES DE AVALIAÇÃO

- Solicite aos estudantes que realizem uma pesquisa sobre a ação de desodorantes antitranspirantes. Incentive-os a compreender a produção de suor pelas glândulas sudoríparas, situadas na derme (tecido conjuntivo), a presença de bactérias na pele e o odor associado ao suor. Oriente-os para que incluam na pesquisa as reações alérgicas a substâncias presentes em antitranspirantes e as células envolvidas nas reações alérgicas (eosinófilos, que fazem parte do sangue, tecido conjuntivo).
- Você pode solicitar aos estudantes que façam uma pesquisa sobre implante de peles artificiais para reparar danos ocorridos na pele. Mostre imagens, como são feitos os implantes, riscos de rejeição e os biomateriais utilizados na pele artificial para evitar rejeição.

RESPOSTAS E COMENTÁRIOS

Para começar (página 84)

2. Os estudantes podem especular a respeito do tamanho das células, das substâncias nas quais elas se encontram imersas, das estruturas intracelulares e organelas, entre outros aspectos. É interessante que eles comecem a perceber que, embora as células tenham certas características determinadas, como presença de membrana, núcleo, citoplasma, etc., os elementos variáveis permitem constituir tecidos com características próprias.

Ação e cidadania (página 88)

1. A terapia celular CAR-T é considerada um tratamento inovador contra o câncer. Entre suas vantagens estão: é específico, ataca diretamente as células tumorais sem afetar as saudáveis; apresenta uma resposta duradoura com potencial de remissão do tumor, atua em tipos de tumores que não respondem a outros tratamentos. Entre as desvantagens, os estudantes podem citar que ainda não está disponível em larga escala no Brasil e seu alto custo; o tratamento apresenta efeitos colaterais que podem exigir acompanhamento médico. É interessante informar aos estudantes que o Instituto Butantan e o Hemocentro de Ribeirão Preto fizeram uma parceria para trazer a terapia CAR-T para o Brasil, com o objetivo de disponibilizar o tratamento pelo Sistema Único de Saúde (SUS).

Práticas de Ciências – Análise de lâminas histológicas (página 98)

1. Na imagem **A**, é possível identificar o tecido epitelial e o tecido conjuntivo. O tecido conjuntivo apresenta maior quantidade de substâncias intercelulares do que o tecido epitelial. Essa imagem mostra um corte do epitélio do sistema respiratório. Os cílios são vistos na superfície (em cima). Eles ajudam a mover o muco ao longo da traqueia dos pulmões para a boca, removendo poeira, detritos celulares e patógenos. A imagem **B** retrata um tecido conjuntivo. Espera-se que os estudantes identifiquem as fibras elásticas (mais finas) e colágenas (mais grossas) e os mastócitos (células com formato arredondado).

Atividades (página 99)

10. Se houve sangramento, o arranhão não atingiu apenas os tecidos epiteliais, pois estes não apresentam vasos sanguíneos. É provável que o sangue seja proveniente de vasos sanguíneos da derme.

FECHAMENTO DA UNIDADE (PÁGINAS 100 A 103)

Estudo de caso – Mudanças de paradigma na ciência: o exemplo da produção de ATP (páginas 100 e 101)

- As atividades desta seção permitem o trabalho com as habilidades **EM13CNT201** e **EM13CNT301**, da competência geral **CGEB2** e da competência específica **CECNTEM3**.
- A atividade 2 pode ser usada para avaliar os conhecimentos dos estudantes sobre a cadeia respiratória. Assim como as demais atividades, a atividade 3 procura explorar a abordagem própria das ciências.
- Na atividade 4, é importante notar que, por serem vesículas artificiais, elas não tinham atividade metabólica. Esse experimento mostrou que a produção de ATP é acionada diretamente pela força motora de prótons, conforme a hipótese de Mitchell, não havendo vias metabólicas intermediárias entre a geração do gradiente de prótons pela cadeia transportadora de elétrons e a produção de ATP. Evidencie a importância desse tipo de teste para corroborar a teoria proposta.

FONTE COMPLEMENTAR

- Fundo das Nações Unidas para a Infância (Unicef). *Comer bem e melhor, juntos*: cardápio de ferramentas para promover a alimentação saudável entre adolescentes, junto às suas famílias e comunidades. Brasília, DF: Unicef Brasil, 2019. Disponível em: https://www.unicef.org/brazil/media/4901/file/comer_bem_e_melhor_juntos_pb.pdf. Acesso em: 21 out. 2024.

  Publicação que reúne informações e disponibiliza ferramentas para abordar a temática alimentação saudável com adolescentes sob a perspectiva educacional.

RESPOSTAS E COMENTÁRIOS

Estudo de caso – Mudanças de paradigma na ciência: o exemplo da produção de ATP (páginas 100 e 101)

1.

Sistema proposto por Mitchell	Sistema mitocondrial conhecido hoje
Membrana	Membrana mitocondrial interna
Interior	Matriz mitocondrial
Exterior	Espaço intermembranas
Primeira seta na membrana indicando entrada de elétron e H^+	Complexo I
Q	UQ (ubiquinona Q)
Cyt	Citocromo C
Setas na membrana ligadas ao Cyt	Complexos III e IV
Círculo de baixo na membrana	ATP síntese

A interpretação dos esquemas pode ser bastante desafiadora para os estudantes. Por isso, uma sugestão é permitir que eles discutam em pequenos grupos e, durante a correção, cada grupo pode apontar as dificuldades que tiveram.

2. Parte da energia liberada na transferência de elétrons é usada pelos complexos de proteínas da cadeia transportadora de elétrons para bombear prótons H+ da matriz mitocondrial para o espaço intermembranas, o que forma um gradiente de prótons H^+ através da membrana. O lado do espaço intermembranas fica com maior concentração de H^+ e, portanto, com carga elétrica mais positiva que o lado da matriz mitocondrial. Se necessário, faca um esquema na lousa da mitocôndria, com suas duas membranas, localizando com os estudantes o espaço intermembranas e a matriz mitocontrial.

3. O gráfico mostra que a quantidade de prótons produzidos no interior da vesícula era proporcional à quantidade de proteínas na membrana. Quanto mais proteínas de membrana, mais prótons eram transportados para o interior das vesículas. Outro ponto interessante é que a função ajustada aos dados é uma função linear, ou seja, a reta passa pela origem do plano cartesiano, indicando que, se não há proteínas, não há formação de gradiente de prótons.

4. **a)** Esse sistema artificial mostrou que o fluxo de prótons através da membrana, gerado pelas proteínas da *Halobacterium halobium*, induzia a produção de ATP pelas proteínas extraídas das mitocôndrias do coração de boi. As duas proteínas eram importantes para o processo: uma delas gerava o fluxo de prótons através da membrana, mas não produzia ATP, e a outra fazia o inverso. Essa questão mostra como pode ser complexa a determinação dos mecanismos de sistemas biológicos. Pode ser interessante discutir com os estudantes o quão árduo é o trabalho de um cientista e como ele precisa ser criativo para elaborar experimentos que evidenciem um processo ou uma etapa de um processo.

   b) A proposta de Mitchell foi uma mudança de paradigma na bioquímica porque era radicalmente diferente da ideia usual e predominante de sua época, a qual considerava os processos bioquímicos somente em termos de vias bioquímicas com substratos, reagentes, enzimas e moléculas intermediárias. De acordo com essa abordagem, bastaria misturar *in vitro* os componentes do sistema para que as reações químicas ocorressem e os processos bioquímicos pudessem ser demonstrados. Exatamente por isso, a visão convencional da época não conseguia explicar a produção de ATP, pois, nesse caso, o arranjo espacial dos componentes do sistema é crucial para o sistema funcionar, e não somente sua presença ou ausência. Foi esse novo conceito, presente no pensamento de Mitchell, que conseguiu elucidar como o ATP é produzido. Nesta questão, novamente se evidencia o processo da produção do conhecimento científico. Permita que os estudantes se expressem para que você possa identificar a evolução do pensamento científico deles.

Questões globais (páginas 102 e 103)

5. **b)** O aminoácido atravessa a membrana plasmática e passa pelo citosol; ele será transportado por uma molécula de RNAt até um ribossomo, REG, onde ocorrerá a síntese proteica; depois, incorporado a uma proteína, poderá ser transportado, por uma vesícula transportadora, para o complexo golgiense, onde ocorre a finalização da síntese proteica. O complexo golgiense liberará uma vesícula secretora contendo a proteína sintetizada com o aminoácido; essa vesícula vai se aproximar da membrana plasmática e expelir seu conteúdo no meio extracelular.

7. Plaquetas são chamadas de elementos figurados do sangue, e são responsáveis pelo processo inicial da coagulação sanguínea. Podemos observar pelo quadro que a quantidade de plaquetas existentes está abaixo dos 250 mil; assim, haverá prejuízo no processo de coagulação sanguínea; em contrapartida, a falta de hemácias acarreta cansaço, pois estas são responsáveis pelo transporte de oxigênio às células do corpo.

9. A extração experimental de todas as mitocôndrias de uma célula resultaria em menor produção energética, uma vez que somente ocorreria a fermentação, que resulta em um rendimento de 2 ATPs por molécula de glicose.

10. **a)** O carboidrato presente nas membranas das células vegetais é a celulose. A biomassa é considerada uma fonte renovável porque os açúcares são produzidos pelos próprios vegetais por meio da fotossíntese, que utiliza energia luminosa proveniente do Sol, gás carbônico e água.

    b) Os microrganismos que atuam na fermentação, geralmente leveduras, oxidam a glicose na ausência de gás oxigênio para produzir ATP e manter o metabolismo da célula. O etanol, no caso da fermentação alcoólica, é um dos resíduos desse processo e é eliminado pela levedura e aproveitado pelo ser humano.

ATIVIDADES DE PREPARAÇÃO

1. (**Enem**) O diclorodifeniltricloroetano (DDT) é o mais conhecido dentre os inseticidas do grupo dos organoclorados, tendo sido largamente usado após a Segunda Guerra Mundial para o combate aos mosquitos vetores da malária e do tifo. Trata-se de um inseticida barato e altamente eficiente em curto prazo, mas, em longo prazo, tem efeitos prejudiciais à saúde humana. O DDT apresenta toxicidade e característica lipossolúvel.

   Damato, C; Torres, J. P. M.; Malm, O. DDT (diclorodifeniltricloroetano): toxicidade e contaminação ambiental – uma revisão. *Química*, n. 6, 2002 (adaptado).

   Nos animais, esse composto acumula-se, preferencialmente, no tecido

   a) ósseo.
   b) adiposo.
   c) nervoso.
   d) epitelial.
   e) muscular.

   Alternativa **b**.

2. **(Enem)** Um estudante relatou que o mapeamento do DNA da cevada foi quase todo concluído e seu código genético desvendado. Chamou atenção para o número de genes que compõem esse código genético e que a semente da cevada, apesar de pequena, possui um genoma mais complexo que o humano, sendo boa parte desse código constituída de sequências repetidas. Nesse contexto, o conceito de código genético está abordado de forma equivocada. Cientificamente esse conceito é definido como

   a) trincas de nucleotídeos que codificam os aminoácidos.
   b) localização de todos os genes encontrados em um genoma.
   c) codificação de sequências repetidas presentes em um genoma.
   d) conjunto de todos os RNAs mensageiros transcritos em um organismo.
   e) todas as sequências de pares de bases presentes em um organismo.

   Alternativa **a**.

3 GENÉTICA

INTRODUÇÃO

Nesta unidade, serão estudados aspectos acerca da hereditariedade e da biotecnologia. O capítulo 1 trata dos mecanismos que envolvem a transmissão de características individuais e são exploradas as primeiras ideias sobre hereditariedade, genética mendeliana, padrões de herança e alterações cromossômicas. No capítulo 2, são apresentadas as tecnologias que envolvem o uso de seres vivos e suas aplicações na saúde e no meio ambiente. A seção *Estudo de caso*, no final da unidade, trata de um estudo sobre uma vacina de DNA contra o vírus zika, evidenciando a importância do desenvolvimento de vacinas para o controle, a eliminação ou mesmo a erradicação de doenças.

As discussões éticas sobre o uso do conhecimento e da tecnologia se integram com a aprendizagem de conceitos relacionados à transmissão de características por hereditariedade. A compreensão desses processos e o entendimento do papel da biotecnologia visam proporcionar aos estudantes uma visão mais crítica, o que, entre outros aspectos, permite torná-los mais aptos a questionar o uso de tais conceitos na fundamentação de ideias que contrariam o respeito à diversidade humana, como ideologias segregacionistas e eugenistas. Prioriza-se, portanto, a construção do conhecimento científico entendido como um processo que não se isola do contexto sociocultural, no qual estão inseridos os cientistas e os pesquisadores.

Os objetivos da unidade se articulam a este e outros contextos e ao desenvolvimento de competências e habilidades. Nesta unidade, são promovidas as competências gerais da Educação Básica **CGEB1**, **CGEB2**, **CGEB4**, **CGEB5**, **CGEB7** e **CGEB9**. Também são desenvolvidas habilidades e competências específicas da área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias.

Sugestão de planejamento

Ao planejar as aulas e atividades desta unidade, sugere-se que os estudantes sejam encorajados a pensar de maneira crítica sobre os conceitos apresentados. Para isso, faça perguntas e promova debates dirigidos, de modo que eles se envolvam de maneira significativa no processo de aprendizagem. Pesquisas e trabalhos em grupo também podem ser estimulados, já que promovem a cooperação e incentivam a autonomia na aquisição do conhecimento. De maneira alternativa, outros espaços escolares, bem como a disposição da turma em sala de aula, podem ser explorados. A roda de conversa é uma estratégia interessante, que desperta habilidades de escuta ativa, fala e colaboração, além de promover compreensão do respeito e da tolerância à diversidade de opiniões. Este conteúdo propicia a interdisciplinaridade com os componentes curriculares de Química, ao propor o entendimento das reações, estruturas e comportamentos das moléculas; Matemática, ao apresentar cálculos de porcentagem e probabilidade; História, ao tratar da exploração da revolução do Neolítico; e Filosofia, ao abordar questões éticas, que possibilitam a conexão entre diferentes campos do saber, rompendo as barreiras da abordagem reducionista, isolada e fragmentada do conhecimento.

MAPA DA UNIDADE

CAPÍTULO	OBJETIVOS	COMPETÊNCIAS	HABILIDADES	TEMAS CONTEMPORÂNEOS TRANSVERSAIS
1	• Compreender alguns mecanismos de hereditariedade. • Compreender as alterações cromossômicas numéricas e estruturais. • Representar e interpretar resultados de fenômenos relacionados à transmissão de características hereditárias, com base em noções de probabilidade.	CGEB1 CGEB2 CGEB4 CGEB5 CGEB7 CGEB9 CECNTEM2 CECNTEM3	EM13CNT202 EM13CNT205 EM13CNT301 EM13CNT302 EM13CNT303	Educação em direitos humanos
2	• Compreender a importância da biotecnologia. • Discutir ética sobre o uso do conhecimento sobre biotecnologia. • Argumentar e posicionar-se criticamente em relação ao uso de produtos da biotecnologia. • Simular um teste de paternidade e interpretar seus resultados.	CGEB1 CGEB2 CGEB4 CGEB5 CGEB7 CGEB9 CECNTEM2 CECNTEM3	EM13CNT205 EM13CNT301 EM13CNT302 EM13CNT303 EM13CNT304 EM13CNT305	Saúde Ciência e tecnologia Educação em direitos humanos Educação ambiental
Fechamento da unidade	• Elaborar previsões sobre o processo de imunização por meio de vacinas de DNA para avaliar seu uso no enfrentamento da epidemia de zika.	CGEB4 CGEB5 CGEB9 CECNTEM2 CECNTEM3	EM13CNT301 EM13CNT302 EM13CNT303 EM13CNT304	Saúde Ciência e tecnologia

ORIENTAÇÕES DIDÁTICAS

ABERTURA DA UNIDADE (PÁGINAS 104 E 105)

- Durante a leitura da imagem de abertura da unidade, evidencie características observáveis semelhantes e diferentes entre os membros do grupo retratado, de modo que os estudantes percebam a variabilidade que existe entre indivíduos proximamente relacionados. Para trabalhar o tema, procure levantar os conhecimentos prévios da turma sobre os fatores responsáveis pela variação fenotípica populacional, a fim de direcionar a abordagem do conteúdo.

CAPÍTULO 1 HEREDITARIEDADE (PÁGINA 106)

- Para o aprendizado da genética mendeliana, é desejável que os estudantes tenham alguma noção de cálculos probabilísticos. Converse com o(a) professor(a) de Matemática antes de introduzir o tema e, se considerarem viável, planejem juntos uma abordagem integrada.
- Esse capítulo desenvolve particularmente a habilidade **EM13CNT202**, no âmbito da análise do ser humano em seus diferentes níveis de organização, desde as moléculas até o indivíduo; e a competência geral **CGEB1**, no aspecto da valorização do conhecimento sobre o mundo físico.

Primeiras ideias sobre hereditariedade (página 107)

- Ao demonstrar aos estudantes o caráter dinâmico da construção do conhecimento científico, propicie o desenvolvimento de competências relacionadas a isso. As competências gerais que se referem ao exercício do pensamento científico e à apropriação de habilidades comunicativas e argumentativas mobilizados neste estudo são: **CGEB2**, **CGEB4**, **CGEB5** e **CGEB7**.

A herança cromossômica (páginas 108 e 109)

- Antes de introduzir o tema, verifique, com algumas perguntas, o nível de conhecimento dos estudantes sobre os conceitos e conteúdos relativos à divisão celular e à estrutura da célula, visto que esse saber prévio é importante para o entendimento dos processos de transmissão de caracteres genéticos.
- O estudo dos cromossomos e do papel que eles exercem na hereditariedade pode ser oportuno para o desenvolvimento da habilidade **EM13CNT202**, bem como das competências específicas **CECNTEM2** e **CECNTEM3**. As discussões decorrentes dos estudos pioneiros sobre hereditariedade podem proporcionar o desenvolvimento da competência geral **CGEB1**, uma vez que possibilitam a análise crítica da construção do conhecimento científico.

Ciência tem história – McClung e a teoria cromossômica (páginas 110 e 111)

- Nesta seção, são mobilizadas as competências gerais **CGEB1** (valorização dos conhecimentos historicamente construídos) e **CGEB7** (argumentação com base em dados e fatos confiáveis), além da habilidade **EM13CNT303** (interpretação de textos de divulgação científica).

Genética mendeliana (páginas 112 a 114)

- O estudo desse assunto mobiliza a competência geral **CGEB1**, que valoriza e usa o conhecimento historicamente construído, e desenvolve a habilidade **EM13CNT205**, ao propor aos estudantes a interpretação dos resultados obtidos por Mendel.

SUGESTÃO DE AULA

- Neste momento da aprendizagem, é bastante provável que os estudantes já tenham algum conhecimento sobre a genética mendeliana; contudo, como os conceitos são bastante abstratos, é possível que as inter-relações não estejam suficientemente esclarecidas.
- Antes de iniciar o tema, faça perguntas visando ao levantamento de conhecimentos prévios dos estudantes, avaliando a necessidade de aprofundar a história de Mendel e o caminho percorrido até o surgimento da primeira e segunda leis, a fim de introduzir ou retomar conceitos essenciais. É importante que as explicações e os conceitos mendelianos sejam correlacionados aos que são atualmente empregados na genética. Também é fundamental que os estudantes assimilem a ideia de que os genes localizam-se nos cromossomos e têm variantes denominadas alelos, que ocupam o mesmo *locus* em cromossomos homólogos. Para a denominação dos alelos, vale comentar alguns aspectos: embora não exista um padrão, por convenção é escolhida a letra inicial do caráter recessivo: letras maiúsculas nomeiam alelos dominantes e minúsculas, os recessivos; para representar o heterozigoto, a letra maiúscula deve preceder a minúscula.
- Informações, leituras e atividades adicionais podem ser trabalhadas e debatidas em uma roda de conversa, para reforçar a compreensão dos elementos necessários à resolução de problemas que envolvem a hereditariedade. A utilização de jogos didáticos, como O Bingo das Ervilhas, disponível em: http://www.biologia.seed.pr.gov.br/arquivos/File/jogo_das_ervilhas.pdf (acesso em: 1º set. 2024), favorece o trabalho lúdico e serve para complementar os conhecimentos adquiridos ao longo da exposição do conteúdo. Tal estratégia desperta o interesse, a atenção e a curiosidade, além de estimular a cognição, a criatividade, a socialização e a motivação dos estudantes.

Noções de probabilidade (página 115)

- Considerando que o estudo de genética demanda conhecimentos básicos de probabilidade, você pode atuar em conjunto com o(a) professor(a) de Matemática e, se julgarem viável, aprofundar um ou outro tópico, tendo em vista que conceitos de Estatística são muito utilizados nas Ciências da Natureza e nas Ciências Humanas.

Práticas de Ciências – Probabilidade na prática (página 116)

- A atividade dessa seção pode ser proposta durante a abordagem das noções de probabilidade, descrita anteriormente. Aplique-a para contextualizar o conteúdo estudado e incentivar os estudantes a estudar o tema. Se julgar necessário, faça adaptações que favoreçam a execução da proposta.
- Essa vivência prática propicia o desenvolvimento das competências gerais **CGEB2** (exercício da curiosidade intelectual e uso de abordagem própria das Ciências), **CGEB4** (utilização de diferentes linguagens para se expressar e partilhar informações) e **CECNTEM3** (investigação de situação-problema). Além disso, mobiliza as habilidades **EM13CNT205** e **EM13CNT301**, ao oferecer aos estudantes condições para interpretarem resultados e atividades experimentais, fenômenos naturais e processos tecnológicos (com base nas noções de probabilidade e incerteza), e para avaliarem decisões

relacionadas ao enfrentamento de situações-problema de uma perspectiva científica.

Padrões de dominância (página 117)

- Depois de estudar os alelos dominante e recessivo associados a dois tipos de fenótipos, os estudantes vão entrar em contato com outras formas de expressão gênica, como aquela em que um fenótipo intermediário aos fenótipos homozigóticos é observado em indivíduos heterozigóticos ou em situações em que um mesmo gene apresenta mais de duas formas alélicas. A diversidade de casos observáveis em organismos conhecidos pelos estudantes, como plantas, aves, camundongos, coelhos, etc., facilita a associação da genética com circunstâncias corriqueiras.

Interação gênica (página 117)

- Neste tópico, são apresentadas outras modalidades de herança que fogem ao padrão mendeliano; por isso, convém propor atividades que explorem os tipos de herança estudados, a fim de que os estudantes saibam reconhecê-los e diferenciá-los.

Alelos múltiplos (página 118)

- Também são abordados o sistema sanguíneo ABO e a noção de compatibilidade sanguínea, abrindo-se, assim, oportunidade para a reflexão sobre a importância da doação de sangue. Forneça textos, exiba vídeos ou indique aos estudantes outros materiais relacionados ao tema e que contenham bons subsídios para a discussão.
- Se julgar conveniente, incentive a turma a elaborar uma campanha de incentivo à doação de sangue no hospital ou centro de saúde mais próximo. Atividades como campanhas de doação de sangue ou de conscientização da comunidade podem promover a competência geral **CGEB9**, ao levar os estudantes a exercitar a empatia para promover o respeito ao outro com acolhimento.

Padrões de herança influenciados pelo sexo (página 119)

- Aproveite o esquema do padrão de herança do daltonismo verde-vermelho para evidenciar que são chamados portadores aqueles indivíduos que têm o alelo mutado, mas não manifestam o fenótipo devido à presença de um alelo dominante.
- Caso julgue interessante, este é um bom momento para apresentar aos estudantes o conceito de compensação de dose nas fêmeas (definido por Mary Lion, em 1960) por meio da inativação de um de seus cromossomos **X**. Com relação às características ligadas ao cromossomo **X**, as mulheres são consideradas mosaicos, pois, dependendo de qual cromossomo **X** estiver funcional, a mulher expressa características de origem materna ou de origem paterna.

Ligação gênica (páginas 120 e 121)

- Esse tópico pode ser contextualizado mencionando-se casos com os quais os estudantes estejam familiarizados ou sobre os quais tenham curiosidade. A abordagem desses casos pode ser oportuna para o desenvolvimento da competência geral **CGEB2**, ao oferecer aos estudantes a oportunidade de utilizar as ciências para investigar causas; da competência específica **CECNTEM2**, ao propor previsões relativas à herança genética; e da habilidade **EM13CNT202**, ao analisar o ser humano em diferentes níveis de organização.

Alterações cromossômicas (páginas 122 e 123)

- O tópico trabalha as competências relacionadas à aplicação de conceitos das Ciências da Natureza na tomada de decisões responsáveis, à argumentação e à empatia. Enquadram-se aqui a competência específica **CECNTEM3** e as competências gerais **CGEB2**, **CGEB7** e **CGEB9**.
- Para ampliar o conhecimento sobre as síndromes cromossômicas, os estudantes podem realizar pesquisas, em fontes confiáveis e seguras, e compartilhar, em roda de conversa, as informações encontradas, tais como o mecanismo envolvido, as principais características e a taxa de incidência de determinada síndrome na população, mobilizando também as competências gerais **CGEB4** e **CGEB5** e as habilidade **EM13CNT302** e **EM13CNT303**.
- O debate em roda de conversa também pode contribuir com a atividade proposta no boxe *Ação e cidadania* (p. 123), que trata do preconceito e da discriminação em relação à síndrome de Down, o que resulta na privação de oportunidades. O conteúdo também mobiliza o tema contemporâneo transversal **Educação em direitos humanos**, na área Cidadania e civismo, ao articular o conteúdo apresentado no capítulo e mostrar a aplicação do conhecimento científico na promoção da qualidade de vida das pessoas, relacionando esse emprego aos direitos e deveres dos cidadãos.

Epigenética (página 124)

- Nos últimos anos, os cientistas têm buscado identificar as citosinas metiladas envolvidas nas alterações epigenéticas ocorridas no genoma humano. Esse conhecimento pode levar a uma melhor compreensão de como fatores externos (por exemplo, a nutrição e o ambiente) podem influenciar a expressão genética. Para saber mais sobre esse tema, confira o texto "Epigenética e memória celular", sugerido na seção *Texto complementar* deste capítulo. A matéria "Série em vídeo explica como funciona a epigenética", sugerida na seção *Fontes complementares*, apresenta a série *ABC Epigenética*, que pode ser compartilhada com os estudantes em sala de aula, se for viável e considerar adequado.

ATIVIDADE COMPLEMENTAR

Teste de verificação de gênero em atletas

O texto de Maria Trombini intitulado "Atletas trans e intersexo não são 'mulheres legítimas' para o mundo do esporte" (disponível em: https://jornal.usp.br/diversidade/atletas-trans-e-intersexo-nao-sao-mulheres-legitimas-para-o-mundo-do-esporte/. Acesso em: 21 set. 2024) aborda o trabalho de Waleska Vigo, pesquisadora no Grupo de Estudos Olímpicos da Escola de Educação Física e Esporte da USP, no qual ela discute a discriminação nos testes de verificação de gênero para atletas. Você pode selecionar alguns trechos desse texto e apresentar aos estudantes em forma de tópicos.

Em seguida, você pode organizar os estudantes em quartetos para que realizem um painel integrado. Para ver um exemplo dessa metodologia ativa, acesse o vídeo no canal do professor Rodrigo Mendes, disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=V3hZ6pSyCPs (acesso em: 4 set. 2024). Nesta atividade, cada estudante que integra o quarteto deve ler um dos textos listados a seguir, que abordam diferentes aspectos do tema:

- "Desordens genéticas: a ciência por trás da determinação do sexo no esporte", disponível em: https://sportv.globo.com/site/blogs/o-cientista-do-esporte/post/2018/01/11/a-ciencia-por-tras-da-determinacao-do-sexo-no-esporte-parte-1.ghtml

(acesso em: 4 set. 2024). Esse texto complementa o supracitado, apresentando exemplos de diferenças no desenvolvimento sexual para além do binarismo **XX** e **XY**, tal como preconizado pela ciência atual sobre o sexo biológico em humanos.

- "Transgêneros: a ciência por trás da determinação do sexo no esporte", disponível em: https://sportv.globo.com/site/blogs/o-cientista-do-esporte/post/2018/01/11/a-ciencia-por-tras-da-determinacao-do-sexo-no-esporte-parte-2.ghtml (acesso em: 4 set. 2024). Esse texto apresenta o histórico da entrada dos atletas transgênero nas competições esportivas, incluindo a chamada "regra da testosterona".
- "Afinal, atletas transexuais têm mais força que as jogadoras cisgênero?", disponível em: https://www.metropoles.com/vida-e-estilo/comportamento/afinal-atletas-transexuais-tem-mais-forca-que-as-jogadoras-cisgenero (acesso em: 4 set. 2024). Esse texto apresenta algumas informações relacionadas ao texto anterior, permitindo que os estudantes reflitam sobre as vantagens e desvantagens da "regra da testosterona";
- "Por que a ginasta Simone Biles é também um fenômeno científico", disponível em: https://tribunapopular.net/noticia/21072/por-que-a-ginasta-simone-biles-e-tambem-um-fenomeno-cientifico (acesso em: 4 set. 2024). Esse texto possibilita a reflexão sobre características físicas e fisiológicas não relacionadas ao sexo que propiciam vantagens em atletas de elite.

Após a leitura individual, o quarteto se reúne para apresentar aos demais colegas o conjunto de informações extraído de seu texto específico. Após as apresentações, dê mais um tempo para que discutam. Com base nas informações reunidas, oriente-os para que construam, exponham e ouçam argumentos sobre se consideram adequada a testagem de atletas e as alterações nas regulamentações esportivas. Por fim, solicite aos estudantes que elaborem um texto autoral sobre o assunto, no qual deverão expor seu ponto de vista e utilizar exemplos e dados extraídos dos textos.

TEXTO COMPLEMENTAR

Epigenética e memória celular

A epigenética é definida como modificações do genoma que são herdadas pelas próximas gerações, mas que não alteram a sequência do DNA. Por muitos anos, considerou-se que os genes eram os únicos responsáveis por passar as características biológicas de uma geração à outra. Entretanto, esse conceito tem mudado e hoje os cientistas sabem que variações não genéticas (ou epigenéticas) adquiridas durante a vida de um organismo podem frequentemente serem passadas aos seus descendentes. A herança epigenética depende de pequenas mudanças químicas no DNA e em proteínas que envolvem o DNA. Existem evidências científicas mostrando que hábitos da vida e o ambiente social em que uma pessoa está inserida podem modificar o funcionamento de seus genes.

O termo "epigenética" tem origem do grego, no qual *epi* significa "acima, perto, a seguir", e estuda as mudanças nas funções dos genes, sem alterar as sequências de bases (adenina, guanina, citosina e timina) da molécula de DNA (ácido desoxirribonucleico). As modificações epigenéticas podem ser herdadas no momento da divisão celular (mitose) e irão ter um profundo efeito na biologia do organismo, definindo diferentes fenótipos (i.e., morfologia, desenvolvimento, comportamento etc.).

A epigenética tem seu efeito biológico a partir de mudanças químicas que podem ocorrer na molécula de DNA e em proteínas chamadas de histonas. [...]

[...]

[...] As histonas se especializaram para empacotar a molécula de DNA numa estrutura chamada de nucleossomos, que assumem conformações similares a de um carretel de linha. Fazendo uma analogia, imaginem o carretel sendo as histonas, e a linha sendo a molécula de DNA. Se agora imaginarmos que o DNA (a linha do carretel) é composto pelos genes e que muitos dos genes precisam ser expressos (ou seja, eles precisam decodificar suas sequências na forma de proteínas, que efetivamente são as moléculas que fazem as células funcionarem), se o DNA permanecesse totalmente enrolado, os genes não seriam capazes de serem expressos na forma de proteínas. É justamente nesse momento que entra a epigenética.

Para que os genes possam ser expressos, mediante a chegada dos sinais (mencionados acima), a molécula de DNA precisa ser parcialmente desempacotada, para que os genes fiquem acessíveis à ação de proteínas (os fatores de transcrição, que efetivamente disparam a ativação dos genes). Entretanto, diferentes genes são expressos em diferentes momentos e, naturalmente, estão localizados em diferentes regiões da molécula de DNA (ou nos cromossomos). Nesse sentido, partes da molécula de DNA são constantemente desenroladas e enroladas (o que se conhece por "remodelamento dos cromossomos", ou "da cromatina"). Um exemplo de controle da expressão gênica pode ser descrito pela ação dos hormônios sexuais; na fase da puberdade, uma alta concentração de testosterona (nos meninos) ou estrogênio (nas meninas) é lançada na corrente sanguínea e esse é o sinal para que genes relacionados ao desenvolvimento sexual (i.e. crescimento de pelos, dos seios, aumento da massa muscular etc.), sejam ativados e expressos. No momento desta sinalização, regiões do DNA (ou cromossoma) onde esses genes estão localizados precisam ser abertas, desempacotadas, remodeladas. Por outro lado, no momento em que a fase da puberdade passa e os níveis de hormônios caem drasticamente, muitos destes genes precisam ser desativados e, agora, as mesmas regiões do DNA precisam ser fechadas, reempacotadas, para que esses mesmos genes não mais sejam ativados.

Esse constante remodelamento do DNA se dá justamente por mudanças epigenéticas, ou seja, mudanças químicas que ocorrem tanto na molécula de DNA (a linha do carretel), como nas proteínas histonas (o próprio carretel). No DNA, ocorre a metilação, que é a adição de um grupo metila (-CH3, ou seja, um átomo de carbono ligado a três átomos de hidrogênio) ao nucleotídeo citosina; nas histonas, pode ocorrer tanto a metilação como a acetilação (-COCH3) nos aminoácidos lisina e/ou arginina. As modificações no DNA ou nas histonas são realizadas por enzimas do tipo DNA metilases/desmetilases, histona metilases/desmetilases e histona acetilases/desacetilases. A metilação do DNA, que geralmente ocorre em regiões que controlam a expressão gênica (denominadas de promotores), está relacionada à repressão gênica, ou seja, genes que estão marcados (metilados) para não codificarem (ou produzirem) proteínas. Já a acetilação das histonas está geralmente relacionada à ativação gênica.

Desde os anos de 1865, quando Gregor Mendel anunciou as leis da hereditariedade, deduzidas a partir de seus experimentos com ervilhas, os genes têm sido considerados como a única forma pela qual as características biológicas podem ser transmitidas através de sucessivas gerações. Entretanto, hoje existem várias evidências moleculares da existência de uma herança não genética. Esses estudos mostram que variações não genéticas adquiridas durante a vida de um organismo podem frequentemente ser

transmitidas para os descendentes; um fenômeno conhecido como herança epigenética.

[...]

Passada a era do sequenciamento do genoma humano (publicado em 2004), o esforço atual tem sido depositado em cima do sequenciamento do epigenoma, ou seja, na identificação de todas as citosinas metiladas ao longo do genoma. O epigenoma na sua totalidade irá levar a um melhor entendimento de como a função do genoma é regulada na saúde e na doença, e também como a expressão genética é influenciada pela alimentação e pelo ambiente.

Fantappié, M. Epigenética e memória celular. *Carbono*, Rio de Janeiro, n. 3, 2013. Disponível em: http://revistacarbono.com/artigos/03-epigenetica-e-memoria-celular-marcelofantappie/. Acesso em: 4 set. 2024.

FONTES COMPLEMENTARES

- Estudo destaca combate à discriminação racial por meio do ensino da genética. *UFJF Notícias*, Juiz de Fora, 16 ago. 2019. Disponível em: https://www2.ufjf.br/noticias/2019/08/16/estudo-destaca-o-combate-a-discriminacao-racial-por-meio-do-ensino-da-genetica/. Acesso em: 21 out. 2024.

  O artigo comenta a pesquisa realizada na Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF), em que se abordou o estudo de conteúdos em genética e a evolução como modo de combate à discriminação racial.

- Garcia, C. B. Série em vídeo explica como funciona a epigenética. *Jornal da USP*, São Paulo, 17 jun. 2024. Disponível em: https://jornal.usp.br/universidade/serie-em-video-explica-como-funciona-a-epigenetica/. Acesso em: 4 set. 2024.

  A matéria apresenta a série *ABC Epigenética,* produzida pelo Centro de Estudos do Genoma Humano e Células-Tronco do Instituto de Biociência (IB) da Universidade de São Paulo (USP) e disponibilizada em seu canal no YouTube. São sete episódios e cada um aborda uma parte específica dessa área do conhecimento, buscando elucidar a epigenética por meio de ilustrações e metáforas.

- Tolezano, G. C.; Carvalho, L. M. L.; Krepischi, A. C. V.; Rosenberg, C. Inteligência e deficiência intelectual: bases genéticas e fatores ambientais. *Genética na escola*, São Paulo, v. 15, n. 1, 2020. Disponível em: https://geneticanaescola.com.br/revista/article/view/332/300. Acesso em: 5 set. 2024.

  O artigo explora a relação entre inteligência, deficiência intelectual e fatores genéticos e ambientais.

SUGESTÕES DE AVALIAÇÃO

- A seção *Atividades* (p. 125 e p. 126) pode ser utilizada como avaliação formativa, a fim de identificar os pontos frágeis na aprendizagem dos conceitos abordados. Considere que os temas trabalhados neste capítulo envolvem noções difíceis de serem visualizadas a olho nu ou mesmo por meio de instrumentos ópticos convencionais. Por essa razão, a capacidade do estudante de compreender uma representação gráfica pode estar diretamente relacionada à compreensão do conteúdo.
- A construção de mapas conceituais também se mostra útil tanto como método de síntese pelos estudantes quanto como ferramenta de avaliação formativa. Se julgar conveniente, consulte o artigo: "Construindo mapas conceituais", de Romero Tavares. Revista *Ciência & Cognição*, Rio de Janeiro, v. 12, p. 72-85, 2007. Disponível em: https://pepsic.bvsalud.org/pdf/cc/v12/v12a08.pdf (acesso em: 4 set. 2024), para conhecer dicas e instruções sobre o uso desse recurso.

RESPOSTAS E COMENTÁRIOS

Roteiro (página 115)

4. Considerando que os dois lançamentos são eventos independentes e sabendo que a probabilidade de sair cara em um lançamento de moeda é $\frac{1}{2}$, a probabilidade de sair cara no primeiro lançamento e cara no segundo é obtida pela regra do "e" da seguinte forma: $\frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2} = \frac{1}{4}$ ou 25%.

5. Considerando que cada lançamento é um evento independente e que a probabilidade de sair qualquer uma das faces de um dado é $\frac{1}{6}$, a probabilidade de tirar três vezes seguidas o mesmo número é obtida pela regra do "e" da seguinte forma: $\frac{1}{6} \cdot \frac{1}{6} \cdot \frac{1}{6} = \frac{1}{216}$.

Ação e cidadania – Síndrome de Down e inclusão (página 123)

1. Para saber mais sobre as barreiras ligadas à inclusão, acesse: "Alguns conceitos ligados à inclusão II: Barreiras", disponível em: https://www.ifpb.edu.br/assuntos/fique-por-dentro/alguns-conceitos-ligados-a-inclusao-ii-barreiras. Acesso em: 4 set. 2024.

Atividades (páginas 125 e 126)

2. a) Se o casal é heterozigoto para o gene do albinismo (**Aa**), então tanto a mulher quanto o homem produzem os dois tipos de gameta na mesma proporção: **A** e **a**. Para nascer um albino, é necessário que o gameta **a** produzido pelo homem fecunde o gameta **a** da mulher. A probabilidade de o homem produzir o gameta **a** é de $\frac{1}{2}$; o mesmo pode ser dito da mulher. Logo, a probabilidade de o filho nascer albino pode ser obtida pela regra do "e": $\frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2} = \frac{1}{4}$ ou 25%.

Para que esse casal tenha um filho não albino é necessário que o gameta de um dos pais, ou de ambos, tenha o gene **A**. A probabilidade de o homem produzir um espermatozoide **A** é de $\frac{1}{2}$, assim como a probabilidade de a mulher produzir um óvulo **A**. Desse modo, temos as seguintes situações:

I. Espermatozoide **A** fecunda óvulo **A** $= \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2} = \frac{1}{4}$

II. Espermatozoide **a** fecunda óvulo **A** $= \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2} = \frac{1}{4}$

III. Espermatozoide **A** fecunda óvulo **a** $= \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2} = \frac{1}{4}$

Aplicando-se a regra do "ou", temos que a chance de esse casal ter um filho não albino é de: $\frac{1}{4} + \frac{1}{4} + \frac{1}{4} = \frac{3}{4}$, ou 75%.

Os estudantes também podem construir o quadro de Punnett para a resolução desta atividade.

CAPÍTULO 2 BIOTECNOLOGIA (PÁGINA 127)

- Este capítulo sintetiza os conhecimentos de genética com foco em uma perspectiva aplicada: a biotecnologia,

explorando, assim, o tema contemporâneo transversal **Ciência e tecnologia**.

- Como esse assunto é constante nos diversos meios de comunicação, convém incluir no estudo do capítulo textos jornalísticos e científicos sobre os avanços mais recentes na área de biotecnologia, bem como seus impactos.
- O capítulo favorece particularmente o desenvolvimento da competência **CECNTEM3**, ao mobilizar conhecimentos conceituais relacionados à área de biotecnologia, e a habilidade **EM13CNT304**, ao promover a capacidade de analisar e debater situações controversas que envolvem o uso de tecnologias do DNA e os tratamentos com células-tronco.

O que é biotecnologia? (página 128)

- Ressalte que, embora tenha havido grandes conquistas biotecnológicas após a descoberta da estrutura do DNA e de ferramentas para alterá-lo, os produtos biotecnológicos são bem antigos. Comente também que a domesticação de plantas e de animais por meio da seleção de indivíduos para reprodução deve ser reconhecida como uma forma primitiva de biotecnologia.

Biologia e História – A domesticação das plantas (páginas 129 e 130)

- Esta seção mobiliza as competências geral **CGEB1** (valorizar os conhecimentos historicamente construídos) e a específica **CECNTEM2** (utilizar interpretações sobre a dinâmica da vida para elaborar argumentos sobre o funcionamento e a evolução dos seres vivos).
- Se considerar oportuno, solicite aos estudantes que pesquisem a história da domesticação de outras plantas e animais. O texto "O *show* dos milhões", disponível em: https://super.abril.com.br/especiais/o-show-dos-milhoes (acesso em: 5 set. 2024), apresenta a história da domesticação do milho, do tomate e do porco.
- Considere a oportunidade de desenvolver o tema de maneira interdisciplinar com o(a) professor(a) de História, explorando com mais profundidade o que foi a revolução do Neolítico. O texto "A autêntica revolução foi no período Neolítico", disponível em: https://brasil.elpais.com/brasil/2018/04/20/ciencia/1524219983_369281.html (acesso em: 5 set. 2024), discute a importância histórica desse período.
- Para explorar o tema de sequenciamento, considere consultar o artigo "Principais métodos de sequenciamento de DNA", disponível em: https://sea.ufr.edu.br/index.php/SEA/article/download/1603/1669/4906. Acesso em: 25 set. 2024.

Produção de vacinas (página 131)

- Comente com os estudantes o papel das vacinas na diminuição da mortalidade infantil, mobilizando os temas contemporâneos transversais **Saúde**, **Ciência e tecnologia** e **Educação em direitos humanos,** da área Cidadania e civismo. Essa relação pode ser fundamentada com a leitura do texto "PNI 50 anos: Priorizar vacinação infantil reduziu mortalidade e aumentou em 30 anos a expectativa de vida no Brasil", que aponta para a queda da mortalidade de crianças como resultado do Programa Nacional de Imunizações (PNI), que também contribuiu para que a expectativa de vida saltasse no Brasil. Disponível em: https://butantan.gov.br/noticias/pni-50-anos-priorizar-vacinacao-infantil-reduziu-mortalidade-e-aumentou-em-30-anos-a-expectativa-de-vida-no-brasil (acesso em: 5 set. 2024). Em contrapartida, o texto "Queda nas taxas de vacinação no Brasil ameaça a saúde das crianças" evidencia o risco do retorno de doenças erradicadas no Brasil devido à diminuição da cobertura vacinal e discute as raízes do movimento antivacina. Disponível em: https://butantan.gov.br/noticias/queda-nas-taxas-de-vacinacao-no-brasil-ameaca-a-saude-das-criancas (acesso em: 5 set. 2024). Esses textos podem ser indicados para os estudantes ou trabalhados em sala de aula.

Produção de antibióticos (página 131)

- Informações sobre os impactos da resistência microbiana podem ser encontradas no artigo "Uso incorreto de antibiótico estimula superbactérias", da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Anvisa). Disponível em: https://www.gov.br/anvisa/pt-br/assuntos/noticias-anvisa/2018/uso-incorreto-de-antibiotico-estimula-superbacterias. Acesso em: 5 set. 2024.

Tecnologia do DNA recombinante (páginas 132 a 136)

- A polêmica referente aos alimentos transgênicos cultivados no Brasil deve ser objeto de reflexão para os estudantes. A fim de auxiliá-los nesse processo, recomendamos a discussão de dois textos: "Saiba o que são os alimentos transgênicos e quais os seus riscos", um artigo do Instituto de Defesa de Consumidores (Idec), muito crítico aos cultivos transgênicos, disponível em: https://idec.org.br/consultas/dicas-e-direitos/saiba-o-que-sao-os-alimentos-transgenicos-e-quais-os-seus-riscos (acesso em: 5 set. 2024), e "Transgenia: quebrando barreiras em prol da agropecuária brasileira", artigo entusiasta desse tipo de cultura, publicado pela Embrapa e disponível em: https://www.embrapa.br/tema-transgenicos/sobre-o-tema (acesso em: 5 set. 2024). Essa discussão promove as habilidades **EM13CNT302**, **EM13CNT303** e **EM13CNT304**, além de mobilizar o desenvolvimento das competências gerais **CGEB2**, **CGEB4**, **CGEB5**, **CGEB7** e **CGEB9**. O debate também deve mobilizar os temas contemporâneos transversais **Ciência e tecnologia**, **Saúde** e **Educação ambiental**, da área Meio ambiente, bem como contribuir com as atividades propostas no boxe *Ação e cidadania*, que trata da rotulagem de produtos transgênicos (p. 133).
- O objeto digital *Legislação sobre Transgênicos* apresenta uma linha do tempo com datas clicáveis. Ao clicar em cada data, um texto explicativo é exibido, detalhando a evolução da legislação brasileira sobre transgênicos. Sugerimos complementar o conteúdo sobre este tema mostrando a legislação que regulamenta os transgênicos no Brasil.
- O boxe *Ciência se discute* (p. 136) visa criar oportunidade de reflexão sobre as regulamentações e questões éticas nas técnicas de edição do genoma humano e a necessidade de garantir o acesso igualitário a avanços científicos que podem trazer benefícios a toda população.

Sequenciamento de DNA (página 137)

- Neste tópico, sugerimos, como recurso didático complementar, a videoaula "Sequenciamento de DNA", disponível em: http://eaulas.usp.br/portal/video.action?idItem=1966 (acesso em: 6 set. 2024), cujo conteúdo é parte da disciplina Genética e Bioestatística, lecionada na Universidade de São Paulo (USP).

Clonagem (páginas 138 e 139)

- Em 1997, a clonagem da ovelha Dolly chocou o mundo, mas é provável que os estudantes desconheçam o tamanho da

repercussão ética desse procedimento científico. Por essa razão, pode ser interessante resgatar notícias veiculadas à época e usá-las para estimular um debate sobre o impacto da clonagem. Há também textos mais recentes sobre esse assunto, os quais podem ser trabalhados em sala de aula. Sugerimos a reportagem "20 anos da ovelha Dolly: por que os clones morrem jovens?", de José Cibelli, publicada em *El País* em 22 fevereiro de 2017 e disponível em: https://brasil.elpais.com/brasil/2017/02/21/ciencia/1487674345_626879.html (acesso em: 6 set. 2024).

- Se considerar adequado, promova uma troca de ideias orientando os estudantes a opinar se consideram ético ou antiético utilizar embriões de 4-5 dias em processos de clonagem terapêutica. Essa vivência contribui para o desenvolvimento das habilidades **EM13CNT304** e **EM13CNT305** e mobiliza os temas contemporâneos transversais **Saúde** e **Ciência e tecnologia**.

Células-tronco (páginas 139 e 140)

- O entendimento do que são células-tronco e do potencial de uso médico e científico desse produto biotecnológico é importante para que os estudantes tenham condições de se posicionarem em relação a esse tema. Trata-se de um conteúdo que compõe o referencial mínimo de alfabetização científica atual e sua compreensão viabiliza a participação em processos decisórios relacionados ao emprego de novas tecnologias.

Biotecnologia e ética (página 140)

- Se considerar adequado, busque uma abordagem interdisciplinar com a participação do(a) professor(a) de Filosofia. Textos de Hans Jonas, especialmente os relacionados ao Princípio Responsabilidade, podem ser trabalhados de maneira integrada com a área das Ciências Humanas e Sociais.
- Esse tema pode fomentar discussões sobre o uso indevido da biotecnologia para fundamentar ideias e processos de discriminação e privação de direitos individuais e coletivos, possibilitando o desenvolvimento da habilidade **EM13CNT305** e das competências específica **CECNTEM3** e geral **CGEB7**, além de mobilizar os temas contemporâneos transversais **Ciência e tecnologia** e **Educação em direitos humanos**, da área Cidadania e civismo.

Ciência, tecnologia, sociedade e ambiente – Os desafios em sequenciar o DNA neandertal (página 141)

- Caso considere oportuno, solicite aos estudantes uma pesquisa sobre a cultura neandertal, cujos indivíduos deixaram registros de fabricação de ferramentas domésticas e de caça, de roupas, ornamentos, corantes, arte rupestre e enterros.
- Essa seção mobiliza a competência geral **CGEB7** (argumentação com base em dados e fatos confiáveis), além da habilidade **EM13CNT303** (interpretação de textos de divulgação científica).

Práticas de Ciências – Teste de paternidade (página 142)

- Uma aplicação do exame de DNA na prática forense é o teste de paternidade. Para estender essa discussão, relembre os estudantes do conceito de alelos e da primeira lei de Mendel, que propõe que os alelos são segregados na formação dos gametas. A atividade favorece o desenvolvimento das habilidades **EM13CNT205** e **EM13CNT301**.
- Antes do início da atividade, apresente à turma perguntas a serem respondidas oralmente, incentivando a troca de ideias: "Quais são os pares de bases complementares?"; "Qual é a função de uma enzima de restrição?"; "Em que se fundamenta o exame genético de paternidade?".

ATIVIDADE COMPLEMENTAR

Análise e interpretação de texto sobre biotecnologia

O texto "Engenharia genética e bioética", de Wilmar Luiz Barth, publicado na revista *Teocomunicação* (Porto Alegre, v. 35, n. 149, p. 361-391, set. 2005) e disponível em: https://revistaseletronicas.pucrs.br/teo/article/view/1694/1227 (acesso em: 6 set. 2024), discorre sobre a engenharia genética, seus benefícios e as preocupações éticas relacionadas ao assunto. Você pode selecionar alguns trechos do texto e propor aos estudantes que realizem a leitura e destaquem as principais ideias contidas nesses trechos. Em seguida, pode solicitar que produzam um texto sobre o assunto explicitando o ponto de vista pessoal a respeito dos aspectos pontuados.

Os textos produzidos pela turma, em grupo ou individualmente, poderão servir de ponto de partida para um debate sobre a engenharia genética e a bioética. No artigo "Estratégias de leitura, análise e interpretação de textos na universidade: da decodificação à leitura crítica", de Urbano Cavalcante Filho, disponível em: http://www.filologia.org.br/xv_cnlf/tomo_2/144.pdf (acesso em: 6 set. 2024), é possível encontrar algumas orientações de como analisar e interpretar um texto.

FONTES COMPLEMENTARES

- Iamarino, A.; Penteado, V. *Domesticação dos animais e plantas*. (13 min 53 s). Publicado pelo canal Nerdologia. Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=5pO6FFV-NoE. Acesso em: 6 set. 2024.

  O vídeo explora a biotecnologia, relacionando-a com a teoria da evolução.

- Blasco, L. Como a genética está reconstruindo a fascinante jornada dos primeiros humanos à América. *BBC News Brasil*, 20 jan. 2022. Disponível em: https://www.bbc.com/portuguese/resources/idt-3c7cd43a-42e9-4379-a5f1-a02af109fabf. Acesso em: 6 set. 2024.

  O texto evidencia a importância dos estudos de DNA para o mapeamento das migrações ancestrais humanas.

- Zatz, M. Clonagem humana: conhecer para opinar. Revista *Pesquisa Fapesp*, São Paulo, mar. 2002. Disponível em: https://revistapesquisa.fapesp.br/clonagem-humana-conhecer-para-opinar-2/. Acesso em: 6 set. 2024.

  O artigo apresenta respostas a dúvidas comuns sobre clonagem.

SUGESTÕES DE AVALIAÇÃO

- A avaliação deve ser realizada de maneira contínua ao longo do capítulo. Informe os estudantes dos critérios avaliativos utilizados.
- Este capítulo é norteado por dois eixos, o tecnológico e o ético, e a avaliação deve considerá-los. As atividades dos boxes *Roteiro* podem servir para avaliar o engajamento dos estudantes nos estudos e nas trocas de ideias propostas.

RESPOSTAS E COMENTÁRIOS

Práticas de Ciências – Teste de paternidade
(página 142)

Como fazer

1. DNA – indivíduo 1.

Fita complementar

T	**G**	**T**	**A**	**A**	**T**	**C**	**C**	**G**	**C**	**G**	**G**	**G**	**T**	**A**
A	C	A	T	T	A	G	G	C	G	C	C	C	A	T

G	**T**	**C**	**A**	**C**	**A**	**A**	**T**	**G**	**T**	**G**	**C**	**C**	**G**	**C**
C	A	G	T	G	T	T	A	C	A	C	G	G	C	G

DNA – indivíduo 2.

Fita complementar

T	**A**	**T**	**C**	**C**	**G**	**T**	**G**	**A**	**T**	**C**	**G**	**C**	**C**	**A**
A	T	A	G	G	C	A	C	T	A	G	C	G	G	T

A	**T**	**C**	**G**	**A**	**T**	**A**	**G**	**T**	**T**	**T**	**G**	**A**	**T**	**C**
T	A	G	C	T	A	T	C	A	A	A	C	T	A	G

DNA – criança

Fita complementar

T	**A**	**C**	**C**	**C**	**G**	**G**	**G**	**A**	**T**	**T**	**G**	**A**	**C**	**A**
A	T	G	G	G	C	C	C	T	A	A	C	T	G	T

A	**G**	**C**	**G**	**A**	**T**	**T**	**T**	**C**	**A**	**T**	**G**	**A**	**G**	**C**
T	C	G	C	T	A	A	A	G	T	A	C	T	C	G

3. Indivíduo 1 – fragmento 1: 4 pares de bases; fragmento 2: 17 pares de bases; fragmento 3: 9 pares de bases.

Indivíduo 2 – fragmento 1: 15 pares de bases; fragmento 2: 9 pares de bases; fragmento 3: 1 par de base; fragmento 4: 5 pares de bases.

Criança – fragmento 1: 10 pares de bases; fragmento 2: 5 pares de bases; fragmento 3: 6 pares de bases; fragmento 4: 1 par de base; fragmento 5: 8 pares de bases.

5.

AMOSTRAS DE DNA				
	C	**1**	**2**	**M**
...				
17				
16				
15				
14				
13				
12				
11				
10				
9				
8				
7				
6				
5				
4				
3				
2				
1				

6. Os fragmentos que não correspondem ao DNA da mãe, correspondem ao DNA do suposto pai. Pela comparação das bandas de DNA no gel de eletroforese, o pai da criança é o indivíduo 2, pois ambos compartilham os fragmentos de tamanho 1 e 5.

Atividades (página 143)

3. Pasteur desenvolveu uma vacina contra o antraz ao modificar o microrganismo causador da doença, submetendo-o ao cultivo em altas emperaturas. No reencontro dos ovinos com o microrganismo, na forma virulenta, a resposta imunitária impediu a doença.

4. Os polissacarídios utilizados na produção da vacina contra a coqueluche são extraídos da parede celular da bactéria. A vacina estimula a produção de anticorpos; assim, quando a pessoa é novamente exposta à bactéria, seu sistema imunitário a reconhece e produz os anticorpos específicos, impedindo que cause a doença.

8. b) Resposta variável. Os estudantes podem citar: conhecer o tipo de informação genética codificada por cada segmento do DNA; identificar genes e suas funções; comparar grandes trechos de DNA, de um milhão de pares de bases ou mais, o que possibilita conhecer o papel do genoma na suscetibilidade a doenças e na resposta a fatores ambientais; comparar sequências de DNA de diferentes tipos de seres vivos, a fim de investigar as relações evolutivas entre eles e a biologia do desenvolvimento.

9. Na injeção pró-nuclear, o DNA de um ser vivo é injetado no ovócito fertilizado, o qual é implantado em uma fêmea, que produz descendentes transgênicos e não transgênicos. No uso de células-tronco embrionárias, o DNA transgênico é inserido em células tronco-embrionárias, que formam um embrião a ser implantado em uma fêmea; nesse caso, os filhotes terão células com duas cargas genéticas diferentes, isto é, serão quimeras: algumas terão células somáticas com o transgene e outras terão células germinativas com o transgene. A transferência nuclear envolve a inserção do transgene em células somáticas; uma delas cede o núcleo que será transferido para um ovócito enucleado, que, por sua vez, é implantado em uma fêmea, originando uma progênie transgênica.

10. b) A técnica ainda apresenta imperfeições, sendo necessárias várias tentativas para o nascimento de um clone. Além disso, têm sido observados problemas de saúde em animais clonados, por exemplo, no fígado, no cérebro e no coração, além do envelhecimento precoce.

c) Vários aspectos podem ser abordados, como os riscos e as incertezas da clonagem humana, visto que ainda não é possível controlar a possibilidade de mutação e outras anomalias biológicas; possíveis preconceitos sobre o futuro dos clones e destes em relação aos seres humanos

naturalmente concebidos; as incertezas sobre o direito de sucessão dos clones; etc.

11. a) O CRISPR/Cas9 é uma técnica capaz de editar sequências de DNA localizadas em qualquer região do genoma. No núcleo da célula, o RNA-guia reconhece a sequência-alvo e a proteína Cas9 faz um corte específico na molécula de DNA. Logo, o sistema de reparo de DNA repara a região cortada, acrescentando a(s) base(s) que foi(ram) removida(s).

b) Sim. Diferentemente das enzimas de restrição, que cortam o DNA em regiões com uma determinada sequência de nucleotídeos, é possível direcionar a ação das proteínas Cas para qualquer região de interesse do genoma, utilizando o RNA-guia. Assim, é possível reparar ou modificar genes específicos.

FECHAMENTO DA UNIDADE (PÁGINAS 144 A 147)

Estudo de caso: Uma vacina de DNA contra zika (páginas 144 e 145)

- O artigo de Kano, F. S.; Vidotto, O.; Vidotto, M. C. Vacina de DNA: aspectos gerais e sua aplicação na medicina humana e veterinária. *Semina: Ciências Agrárias*, Londrina, v. 28, n. 4, p. 709-726, out./dez. 2007, disponível em: http://www.uel.br/revistas/uel/index.php/semagrarias/article/viewFile/2925/2482 (acesso em: 7 set. 2024), apresenta os aspectos gerais desse tipo de vacina, como a construção dos vetores, as vantagens e as desvantagens dessa terapia e como a resposta imunitária é induzida.
- Essa seção promove o desenvolvimento da habilidade **EM13CNT303**, ao incentivar os estudantes a elaborar previsões e a interpretar modelos explicativos a respeito do funcionamento da vacina de DNA para avaliar e justificar conclusões no enfrentamento da epidemia de zika. Promove também a competência específica **CECNTEM3**, ao mobilizar conhecimentos conceituais relacionados à vacinação. Por fim, mobiliza os temas contemporâneos transversais **Saúde**, ao discutir a importância da vacina de DNA na proteção contra a zika, e **Ciência e tecnologia**, ao tratar sobre a biotecnologia empregada na fabricação dessa vacina.

RESPOSTAS E COMENTÁRIOS

Questões globais (páginas 146 e 147)

5. Caso julgue necessário, retome a explicação sobre o quadro de Punnett e sua utilidade.

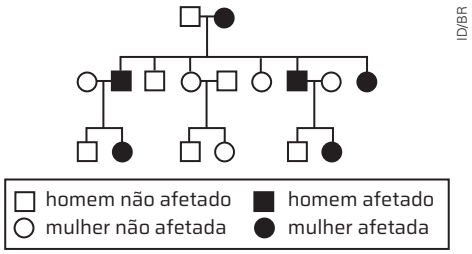
♂ \ ♀	A	a
A	AA	Aa
a	Aa	aa

♂ \ ♀	b	b
B	Bb	Bb
b	bb	bb

♂ \ ♀	a	a
A	Aa	Aa
A	Aa	Aa

ATIVIDADES DE PREPARAÇÃO

1. (**Fuvest-SP**) Analise a seguinte genealogia de uma doença:



Foi levantada a hipótese de que a doença possui padrão de herança dominante ligada ao cromossomo X. O que levou a tal conclusão foi a

a) incidência da doença em mulheres e homens.

b) transmissão do alelo mutante apenas às filhas de um homem afetado.

c) presença de pessoas afetadas em todas as gerações.

d) transmissão do alelo mutante às filhas e aos filhos de uma mulher afetada.

e) presença de pelo menos um dos genitores afetados.

Alternativa **b**. Pessoas do sexo masculino sempre transmitem seu cromossomo **X** às filhas.

2. (**Enem**) Com base nos experimentos de plantas de Mendel, foram estabelecidos três princípios básicos, que são conhecidos como leis da uniformidade, segregação e distribuição independente. A lei da distribuição independente refere-se ao fato de que os membros de pares diferentes de genes segregam-se independentemente, uns dos outros, para a prole.

Turnpenny, P. D. *Genética médica*. Rio de Janeiro: Elsevier, 2009 (adaptado).

Hoje, sabe-se que isso nem sempre é verdade. Por quê?

a) A distribuição depende do caráter de dominância ou recessividade do gene.

b) Os organismos nem sempre herdam cada um dos genes de cada um dos genitores.

c) As alterações cromossômicas podem levar a falhas na segregação durante a meiose.

d) Os genes localizados fisicamente próximos no mesmo cromossomo tendem a ser herdados juntos.

e) O cromossomo que contém dois determinados genes pode não sofrer a disjunção na primeira fase da meiose.

Alternativa **d**. A teoria de Mendel se aplica a cromossomos não homólogos, mas, nesse caso, como os alelos estão no mesmo gene e fisicamente próximos, os cromossomos serão herdados juntos após a segregação.

4 ORIGEM DA VIDA E DIVERSIDADE DOS SERES VIVOS

INTRODUÇÃO

Esta unidade trata de transformações dos seres vivos e destaca uma teoria da Biologia considerada unificadora dos princípios da disciplina: a teoria da evolução.

O capítulo 1, em que se aborda a origem da vida, tende a despertar o interesse dos estudantes, pois contempla questões essenciais para a humanidade, como "Quem somos nós?"; "O que estamos fazendo aqui?" e "Como surgimos?". Essas questões de caráter existencial motivam os adolescentes e ampliam a discussão sobre o pensar científico, já que requerem a prática de uma reflexão segundo a visão da ciência. Os capítulos 2 e 3 tratam de evolução, taxonomia e sistemática, áreas da Biologia envolvidas na busca pelo entendimento da relação de parentesco entre os diversos seres vivos que habitam o planeta.

Ao final da unidade, a seção *Pensando Ciências* possibilita aos estudantes apropriarem-se de conhecimentos e de experiências que lhes permitem entender as relações próprias do fazer científico.

Os objetivos da unidade se articulam a estes e a outros contextos e ao desenvolvimento de competências e habilidades. Nesta unidade são desenvolvidas, por exemplo, as competências gerais **CGEB2**, **CGEB5** e **CGEB6** e habilidades, como a **EM13CNT201**, tendo em vista que os estudantes devem analisar e utilizar modelos científicos, propostos em diferentes épocas, para explicar o surgimento e a evolução da Vida.

Sugestão de planejamento

Um modo de abordar o tema Evolução nas aulas é apresentando o contexto histórico e os problemas que instigavam muitos pesquisadores dos séculos passados, explorando explicações para a diversidade de seres vivos no planeta. Esse trabalho pode ser feito com o auxílio do(a) professor(a) de História. O tema da evolução também propicia o trabalho com questões que exigem reflexão dos estudantes na busca de respostas. Por isso, priorize uma abordagem problematizadora em que o(a) professor(a) tenha uma participação ativa na condução das discussões. Procure disponibilizar nas aulas material de consulta, como livros e dispositivos com acesso à internet, e apoie a turma na busca por informações e na construção do conhecimento de conceitos.

MAPA DA UNIDADE

CAPÍTULO	OBJETIVOS	COMPETÊNCIAS	HABILIDADES	TEMAS CONTEMPORÂNEOS TRANSVERSAIS
1	• Conhecer as teorias sobre a origem da vida no planeta Terra. • Compreender hipóteses sobre a nutrição dos primeiros seres vivos e a evolução de organelas em células eucarióticas. • Analisar características que possibilitam a presença de vida fora da Terra.	CGEB2 CGEB4 CGEB5 CGEB7 CECNTEM2 CECNTEM3	EM13CNT201 EM13CNT202	
2	• Conhecer as primeiras ideias sobre evolução e diferenciar teorias evolutivas. • Identificar evidências da ocorrência da evolução biológica. • Compreender os conceitos de seleção natural e de adaptação. • Compreender os fatores evolutivos e os processos de especiação.	CGEB1 CGEB2 CGEB3 CGEB4 CGEB7 CGEB8 CGEB9 CECNTEM2 CECNTEM3	EM13CNT201 EM13CNT303 EM13CNT305	Educação em direitos humanos
3	• Conhecer aspectos da evolução humana. • Compreender o tempo geológico e os eventos que marcaram a história da vida na Terra.	CGEB2 CGEB4	EM13CNT201 EM13CNT301 EM13CNT304 EM13CNT305	Ciência e tecnologia
Fechamento da unidade	• Analisar características de espécies de borboletas para elucidar relações de parentesco entre elas.	CGEB4 CGEB6 CECNTEM2		

ORIENTAÇÕES DIDÁTICAS

ABERTURA DA UNIDADE (PÁGINAS 148 E 149)

- As questões propostas na abertura da unidade propiciam uma oportunidade para identificar as ideias dos estudantes sobre o assunto. Aproveite-as para sondar os conhecimentos prévios deles, assim como para desenvolver a competência específica **CECNTEM2** e aspectos das habilidades **EM13CNT201** e **EM13CNT202**.

RESPOSTAS E COMENTÁRIOS

Questões para refletir (página 148)

1. Resposta variável. Os estudantes podem identificar, por exemplo, que a jararaca-ilhoa apresenta um corpo delgado e, portanto, mais leve e flexível, permitindo que ela se enrole e se desloque pelos galhos das árvores.
2. Uma hipótese para explicar a diferenciação entre a jararaca-ilhoa e a jararaca continental é a especiação alopátrica, ou seja, duas populações que foram separadas por uma barreira geográfica, no caso, a elevação do nível do mar, e diferenciaram-se ao longo do tempo, tornando-se espécies distintas. As questões da abertura possibilitam o levantamento de concepções prévias dos estudantes e, portanto, não devem ser avaliadas como certas ou erradas.
3. Sim. Determinadas características são selecionadas pelo ambiente onde os organismos vivem. Indivíduos distintos têm características diferentes, determinando sucessos reprodutivos diferenciados. Desse modo, indivíduos que apresentam características favoráveis sob determinadas condições ambientais deixam mais representantes nas gerações que se seguem.

CAPÍTULO 1 A ORIGEM DA VIDA (PÁGINA 150)

- O objeto de estudo deste capítulo é muito instigante para as ciências, em especial para a Biologia: trata-se da tentativa humana de compreender as origens da vida. Esse tema desperta reflexões intensas e perpassa todas as esferas do conhecimento. Visões diferentes – de caráter religioso, principalmente – podem surgir nesse momento. Respeitosamente e sem confronto, incentive o conhecimento dos diferentes pontos de vista a respeito do tema, a fim de criar um ambiente propício para que os estudantes percebam que os princípios que sustentam esses pontos de vista são diferentes. Esse procedimento propiciará o enriquecimento do repertório pessoal com explicações possíveis sobre o mundo e seus fenômenos, bem como proporcionará o exercício do pensamento crítico.
- O capítulo promove as competências específicas **CECNTEM2** e **CECNTEM3** e as competências gerais **CGEB2** e **CGEB4**. Mais particularmente, as habilidades **EM13CNT201** e **EM13CNT202** são desenvolvidas no âmbito da análise de teorias sobre a origem da vida na Terra.

Como surgiu a vida na Terra? (página 150)

- Utilize, se considerar oportuno, as questões propostas na abertura do capítulo para sondar os conhecimentos prévios dos estudantes sobre o tema.

Os primeiros seres vivos (página 151)

- Enfatize o caráter provisório das teorias, que podem tornar-se obsoletas ou serem reformuladas diante de novos fatos e evidências. O propósito, neste momento, é levar os estudantes a perceber que a transitoriedade dos conhecimentos científicos é o que torna a ciência capaz de reformular suas explicações.

Primeiras ideias sobre a geração dos seres vivos (páginas 152 e 153)

- Ao abordar a geração espontânea, é sempre importante reforçar e deixar claro para os estudantes que, até o século XVII, essa era a ideia predominantemente aceita por naturalistas e pesquisadores renomados da época. Este tópico favorece o desenvolvimento da competência geral **CGEB7**.
- Ao discorrer sobre o processo histórico da investigação da geração dos seres vivos por Needham e Spallanzani, promove-se a competência geral **CGEB2**.
- Solicite aos estudantes que identifiquem aspectos da investigação científica presente nos experimentos de Needham e de Spallanzani. Reforce que ambos os naturalistas, na época, tiveram o cuidado de repetir seus experimentos e controlar as variáveis.

Ciência tem história – Os trabalhos de Pouchet e Pasteur (páginas 154 e 155)

- O estudo da controvérsia entre Pouchet e Pasteur, bem como a contextualização histórica e sociocultural, permite aos estudantes compreender alguns aspectos relacionados à natureza do fazer científico, a saber: embora observações e experimentos sejam parte relevante da metodologia científica, nem sempre esses métodos produzem evidências claras a ponto de possibilitar tomadas de decisão; apesar de fornecer evidências empíricas a favor ou contra uma teoria, um experimento não é capaz de provar hipóteses ou teorias; o desacordo e as divergências fazem parte do processo científico; os contextos social, moral, ético e religioso também influenciam no desenvolvimento científico.

Teorias sobre a origem da vida na Terra (página 156)

- Ao abordar o tópico "A descoberta dos moneras", enfatize que equívocos como o cometido por Huxley são acontecimentos normais da ciência. Mesmo cientistas experientes e renomados estão suscetíveis a erros em suas pesquisas. Por isso, é fundamental que os trabalhos científicos sejam divulgados, comunicados e passíveis de reprodução. Assim, caso sejam observados erros, eles podem ser reparados. Além disso, esse é um exemplo de como o conhecimento científico é um empreendimento coletivo, dependente do conjunto de vários cientistas.

SUGESTÃO DE AULA

- A proposição de teorias requer, entre outros fatores, evidências que possam ser testadas. Assim, convide o(a) professor(a) de Literatura ou de Língua Portuguesa para explorar o tema sobre a origem da vida na Terra com os estudantes. Iniciem a abordagem, por exemplo, apresentando a teoria da panspermia. Questionem os estudantes sobre a possibilidade de haver formas de vida simples e semelhantes às que conhecemos, mas que estejam situadas fora da Terra, e quais evidências poderiam ser usadas para explicar o fluxo dessas formas de vida para dentro e para fora do planeta Terra. Para essa discussão, considerem utilizar o artigo "Panspermia: a teoria do universo cheio de vida em potencial", disponível em: https://www.bbc.com/portuguese/geral-59823982 (acesso em: 26 ago. 2024).

- Outro elemento importante à proposição de hipóteses e teorias é a criatividade. Note, porém, que a criatividade aliada apenas a dados científicos não confere credibilidade a uma ideia. O conteúdo do boxe *Biologia e Literatura* (p. 156) pode ser trabalhado com esse intuito, utilizando-se, para isso, a leitura e a discussão do livro *Guerra dos mundos* ou trechos dele. Avalie a possibilidade de trabalhar os conceitos científicos nas aulas de Biologia e a produção textual nas aulas de Língua Portuguesa.
- Além de trabalhar a ideia de vida em outros planetas, essa obra, assim como as produções dos estudantes, podem servir de ponto de partida para um debate entre ciência e ficção científica. Considere a possibilidade de selecionar alguns temas científicos que os estudantes podem utilizar para criar o texto e deixe que eles escolham entre as possibilidades apresentadas. Além da produção escrita, os estudantes deverão pesquisar a descoberta escolhida para apresentar corretamente os conceitos científicos na história criada por eles. Ao final, é possível reunir as histórias produzidas pelos estudantes em um livro. Existem *sites* em que é possível criar livros digitais gratuitamente; conheça alguns em uma matéria do *site* Porvir, disponível em: https://porvir.org/5-sites-gratuitos-ensinam-criar-livros-digitais/ (acesso em: 26 jul. 2024). Ao final, utilize as produções dos estudantes e o debate realizado para avaliar noções básicas relacionadas ao desenvolvimento do conhecimento científico.

A teoria da evolução molecular da vida (páginas 157 a 160)

- Ao desenvolver este tema, pode ser interessante direcionar aos estudantes as perguntas que Oparin fez em seu livro *A origem da vida*, como: "O que é a vida?"; "Qual é a sua origem?" e "Como surgiram os seres vivos que nos rodeiam?". Esse exercício, além de instigar a curiosidade dos estudantes, pode fazê-los refletir a respeito da complexidade de um assunto que, desde a Antiguidade, intriga a humanidade.
- Ao trabalhar o boxe *Ação e cidadania* (p. 157), converse com os estudantes sobre a importância da educação científica para a sociedade. Comente com eles sobre os meios de comunicação que fazem com que a ciência chegue até a população.

Práticas de Ciências – Astrobiologia (página 165)

- Sugerimos que esta atividade, que mobiliza as competências gerais **CGEB2**, **CGEB4** e **CGEB5**, seja desenvolvida após a apresentação das hipóteses heterotrófica e autotrófica.
- É importante deixar claro para os estudantes a diferença entre ufologia e astrobiologia. A ufologia, segundo a comunidade científica, não é considerada ciência, uma vez que suas atividades são destituídas do rigor das metodologias científicas. A astrobiologia, no entanto, embora seja uma área recente, é uma ciência multi e interdisciplinar, que visa estudar e compreender a vida no Universo, sua origem, distribuição, evolução e seu futuro.
- Oriente os estudantes a realizar suas pesquisas em fontes confiáveis sobre astronomia, como o *site* do departamento de Astronomia e Astrofísica da UFRGS, disponível em: http://astro.if.ufrgs.br/, e a série *ABC da Astronomia*, produzida pela TV Escola, disponível em: www.youtube.com/playlist?list=PLgsQHQOzFYkDCvm9CgnWIiNoJUMpfDVis (acessos em: 13 ago. 2024).

FONTES COMPLEMENTARES

- Davies, P. *O quinto milagre*: em busca da origem da vida. São Paulo: Companhia da Letras, 2000.

  Nesse livro, o físico e escritor Paul Davies aborda a busca de evidências científicas que elucidem o surgimento da vida na Terra, integrando vários domínios da ciência, como a paleontologia, a geologia, a cosmologia, a genética e a biologia molecular.

- Margulis, L.; Sagan, D. *Microcosmos*: quatro bilhões de anos de evolução microbiana. São Paulo: Cultrix, 2002.

  O livro da bióloga Lynn Margulis, que propôs a teoria endossimbiótica, e de Dorion Sagan trata dos microrganismos, seres presentes na maior parte da história da vida e que estabeleceram as bases químicas e estruturais fundamentais para a constituição de qualquer forma de vida.

- Rumjanek, F. O mundo sem RNA. Revista *Ciência Hoje*, Rio de Janeiro, Instituto Ciência Hoje, v. 45, n. 262, dez. 2009. Disponível em: https://cienciahoje.org.br/artigo/o-mundo-sem-rna. Acesso em: 16 ago. 2024.

  O artigo discute algumas hipóteses acerca da evolução química da vida e do surgimento do DNA.

- Ward, P. D.; Brownlee, D. *Sós no universo?* – Por que a vida inteligente é improvável fora do planeta Terra. Rio de Janeiro: Campus, 2001.

  Nesse livro, os autores defendem que a vida microbiana deve ser comum e abundante no Universo, mas que o surgimento de criaturas complexas deve ser raro.

SUGESTÃO DE AVALIAÇÃO

- Além das questões propostas em *Atividades*, as discussões fomentadas nos boxes *Ação e cidadania,* "Divulgação científica" (p. 157) e *Ciência se discute* "Teoria da panspermia" (p. 159) do Livro do Estudante podem ser utilizadas para avaliar a capacidade de produção textual, de relacionar diferentes variáveis e de expressar opiniões acerca das teorias sobre a origem da vida na Terra.

RESPOSTAS E COMENTÁRIOS

Ciência tem história – Os trabalhos de Pouchet e Pasteur (páginas 154 e 155)

1. Resposta pessoal. É bem provável que as justificativas dos estudantes envolvam motivações pouco relacionadas a questões técnicas ou científicas. Caso isso se confirme, aproveite para explorar um pouco mais o componente humano que permeia a ciência.

Biologia e Literatura – O livro *A guerra dos mundos* e o medo de uma invasão alienígena (página 156)

1. Ao contrário da ficção científica, a linguagem jornalística tem como objetivo informar as pessoas sobre acontecimentos reais do cotidiano. Assim, o fato de a dramatização ter apresentado todas as características de um programa jornalístico da época (reportagens externas, entrevistas com testemunhas que estariam presenciando o fato, opiniões de peritos e de autoridades, efeitos sonoros, gritos, explosões) causou a impressão de que o acontecimento seria real.

Ação e cidadania – Divulgação científica (página 157)

1. Resposta variável. Os estudantes podem comentar que o surgimento da imprensa impulsionou a atividade de

comunicação científica, inicialmente com a publicação de livros e, mais tarde, com a formação de organizações que preparavam encontros registrados por escrito e divulgados em jornais. O início da divulgação científica no Brasil, por exemplo, teria se dado com a criação da Imprensa Régia, em 1810, com a publicação dos primeiros textos de educação científica, e prosseguiu com a publicação em jornais e periódicos da época. A partir da segunda metade do século XIX, o advento de exposições, museus, revistas, conferências abertas ao público e fundações de fomento à pesquisa ampliaram a popularização científica, assim como, mais recentemente, o advento das redes sociais.

Práticas de Ciências – Astrobiologia (página 165)

Como fazer

3. a) Mercúrio tem características que são muito desfavoráveis à vida, como as variações de temperatura extremadas. A temperatura de Marte em seu equador, a presença de atmosfera e de água em estado líquido nesse planeta possibilitariam a existência de vida. A presença de atmosfera em Titã possibilitaria a vida nesse astro, embora a composição da atmosfera seja muito parecida com a da atmosfera primitiva da Terra e o satélite receba radiação ultravioleta.

Para concluir

1. As conclusões dos grupos podem ter sido diferentes. Acompanhe os grupos para que todos tenham oportunidade de falar e de refletir sobre as conclusões dos colegas.

2. Porque a presença de atmosfera e de água líquida são dois fatores encontrados na Terra e que interferem na presença da vida como a conhecemos. A ocorrência de temperaturas amenas possibilita a existência de água na forma líquida, o principal componente da matéria viva e o meio onde ocorrem as reações metabólicas celulares. Na resposta à segunda parte da pergunta, os estudantes podem argumentar que a ausência de gás oxigênio não impediria a presença de vida, fundamentando-se nos organismos anaeróbios conhecidos no planeta Terra, e podem acrescentar que a atmosfera primitiva na qual surgiram os primeiros organismos não era rica em gás oxigênio.

Atividades (página 166)

1. Resposta pessoal. Explique aos estudantes que a refutação de teorias e descobertas é uma das características mais importantes da ciência, pois isso permite que o processo de construção do conhecimento científico não fique estagnado, mas se renove constantemente.

2. Resposta variável, dependendo da argumentação utilizada. Por exemplo, se o estudante raciocinar que, apesar de as evidências sustentarem a teoria da pré-formação, ainda há um questionamento sobre o surgimento de óvulos e espermatozoides e de seus respectivos organismos, a teoria do surgimento do primeiro organismo não se explicaria pelas novas evidências; portanto, não haveria como refutar a teoria da evolução molecular ou química. No entanto, caso foque apenas no discurso da teoria da pré-formação, o estudante pode alegar que as novas evidências negam a teoria da evolução molecular, pois qualquer ser vivo estaria pré-formado nas estruturas reprodutivas, como óvulos ou espermatozoides. Desse modo, não seria de esperar que eles pudessem ter sido formados a partir de elementos químicos existentes na natureza.

3. A radiação ultravioleta provoca alterações em moléculas que constituem os seres vivos, como os ácidos nucleicos. Essas alterações podem danificar o metabolismo e levar o organismo à morte. O acúmulo de ozônio na atmosfera forma uma camada que diminui a incidência dessa radiação sobre o planeta. Assim, seu surgimento na Terra primitiva conferiu proteção aos seres vivos, especialmente no ambiente terrestre, que, desse modo, passaram a ter maiores chances de sobrevivência e de reprodução.

4. c) A presença de gás oxigênio atmosférico em abundância possibilitou o desenvolvimento de seres com metabolismo aeróbico, mais eficientes no aproveitamento da energia disponível nos alimentos; além disso, formou-se a camada de ozônio, capaz de filtrar a radiação ultravioleta solar. Acredita-se que isso possibilitou o desenvolvimento de seres na superfície terrestre e não apenas nos ambientes aquáticos, onde estariam protegidos da radiação UV.

5. São as bactérias autotróficas quimiossintetizantes, que utilizam substâncias inorgânicas (compostos de ferro e enxofre) como fonte de energia.

6. b) Resposta pessoal. De acordo com a teoria da biogênese, o desenvolvimento de larvas nos frascos fechados pode ser explicado pela deposição de ovos na carne antes de ela ter sido confinada no frasco.

7. Miller identificou experimentalmente que é possível o aparecimento de aminoácidos e de diversas outras substâncias orgânicas a partir de substâncias inorgânicas simples. Fox mostrou que é possível obter as chamadas microesferas proteinoides, com relativa estabilidade, de substâncias orgânicas simples. Dessa maneira, ambos os pesquisadores mostraram, ao menos para essas duas etapas, a possibilidade de que a vida tenha se originado e evoluído de substâncias químicas simples.

8. Não. A panspermia postula que a vida teria vindo de algum lugar externo à Terra. Assim, poderíamos pressupor que a evolução química poderia ter ocorrido em outro planeta cujas condições também fossem adequadas.

9. A hipótese heterotrófica considera que os primeiros seres vivos se alimentariam de moléculas presentes nos oceanos primitivos e seriam, portanto, heterótrofos. De acordo com a hipótese autotrófica, os primeiros seres vivos já seriam capazes de produzir o próprio alimento por fotossíntese ou quimiossíntese.

11. b) A geração espontânea afirma que a transformação da matéria orgânica em um ser vivo só é possível na presença de um "princípio vital" capaz de animar a matéria. Na receita de Von Helmont, o princípio vital corresponderia ao "fermento" liberado pela camisa suja.

c) Resposta variável. É provável que muitos estudantes respondam que os camundongos são atraídos pelo trigo, um alimento, e façam ninhos usando os panos da camisa.

CAPÍTULO 2 EVOLUÇÃO (PÁGINA 167)

- Uma das informações provenientes das pesquisas sobre o ensino da Biologia e, em especial, sobre o ensino da evolução é a constatação de que os estudantes costumam apresentar interpretações alternativas acerca da teoria da evolução. Em suas explicações, em geral, empregam erroneamente determinados conceitos científicos. E o raciocínio subjacente a tais "interpretações" revela a dificuldade que eles têm de compreender esses conceitos.
- Deve ficar claro para os estudantes que as teorias, em ciência, são conjuntos de alegações bem fundamentadas e bem estruturadas, passíveis de refutação, e baseiam-se em evidências – as quais podem ser obtidas por observações, experimentos, inferências e raciocínio lógico. No caso da teoria da evolução, existem inúmeras evidências que a corroboram, algumas das quais são apresentadas ao longo desta unidade.

Entre essas evidências, há várias de caráter experimental – o que contradiz outra ideia bastante disseminada: a de que a evolução não pode ser demonstrada experimentalmente.

- Se a variabilidade é pré-requisito da evolução, conhecer esse conceito é pré-requisito para que os estudantes compreendam a seleção natural. A fim de se evitar o fortalecimento de uma visão determinista do processo evolutivo, primeiro é necessário que lhes seja exposto e explicado que existem diferenças entre os indivíduos de uma mesma população e que a seleção natural não atua sobre todos eles, indistintamente, em resposta a estímulos ambientais.
- Outra dificuldade frequente na aprendizagem da teoria da evolução é a confusão que costuma ocorrer entre o uso cotidiano e o utilizado em Biologia do termo "adaptação". No processo evolutivo, adaptação é uma característica que aumenta a chance de sobrevivência e reprodução, em determinado ambiente, dos indivíduos que a apresentam, mas também pode referir-se ao processo que leva ao estabelecimento dessas características em uma população.
- O próprio termo "evolução" é carregado de sentidos no senso comum que não condizem com o uso em Biologia. No geral, o termo evolução é entendido como progresso, o que não é correto para a Biologia. Evolução significa tão somente a mudança da frequência de uma característica em dada população, ou seja, resumidamente pode ser entendida como mudança adaptativa.
- Este capítulo desenvolve as habilidades **EM13CNT201** e **EM13CNT303**, bem como as competências específicas **CECNTEM2** e **CECNTEM3**. Também contribui para o desenvolvimento das competências gerais da Educação Básica **CGEB1**, **CGEB2**, **CGEB4** e **CGEB7**.

A evolução biológica (página 167)

- Utilize as questões propostas na abertura do capítulo para sondar os conhecimentos prévios dos estudantes sobre o tema.

O pensamento evolucionista (páginas 168 a 171)

- Ao abordar as primeiras ideias de evolução, especialmente sobre a Grande Cadeia dos Seres, comente que um dos mais importantes estudiosos dessa temática foi o filósofo germano-estadunidense Arthur Lovejoy (1873-1962). Essa ideia, que vem de uma tradição cristã, apresentava uma linha de gradação, isto é, o elo (ou degrau) posterior guardava alguma coisa do anterior e apresentava coisas novas. E mais, entre eles, na intersecção, haveria os seres intermediários.
- É importante frisar que essa noção remonta à Antiguidade clássica com Platão e, depois, com Aristóteles. Posteriormente, essa noção foi cooptada pela teologia católica e transformada. Essa ideia era tão poderosa que durou aproximadamente 24 séculos e foi abalada com a teoria darwiniana da evolução.
- Ao desenvolver as ideias de Lamarck (p. 169), considere que esse é um ponto da história da ciência, especialmente sobre o pensamento evolutivo, que merece atenção. É muito comum que os estudantes "percebam" um confronto entre as ideias de Lamarck e de Darwin, sendo este último tratado como o gênio que pensou corretamente o processo evolutivo, e Lamarck como o tolo que não foi capaz de compreendê-lo. Destaque, portanto, as contribuições de Lamarck para a compreensão da evolução dos seres vivos. Ao discutir sobre a lei da transmissão dos caracteres adquiridos, é importante ressaltar que o próprio Darwin aceitava essa ideia. Seu último livro – *A expressão das emoções no homem e nos animais* (1872) – é totalmente dedicado à herança de características adquiridas.
- Aproveite o texto "Wallace e a origem das espécies" (p. 171) para discutir um aspecto bastante relevante em relação à natureza do conhecimento científico: o contexto social e financeiro. Wallace, diferentemente de Darwin, tinha uma condição social e financeira desprivilegiada. É bastante provável que o fato de Wallace pertencer a uma classe social inferior, o que era um valor na Inglaterra da época, talvez tenha contribuído para a desconsideração de Wallace em relação às suas contribuições para a teoria da evolução.

A evolução por seleção natural (páginas 172 e 173)

- O objeto digital *A viagem do HMS Beagle* descreve, em um infográfico com pontos clicáveis nas imagens, o trajeto da viagem de Charles Darwin a bordo do HMS Beagle em 1831. Explore com os estudantes cada parada do naturalista para complementar o conteúdo sobre seleção natural abordado na página 172.
- Retome com os estudantes as propriedades que uma população de organismos deve apresentar para que a seleção natural possa ocorrer: variabilidade, heritabilidade e chances de sobrevivência e reprodução diferenciadas.
- Ao trabalhar o tópico "Exemplos da ação da seleção natural" (p. 173), retome essas três propriedades, para que os estudantes possam atestar sua veracidade. Eles podem ter dificuldade com a terceira propriedade; por isso, além do exemplo clássico dos bicos dos tentilhões das ilhas Galápagos, você também pode mencionar o estudo de laboratório feito com moscas-das-frutas.
- O processo de seleção natural é um dos principais conceitos da evolução biológica. Para trabalhar esse aspecto com os estudantes de modo lúdico, considere desenvolver, em sala de aula, o Jogo dos clipsitacídeos, indicado na seção *Atividade complementar* (p. 488) deste capítulo.

Ciência tem história – Robert Chambers e a transmutação dos seres vivos (páginas 174 e 175)

- Esta seção promove a habilidade **EM13CNT201**. Aproveite para ressaltar que a ideia da evolução ou da transmutação dos seres vivos era amplamente reconhecida na comunidade científica e já havia sido proposta por Lamarck, por Robert Chambers e pelo avô de Darwin.

Evidências da evolução (páginas 176 a 178)

- Considere indicar aos estudantes a página do Museu Nacional da UFRJ. O *site*, disponível em: http://www.museunacional.ufrj.br/dir/exposicoes/paleontologia/index.html (acesso em: 16 ago. 2024), tem um belo acervo de imagens e descrições sobre fósseis encontrados no Brasil.
- Ao trabalhar o tópico "Órgãos vestigiais" (p. 177), explique aos estudantes que o apêndice vermiforme, localizado no intestino grosso dos seres humanos, é comumente citado como exemplo de órgão vestigial. Contudo, pesquisas mostraram que ele ainda mantém certa funcionalidade relacionada à digestão, como em outros mamíferos.

Práticas de Ciências – Jogo da seleção natural (páginas 180 e 181)

- Auxilie os estudantes na definição do número de equipes e de seus integrantes, bem como dos tabuleiros em que

cada equipe deve jogar (e quantos dados cada uma usará, de acordo com as regras indicadas no Livro do Estudante). Avalie o momento mais adequado para a realização desta atividade.

A teoria sintética da evolução (página 182)

- Após um breve período de pouca aceitação, informe aos estudantes que o darwinismo foi retomado graças aos trabalhos de alguns geneticistas, como Ronald Aylmer Fisher (1890-1962) e John S. Haldane (1860-1936), na Inglaterra, e Sewall Wright (1889-1988), nos Estados Unidos, que explicaram a origem e a transmissão das variações dos organismos utilizando os recentes conhecimentos em genética, formulando, assim, a teoria sintética da evolução. É muito importante discutir essas ideias com os estudantes, pois reforça o fato de que a ciência é uma construção coletiva e está sempre em transformação.
- Outro aspecto pertinente a ser destacado é que durante o "retorno do darwinismo" a estrutura do DNA ainda não havia sido desvendada. A genética se desenvolveu sem o conhecimento do DNA e seus mecanismos, algo impensável na atualidade. Esses estudos ganharam fôlego, de fato, durante os anos de 1960 e 1970, quando as bases da genética "moderna" já estavam bem estabelecidas.

As bases genéticas da evolução (páginas 183 a 187)

- O boxe *Ação e cidadania* (p. 183) é oportuno para contextualizar a ação da seleção natural em um tema de relevância social e de saúde pública, promovendo, assim, a competência geral **CGEB8**. Também é importante frisar que a adaptação já estava no indivíduo (bactérias) como uma variação que se tornou adaptativa pela mudança das condições, ou seja, as bactérias não se adaptaram no sentido intencional. A resistência, portanto, é resultado de alguma característica já presente nos indivíduos.
- O estudo de genética de populações é um tema que não costuma ser fácil, sobretudo porque requer conhecimentos prévios de genética e de Matemática. Assim, antes de abordar o cálculo de frequências genotípicas e gênicas nas populações, considere trabalhar em conjunto com o(a) professor(a) de Matemática, evidenciando que as ciências, em muitos momentos, têm abordagem interdisciplinar.
- Ao explorar o boxe *Ciência se discute* (p. 186), é importante reforçar que a ciência não chancela nenhum tipo de argumento que proponha uma suposta superioridade biológica de certos grupos humanos. Essa é uma discussão importante para rechaçar qualquer viés racista ou discriminatório, conforme indicado na competência geral **CGEB9**. A abordagem de um tema de relevância social promove também a competência geral **CGEB7**.
- Aproveite a reprodução da obra *Operários*, de Tarsila do Amaral (p. 186), para estimular nos estudantes a valorização e a fruição das diversas manifestações artísticas e, assim, contribuir para o desenvolvimento da competência geral **CGEB3**.
- Ao abordar os conceitos de espécie, converse com os estudantes sobre os equívocos cometidos quando espécies são definidas como "mais evoluídas" ou "menos evoluídas", "inferiores ou superiores" ou "primitivas ou desenvolvidas". Chame a atenção para o fato de a evolução não ser uma corrida rumo a um estágio ideal e "pronto" de desenvolvimento. Enfatize que as espécies se encontram apenas e tão somente em um equilíbrio dinâmico com o ambiente, ou seja, todas são igualmente evoluídas.

Biologia e História – Eugenia e racismo (páginas 188 e 189)

- A seção explora as relações entre a teoria da seleção natural, a genética e o racismo científico no final do século XIX e na primeira metade do século XX. Uma importante contextualização ao trabalhar esse tema é considerar o neocolonialismo, que chegou ao auge no final do século XIX e início do século XX, em parceria com o(a) professor(a) de História. A conexão entre o colonialismo europeu e como as ideias eugenistas suportaram práticas racistas contra os povos colonizados contribuem para a compreensão de que a ciência reflete o momento histórico e social na qual está inserida, possibilitando o trabalho com o tema contemporâneo transversal **Educação em direitos humanos**, da área Cidadania e civismo.
- A seção também colaborada para que os estudantes percebem as formas como a Biologia está presente nas diversas sociedades e em suas culturas.
- Diversas fontes podem complementar o trabalho com a seção. Elas oferecem uma visão crítica do conhecimento científico e auxiliam no reconhecimento de como esse conhecimento favoreceu processos de exclusão e discriminação racial em alguns momentos da história da humanidade. Alguns exemplos são: Racismo disfarçado de ciência: como foi a eugenia no Brasil (disponível em: https://super.abril.com.br/especiais/racismo-disfarcado-de-ciencia-como-foi-a-eugenia-no-brasil; acesso em: 11 jul. 2024); Pseudociência e racismo: entenda o que é eugenia e seu impacto na sociedade (disponível em: https://tab.uol.com.br/faq/pseudociencia-e-racismo-entenda-o-que-e-eugenia-e-seu-impacto-na-sociedade.htm; acesso em: 11 jul. 2024); O mea-culpa da revista Nature por difundir o racismo científico (disponível em: https://www.nexojornal.com.br/expresso/2022/09/30/o-mea-culpa-da-revista-nature-por-difundir-o-racismo-cientifico; acesso em: 11 jul. 2024).

Evolução e diversidade da vida (página 192)

- Converse com os estudantes sobre o papel do tempo geológico no processo de especiação. Aproveite o texto "Quanto tempo demora a especiação?" (p. 192) para tratar do assunto. Se julgar oportuno, solicite aos estudantes uma pesquisa sobre as diferenças entre tempo histórico e tempo geológico. Isso poderá fazê-los refletir que raramente conseguirão testemunhar um processo de especiação.

ATIVIDADE COMPLEMENTAR

Jogo dos clipsitacídeos

O objetivo do jogo é trabalhar de forma lúdica conceitos relacionados à seleção natural, na medida em que simula uma mudança populacional em função da variação de oferta de alimentos em populações de aves. As aves são representadas por estudantes organizados em duas populações, e seus bicos, por clipes, que apresentam variação de tamanho (bicos grandes, médios e pequenos). O alimento coletado pelos animais é representado por diferentes sementes.

O jogo é de autoria de Vanessa P. G. S. Reis e colaboradores. As regras completas e os recursos necessários para a condução do jogo estão disponíveis em: http://www.cienciaemtela.nutes.ufrj.br/artigos/0602sa01.pdf (acesso em: 30 set. 2024).

Material

- 500 g de feijão-fradinho
- 500 g de feijão-branco
- 100 sementes de pinheiro
- 12 copos descartáveis
- 6 sacos plásticos transparentes para colocar as sementes
- 6 etiquetas adesivas para identificar os sacos contendo as sementes
- 2 bandejas plásticas de 30 cm × 45 cm
- clipes de metal de três tamanhos distintos (pequeno, médio e grande)
- 1 rolo de fita-crepe
- pincel atômico para escrever nas etiquetas adesivas

Para iniciar o jogo, é necessário preparar o material:

1. Material de apoio.
2. Dietas das duas populações (de acordo com a tabela de dieta das aves), devidamente separadas em sacos plásticos transparentes, etiquetados com as respectivas identificações das temporadas.
3. Clipes revestidos de fita-crepe no local onde são manuseados, para evitar machucar as mãos dos estudantes e facilitar o manuseio.

Aplicando o jogo

Com o material já preparado, apresente o jogo com a explanação do cenário "Terra dos Clipes".

A duração da atividade é de duas aulas de 50 minutos cada, sendo que o jogo deve ser realizado na primeira aula. Utilize a segunda aula para analisar e discutir os resultados obtidos com os estudantes.

FONTES COMPLEMENTARES

- Dawkins, R. *O maior espetáculo da Terra*: as evidências da evolução. São Paulo: Companhia das Letras, 2009.

  Nesse livro, Richard Dawkins, um dos maiores divulgadores da ciência, não deixa dúvidas sobre a evolução, utilizando-se de demonstração e argumentação simples, direta e convincente.

- *Evolução*: a incrível jornada da vida. EUA, 2001 (640 min). São Paulo: Scientific American Brasil/Duetto Editorial, 2008. 4 DVDs.

  A série, produzida pela WGBH Educational Foundation/Nova Science Unite Clear Blue Sky Productions, aborda a teoria da evolução de Darwin e seu impacto no pensamento moderno, com depoimentos de biólogos, historiadores e cientistas.

- Mayr, E. *Biologia, ciência única*. São Paulo: Companhia das Letras, 2005.

  Nesse livro, que reúne doze ensaios do biólogo Ernst Mayr, o autor reafirma a validade da teoria da evolução de Darwin.

- Neves, W. A.; Piló, L. B. *O povo de Luzia*: em busca dos primeiros americanos. Rio de Janeiro: Globo, 2008.

  O livro trata das pesquisas arqueológicas e paleontológicas em Lagoa Santa (MG) para elucidar a origem da população americana.

TEXTO COMPLEMENTAR

Uma visão equivocada da evolução biológica

No geral, dois grandes equívocos permeiam a imaginação popular sobre o processo evolutivo biológico. O primeiro deles é pensar que tal processo leva necessariamente a organismos melhores. Evoluir é melhorar, para a maioria das pessoas.

O segundo, que evoluir é tornar-se mais complexo. Na verdade, ambos os equívocos estão contaminados por uma grande dose de atribuição de valor, atitude absolutamente inadequada quando o assunto é evolução darwiniana. Evoluir na biologia não é melhorar. É apenas mudar, mantendo-se adaptado. "Descendência com modificação", vista sob uma perspectiva populacional, ainda é a melhor definição do processo evolutivo. Não existem espécies piores ou melhores. Existem espécies mais [adaptadas] ou menos adaptadas a uma situação ambiental específica. Mudadas as demandas ambientais, o quadro pode se alterar completamente.

Tampouco o processo evolutivo biológico tem de gerar necessariamente formas cada vez mais complexas. Do ponto de vista evolutivo, a complexidade não recebe nenhum tipo de "recompensa" especial. Isto se torna claro quando se atenta para o fato de que os microrganismos representam um terço da biomassa da Terra. Se complexidade fosse "premiada" pela evolução, tal cifra deveria ser o oposto. Mas de fato é inegável que existem criaturas extremamente complexas na natureza, tanto do ponto de vista estrutural e fisiológico como comportamental. E que tais criaturas surgiram depois das simples, na história da vida no planeta. Esse paradoxo aparente só se resolve quando se tem claro que a evolução biológica é um processo histórico, quase sempre aditivo. E, como em qualquer outro processo histórico, o que vem antes restringe ou limita o que vem depois, mas não determina. Dessa forma, a complexidade surgiu no processo evolutivo também de maneira fortuita, como qualquer outra ferramenta adaptativa.

Outro equívoco sobre evolução biológica, talvez ainda mais nocivo que os dois anteriores, é presumir que a seleção natural fixa sempre alternativas perfeitas. Longe disso! A seleção natural elege a melhor entre as alternativas disponíveis, já que o processo de geração dessas alternativas, ou seja, a ocorrência de mutações, dá-se completamente ao acaso, como já mencionado. Há milhares de exemplos na natureza que atestam a incapacidade do processo evolutivo de produzir estruturas perfeitas. Um deles é muito fácil de ser visualizado. Todas as vezes em que um besouro que virou de costas movimenta freneticamente suas patas em uma tentativa desesperada de se desvirar – muitas vezes não o conseguindo e morrendo – está-se diante de um exemplo cabal de como o processo evolutivo não necessariamente gera *designs* perfeitos. Quando um ser humano sente dor em sua coluna, ele está vivenciando na própria pele outro grande exemplo de *design* imperfeito. A postura ereta vertical foi fixada em nossa linhagem evolutiva há cerca de 7 milhões de anos, por razões ainda não completamente conhecidas, mas certamente por razões adaptativas muito importantes. Ocorre, entretanto, que essa mudança postural e locomotora demandou grandes reacomodações em todo o nosso esqueleto, o que acabou

gerando uma coluna vertebral bastante imperfeita. Em outras palavras, na maior parte das vezes o que a seleção natural faz é o remendo possível.

Conhecendo as precariedades desses remendos é que se torna claro para qualquer um que os *designs* existentes na natureza estão longe de primar pela inteligência.

NEVES, W. A.; PILÓ, L. B. *O povo de Luzia*: em busca dos primeiros americanos. Rio de Janeiro: Globo, 2008. p. 25-27.

SUGESTÃO DE AVALIAÇÃO

- Utilize o Jogo dos clipsitacídeos, proposto na seção *Atividade complementar*, para reforçar o aprendizado da seleção natural, ponto central da teoria evolutiva atual. Ele pode ser um instrumento de avaliação para observar a capacidade de trabalho em equipe, o conhecimento adquirido durante a atividade, a capacidade de resolução de problemas, entre outros aspectos.

RESPOSTAS E COMENTÁRIOS

Roteiro (página 172)

2. Ao embarcar no Beagle, Darwin era fixista, isto é, como a maioria das pessoas de sua época, ele acreditava que as espécies seriam imutáveis. Contudo, ao longo da viagem, ele fez diversas observações do mundo natural, recolheu espécimes de plantas e de animais e analisou evidências fósseis e geológicas, que se somaram aos conhecimentos adquiridos em suas leituras a bordo, sobretudo da obra de Charles Lyell, sobre geologia. Tudo isso o convenceu de que as espécies se modificavam e o levou a buscar explicações para essas mudanças.

Ciência tem história – Robert Chambers e a transmutação dos seres vivos (páginas 174 e 175)

1. Não. As ideias de Chambers eram diferentes da ideia de origem das espécies por seleção natural proposta por Darwin. Chambers acreditava na origem de espécies devido a alterações no processo de desenvolvimento embrionário: o embrião sofreria pequenas mudanças, atingindo um estágio um pouco mais desenvolvido do que seus pais, gerando espécies mais perfeitas e complexas.

2. Parte das críticas lhe foi atribuída por ele discordar da visão bíblica da criação do ser humano, que, na época, era defendida por diversos cientistas, embora Chambers reconhecesse Deus como o responsável pelas leis da natureza. Aspectos científicos do trabalho também sofreram críticas de pesquisadores.

Prática de Ciências – Jogo da seleção natural (páginas 180 e 181)

1. Neste jogo, as equipes que jogam com mais dados conquistam mais territórios. Da mesma maneira, as espécies mais adaptadas a um determinado ambiente geram mais descendentes, como prevê a teoria da seleção natural. A ação da seleção natural, neste jogo, é simulada por meio dos dados: ao jogá-los, o resultado de cada equipe (a que pretende avançar e a que está se defendendo) indica que uma espécie tem características mais vantajosas em um determinado território (ambiente). Neste caso, o resultado maior nos dados indica que aquela espécie tem mais chances de sobreviver naquele território.

4. Espera-se que na maioria dos tabuleiros amarelos as equipes tenham empatado, já que todas jogam com a mesma quantidade de dados. Ao pensar em espécies, nenhuma teria vantagem sobre a outra, pois todas estão igualmente adaptadas àqueles ambientes. Resultados discrepantes se devem ao acaso ou a um dado "viciado" (quando uma das faces sai com maior frequência).

5. A média de vários jogos reflete melhor a tendência esperada do que o resultado de apenas um deles, já que o acaso pode fazer com que os resultados obtidos fiquem muito discrepantes daqueles esperados. O mesmo é válido no contexto das espécies: alguns indivíduos de uma espécie pouco adaptada podem acabar gerando mais descendentes do que se espera por mero acaso. Contudo, se olharmos a "média" de vários indivíduos dessa espécie, conseguiremos perceber que a espécie não está em posição favorável naquele ambiente.

Ciência se discute – Raças humanas (página 186)

1. Resposta pessoal. A atividade permite aos estudantes debater sobre situações de preconceito e racismo. Dessa forma, desenvolve-se a habilidade **EM13CNT305**, ao possibilitar discutir o uso indevido de conhecimentos das Ciências da Natureza na justificativa de processos de discriminação, segregação e privação de direitos individuais e coletivos em diferentes contextos sociais e históricos.

Biologia e História – Eugenia e racismo (páginas 188 e 189)

1. A eugenia foi um movimento que defendeu um conjunto de práticas e ações que visavam ao melhoramento da espécie humana. A eugenia se baseava na teoria de seleção natural para hierarquizar as raças humanas. Nessa questão, é importante que os estudantes tenham a compreensão de que a teoria da evolução não tem como premissa o melhoramento das espécies, e sim, a seleção dos indivíduos com características mais adaptadas ao ambiente em que vivem.

4. Os eugenistas brasileiros defendiam o branqueamento da população brasileira mediante a miscigenação, a exclusão de negros e indígenas e o favorecimento da migração de europeus no país. Oriente os estudantes para que analisem a obra com atenção. A depender dos recursos disponíveis, projete a obra para que toda a turma possa analisá-la. Pode-se propor um trabalho em conjunto com o(a) professor(a) de Arte de análise de pinturas do final do séculos XIX e início do século XX, que explorem a questão racial do país. A reportagem "A tela 'A redenção de Cam' e a tese do branqueamento no Brasil", disponível em: https://www.nexojornal.com.br/expresso/2018/06/14/a-tela-a-redencao-de-cam-e-a-tese-do-branqueamento-no-brasil (acesso em: 11 out. 2024), explora a questão racial nessa obra e discute o racismo em obras de arte do mesmo período.

Atividades (página 193)

1. Os fósseis mostram que no passado havia formas de vida diferentes das que existem hoje, o que contraria o princípio do fixismo, o qual propõe que todas as formas de vida existentes nunca se modificaram, isto é, que sempre foram as mesmas desde sua suposta criação.

2. Para Lamarck, organismos muito simples estariam sempre surgindo, por geração espontânea, a partir da matéria inanimada, e teriam uma tendência à modificação linear, rumo a uma organização e complexidade crescentes. Essa tendência, porém, seria perturbada por modificações do ambiente, que alterariam as necessidades de sobrevivência dos organismos, levando-os a mudar seu comportamento, ocasionando maior ou menor uso de certos órgãos ou partes do corpo, o que provocaria, respectivamente, maior ou menor desenvolvimento desses órgãos ou partes do corpo. Essas mudanças seriam transmitidas aos descendentes e, assim, ocorreria a transformação (e não evolução) dos organismos. Para Darwin, todos os seres vivos existentes teriam uma origem muito remota, a partir de um ancestral comum, e teriam se diferenciado em um longo processo de mudanças, o processo evolutivo. Darwin explicou essa evolução das espécies por meio do processo de seleção natural, segundo o qual os organismos mais adaptados às condições ambientais existentes têm maior chance que os outros indivíduos de se reproduzir e deixar descendentes com características semelhantes.

3. De acordo com Malthus, as populações humanas crescem em uma taxa maior do que a produção de alimento. Assim, se não houver algum tipo de controle populacional, não haverá alimento para todos, gerando fome e competição. Darwin e Wallace pensaram que esse mesmo raciocínio seria válido para os demais seres vivos. Dessa maneira, na natureza, os organismos também se multiplicariam numa taxa maior do que a produção de alimentos. Isso geraria competição por alimento, e os organismos que apresentassem características mais vantajosas para competir por esses recursos teriam mais chances de sobreviver e de se reproduzir do que aqueles que não apresentassem tais características, ou seja, haveria uma seleção dos mais aptos. Como essas características são hereditárias, elas seriam passadas, ao longo das gerações, a seus descendentes.

4. De acordo com o conceito biológico de espécie, indivíduos de uma mesma espécie são capazes de cruzar e de gerar descendentes férteis, formando uma unidade ecológica e evolutiva, com características definidas e que ocupam um nicho específico na natureza. Esse conceito, formulado por Ernst Mayr, não é válido para os organismos assexuados ou para os sexuados que formam híbridos férteis.

5. A presença e o tamanho das presas são características hereditárias. A caça direcionada aos animais com grandes presas reduziu a proporção desses elefantes nas populações dessa espécie. Consequentemente, os elefantes sem presas sobreviveram e se reproduziram com mais sucesso.

6. De acordo com Lamarck, o ambiente ocasionaria mudanças no comportamento dos organismos, que, por sua vez, levariam a um maior ou menor uso de certas partes ou de certos órgãos do corpo. No primeiro caso, segundo a visão de Lamarck, os pássaros teriam começado a usar o bico para se alimentar de sementes duras; com o passar do tempo, os bicos teriam gradualmente se tornado maiores e mais fortes pelo uso frequente. Tal característica seria adquirida e transmitida através das gerações, levando ao aperfeiçoamento do bico para aquela função. No outro caso, o mesmo processo teria ocorrido, porém o bico, que era utilizado para retirar insetos e vermes de buracos, teria, com o tempo, se tornado mais delicado e longo.

7. **b)** Resposta pessoal. É provável que os estudantes mencionem que, atualmente, tanto a participação feminina como a de negros na ciência tornou-se mais frequente; contudo, ainda é preciso que mulheres e negros tenham mais espaço e reconhecimento no meio científico e que se eliminem os preconceitos, de modo a se construir um panorama igualitário de oportunidades, seja em cargos de pesquisa, seja de chefia ou outros.

8. Esse tipo de estudo permite compreender a evolução da ciência, pois mostra como e por que algumas hipóteses e teorias foram alteradas ou refutadas, evidenciando seu caráter dinâmico. Estudar essas hipóteses também permite compreender, além dos conceitos envolvidos, a influência de aspectos sociais, culturais, econômicos e políticos na ciência ao longo do tempo.

9. Esse tipo de modelo ajuda a entender que fatores determinam mudanças no *pool* gênico quando elas ocorrem. Ao verificar se uma população está em equilíbrio gênico, com a frequência dos alelos para uma determinada característica permanecendo ou não constante de geração para geração, os evolucionistas podem verificar se uma população está em equilíbrio gênico ou se existem fatores evolutivos atuando sobre ela.

11. Durante o processo de especiação, o isolamento das subpopulações recém-formadas impede o cruzamento entre seus indivíduos. A troca de genes (fluxo gênico) entre essas populações cessa. Esse "isolamento genético", associado a pressões seletivas diferentes em cada população, ou mesmo a processos aleatórios, como a deriva genética, pode levar à formação de novas espécies.

13. O tratado de Lyell permitiu que Darwin tomasse conhecimento do uniformitarianismo. Essa teoria propunha que as mudanças que ocorreram na superfície terrestre desde os tempos de sua formação teriam sido graduais (e ainda continuariam a ocorrer). Darwin incorporou essa ideia estendendo-a à evolução orgânica. Um dos pontos centrais da teoria da evolução de Darwin é a proposição de que a evolução se dá a passos lentos, de modo gradual.

14. **b)** Só seria possível responder a essa questão após uma análise de sucessivas gerações. Se, ao longo das gerações, as frequências gênicas e genotípicas mantiverem-se constantes, pode-se dizer que a população está em equilíbrio de Hardy-Weinberg.

15. O caso de adaptação é denominado mimetismo, em que a falsa-coral, uma serpente não peçonhenta, "imita" o padrão de coloração da coral-verdadeira, que é peçonhenta. A coloração afugenta possíveis predadores, que a confundem com a verdadeira.

CAPÍTULO 3 TAXONOMIA, SISTEMÁTICA E DIVERSIDADE DA VIDA (PÁGINA 194)

- Neste capítulo, são trabalhadas as habilidades **EM13CNT201** e **EM13CNT301** no âmbito da análise de modelos, teorias e leis sobre a evolução das espécies na Terra e dos princípios da evolução biológica para analisar a história humana. Também são promovidas as competências gerais **CGEB2** e **CGEB4**.

Sistemática filogenética (páginas 195 e 196)

- A abordagem da taxonomia em conjunto com a sistemática requer a apresentação das formas de representação das

relações de parentesco entre os seres vivos – as chamadas árvores filogenéticas e os cladogramas – e a familiarização dos estudantes com esses termos, bem como a discussão de algumas noções fundamentais relativas à evolução, como as ideias de seleção natural e de especiação.

- Durante as aulas, principalmente nos momentos destinados à interpretação dos cladogramas e das árvores filogenéticas, atente para possíveis concepções equivocadas dos estudantes sobre evolução e faça os esclarecimentos necessários.
- Imagens divulgadas pela mídia, como a que representa a evolução humana como uma sucessão de antropoides caminhando em linha reta até chegar ao ser humano moderno, reforçam a concepção equivocada de que as espécies se sucedem umas às outras até chegar "ao sucesso".

Os grandes grupos de seres vivos
(páginas 197 a 201)

- Se necessário, revise com a turma os critérios de classificação biológica, pontuando os princípios básicos que a norteiam. É importante salientar que a classificação dos seres vivos é artificial e que, não obstante a categoria espécie ser a unidade fundamental do sistema a ser estudado, sua definição não é das mais simples.
- Ao abordar o tema do parentesco evolutivo, comente que as pesquisas em genética evolutiva, mediante marcadores de DNA e RNA, estão sendo amplamente utilizadas para compreender as relações entre as espécies.
- Ao explorar o boxe *Roteiro* (p. 201), comente que a reprodução das briófitas e pteridófitas é dependente da água, pois os anterozoides (gametas masculinos) necessitam do meio aquoso para poder alcançar e fecundar a oosfera (gameta feminino). Nas gimnospermas, a reprodução torna-se independente da água devido ao surgimento dos grãos de pólen, que são transportados pelo vento de uma planta para outra, e do tubo polínico.

As origens da humanidade **(páginas 202 a 205)**

- Merecem atenção – e podem servir de foco para a abordagem da história da vida na Terra – o surgimento da nossa espécie e a discussão da posição filogenética ocupada pelos seres humanos entre os seres vivos. Esse momento permite o trabalho com a habilidade **EM13CNT201**.
- Caso considere adequado, amplie a discussão sobre a dispersão dos primeiros Homo sapiens, comentando sobre sua chegada ao continente hoje chamado América. Esse aspecto pode ser abordado em uma atividade de pesquisa proposta no boxe *Ciência se discute* (p. 205). Sugira aos estudantes que tracem as rotas de migração em um mapa-múndi, orientados pelo(a) professor(a) de Geografia, segundo as hipóteses atualmente mais aceitas. Esse exercício pode reforçar a compreensão dos estudantes sobre o papel das hipóteses no fazer científico, bem como o fato de uma mesma pergunta apresentar hipóteses diversas, desenvolvendo a habilidade **EM13CNT201**.

Ciência, tecnologia, sociedade e ambiente – Ancestralidade: genética, herança e identidade **(páginas 206 e 207)**

- A leitura do texto da seção, assim como a discussão promovida a partir das atividades, permitem a análise e o debate sobre os testes de ancestralidade, uma aplicação controversa do conhecimento científico, trabalhando, assim, a habilidade **EM13CNT304** e o tema contemporâneo transversal **Ciência e tecnologia**. É ainda discutido o uso indevido de resultados desses testes, mobilizando também a habilidade **EM13CNT305**. Se houver oportunidade, apresente aos estudantes a série de vídeos ABC Ancestralidade, do Centro de Estudos do Genoma Humano e Células-Tronco da USP, disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=Tubcc30qpUM&list=PLRxLNUL6C-tpXirTTsdgtSlDZfVvWbulV7 (acesso em: 9 jul. 2024). Ao discutir a ancestralidade genética, é importante conversar com os estudantes sobre como esse tema é apenas uma das esferas da ancestralidade humana, destacando que a definição mais ampla envolve aspectos sociais e culturais de grande valor para a constituição e a evolução das populações humanas.

Práticas de Ciências – A fita do tempo
(página 208)

- Avalie o melhor momento para desenvolver esta atividade, que permitirá aos estudantes exercitar a curiosidade intelectual e recorrer à investigação, à reflexão, à imaginação e à criatividade para compreender melhor os eventos que levaram à evolução e à especiação, mobilizando, assim, a competência geral **CGEB2**.

FONTE COMPLEMENTAR

- Pääbo, S. O homem de Neandertal: em busca dos genomas perdidos. Lisboa: Gradiva, 2019.

  O livro conta como a genética nos ajuda a entender a história das populações humanas de todo o mundo.

SUGESTÃO DE AVALIAÇÃO

- A seção *Práticas de Ciências* – A fita do tempo (p. 208) pode ser utilizada como instrumento de avaliação. Observe nos estudantes a capacidade de trabalho em equipe, o conhecimento adquirido durante a atividade, a capacidade de resolução de problemas, entre outros aspectos.

RESPOSTAS E COMENTÁRIOS

Roteiro **(páginas 196 e 201)**

1. b) Resposta variável. Existem seis grupos monofiléticos representados na árvore filogenética. Do mais abrangente para o menos abrangente, eles são: 1) o grupo formado por hepáticas, antóceros, musgos, selaginelas e licopódios, samambaias, gimnospermas e angiospermas; 2) o grupo formado por antóceros, musgos, selaginelas e licopódios, samambaias, gimnospermas e angiospermas; 3) o grupo formado por musgos, selaginelas e licopódios, samambaias, gimnospermas e angiospermas; 4) o grupo formado por selaginelas e licopódios, samambaias, gimnospermas e angiospermas; 5) o grupo formado por samambaias, gimnospermas e angiospermas; e 6) o grupo formado pelas gimnospermas e angiospermas. Além desses, cada terminal pode ser considerado um grupo monofilético (por exemplo, as angiospermas).

3. Nas briófitas, a fase duradoura é o gametófito, nas plantas vasculares é o esporófito. Os indivíduos da fase duradoura costumam ser maiores, apresentam estruturas fotossintetizantes e vivem por mais tempo, já os indivíduos da fase passageira ou efêmera costumam ser pequenos, raramente são

visíveis e podem ser encontrados dentro ou em cima do indivíduo da fase duradoura.

Nas pteridófitas, o gametófito é extremamente reduzido em relação ao esporófito, recebe o nome de protalo e é clorofilado. Nas gimnospermas e angiospermas, os gametófitos masculino e feminino tornam-se estruturas dependentes nutricionalmente do esporófito.

Ciência se discute – Quem foram os primeiros americanos? (página 205)

1. O modelo, elaborado com base na descoberta de Luzia, nome dado ao talvez mais antigo fóssil humano encontrado nas Américas pelo arqueólogo e antropólogo brasileiro Walter Neves, datado em cerca de 11,5 mil anos, considera a existência de duas populações humanas distintas. A primeira, morfologicamente mais próxima aos africanos e australianos (e à qual pertenceria Luzia), teria entrado na América há aproximadamente 14 mil anos pelo estreito de Bering. A segunda, representada por uma forma com características semelhantes à dos asiáticos atuais e à qual pertence a maioria dos indígenas de hoje, teria chegado ao continente americano há cerca de 11 mil anos, também pelo estreito de Bering.

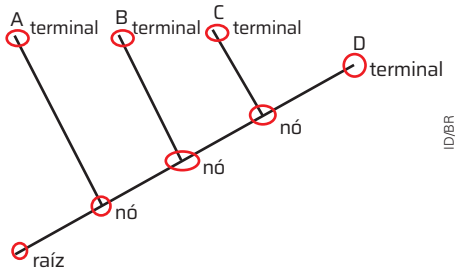
   Os dados do estudo de 2018 mostraram que houve apenas uma onda migratória, que tinha afinidade com os povos da Sibéria e do norte da China, contrariando a teoria de Walter Neves.

Ciência, tecnologia, sociedade e ambiente – Ancestralidade: genética, herança e identidade (páginas 206 e 207)

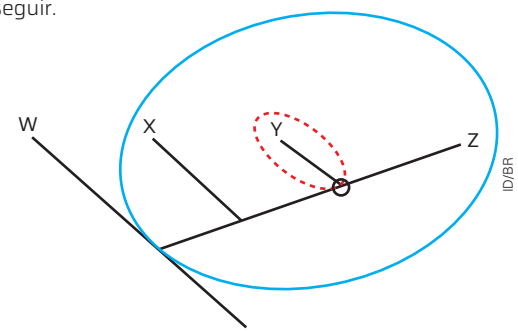
2. Respostas pessoais. As motivações podem ser diversas, desde a busca por parentes desconhecidos (como no caso de pessoas adotadas ou que não têm informações sobre alguns ascendentes recentes) até para saber mais sobre a história da família ou mesmo por curiosidade. Há inclusive a possibilidade de esses testes terem relevância médica, se forem consideradas doenças genéticas mais prováveis de desenvolver em determinados grupos.
3. De acordo com o texto, são tomados diversos cuidados para garantir a privacidade das informações, como a anonimização promovida pela geração de um código identificador, o armazenamento de dados criptografados, sistemas de segurança robustos nos computadores e servidores que armazenam as informações, entre outras. Espera-se que os estudantes reconheçam a importância de garantir a privacidade dos resultados, que poderiam ser utilizados de forma inadequada, por exemplo, por empresas na contratação de funcionários ou por planos de saúde.

Atividades (página 209)

2. Os estudantes devem fazer algo semelhante ao esquema a seguir. Eles podem indicar como grupo monofilético os taxóns A, B, C ou D, por exemplo.



3. Os estudantes devem fazer algo semelhante ao esquema a seguir.



6. Atualmente, os antropólogos consideram que os neandertais eram inteligentes. Os pesquisadores encontraram evidências de que os neandertais dominavam o fogo, caçavam grandes animais, faziam pinturas rupestres, enterravam seus mortos com flores, e os círculos de pedra encontrados dentro de cavernas podem indicar santuários, mostrando que eles tinham espiritualidade.
7. Os estudantes deverão traçar uma rota da espécie humana saindo da África pelo Egito em direção ao Oriente Médio, passando pela península Arábica e o Sudeste Asiático e alcançando a Austrália. Outros grupos humanos devem ter partido do Oriente Médio, em direção ao interior do continente Asiático, chegado à Sibéria e dali às Américas pelo estreito de Bering. Do Oriente Médio, outros grupos podem ter alcançado a Europa.

FECHAMENTO DA UNIDADE (PÁGINAS 210 A 213)

Pensando Ciências – Como organizar a história evolutiva de uma espécie nova? (páginas 210 e 211)

- A atividade apresenta um exemplo fictício de características físicas de algumas espécies de borboletas aparentadas, semelhante ao apresentado na atividade "Sistemática filogenética: uma proposta STEAM de ensino na graduação em Ciências Biológicas", disponível em: https://fisica.ufmt.br/eenciojs/index.php/eenci/article/view/877 (acesso em: 26 ago. 2024).
- No portal e-Aulas, da Universidade de São Paulo, disponível em: http://eaulas.usp.br/portal/course.action?course=4595 (acesso em: 26 ago. 2024), é possível assistir a videoaulas que explicam o que é sistemática, como construir um cladograma e como funciona o sistema de classificação na sistemática filogenética. O conteúdo desse portal e o artigo "Ensino de Biologia Evolutiva utilizando a estrutura conceitual da sistemática filogenética – I", sugerido em *Fonte complementar*, podem ser úteis no desenvolvimento desta seção.
- É importante que os estudantes percebam que devem comparar uma mesma característica entre as diferentes espécies e descrever o estado da característica em cada uma delas. Só assim será possível construir uma matriz de caracteres que sirva de base para a elaboração de uma árvore filogenética.
- Oriente a turma a pensar em apenas dois estados por característica. Desse modo, o padrão de manchas no corpo das borboletas pode ser analisado quanto à presença ou ausência de manchas, em vez de vários estados (mancha laranja, mancha branca, mancha listrada, etc.).
- No tópico "Decompondo o problema", oriente os estudantes para que elaborem a matriz considerando os caracteres

plesiomórficos e apomórficos e, logo em seguida, compare as matrizes elaboradas àquela que está apresentada no Livro do Estudante. O algoritmo para desvendar a história evolutiva de um grupo de espécies deve envolver a comparação de características entre as espécies supostamente relacionadas; a definição dos estados de cada característica – plesiomórfico (0) e apomórfico (1) –, por meio do uso de um grupo externo; a elaboração de uma matriz de caracteres; e a construção de um cladograma, no qual as espécies sejam agrupadas pelas suas apomorfias. Cada uma dessas etapas deve ser detalhada no algoritmo.

- Esta seção promove a competência específica **CECNTEM2**, ao levar os estudantes a analisar e a utilizar interpretações para fazer previsões sobre a evolução dos seres vivos, e as competências gerais **CGEB4** e **CGEB6**.

FONTE COMPLEMENTAR

- Santos, C. M. D.; Calor, A. R. Ensino de Biologia Evolutiva utilizando a estrutura conceitual da sistemática filogenética – I. *Ciência & Ensino*, v. 1, n. 2, jun. 2007. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/282153721. Acesso em: 26 ago. 2024.

  O artigo propõe a adoção da abordagem filogenética no ensino de Biologia como princípio unificador da diversidade biológica, o que pode contribuir para a introdução de conceitos relativos à construção, corroboração e refutação de hipóteses científicas.

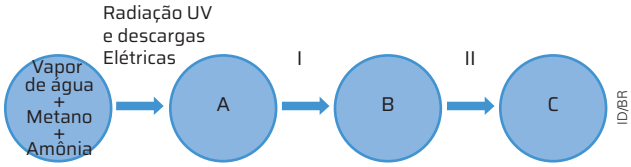
RESPOSTAS E COMENTÁRIOS

Questões globais (páginas 212 e 213)

6. Alternativa **c**. A teleologia inerente ao aristotelismo é contrária às fundamentações teóricas propostas pela teoria sintética da evolução biológica, ao identificar a adaptação dos seres vivos ao ambiente como causa dos fenômenos da seleção natural e da fonte das variações por mutações e recombinações gênicas. A visão não teleológica está fundamentada na ideia de que os processos da natureza não são guiados por um objetivo final.

ATIVIDADES DE PREPARAÇÃO

1. (**UPE**) Há 4 bilhões de anos, a atmosfera da Terra não continha oxigênio, mas outros gases, como metano, amônia e vapor-d'água, dentre outros. A Terra primitiva não sustentava a vida. A abiogênese teria ocorrido uma vez na história do planeta, no início de tudo. A figura abaixo ilustra a sequência da Teoria da Sopa Primordial, testada por Stanley Miller e Harold Urey (1953), que bombardearam, com raios UV e descarga de eletricidade, uma "sopa" feita com água, amônia, metano e hidrogênio.



Assinale a alternativa **correta** que represente os produtos (A, B, C) e os catalisadores (I e II), conforme o esquema acima.

a) A – Aminoácidos, B – Coacervados, C – Células primitivas, I – A chuva arrastou os compostos para o solo e os mares, onde eles se combinaram com outras substâncias, II – Moléculas de lipídios isolaram as moléculas orgânicas.

b) A – Compostos inorgânicos, B – Células primitivas, C – Tecidos fotossintetizantes, I – Água rica em sais minerais catalisou a combinação de diversas moléculas com compostos inorgânicos, II – Moléculas de açúcares, na presença de oxigênio e gás carbônico, formaram células especializadas em fotossíntese.

c) A – Moléculas de gás ozônio, B – Composto orgânico, C – Organismo unicelular, I – Substâncias combinaram-se com outras substâncias em poças de água, II – Moléculas de metano combinaram-se com moléculas de água, formando as primeiras células.

d) A – Coacervados, B – Moléculas orgânicas, C – Microrganismos, I – Moléculas orgânicas combinaram-se com moléculas de aminoácidos nos mares primitivos, II – Atmosfera rica em oxigênio acelerou o metabolismo das células, aperfeiçoando as organelas.

e) A – Organismo unicelular, B – Organismo pluricelular, C – Células orgânicas, I – Oxigênio formado pela combinação de água, metano e amônia estimulou a divisão das células, II – Formação dos mares acelerando a combinação de moléculas orgânicas.

Alternativa **a**. Essa atividade trata da hipótese da evolução molecular para a origem da vida. Os cientistas Aleksandr Oparin e John S. Haldane criaram uma hipótese para o surgimento da vida. Nela, os itens têm a seguinte formação:

A: compostos orgânicos, como aminoácidos que formam as proteínas;

B: coacervados de proteínas que interagem com a matéria orgânica no caldo primitivo;

C: primeiras células isoladas do meio por membrana lipídica.

2. (**Enem**) Embora seja um conceito fundamental para a Biologia, o termo "evolução" pode adquirir significados diferentes no senso comum. A ideia de que a espécie humana é o ápice do processo evolutivo é amplamente difundida, mas não é compartilhada por muitos cientistas.

Para esses cientistas, a compreensão do processo citado baseia-se na ideia de que os seres vivos, ao longo do tempo, passam por

a) modificação de características.

b) incremento no tamanho corporal.

c) complexificação de seus sistemas.

d) melhoria de processos e estruturas.

e) especialização para uma determinada finalidade.

Alternativa **a**. Essa atividade retoma o conceito de evolução biológica, que é a modificação de características de uma população ao longo do tempo.

1 PODCAST SOBRE BIOTECNOLOGIA: COMPARTILHANDO INFORMAÇÃO DE QUALIDADE

INTRODUÇÃO

O acesso à informação nunca foi tão fácil, porém, nem sempre o que se encontra é informação de qualidade. A desinformação é uma epidemia que atinge diversas áreas do conhecimento, e a biotecnologia tem sido alvo constante de *fake news*.

Por essa razão, é fundamental que os jovens sejam capazes de identificar fontes de informação confiáveis, reconhecendo a importância da biotecnologia para a promoção da saúde, do desenvolvimento científico e como promissora área de trabalho.

Este projeto busca desenvolver a capacidade de identificar a qualidade da informação aos quais os jovens estão expostos, bem como discutir e veicular informações confiáveis.

Além disso, o projeto possibilita desenvolver habilidades de comunicação com base em mídias e tecnologias digitais, para orientar e combater a desinformação nas comunidades escolar e local.

Sugestão de planejamento

Este projeto foi pensado para ser executado ao longo de um semestre, totalizando 12 aulas específicas para sua execução.

Contudo, avalie se, no decorrer do semestre, essa periodização e a quantidade de aulas específicas para a execução do projeto são a melhor opção para sua turma, fazendo as adaptações que julgar necessárias.

MAPA DO PROJETO

ETAPA	OBJETIVOS	COMPETÊNCIAS	HABILIDADES	TEMAS CONTEMPORÂNEOS TRANSVERSAIS
Preparação	• Investigar informações sobre temas de vacinação, organismos transgênicos, sequenciamento do genoma e terapia gênica.	CGEB2 CGEB8 CECNTEM2 CECNTEM3	EM13CNT207 EM13CNT310	Ciência e tecnologia Saúde
Desenvolvimento	• Elaborar roteiros para a produção de episódios de *podcast*. • Gravar e editar os áudios/episódios de *podcast*.	CGEB4 CGEB5 CECNTEM3	EM13CNT302	
Conclusão	• Divulgar e publicar o conteúdo produzido para a comunidade escolar e a comunidade local.	CGEB4 CGEB5 CGEB8 CECNTEM3	EM13CNT302	

ORIENTAÇÕES DIDÁTICAS

PREPARAÇÃO (PÁGINAS 214 A 216)

- À medida que os temas forem sendo mencionados e definidos, proponha perguntas e questões que permitam levantar os conhecimentos prévios dos estudantes. Os dados, as curiosidades, os questionamentos e as dúvidas apresentados devem servir de base para uma pesquisa prévia a ser realizada pela turma. Indique fontes e sugestões de leituras para os estudantes (veja algumas delas na seção *Fontes complementares*, na página 496 deste Manual) e determine um prazo para que a pesquisa seja realizada. O trabalho de pesquisa permite mobilizar a competência geral **CGEB2,** ao exercitar a curiosidade intelectual e recorrer à abordagem científica da investigação.
- Esta etapa do projeto é oportuna para o desenvolvimento das competências específicas **CECNTEM2** e **CECNTEM3** e das habilidades **EM13CNT207** e **EM13CNT310**, bem como da competência geral **CGEB8** e dos temas contemporâneos transversais: **Ciência e tecnologia** e **Saúde**. Assim, com base nos temas selecionados, incentive os estudantes a identificar seus conhecimentos sobre os assuntos e a qualidade de informação a que têm acesso.
- Em seguida, todos os grupos vão elaborar os questionários que serão aplicados aos colegas de outras turmas, a fim de identificar os conhecimentos da comunidade escolar sobre esses temas, e verificar eventuais dúvidas e informações equivocadas que possam surgir durante a pesquisa.
- Oriente os estudantes a registrar as respostas dos questionários. Caso as perguntas admitam respostas quantificáveis e fechadas, como sim/não, é possível fazer o registro escrito, que poderá ser contabilizado e transformado em gráficos ou dados proporcionais. Caso sejam perguntas abertas, incentive-os a gravar as respostas. Os dados obtidos e algumas das falas registradas poderão ser usados no *podcast*, desde que haja o consentimento das pessoas entrevistadas. Por

isso, é importante que os estudantes estabeleçam uma maneira de organizar e arquivar esse material.

- Considere a discussão das perguntas iniciais, realizada em aulas anteriores, utilizando os conhecimentos prévios e o interesse dos estudantes para auxiliar na organização dos grupos e na distribuição dos temas.
- Na montagem do cronograma de trabalho, note que, quanto mais definidas as datas de entrega de materiais, de reuniões, de pesquisa e de publicação do *podcast*, entre outras tarefas, mais fácil será organizar e cumprir as atividades propostas em cada etapa. Por isso, você e os estudantes devem estabelecer, juntos, o cronograma e a maneira como ele será continuamente checado e avaliado.
- Providencie também os materiais necessários e avalie a necessidade de agendar uma data para instruir os estudantes na utilização dos aplicativos.

DESENVOLVIMENTO (PÁGINAS 216 E 217)

- Nesta etapa, promovem-se a competência específica **CECNTEM3** e a habilidade **EM13CNT302**, que serão mobilizadas à medida que os estudantes definirem o conteúdo, o público-alvo e a melhor maneira de atingir esse público. Também são desenvolvidas as competências gerais **CGEB4** e **CGEB5**, ao serem utilizadas diferentes linguagens e tecnologias digitais de comunicação de modo significativo para comunicar e disseminar informações, exercendo, assim, protagonismo na vida pessoal e coletiva.
- O primeiro passo será definir o tema de cada grupo e, consequentemente, de cada episódio, e organizar uma pesquisa sobre os dados que serão apresentados. Na etapa de busca de informações, é importante enfatizar para os estudantes os cuidados que devem ser tomados em relação a artigos, reportagens, textos de divulgação científica ou notícias que serão utilizados, especialmente no que se refere às citações de fontes de pesquisa, sobretudo aquelas veiculadas em redes sociais.
- Certifique-se de que os estudantes tenham um roteiro estruturado. Se necessário, peça a colaboração do(a) professor(a) de Linguagens, que poderá auxiliá-los na elaboração da estrutura do roteiro, na adequação do texto para o público-alvo, na correção gramatical, entre outras tarefas.
- O gênero discursivo utilizado será o *podcast*, uma ferramenta que se tornou bastante popular nos últimos anos. Caso considere conveniente, apresente alguns exemplos de *podcasts* sobre ciência e tecnologia para os estudantes se familiarizarem. Na página do Instituto Serrapilheira (disponível em: https://serrapilheira.org/; acesso em: 3 out. 2024), é possível encontrar os *podcasts* sobre ciência e tecnologia contemplados em programas de financiamento.
- Além disso, há diversos tutoriais e dicas disponíveis na internet que podem auxiliar na tarefa de criar um *podcast*.
- Como existem muitas possibilidades de metodologia para a produção de *podcasts*, os grupos devem entrar em consenso para decidir qual s*oftware* será utilizado, como serão feitas a produção, a edição, a publicação e a divulgação, entre outras tarefas.
- É importante prever a duração aproximada de cada episódio, a fim de padronizar um formato para o projeto. Esse aspecto permitirá discutir tanto a informação que será veiculada (abrangência, linguagem e aprofundamento) quanto o período de duração mais apropriado para o público-alvo já definido.
- Se for conveniente para o tema escolhido e havendo disponibilidade, incentive os estudantes a entrevistar especialistas, médicos, pesquisadores, pessoas que atuam na área do tema escolhido, entre outras que podem contribuir para a discussão. Explique que trechos das entrevistas com especialistas também poderão ser incorporados ao *podcast*, desde que tenham sido gravados e autorizados pelos entrevistados.
- Para a gravação dos episódios, é preciso que os estudantes estejam habituados a usar ferramentas de gravação e de edição de áudios. Por isso, avalie a pertinência de uma atividade de orientação e de esclarecimento de dúvidas quanto ao uso do *software* selecionado.
- Oriente os estudantes na criação de uma identidade sonora para o *podcast*, como a escolha de um nome, de uma trilha para a abertura e o encerramento dos episódios, produção de vinhetas para a apresentação dos temas, etc.
- A apresentação de uma versão prévia dos episódios gravados pelas equipes possibilitará promover a troca de experiências e o debate sobre as informações pesquisadas, suscitar novos questionamentos e esclarecer eventuais dúvidas.
- Essa apresentação também permitirá que as equipes façam críticas construtivas e sugestões, além de verificar algum possível erro de edição. Utilize esse momento de troca para orientar os estudantes a adequar o texto e as falas para o público-alvo, mobilizando, assim, a habilidade **EM13CNT302**.

CONCLUSÃO (PÁGINA 217)

- A conclusão do projeto trabalha a competência específica **CECNTEM3** e a habilidade **EM13CNT302**, visto que a publicação do *podcast* contemplará a comunicação e a divulgação dos conteúdos gerados para um público variado por meio de mídias e tecnologias digitais de informação. As competências gerais **CGEB4**, **CGEB5** e **CGEB8** também são promovidas, ao se propor a utilização de diferentes linguagens e tecnologias digitais de comunicação de maneira significativa para comunicar e disseminar informações, exercendo-se, assim, o protagonismo tanto na vida pessoal quanto coletiva, propiciando-se, também, o autoconhecimento para cuidar da saúde física e emocional.
- Sugira aos estudantes que divulguem o *podcast* em diversas redes sociais. Os episódios podem ser publicados e divulgados em plataformas de áudio *on-line* e, se viável, no *site* da própria escola.
- Visto que a culminância do projeto é o lançamento do *podcast*, proponha aos estudantes que preparem, se julgar viável, um evento de lançamento. Nesse caso, é necessário providenciar equipamentos para que os convidados possam ouvir os episódios, além de debater sobre os temas e esclarecer dúvidas diretamente com as equipes.
- O pós-evento é um momento de análise sobre o que deu certo e o que pode ser melhorado. Procure criar um bom ambiente para a troca de opiniões, enfatizando a relevância do produto final para as comunidades escolar e local. Além disso, é uma oportunidade para avaliar a participação dos estudantes no evento.

- Dependendo do engajamento dos estudantes neste projeto e da aceitação dos *podcasts*, a turma pode desenvolver uma série, abordando outros temas.

FONTES COMPLEMENTARES

- Almeida, C., Sayuri, L. Transgênicos: de gene e de louco todo mundo tem um pouco. *Sala V*, 22 ago. 2022. Disponível em: https://www.blogs.unicamp.br/salav/2022/08/22/transgenicos-de-gene-e-de-louco-todo-mundo-tem-um-pouco/. Acesso em: 23 set. 2024.

  O ambiente ***Sala V*** foi criado com o intuito de ajudar a compreender assuntos do cotidiano, desmascarando *fake news*. O artigo discute as vantagens, os riscos e o impactos envolvidos na produção e no consumo de alimentos transgênicos.

- Melito, L. Como o trigo transgênico pode impactar o pão de cada dia no Brasil. *O joio e o trigo*, [*s. l.*], 4 abr. 2023. Disponível em: https://ojoioeotrigo.com.br/2023/04/como-o-trigo-transgenico-pode-impactar-o-pao-de-cada-dia-no-brasil/. Acesso em: 23 set. 2024.

  O artigo discute os riscos e o impacto da entrada do trigo transgênico na produção nacional.

- Testes de ancestralidade são certeiros? [*S. l.*: *s. n.*], 26 jan. 2022. 1 vídeo (5 min 20 s). Publicado pelo canal Genoma USP. Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=bhLttCHkz24. Acesso em: 23 set. 2024.

  O Centro de Estudos do Genoma Humano e Células-Tronco (Genoma USP) produziu uma série de vídeos explicando a relação entre a ancestralidade e a genética humana.

- Zorzetto, R. A tesoura dos genes. Revista *Pesquisa Fapesp*, São Paulo, n. 288, fev. 2020. Disponível em: https://revistapesquisa.fapesp.br/a-tesoura-dos-genes/. Acesso em: 23 set. 2024.

  A matéria discute o uso da técnica Crispr-Cas9 no tratamento de doenças genéticas e o limite ético para seu uso em seres humanos.

ATIVIDADE COMPLEMENTAR

Atualmente, há inúmeros *podcasts* destinados a diferentes públicos e que abordam temas diversos. Aproveite este projeto para fazer um levantamento dos *podcasts* que os estudantes conhecem e que costumam acompanhar. Juntos, selecionem alguns exemplos e, com base neles, procurem identificar as temáticas abordadas, a periodicidade, o tempo de duração de cada episódio, a linguagem e outros elementos que poderão auxiliar os estudantes a pensar no projeto. Observem se, entre os *podcasts* mencionados, há algum(ns) destinado(s) a temas dedicados à ciência e à tecnologia. Além de ampliar o repertório dos estudantes e fornecer dados que podem auxiliar no desenvolvimento do projeto, essa atividade também lhe possibilitará conhecer melhor o universo de interesse da turma.

SUGESTÕES DE AVALIAÇÃO

- Após o lançamento do *podcast*, reúna a turma para uma avaliação coletiva. Além das perguntas propostas no próprio projeto, avalie o desenvolvimento das habilidades e das competências que foram mobilizadas durante essa produção. Verifique, ainda, se o conteúdo foi produzido com clareza, coesão e coerência, e se os objetos e conceitos foram empregados adequadamente.
- É importante que os estudantes disponibilizem um *e-mail* para receber o *feedback* do público-alvo. Os comentários, as críticas e os elogios devem ser lidos e respondidos. Trata-se de uma ferramenta útil não só para a avaliação de aspectos positivos e negativos do projeto, mas também para o aprimoramento de produções futuras.
- O momento de reunião pós-evento poderá também ser usado como atividade de autoavaliação. Peça a cada estudante que aponte os aspectos positivos e negativos do processo, o que gostaria de ter feito de forma diferente e o que julga relevante tanto para o desenvolvimento pessoal quanto para o desenvolvimento do *podcast*. Esse método de avaliação permitirá conhecer melhor os estudantes e aprimorar os projetos em grupo.

RESPOSTAS E COMENTÁRIOS

Avaliação

2. Resposta pessoal. Espera-se que o projeto tenha possibilitado aos estudantes a construção de um conhecimento significativo e útil para a vida.

5 O ESTUDO DOS SERES VIVOS

INTRODUÇÃO

Nesta unidade, os estudantes vão conhecer aspectos da forma e da função de estruturas de diversos grupos de seres vivos. Serão apresentadas noções de fisiologia relacionadas aos princípios físicos e químicos aplicados aos seres vivos e aos mecanismos de regulação da homeostase voltados à absorção de nutrientes e respiração, circulação e recepção de informações do ambiente.

No capítulo 1, são abordados aspectos da nutrição de células, tecidos e organismos animais e vegetais. Essenciais para o entendimento do processo de absorção de nutrientes, também são destacados os conceitos de osmose e pressão osmótica. O capítulo 2 trata dos processos metabólicos envolvidos nos sistemas circulatório e respiratório dos seres vivos. São estudadas as propriedades dos gases e suas misturas, assim como os processos de trocas gasosas em animais e vegetais e os diferentes tipos de sistema circulatório nos animais. Por fim, o capítulo 3 trata dos mecanismos neurais que permitem que os seres vivos recebam e interpretem informações acerca do ambiente e do próprio corpo. Apresenta-se, então, em sua estrutura e funcionamento, o sistema nervoso de animais vertebrados e invertebrados. Ainda neste capítulo, aborda-se o funcionamento de hormônios vegetais, ou fitormônios. A abordagem desses temas tem o objetivo de levar os estudantes a compreender as relações e trocas que os seres vivos estabelecem com o meio em que vivem e como as variações que nele ocorrem podem afetar o metabolismo dos organismos.

Os objetivos da unidade se articulam a este e outros contextos e ao desenvolvimento de competências e habilidades. Nesta unidade, são promovidas as competências gerais **CGEB1**, **CGEB2**, **CGEB4**, **CGEB5**, **CGEB7** e **CGEB8** e as habilidades **EM13CNT202**, **EM13CNT301**, **EM13CNT303**, **EM13CNT304**.

Sugestão de planejamento

Ao planejar as aulas e atividades desta unidade, sugere-se que os estudantes sejam encorajados a pensar criticamente acerca dos conceitos apresentados; para tanto, questione-os e promova debates dirigidos, de modo que se envolvam de maneira significativa no processo de aprendizagem. Este conteúdo propicia a interdisciplinaridade com os componentes curriculares de Química e Física, na compreensão dos processos que ocorrem em células, tecidos, órgãos e sistemas, permitindo a conexão entre diferentes campos do saber e rompendo as barreiras da abordagem reducionista, isolada e fragmentada do conhecimento.

MAPA DA UNIDADE

CAPÍTULO	OBJETIVOS	COMPETÊNCIAS	HABILIDADES	TEMAS CONTEMPORÂNEOS TRANSVERSAIS
1	• Identificar características estruturais e fisiológicas dos seres vivos relacionadas às funções de nutrição e excreção. • Evidenciar a importância da água e demais nutrientes para os seres vivos. • Conhecer processos envolvidos na troca de substâncias entre as células e o meio externo. • Conhecer diferentes tipos de solução e compreender como se dá o transporte de solvente por meio do fenômeno da osmose.	CGEB1 CGEB2 CGEB4 CGEB5 CGEB8 CECNTEM2 CECNTEM3	EM13CNT202 EM13CNT301	Saúde Educação ambiental
2	• Identificar características estruturais e fisiológicas dos seres vivos relacionadas à circulação e trocas gasosas. • Explicar processos envolvidos na troca de substâncias entre as células e o meio externo. • Identificar características dos gases e relacioná-las à sua importância para os seres vivos. • Refletir acerca dos impactos gerados pela emissão de poluentes na atmosfera decorrente de queimadas florestais.	CGEB1 CGEB2 CECNTEM2	EM13CNT202	
3	• Identificar características estruturais e fisiológicas dos seres vivos relacionadas à coordenação e à percepção do ambiente. • Conhecer os mecanismos de percepção visual. • Compreender a função auditiva como a capacidade de percepção de ondas mecânicas. • Refletir sobre a contribuição da biomimética no desenvolvimento sustentável da sociedade	CGEB1 CGEB2 CGEB4 CGEB7 CGEB8 CECNTEM2 CECNTEM3	EM13CNT202 EM13CNT301 EM13CNT303 EM13CNT304	Saúde
Fechamento da unidade	• Conhecer e compreender características peculiares do funcionamento do organismo de um beija-flor.	CGEB7	EM13CNT301 EM13CNT303	

ORIENTAÇÕES DIDÁTICAS

ABERTURA DA UNIDADE (PÁGINAS 218 E 219)

- Inicie a unidade propondo aos estudantes questões problematizadoras para aguçar a curiosidade e incentivá-los a expor os conhecimentos prévios que têm sobre o funcionamento dos organismos e as relações e trocas que estabelecem com o meio em que vivem, a fim de direcionar a abordagem do conteúdo.
- Este momento inicial pode também ser usado para relacionar os temas discutidos com questões socioambientais e de saúde; portanto, estimule os estudantes a elaborar hipóteses de como as variações ambientais podem afetar o metabolismo dos seres vivos.

RESPOSTAS E COMENTÁRIOS

Questões para refletir (página 218)

1. É esperado que alguns estudantes relacionem as membranas interdigitais dos anfíbios com ambientes aquáticos, para facilitar a natação, assim como a ponta dos dedos arredondada (com discos adesivos) para locomoção, pois permitem que alguns animais, como as pererecas, escalem superfícies. A pele dos anfíbios, rica em vasos sanguíneos e glândulas, além de fina e permeável, permite trocas gasosas (respiração cutânea), o que requer que esteja sempre úmida. A cor desses animais também pode ser relacionada ao ambiente em que vivem. Assim, os estudantes podem mencionar lugares úmidos, com presença de vegetação e corpos d'água, por exemplo. É importante ressaltar que, mesmo apresentando adaptações que favoreçam sua sobrevivência em um determinado tipo de ambiente, há espécies de anfíbios que apresentam adaptações diferentes, que permitem que vivam em outros ambientes.
2. Resposta pessoal. A palavra "anfíbios" (do grego *anphí*, "duplo", e *bios*, "vida") se refere a animais que passam uma parte do ciclo de vida em ambiente aquático e outra em ambiente terrestre, ou seja, eles dependem de umidade para viver e se reproduzir. Assim, é provável que os estudantes reconheçam que variações na quantidade de chuvas e nos períodos chuvosos podem afetar diretamente o ciclo de vida desses animais e que muitas dessas alterações podem ser decorrentes de mudanças climáticas ocasionadas pela elevação da temperatura média do planeta. Além disso, eles também podem mencionar que as mudanças de temperatura podem prejudicar o sistema imunológico dos anfíbios, favorecendo o surgimento de doenças, por exemplo.

CAPÍTULO 1 NUTRIÇÃO E EXCREÇÃO (PÁGINA 220)

Os seres se nutrem e excretam resíduos (página 220)

- O objetivo deste capítulo é fazer uma síntese das características dos seres vivos e dos nutrientes orgânicos e minerais necessários para o funcionamento dos organismos. Também são abordados os processos pelos quais os seres vivos adquirem, utilizam e eliminam os nutrientes.
- O objeto digital *Guia Alimentar para a População Brasileira* (p. 220) aborda a importância desse documento que completou 10 anos em 2024. Avalie trabalhar o áudio em conjunto com uma análise do Guia (disponível em: https://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/guia_alimentar_populacao_brasileira_2ed.pdf; acesso em: 22 out. 2024).

Nutrição (páginas 221 a 224)

- Neste tópico, aprofunda-se a discussão sobre os elementos que caracterizam os seres vivos, com a apresentação das bases químicas da vida. Muitos estudantes apresentam certas dificuldades em relação ao domínio dos conceitos básicos de Química, sobretudo àqueles que costumam ser abordados no fim do Ensino Fundamental. Portanto, sugere-se a interdisciplinaridade com o componente curricular de Química, para que seja traçada uma estratégia de abordagem conjunta dos temas da Biologia relacionados à Química.
- Nos tópicos "Digestão intracelular" (p. 222) e "Digestão extracelular" (p. 223), é desenvolvida a habilidade **EM13CNT202**.
- Peça aos estudantes que acessem a videomicroscopia indicada no boxe *Para explorar* (p. 222), que mostra o processo de fagocitose, trabalhando também a competência geral **CGEB5**.
- Mais do que expor a diversidade de órgãos e estruturas do sistema digestório, o capítulo permite que os estudantes elaborem hipóteses que expliquem a relação entre suas formas e funções com os hábitos alimentares e o ambiente de vida dos diferentes grupos taxonômicos vertebrados, desenvolvendo a competência geral **CGEB2**.
- Ao trabalhar o tópico "Adaptações do sistema digestório dos vertebrados" (p. 224), incentive os estudantes a discutir como a evolução moldou nossos hábitos alimentares, comparando a alimentação moderna com as práticas dos primeiros hominídeos, que eram caçadores-coletores. Essa discussão pode trabalhar a competência específica **CECNTEM2** e a competência geral **CGEB8**.

Ciência tem história – Experimentos sobre a digestão no início das ciências (páginas 225 e 226)

- A leitura do texto desta seção permite a compreensão da importância do questionamento dos paradigmas vigentes, da observação sistematizada e da replicação e do aperfeiçoamento de experimentos para o desenvolvimento do conhecimento científico.
- Com base nas questões propostas, estimule os estudantes a se valer dos conhecimentos obtidos na comparação entre a fisiologia do sistema digestório em diferentes vertebrados para discutir a validade de experimentos realizados com outras espécies para o entendimento da fisiologia humana.

Nutrição vegetal (página 227)

- Considere que os assuntos relativos à Botânica requerem uma abordagem que leve em conta as peculiaridades dessa área de conhecimento da Biologia. Questões como o desmatamento e a expansão das fronteiras agrícolas, a demarcação de terras indígenas, a obtenção de biofármacos e a biopirataria, as mudanças climáticas, alimentação saudável, agricultura familiar, entre outras, estão relacionadas, direta ou indiretamente, à presença plantas. Possibilitam, portanto, mobilizar os TCTs **Saúde** e **Educação ambiental**, numa perspectiva interdisciplinar. Além disso, tais questões são oportunas para trazer à tona discussões contemporâneas associadas à "pós-verdade", como o negacionismo climático, isto é, a recusa de aceitar evidências que demonstram a

realidade das mudanças climáticas e os impactos que essas alterações podem acarretar à agricultura, por exemplo.

- Em seu planejamento, procure considerar o desenvolvimento da competência geral **CGEB1** e da habilidade **EM13CNT202**. Temas trabalhados nesta unidade, como o uso de fertilizantes – abordado no boxe *Ação e cidadania* (p. 227) –, podem ser relevantes para essa discussão. Assim, a informação sobre a nutrição vegetal abre caminho para a discussão de um amplo rol de temas, como o emprego de fertilizantes.

A água e os seres vivos (páginas 228 e 229)

- Para abordar as propriedades da tensão superficial, força de coesão e capilaridade, assim como àquelas ligadas à temperatura e as propriedades como solvente, sugere-se a interdisciplinaridade com os componentes curriculares de Física e Química, envolvendo conceitos como pressão, força, densidade, entre outros, que não raramente são motivos de equívocos e dificuldades. O conceito de pressão, por exemplo, é muitas vezes entendido como força, em decorrência do uso dessa palavra no cotidiano. Assim, é importante fornecer, e também pedir aos estudantes, exemplos desses conceitos em contextos diversos.
- Ainda considerando a interdisciplinaridade com Física, sugere-se investigar a familiaridade dos estudantes com unidades de medida, especialmente as de volume e de pressão, a partir de um levantamento das unidades mais utilizadas no cotidiano. As conversões não precisam ser memorizadas. O importante é que percebam que as unidades de medida de uma grandeza podem ser muitas, dependendo de fatores diversos, seja de sua adequação ao que se mede, seja por motivos históricos ou culturais.

Osmose e pressão osmótica (página 230)

- Inicie a discussão sobre esse tópico fazendo algumas perguntas aos estudantes, envolvendo situações do cotidiano: Por que uma salada temperada murcha após algum tempo? Por que a carne-seca e os peixes salgados, como a sardinha e o bacalhau, podem ser conservados fora da geladeira, e as carnes e peixes frescos não? Por que as frutas cristalizadas duram mais do que as frutas frescas? A discussão sobre essas perguntas tem caráter interdisciplinar por permitir que se estabeleça uma conexão entre Química e Biologia. Verifique o nível de compreensão da turma a respeito da estrutura e função da membrana celular, visto que esse conhecimento é necessário para a compreensão do conceito de membrana semipermeável.
- Ao trabalhar com a osmose em células vegetais, recapitule uma das principais diferenças entre as células animais e as vegetais: a presença da parede celular. Assim, os estudantes compreenderão o motivo pelo qual a célula vegetal mantém sua integridade em solução hipotônica, sem que haja lise, como ocorre nas células animais.

Práticas de Ciências – Osmose nas células vegetais (página 231)

- O experimento apresentado na seção pode anteceder a explanação sobre osmose, a fim de motivar os estudantes e desenvolver suas habilidades investigativas. Durante o período de 30 minutos em que os pedaços do legume permanecerem imersos no líquido, questione-os a respeito do uso da osmose na conservação de alimentos.
- É preciso certificar-se da segurança do local em que a atividade será realizada e fazer uso dos equipamentos de segurança citados no Livro do Estudante. Ademais, é essencial alertar os estudantes sobre os cuidados durante o manuseio da faca, a fim de reduzir os riscos de acidentes e ferimentos.
- A atividade favorece o desenvolvimento da habilidade **EM13CNT301** e a competência geral **CGEB4** (utilizar diferentes linguagens para partilhar informações).

Osmorregulação e excreção (páginas 232 a 234)

- Solicite aos estudantes que deem exemplos de animais que podem ser classificados como osmorreguladores. Com base nesses exemplos, peça-lhes que elaborem hipóteses a respeito das vantagens adaptativas dos animais que são capazes de manter o potencial osmótico interno muito diferente do potencial osmótico do meio em que vivem, desenvolvendo a competência geral **CGEB2**.
- Conduza-os na relação com o conceito de homeostase. Uma das estratégias para a manutenção da homeostase – ou a estabilidade da composição dos fluidos internos, neste caso – é a presença de condições que mantenham a pressão osmótica dos líquidos corpóreos em níveis ótimos para o funcionamento celular, independentemente da variação da pressão osmótica do meio externo.
- Proponha uma pesquisa sobre a conquista do meio terrestre pelos Tetrapoda, a fim de relacionar esse evento a uma série de adaptações à potencial perda de água por evaporação. Promovendo a habilidade **EM13CNT202**, articule um debate com os estudantes acerca da importância das adaptações fisiológicas associadas ao sistema excretor para a transição do ambiente aquático para o terrestre, dando como exemplo o aumento da capacidade de reabsorção da água, a produção de urina hipertônica, a produção de substâncias menos tóxicas e de baixa solubilidade em água (ureia ou ácido úrico), a capacidade de ingerir grandes quantidades de água, a excreção de sais através de estruturas especializadas, etc.
- No tópico "Sistemas excretores" (p. 233), proponha uma análise comparativa dos sistemas excretores de diferentes grupos de invertebrados (como os platelmintos, os anelídeos, os artrópodes, entre outros) e vertebrados. Para essa análise, elabore uma tabela contendo as estruturas presentes em cada grupo (protonefrídios, metanefrídios, túbulos de Malpighi, rins) e os catabólitos produzidos (ureia, ácido úrico, amônia). Com base nessa tabela, peça aos estudantes que façam uma breve descrição do funcionamento de cada estrutura e de sua importância para a fisiologia do grupo animal em questão.
- Tendo em vista o desenvolvimento das competências gerais **CGEB1** e **CGEB8** e da competência específica **CECNTEM3**, auxilie os estudantes a interpretar as informações que podem ser obtidas em um exame de urina. Em seguida, proponha uma pesquisa que permita responder à pergunta: Quais alterações na composição da urina podem significar problemas de saúde? Por quê?
- Disponibilize, se for viável, um resultado de exame de urina (mesmo que fictício) para a análise e interpretação. Demonstre que diversas informações sobre o funcionamento do organismo podem ser obtidas quando observadas algumas características da urina, como cor, transparência, quantidade de substâncias sólidas, quantidade e concentração de substâncias dissolvidas, pH, entre outras. Direcione uma discussão para a importância de realizar exames clínicos periódicos e de saber analisar e interpretar os resultados de exames, mobilizando o TCT **Saúde**.

Plantas e o transporte da seiva mineral (páginas 235 e 236)

- Embora sejam intuitivas, as analogias que comparam a fisiologia vegetal com o funcionamento de organismos heterotróficos podem induzir a erros conceituais. Desconstrua esses possíveis equívocos, esclarecendo conceitos como nutrição, alimento, energia, respiração, entre outros, dentro do contexto da fisiologia das plantas. Mais do que a adaptação conceitual que se espera dos estudantes, atente para as relações funcionais entre as estruturas envolvidas na nutrição vegetal, em uma abordagem integrada do organismo e deste com o ecossistema.
- O texto "As árvores e o canudinho", de Fernando Reinach, disponível em https://www.estadao.com.br/brasil/as-arvores-e-o-canudinho-imp-/ (acesso em: 12 set. 2024), faz uma analogia bastante interessante acerca do transporte de águas e nutrientes pelo xilema.

ATIVIDADE COMPLEMENTAR

Visita a centros de ciência – Conhecendo o trabalho de pesquisa

Uma possibilidade de atividade extraclasse interessante é levar os estudantes a algum centro de pesquisa científica onde eles possam conhecer alguma área de atuação do biólogo e aspectos relacionados à atividade científica. No Brasil, tradicionalmente, a maior parte da pesquisa científica é realizada nas universidades públicas. Mas há também instituições privadas, museus de ciências e centros de pesquisa estatais.

Pesquise previamente se no município onde vive há alguma instituição de pesquisa relacionada à Biologia e que tipo de atividades realiza. Entre em contato com a instituição para verificar a possibilidade de agendar uma visita dos estudantes. Caso não haja uma instituição desse tipo no município, avalie a possibilidade de realizar a atividade em algum município próximo. Considerando o estímulo que esse tipo de atividade comumente gera nos estudantes, pode valer a pena o empenho em organizar a viagem e gastar algumas horas de locomoção no trajeto de ida e volta. Certificando-se da viabilidade da visita, o segundo passo é planejar a atividade para que o objetivo didático seja alcançado.

Deve-se ter em mente que essa atividade pode ser encarada como uma atividade de campo. Você pode definir, por exemplo, um roteiro de perguntas aos profissionais, um roteiro de análise do espaço, etc. O importante é definir o objetivo pedagógico da atividade e discuti-lo previamente com os estudantes. O texto "Visitando museus de ciências", sugerido na seção *Texto complementar* deste capítulo, apresenta um roteiro para visita a museus que pode ser adaptado para a aplicação dessa atividade.

TEXTO COMPLEMENTAR

Visitando museus de ciências

a) Preparando a visita ao museu: Esta etapa tem por finalidade conhecer o espaço do museu que será visitado. Para isso, o organizador da atividade poderá obter informações via telefone e/ou *site*, mas, e principalmente, visitando o museu antes de o fazer com a turma. Muitas dessas instituições oferecem cursos para professores, monitores etc., a fim de divulgar as atividades oferecidas. Com base nessas informações, o professor deverá planejar uma atividade motivadora preparando os alunos para a visita. Como sugestão, propomos a realização de investigação dos alunos, na internet, no *site* do museu a ser visitado e/ou em outros *sites*, a partir de roteiro elaborado pelo professor, o qual lhes possibilite explorar e selecionar aspectos que gostariam de ver durante a visita. Além disso, dependendo do tipo [e do] tema do museu a ser visitado, sugere-se a prática de atividades lúdicas para estimular a ida ao museu.

[...]

b) Visitando o museu: Os alunos devem ser orientados em vários aspectos durante a visita, desde segurança e uso do banheiro, até as atitudes a serem tomadas. Muitos dos museus e centros de ciências possuem exposições interativas, em que o lema é tocar, mexer, experimentar; em outros, no entanto, atitudes de contemplação e observação são estimuladas. Divulgar essas informações é essencial para o bom aproveitamento do trabalho. É aconselhável planejar uma parte da visita mais "formal", que poderá ser monitorada por um mediador do museu ou pelo próprio professor, durante a qual questões-chave poderão ser propostas aos alunos para serem resolvidas a partir da visita ao acervo exposto. [...]

c) Retornando à escola: Após a visita é importante que o trabalho realizado não se perca. Assim, deve-se planejar atividades que possam avaliar o impacto do trabalho nos alunos, nos aspectos afetivos e cognitivos. É essencial que essa proposta de avaliação seja coerente com a atividade realizada e não é aconselhável cobrar dos alunos a memorização dos elementos da exposição. Pelo contrário, propor atividades lúdicas como forma de avaliação torna essa etapa estimulante e é possível, assim, perceber tanto os aspectos ligados a conceitos, como aqueles relacionados ao impacto afetivo dessa atividade não formal. [...]

Krasilchik, M.; Marandino, M. *Ensino de Ciências e cidadania*. 2. ed. São Paulo: Moderna, 2007. p. 69.

FONTES COMPLEMENTARES

- Tost, S. P. Antidepressivos na geladeira? Ciência estuda como dieta afeta a saúde mental. *El País*, 28 maio 2019. Disponível em: https://brasil.elpais.com/brasil/2019/05/27/ciencia/1558955754_406033.html. Acesso em: 11 set. 2024.

  Nessa reportagem, cientistas buscam relacionar a dieta à depressão, trazendo luz a descobertas promissoras.

- Vieira, H. J.; Figueiredo-Filho, L. C. S.; Fatibello-Filho, O. Um experimento simples e de baixo custo para compreender a osmose. *Química Nova na Escola*, n. 26, p. 40-43, nov. 2007. Disponível em: http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc26/v26a11.pdf. Acesso em: 11 set. 2024.

  O artigo traz informações sobre o uso de aparelhos dessalinizadores portáteis para a obtenção de água potável em regiões atingidas por desastres naturais.

SUGESTÕES DE AVALIAÇÃO

- Ao selecionar a estratégia de avaliação, considere o fato de que a aplicação apenas de instrumentos pontuais pode aferir de modo pouco satisfatório a aprendizagem real. A avaliação pode ser mais eficiente se praticada como um processo no qual vários atributos e comportamentos são analisados, ao longo de um período de tempo mais extenso.
- Avalie não somente a compreensão dos estudantes acerca da informação técnica e científica a respeito da nutrição e excreção dos organismos, mas também a capacidade de eles

comunicarem essa informação para um público diverso. Esse ponto pode ser avaliado por meio de seminários em sala de aula ou rodas de conversa.

- Os processos de osmose e osmorregulação podem ser de difícil assimilação, dada a abstração dos temas. A utilização de vídeos e animações gráficas, seguida de elaboração de resumos ou esquemas feitos pelos estudantes, pode ser um mecanismo de avaliação útil e alternativo à prova tradicional.

RESPOSTAS E COMENTÁRIOS

Para começar (página 220)

1. Resposta variável. Os estudantes podem reconhecer que uma célula obtém do meio nutrientes, tais como moléculas orgânicas, sais minerais, água e gases (gás oxigênio, por exemplo), assim como elimina produtos do próprio metabolismo (água, gases e catabólitos, em geral). Além disso, ela sofre influência de fatores como temperatura, umidade, luminosidade, entre outros.
2. Não, pois somente as misturas homogêneas são consideradas soluções. O citoplasma é o conjunto formado pelo citosol e pelas estruturas nele contidas, constituindo-se em uma mistura heterogênea. Entre as substâncias presentes no citosol, encontram-se algumas de tamanho relativamente pequeno, como íons diversos e moléculas de açúcares simples e aminoácidos, que se comportam como solutos, dissolvendo-se na água presente no citosol. Outras substâncias, como as proteínas, que são moléculas relativamente grandes, permanecem dispersas sem se dissolver na água do meio intracelular. Informe aos estudantes que a essa mistura de um dispersante (a água) com conjunto de partículas dispersas (no caso, as macromoléculas insolúveis) dá-se o nome de coloide.
3. Resposta pessoal e variável. Metabolismo é o conjunto de todas as transformações químicas que ocorrem em um organismo ou em suas células. Observe se os estudantes reconhecem a etapa construtiva do metabolismo, conhecida por anabolismo, na qual os nutrientes são assimilados e utilizados na síntese de novas substâncias indispensáveis ao crescimento, à manutenção e à regeneração do organismo; e a etapa destrutiva, ou catabolismo, que implica na quebra ou no desdobramento de moléculas, com liberação de energia e eliminação de substâncias de excreção.

Ciência tem história – Experimentos sobre a digestão no início das ciências (páginas 225 e 226)

1. Eles repetiam várias vezes o mesmo experimento para obter um resultado confiável, ou seja, para se certificarem de que o que foi observado seria novamente alcançado. As repetições dos experimentos também representavam tentativas de refiná-los, de isolar certas variáveis, de aperfeiçoar o método, etc. Diferentes organismos foram testados a fim de verificar se os resultados obtidos com um determinado organismo podiam ser generalizados, ou seja, se podiam ser considerados válidos para outros organismos.
2. Resposta pessoal e variável. Argumentos favoráveis: o uso de animais permite ter mais segurança para desenvolver medicamentos e tratamentos em seres humanos e, também, observar efeitos em sistemas que não são completamente conhecidos. Argumentos desfavoráveis: os animais têm fisiologia distinta do ser humano; os testes podem causar sofrimento aos animais; é possível estudar os seres vivos com uso de outros recursos, como simulações computacionais, *softwares* educacionais, filmes, etc. Outros argumentos são possíveis e esperados.

Práticas de Ciências – Osmose nas células vegetais (página 231)

1. Resposta pessoal. Espera-se que os estudantes tenham observado que o legume murcha, e isso pode ser explicado pelo deslocamento da água do interior das células (solução hipotônica) para a solução de água e sal (solução hipertônica). Isso ocorre devido à diferença de concentração do sal existente entre o meio externo e o meio interno das células, pois a membrana das células é semipermeável, ou seja, permite a movimentação de água (solvente) entre os meios intra e extracelular.
2. Não. A plasmólise pode ser revertida se as células forem imersas em um meio hipotônico. Nesse caso, as células passam a absorver água por osmose, voltando ao estado normal. Porém, se a diferença de concentração persistir, a célula continua absorvendo água até ficar túrgida (inchada). Informe aos estudantes que a presença da parede celular impede que a célula continue inchando, evitando o rompimento da membrana plasmática.

Atividades (páginas 237 e 238)

2. **a)** A planta é um ser autótrofo, isto é, sintetiza os compostos orgânicos necessários por meio de água, nutrientes minerais e dióxido de carbono.
3. É possível identificar que o intestino dos herbívoros é mais longo que o dos carnívoros. As plantas, alimento dos herbívoros, são menos nutritivas e apresentam uma digestão mais difícil do que os alimentos de origem animal, por isso devem permanecer mais tempo no tubo digestório. Além disso, o ceco nos herbívoros é muito maior. Isso ocorre porque essa estrutura exerce importantes funções de armazenamento e de fermentação do alimento antes de este ser encaminhado ao intestino grosso. É como uma bolsa, em que microrganismos intestinais decompõem as membranas das paredes celulares das celuloses vegetais para liberar seus nutrientes.
4. O tempo de cozimento de um alimento depende da temperatura com a qual ele é preparado. Assim, ao nível do mar, a temperatura de ebulição da água é 100 °C. Se for adicionado sal à água, ela entrará em ebulição a uma temperatura acima de 100 °C, diminuindo o tempo de cozimento do alimento. Quanto mais concentrada for a solução, maior será o aumento da temperatura de ebulição da água. Esse fenômeno é explicado pela interação entre as partículas do soluto e do solvente, que resulta em maior dificuldade para vencer tais interações (requer maior energia para que as moléculas do solvente escapem do líquido).
5. A solubilidade da grande maioria dos gases em líquidos diminui com o aumento da temperatura. Assim, o aumento da temperatura nos oceanos reduz o teor de oxigênio dissolvido na água. A consequência disso é o prejuízo para a vida aquática, que precisa do oxigênio para sua manutenção.
6. Não, não está correto, pois a osmose é a passagem de solvente, por uma membrana semipermeável, do meio menos concentrado para o mais concentrado.
7. Se a concentração do soro for diferente da concentração nos fluidos sanguíneos, ocorrerá o processo de osmose nas células, ou seja, haverá a passagem de solvente do meio mais diluído para o mais concentrado, o que poderá levar o paciente à morte.
8. O peixe ósseo marinho deve ter um rim com pequena superfície de contato, pois ele urina pouco e compensa a perda de água, por osmose, nas brânquias. Já o peixe ósseo de água doce depende de um rim com grande superfície de absorção,

uma vez que ele está em um ambiente hiposmótico e, assim, absorve muita água pelas brânquias. Uma das formas de promover a osmorregulação é formar urina abundante.

12. A solução de anilina vermelha foi absorvida pela base da haste e transportada pelo xilema até as folhas e flores, tornando as flores vermelhas. Esse transporte pode ser explicado pelos mecanismos da teoria da pressão positiva da raiz e da teoria da coesão-tensão-transpiração. A transpiração é fundamental nesse processo, pois é ela que propicia a absorção e a condução da seiva bruta até as folhas e flores. Apesar de a planta não ter raízes, a seiva sobe diretamente pelo xilema.

13.a) Porque nosso organismo não consegue excretar o excesso de sais ingeridos com a água do mar. Com isso, o meio externo das células fica com concentração maior de sais do que o meio interno, ocorrendo perda de água pelas células (osmose), a qual, em excesso, acelera o processo de desidratação do indivíduo. Se o consumo de água do mar for prolongado, pode causar a morte.

b) Resposta pessoal. Diversas são as causas para a diminuição do volume de água do mar Morto ao longo dos anos. Podem ser citadas: o desvio de parte das águas do rio Jordão, que alimenta o mar Morto, para a agricultura local; o consumo humano; a exploração de sais minerais; a geração de energia (hidrelétrica); a extração de potássio; o aumento da temperatura local; a diminuição das chuvas; o fato de vários pontos do mar Morto estarem abaixo do nível do mar; etc.

CAPÍTULO 2 CIRCULAÇÃO E TROCAS GASOSAS (PÁGINA 239)

Os gases e os seres vivos (página 239)

- O estudo dos gases foi fundamental para permitir que muitos cientistas obtivessem dados para interpretar os fenômenos de transformação química. Neste capítulo, aborda-se a importância dos gases da atmosfera para o funcionamento dos organismos, desenvolvendo a competência geral **CGEB1**.
- A habilidade **EM13CNT202** será trabalhada em diversos momentos, visto que os estudantes serão solicitados a observar e analisar formas de manifestação da vida em seus diferentes níveis de organização, assim como sua relação com os componentes abióticos essenciais para seu funcionamento.

Composição da atmosfera (página 240)

- Os gases que compõem a atmosfera estão diretamente ligados a diversos fenômenos, muitos deles envolvidos nas atuais mudanças climáticas decorrentes do desequilíbrio na concentração desses gases. Apesar de haver confusão entre o significado dos fenômenos, é importante que os estudantes compreendam a diferença entre o efeito estufa (fenômeno natural e responsável pela manutenção da vida na Terra) e o aquecimento global – este último causado pelo aumento da concentração de CO_2 e de outros gases na atmosfera.
- Outro contribuinte natural para a vida na Terra é o ozônio estratosférico. Sem ele, não são filtrados os raios ultravioleta, raios solares de alta energia. Mais uma vez a distinção se faz importante: enquanto na estratosfera o ozônio nos é benéfico, na troposfera é uma substância tóxica.

Biologia e Química – Os riscos à saúde associados às queimadas florestais (página 241)

- A quantidade de substâncias poluentes no ar determina o nível de poluição atmosférica. Devido à grande diversidade dessas substâncias, classificá-las torna-se uma tarefa complexa. Sendo assim, os poluentes foram divididos em duas categorias: primários, aqueles emitidos diretamente pelas fontes de emissão, e secundários, aqueles formados na atmosfera por meio da reação química entre poluentes primários e componentes naturais da atmosfera.
- Sugere-se iniciar a abordagem deste boxe levantando conhecimentos prévios dos estudantes. Evidencie que a qualidade do ar é determinada pela interação entre as fontes de poluição e a atmosfera e que isso influencia no surgimento de efeitos adversos da poluição sobre os seres vivos.

Trocas gasosas em animais (páginas 242 e 243)

- As trocas gasosas podem ser mais eficientes no meio aéreo do que no meio aquático, visto que há mais O_2 em um determinado volume de ar do que no mesmo volume de água. Esse fato confere uma vantagem adaptativa aos animais que adotaram a vida terrestre. No entanto, as superfícies respiratórias dos animais devem estar constantemente úmidas, já que o O_2 e o CO_2 só atravessam a membrana dessas superfícies se estiverem dissolvidos em líquido, o que pode gerar um custo energético extra para o organismo. Esse é um bom exemplo para o termo *trade-off*, que pode ser traduzido como "demanda conflitante". O termo se refere ao conflito evolutivo entre estratégias adaptativas, no qual uma espécie será bem-sucedida evolutivamente de acordo com um balanço entre as vantagens e desvantagens dessas estratégias. Contudo, não se pode cometer o erro de dar um aspecto de intencionalidade para o processo evolutivo.

SUGESTÃO DE AULA

- Ao explicar o processo de difusão, responsável pelas trocas gasosas nos animais, retome conceitos relacionados ao estudo dos gases, em conjunto com os(as) professores(as) de Química e de Física.
- Ao iniciar o trabalho faça um levantamento de conhecimentos prévios dos estudantes sobre o processo de difusão dos gases, pois é a partir desse conceito que eles poderão compreender com mais clareza como as trocas gasosas evoluíram nos animais.
- Apresente as diferentes estratégias de trocas gasosas, sempre priorizando os aspectos evolutivo e interdisciplinar; dessa forma promove-se o desenvolvimento da competência específica **CECNTEM2**.

Circulação nos animais (páginas 244 a 246)

- O sistema circulatório é um ótimo exemplo para desconstruir uma possível visão compartimentalizada do funcionamento de um organismo, na qual as partes e os sistemas não estariam plenamente integrados e funcionando de forma interdependente. Basta pensar, por exemplo, no papel que os vasos, os capilares, o sangue e o coração têm no transporte de nutrientes pelo corpo e, portanto, na consecução do processo digestório. É pelo sangue e, portanto, graças ao

sistema circulatório, que os nutrientes resultantes da digestão podem chegar a todas as células do organismo, mesmo àquelas mais distantes.

- Comente que a circulação garante a distribuição do gás oxigênio e o transporte e a eliminação do gás carbônico, relacionando-se diretamente com o sistema respiratório; propicia o transporte de resíduos metabólicos, relacionando-se com o sistema excretor; e garante a distribuição dos hormônios, produzidos pelo sistema endócrino, os quais regulam ou modificam o funcionamento de todos os órgãos, incluindo os do sistema nervoso. Além disso, o sistema circulatório tem íntima relação com os vasos e os órgãos linfáticos, os quais participam do sistema imunológico do corpo.
- Apresentada aos estudantes, essa visão mais abrangente pode desmistificar a ideia de que cada sistema corporal é responsável exclusivamente por uma ou algumas tarefas. Esclareça que a divisão e o estudo dos organismos por sistemas é apenas um recurso didático para facilitar a aprendizagem.

Trocas gasosas e transpiração em plantas (páginas 247 e 248)

- Neste tópico, um dos principais objetivos é levar os estudantes a reconhecer as principais adaptações das plantas aos ambientes em que elas vivem, evidenciando características estruturais e fisiológicas de determinados órgãos, como raízes, caule e folhas.
- Uma explicação para a ascensão da seiva bruta ao longo dos vasos é a teoria de Dixon, que se baseia na ideia de que as folhas exercem uma força de sucção que garante o fluxo ascendente de uma coluna de água conforme ocorre a transpiração.

Práticas de Ciências – Construção de modelo de fluxo por pressão no floema (página 249)

- O experimento proposto no Livro do Estudante para ilustrar o modelo de Münch, embora adote um desenho experimental simples, requer um tempo de observação que pode ser considerado extenso. Oriente os estudantes a observar e a fazer anotações em intervalos predefinidos (a cada quinze minutos), desenvolvendo, assim, a competência geral **CGEB2**.

FONTES COMPLEMENTARES

- Educação Pública. Rio de Janeiro: Fundação Centro de Ciências e Educação Superior a Distância do Estado do Rio de Janeiro (Cecierj), [2001-]. Disponível em: https://educacaopublica.cecierj.edu.br/. Acesso em: 11 set. 2024.

  A revista *Educação Pública* aborda temas diversos do ensino de Ciências da Natureza.

- Gomes, T. H. S. S; Lage, D. A. Modelos didáticos como facilitadores do processo de ensino-aprendizagem do sistema cardiovascular dos vertebrados. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, v. 21, n. 3, p. 442-465, 2022. Disponível em: http://reec.uvigo.es/volumenes/volumen21/REEC_21_3_2_ex1795_529.pdf. Acesso em: 15 out. 2024.

  Esse artigo apresenta os resultados da utilização de modelos na aprendizagem de conteúdos referentes ao sistema circulatório de vertebrados.

- Rodrigues, M. "A ciência é da humanidade e para a humanidade". SBPC – *Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência*, São Paulo, 22 maio 2018. Disponível em: http://portal.sbpcnet.org.br/noticias/a-ciencia-e-da-humanidade-e-para-a-humanidade/. Acesso em: 11 set. 2024.

  Essa reportagem apresenta o ponto de vista da pesquisadora Ângela Soligo, defendendo que os cientistas devem praticar uma ciência comprometida com a humanidade, com a sociedade e com as pessoas.

SUGESTÕES DE AVALIAÇÃO

- O capítulo se alterna entre aspectos da fisiologia animal e vegetal, tendo em comum alguns pontos, como os aspectos físicos e químicos que permeiam os fenômenos das trocas gasosas e da circulação de líquidos e fluidos por vasos.
- Como estratégia de avaliação do tema sistema circulatório, considere utilizar a proposta do artigo "Modelos didáticos como facilitadores do processo de ensino-aprendizagem do sistema cardiovascular dos vertebrados", sugerido nas *Fontes complementares*, nesta página do Manual do Professor.
- Portanto, durante algumas aulas, considere dividir a turma em grupos para observar e avaliar, por exemplo, se os estudantes estão aptos a discutir, de forma consistente, sobre o funcionamento dos seres vivos, elaborando argumentos coerentes que relacionem seu passado evolutivo com características atuais.

RESPOSTAS E COMENTÁRIOS

Atividades (página 250)

2. a) Sistema circulatório aberto: o sangue que circula pelo corpo do animal nem sempre está contido em vasos, mas flui por cavidades corporais. Sistema circulatório fechado: o sangue circula por um sistema de vasos.

b) Sistema circulatório aberto: insetos e algumas espécies de moluscos. Sistema circulatório fechado: cefalópodes (polvos e lulas) e vertebrados (mamíferos, répteis, etc.).

4. a) As curvas de dissociação mostram que o aumento na pressão parcial de gás oxigênio é acompanhado do crescimento do percentual de saturação da hemoglobina, formando a oxiemoglobina. Em concentrações elevadas de O_2, essas moléculas ocupam todos os sítios de ligação das moléculas de hemoglobina, que, assim, são ditas saturadas. No gráfico, observa-se essa situação na extremidade direita das curvas, que mostra a estabilização da quantidade de oxiemoglobina mesmo em concentrações crescentes de oxigênio.

b) Na espécie **1**, o gráfico mostra que a saturação da hemoglobina, com transformação de 100% das moléculas em oxiemoglobina, acontece com menor pressão parcial de O_2. Isso indica que suas moléculas de hemoglobina têm maior afinidade pelo gás oxigênio e são capazes de captá-lo eficientemente em locais onde é escasso, como em regiões de maior altitude.

A saturação da hemoglobina da espécie **2** ocorre apenas com pressão parcial de O_2 mais elevada, mostrando menor afinidade por ele, o que indica adaptação a locais de altitudes mais baixas, nos quais são maiores a pressão atmosférica e a concentração de O_2.

7. a) Estômatos são aberturas na epiderme vegetal que abrem e fecham dependendo das condições da planta e do

ambiente. É nos estômatos que acontecem as trocas gasosas e a perda de vapor de água.

b) A perda de água pela transpiração cria uma tensão nos vasos condutores da planta, o que promove a entrada de água nas raízes. Dessa forma, a seiva mineral, ou seja, aquela composta de água e sais minerais, circula na planta no sentido das raízes até as folhas, onde geralmente ocorre a transpiração.

c) As substâncias orgânicas sintetizadas nas folhas durante a fotossíntese entram nos vasos condutores do floema por transporte ativo. Isso provoca um aumento na concentração de solutos presentes no floema, levando a água existente no xilema a passar, por osmose, para dentro do floema.

CAPÍTULO 3 COORDENAÇÃO E PERCEPÇÃO DO AMBIENTE (PÁGINA 251)

Introdução aos sistemas sensoriais (página 251)

- O sistema nervoso funciona como uma rede de comunicação nos animais. É por essa rede que esses organismos recebem e interpretam os estímulos do ambiente e também respondem a eles. O sistema nervoso dos animais é responsável pela propriocepção, isto é, a capacidade em reconhecer a posição, orientação e localização espacial do próprio corpo, bem como a força exercida pelos músculos e a posição de cada parte do corpo em relação às demais. Mais ainda: o sistema nervoso é responsável pela comunicação e expressão de estados motivacionais, como fome, sede, medo, entre muitos outros. A abordagem do sistema nervoso e dos órgãos dos sentidos está relacionada, portanto, a inúmeras questões que podem ser de interesse ou curiosidade dos estudantes e servir, assim, como contexto para o desenvolvimento das competências gerais **CGEB1** e **CGEB2**, das competências específicas **CECNTEM2** e **CECNTEM3** e das habilidades **EM13CNT202**, **EM13CNT301**, **EM13CNT303** e **EM13CNT304**.
- Neste capítulo, definem-se como objetivos de aprendizagem: adquirir conhecimentos sobre a fisiologia dos órgãos dos sentidos; conhecer e identificar os distúrbios orgânicos e os cuidados necessários para a preservação da própria saúde, mobilizando o TCT **Saúde**.

Células nervosas e condução de estímulos (páginas 252 e 253)

- As células nervosas, bem como a condução de estímulos através delas, estão envolvidas em todas as nossas atividades. Compreender o caminho percorrido pelos impulsos nervosos e o papel dos neurotransmissores na transmissão da informação entre neurônios é fundamental para consolidar outros conhecimentos introduzidos ao longo do capítulo.
- O objeto digital *Células da glia* (p. 252) é propício para demonstrar aos estudantes os diferentes tipos de células nervosas e discutir sobre a participação delas no sistema nervoso.
- O boxe *Ciência se discute* (p. 253) trata da eletroconvulsoterapia, que, como tratamento de distúrbios mentais, tem uma história repleta de tragédias e maus usos. São inúmeros os relatos a respeito desse tratamento em situações de caráter punitivo, nas quais o paciente não tinha sequer nenhum distúrbio mental comprovado. Ao trabalhar esse conteúdo, é possível desenvolver a competência geral **CGEB7** e a habilidade **EM13CNT304**.
- A abordagem deste tema se relaciona a inúmeras questões que podem ser de interesse ou curiosidade dos estudantes, servindo como contexto para a aprendizagem do conteúdo trabalhado neste capítulo. Considerando que a origem do impulso nervoso que se propaga através do neurônio é elétrica e que a transmissão desses impulsos é um fenômeno químico, a relação com os componentes curriculares de Física e Química enriquece o aprendizado de forma interdisciplinar.
- Leituras e atividades adicionais podem ser aplicadas e debatidas em roda de conversa, visando reforçar os conceitos apresentados. Para introduzir o lúdico à turma, estimulando a cognição e a socialização, o artigo "Jogue à vontade. O seu cérebro agradece", de Danielle Kiffer, disponível em https://siteantigo.faperj.br/downloads/revista/Rio_Pesquisa_41/inovacao_tecnologica.phtml (acesso em: 12 set. 2024), reforça a importância do exercício cerebral, para além do corporal.

Sistema nervoso (páginas 254 e 255)

- Ao desenvolver o tópico "Sistema nervoso dos invertebrados" (p. 254), ressalte que, até mesmo nas formas de vida mais simples, os seres vivos dotados de sistema nervoso utilizam-no para propiciar a adaptação ao meio ambiente. Um ser unicelular, como uma ameba, por exemplo, ao ser estimulado por toque, recebe e processa essa informação e responde a ela afastando-se. Nesses seres vivos, o sistema neural corresponde às próprias estruturas de sua superfície. Em seres vivos mais complexos, a atividade nervosa tornou-se mais intricada, com o surgimento de células especializadas para cada função. A análise comparativa do funcionamento dos sistemas nervosos nos diferentes grupos animais pode elucidar o processo de evolução desses sistemas, além de configurar um momento oportuno para o desenvolvimento da habilidade **EM13CNT202**.

Ciência, tecnologia, sociedade e ambiente – O que é biomimética? (página 256)

- O objetivo desta seção é levar os estudantes ao conhecimento do campo da ciência chamado biomimética ("bio" se refere à vida; "mimética" se refere à mimetismo, ou seja, à capacidade de imitar), que busca a inspiração em estratégias e soluções da natureza para a resolução de problemas reais em diferentes setores e com baixo impacto ambiental. Explique que a biomimética visa mudar o olhar dos pesquisadores para que não vejam a biodiversidade da natureza apenas como fonte de matéria-prima, mas também como oportunidade de aprender sobre as estratégias e soluções utilizadas pela natureza, a fim de manter e regenerar a vida no planeta.
- Incentive os estudantes a refletir sobre como o uso das propriedades da natureza poderia ajudar a solucionar problemas da sociedade de forma inovadora, seja pelo aprimoramento de tecnologias já existentes, seja pelo desenvolvimento de outras novas.
- Se considerar adequado, proponha a leitura dos textos "Produtos inspirados pela natureza dobram todos os anos", da revista *Pesquisa Fapesp*, disponível em: https://revistapesquisa.fapesp.br/produtos-inspirados-pela-natureza-dobram-todos-os-anos/ (acesso em: 13 set. 2024), e "5 tecnologias inspiradas pela natureza", do *Tecmundo*, disponível em: https://www.tecmundo.com.br/ciencia/12821-5-tecnologias-inspiradas-pela-natureza.htm (acesso em: 13 set. 2024), com posterior discussão em roda de conversa para o levantamento de

informações acerca das estratégias de sobrevivência utilizadas pelos seres vivos.

Mecanismos e receptores sensoriais (páginas 257 e 258)

- Em relação aos órgãos dos sentidos, nesta seção são detalhados quais são os receptores responsáveis e o tipo de mecanismo envolvido em cada sentido. Além disso, aborda-se como ocorre a integração entre os estímulos sensoriais e as respostas motoras promovidas pelo sistema nervoso central, o que reforça a significativa ideia de apresentar o organismo como um todo integrado e interdependente.
- Um ponto que pode ser destacado e trabalhado se refere à interpretação dos estímulos recebidos. Os estudantes, ao compreenderem como se dá a percepção e que ela envolve, além da captação dos estímulos, uma fase de interpretação, terão a oportunidade de perceber que, embora a percepção envolva mecanismos fisiológicos, ela não é um processo mecânico, automatizado e semelhante para todos. Trata-se, ao contrário, de um processo que envolve aspectos subjetivos, muitas vezes definidos pelo contexto cultural em que se vive. Por esse motivo, a percepção do mundo é diferente para cada um de nós. Portanto, não é à toa que as pessoas percebem, muitas vezes, um objeto ou uma situação de maneiras diferentes.
- A compreensão de que o comportamento das pessoas ou o modo de ver e de interpretar o mundo podem variar (e até mesmo não corresponder à realidade em si) é uma aprendizagem muito significativa, sobretudo na adolescência. Com esse tipo de conhecimento, baseado em evidências científicas, consolidam-se valores como a solidariedade, a tolerância e o respeito aos outros – os quais também podem ser definidos como objetivos de aprendizagem.

Audição e equilíbrio humanos (página 259)

- Antes de iniciar o tema, avalie os conhecimentos prévios dos estudantes. A audição é um sentido muito importante para inúmeras espécies que se comunicam por vocalizações. Alguns grupos, como morcegos e cetáceos, também têm a capacidade de localizar objetos por meio do eco dos sons emitidos por eles, que é conhecida como ecolocalização. Considere a necessidade de retomar os conceitos de frequência, comprimento de onda e amplitude de onda e, para isso, trabalhe o caráter interdisciplinar com o componente curricular de Física.
- A compreensão acerca da audição como a capacidade de captar, processar e interpretar os sons se faz necessária, assim como o mecanismo pelo qual as ondas sonoras, que atingem as orelhas humanas, são traduzidas em sons. Essas ondas são captadas e amplificadas pelo pavilhão auditivo da orelha externa e, então, são conduzidas pelo meato acústico externo até a membrana timpânica, fazendo-a vibrar. Na orelha média, as vibrações timpânicas são transmitidas ao martelo, à bigorna e ao estribo, três ossículos articulados entre si, e chegam à janela oval. Desta, passam à janela redonda, na cóclea, localizada na orelha interna. Daí se propagam pela endolinfa e chegam às células sensoriais ciliadas, que geram impulsos nervosos que são conduzidos pelo nervo auditivo até o córtex auditivo do cérebro, que os interpreta como sons.
- A orelha interna, chamada de labirinto, também é responsável pela percepção do equilíbrio corporal. O labirinto consiste em uma rede interligada de canais e câmaras escavadas no osso temporal, que é revestido internamente por membranas e preenchido por líquido. Ele é dividido em duas regiões: a cóclea, estrutura que participa do sentido da audição, e o sistema vestibular, que é responsável pelo equilíbrio e pela orientação espacial do corpo.
- Altura e intensidade são qualidades fisiológicas de ondas sonoras, ou seja, propriedades ou características dos sons identificadas pelo ser humano. Uma vez que no conhecimento do senso comum ou na linguagem cotidiana esses conceitos são confundidos, é importante defini-los e distingui-los. Deve-se destacar o estudo da intensidade sonora, por constituir uma grandeza importante na identificação de efeitos danosos associados à poluição sonora.

Evolução da percepção visual (páginas 260 e 261)

- O tópico "Formação de imagem pelo olho humano" (p. 261) aborda o sistema ocular humano e os defeitos visuais em um contexto no qual o olho pode ser entendido também como um instrumento óptico. Destaque que, muitas vezes, pode-se passar uma visão simplista de que o olho é o sistema responsável pela visão, quando, na verdade, a visão, ou percepção visual, é um processo complexo que envolve aspectos diversos, dos quais o olho é apenas uma parte (ainda que essencial).
- É importante chamar a atenção dos estudantes para o fato de que a percepção das cores é um processo que não se limita ao olho, mas se deve, sobretudo, ao cérebro, além de não ser um fenômeno físico preciso. Se, de um lado, não há cor sem luz (a luz provoca a identificação do que chamamos de cor), de outro, a percepção da cor depende do olho e do cérebro humanos. Quando se fala em daltonismo, por exemplo, alguns cuidados devem ser tomados. O primeiro deles, de caráter ético, é eliminar qualquer tipo de preconceito que exista em relação a pessoas daltônicas (isso é válido para todos os defeitos visuais ou deficiências). O outro é quanto aos testes apresentados para a identificação de daltonismo: são modelos simplificados e não devem ser tomados por diagnósticos sérios ou responsáveis. Atividades como essas devem ser realizadas com caráter didático, informativo e até mesmo lúdico. Além disso, é senso comum entender o daltonismo como a "incapacidade de enxergar cores" (os daltônicos só enxergariam em tons de branco e preto). Mostre aos estudantes que essa é uma concepção equivocada. Ainda que possa haver esse tipo de daltonismo, existem graus distintos dessa deficiência. Trata-se de uma dificuldade de decodificar ou de diferenciar as cores, relacionada à incapacidade de percepção das três cores primárias (vermelho, verde e azul).
- O tratamento dos defeitos visuais geralmente motiva os estudantes. O boxe *Ação e cidadania* (p. 261) se refere à análise de lentes de óculos. Outras abordagens interessantes, sobretudo para o desenvolvimento da competência geral **CGEB8**, são a identificação do ponto próximo e a análise das receitas de oftalmologistas.

Biologia e Física – Lentes e visão (páginas 262)

- Incentive uma troca de ideias entre os estudantes a respeito do modelo atual de visão e trabalhe adequadamente os princípios básicos sobre a luz e sua propagação de forma interdisciplinar com o componente curricular de Física. Comente que a reflexão da luz é um fenômeno essencial, sempre presente à nossa volta e que nos permite enxergar.
- Comente com os estudantes que a miopia, a hipermetropia e o astigmatismo são, em geral, condições hereditárias, transmitidas de pais para filhos e, portanto, ver televisão muito próximo ao aparelho ou usar o computador em demasia não causam esses distúrbios da visão, embora possam provocar dor de cabeça, ardor no olhos, lacrimejamento e visão

embaçada. Já a presbiopia, chamada popularmente de vista cansada, é um problema de visão decorrente da idade: com o envelhecimento, a lente do olho perde a elasticidade e, assim, sua capacidade de mudar de formato, o que dificulta focar sobre a retina a imagem de objetos que estejam próximos. É importante abordar os direitos das pessoas com deficiências, incluindo as deficiências associadas aos órgãos dos sentidos.

Práticas de Ciências – Ilusão de ótica (página 263)

- Uma estratégia motivadora para os estudantes pode se basear na apresentação dos aparentes erros relacionados à percepção, visando introduzir conceitos e informações importantes que lhes possibilitem compreendê-los ou explicá-los. Os jovens, em geral, são fascinados por ilusões de ótica. Conhecê-las e explicar como acontecem pode, portanto, ser desafiador e um excelente artifício didático para que aprendam a anatomia e a fisiologia dos olhos e sua relação com o sistema nervoso central. Essa seção também mobiliza a competência geral **CGEB2**.

Hormônios (página 264)

- A observação e a análise do funcionamento de organismos vegetais podem surpreender por sua complexidade. Pelo senso comum, muitas pessoas acreditam que as plantas são seres inertes, que pouco ou nada respondem a estímulos fisiológicos externos e internos. Para estimular o desenvolvimento da habilidade **EM13CNT202**, enfatize a complexidade desses organismos que, diferentemente dos organismos animais, não apresentam células nervosas.

ATIVIDADE COMPLEMENTAR

Estudo do meio (visita técnica)

Algumas cidades possuem aquários municipais, locais em que representantes de boa parte dos vertebrados de vida marinha e de água doce, bem como de invertebrados marinhos, podem ser observados. Se houver um desses locais em sua região, procure organizar uma saída pedagógica com os estudantes. Peça que observem e desenhem as espécies de cnidários presentes, orientando-os também para que notem as reações desses organismos a estímulos luminosos, a movimentos e correntes de água, além de outros aspectos relacionados à percepção do meio, estudados nesta unidade.

Dicas para orientar o processo de ilustração biológica

Um bom desenho biológico deve reproduzir as características do ser vivo observado. O desafio está em apresentar na ilustração as estruturas do objeto de estudo, representá-las em escala e, quando for o caso, nomeá-las com o uso de legendas. As referências a seguir podem ajudar os estudantes nessa prática.

- Lupo, Rogério. Ilustrador biológico brasileiro. Disponível em: https://rogeriolupo.blogspot.com/.
- Morato, M. A. *et al*. Representação visual de estruturas biológicas em materiais de ensino. *História, Ciências, Saúde – Manguinhos*, Rio de Janeiro, v. 5, n. 2, 1998. Disponível em: https://www.scielo.br/j/hcsm/a/RmCTBNCBXBVhxCkdtVGHymC/. Acessos em: 13 set. 2024.

FONTES COMPLEMENTARES

- Dantas, J. D.; Cruz, S. S. Um olhar físico sobre a teoria musical. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, São Paulo, v. 41, n. 1, jul. 2019. Disponível em: https://www.scielo.br/j/rbef/a/gTdBnrnzkwR56bzGmDHxpRt/?lang=pt. Acesso em: 12 set. 2024.

  O artigo apresenta os conceitos físicos presentes na produção e combinação de sons musicais, bem como as relações entre as formas de representar os fenômenos sonoros musicais.

- Entrementes #22 | Eletroconvulsoterapia. [*S. l.*]: Portal Drauzio Varella, 2 out. 2019. *Podcast*. Disponível em: https://drauziovarella.uol.com.br/podcasts/entrementes/entrementes-22-eletroconvulsoterapia/. Acesso em: 12 set. 2024.

  Neste *podcast*, o psiquiatra Rafael Bernardo, diretor do Centro de Atenção Integrada em Saúde Mental da Universidade Federal de São Paulo (Unifesp) e professor da Faculdade de Ciências Médicas da Santa Casa de São Paulo (FCMSC-SP), apresenta aspectos históricos e atuais da eletroconvulsoterapia.

- Silveira, F. L.; Medeiros, A. A ilusão sobre o tamanho da Lua no horizonte. *Física na Escola*, São Paulo, v. 7, n. 2, 2006. Disponível em: http://www.sbfisica.org.br/fne/Vol7/Num2/v13a12.pdf. Acesso em: 12 set. 2024.

  Esse texto tenta desvendar o mistério da explicação para a ilusão sobre o tamanho da Lua no horizonte.

SUGESTÕES DE AVALIAÇÃO

- Este capítulo aborda diversos aspectos da relação intrínseca entre os seres vivos e o ambiente em que vivem. Nos animais, a percepção do ambiente se dá por estímulos e respostas que ocorrem em seu sistema nervoso; nos vegetais, essa percepção ocorre, de maneira análoga, mediante mecanismos próprios das plantas. Considere utilizar ferramentas, como mapas mentais ou mapas conceituais, de modo a avaliar se os estudantes compreenderam essas relações sob uma abordagem evolutiva, na qual a complexidade dos mecanismos de percepção do ambiente está diretamente ligada à sobrevivência e à adaptação a seus hábitats.
- Ao abordar os aspectos fisiológicos dos sentidos, como a audição e a visão, pode-se sugerir aos estudantes que elaborem esquemas ou ilustrações que podem servir como instrumentos de avaliação e verificação de habilidades e competências, como a competência geral **CGEB8**.

RESPOSTAS E COMENTÁRIOS

Atividades (página 265)

1. a) O estímulo visual é levado pelos nervos sensitivos (ou aferentes) dos olhos do motorista até seu sistema nervoso central (SNC), onde as informações são interpretadas. O SNC emite uma resposta e a transmite pelos nervos motores até o pé do motorista, que aciona o freio.

b) A reação não é imediata porque leva um tempo (frações de segundo) para que os impulsos nervosos percorram os nervos sensitivos, sejam analisados no encéfalo e depois voltem pelos nervos motores.

2. Os hormônios são substâncias produzidas pelas glândulas endócrinas que precisam cair na corrente sanguínea para chegar a seus órgãos-alvo. Por essa razão, as glândulas endócrinas são bastante vascularizadas.

4. O estrato mielínico, produzido pelos oligodendrócitos, envolve o axônio, formando várias camadas. Esse estrato é composto de lipídios e proteínas que atuam como isolantes elétricos, impedindo, em certa medida, o fluxo de cargas elétricas. Nos axônios que têm esse estrato, chamados fibras mielinizadas, o impulso "salta" pelos chamados nós neurofibrosos, o que aumenta sua velocidade. Nas fibras que não

apresentam estrato mielínico (fibras não mielinizadas), o impulso nervoso propaga-se mais lentamente pelo axônio.

6. **a)** A parte afetada da orelha são as células sensoriais da audição, isto é, as células sensoriais ciliadas presentes na cóclea, estrutura que faz parte da orelha interna. Essas células são ativadas pela vibração do líquido que preenche o labirinto, que é ocasionada pela propagação das ondas sonoras por meio das estruturas das orelhas média e interna. Ao serem ativadas, essas células geram impulsos nervosos que são conduzidos pelo nervo auditivo até o córtex auditivo do cérebro, onde as informações auditivas são processadas.

b) Ao ouvir música com fones de ouvido, deve-se ter o cuidado de não manter o volume muito alto, uma vez que ruídos acima de 85 dB podem causar perda auditiva e até surdez, especialmente sob exposição prolongada.

7. Ação involuntária: afastar a mão do copo quente; ações voluntárias: comprar o café; segurar o copo pela borda do copo.

8. À noite, os cones, células fotorreceptoras responsáveis pela visão das cores, pouco contribuem para a visão, devido à baixa luminosidade. Os bastonetes, por sua vez, detectam a luz de baixa intensidade, mas não as cores. O que o ditado diz é que, no escuro da noite, não se pode distinguir a cor do gato, portanto, todos teriam a mesma tonalidade indistinta.

9.

Situação	Excesso de cargas positivas	Excesso de cargas negativas
Potencial de repouso	meio externo	meio interno
Despolarização	meio interno	meio externo
Repolarização	meio externo	meio interno
Potencial de ação	meio interno	meio externo

FECHAMENTO DA UNIDADE (PÁGINAS 266 A 269)

Estudo de caso – A vida no limite: os desafios da osmorregulação nos beija-flores (páginas 266 e 267)

- Os beija-flores são aves com uma fisiologia bem peculiar. Essas aves têm alta taxa metabólica, com frequência cardíaca que pode chegar a 1 200 batimentos por minuto durante o voo. Suas asas batem em uma velocidade impressionante, o que lhes permite um absoluto controle de voo. Em seu repouso noturno, os beija-flores passam pelo que é chamado de torpor: a frequência cardíaca e a taxa de respiração caem significativamente. Essas e outras peculiaridades tornam a fisiologia dos beija-flores um ótimo estudo de caso. Durante a atividade, procure promover a competência geral **CGEB7** e as habilidades **EM13CNT301** e **EM13CNT303**, que se relacionam à interpretação de textos, dados e modelos explicativos de perspectiva científica.

RESPOSTAS E COMENTÁRIOS

Estudo de caso – A vida no limite: os desafios da osmorregulação nos beija-flores (páginas 266 e 267)

6. Inicialmente, é esperado que os estudantes realizem uma pesquisa e proponham um esquema destacando as principais partes e funções do néfron. Caso tenham disponibilidade, eles podem explorar a animação disponível em: https://www.planetabio.com.br/excrecao.html (acesso em: 14 set. 2024). De forma geral, eles devem mencionar a cápsula renal e identificar que a cápsula de Bowman é uma parte que apresenta capilares porosos e células especializadas permeáveis à água e a pequenos solutos, o que permite a essa estrutura formar um filtrado que contém sais, glicose, aminoácidos, vitaminas, resíduos nitrogenados e outras moléculas pequenas. A partir do enorme volume do filtrado inicial, no túbulo proximal ocorre a reabsorção de íons, água e nutrientes importantes e, à medida que o sal se move do filtrado para o líquido intersticial, a água o segue por osmose. No ramo descendente da alça de Henle, a presença de numerosos canais de água, formados por proteínas aquaporinas, e a ausência de canais para sais e outros solutos pequenos tornam essa porção permeável à água e pouco permeável às substâncias. Assim, a reabsorção da água continua à medida que o filtrado se move nessa região. O ramo ascendente da alça de Henle, por sua vez, não tem canais de água e essa região torna-se impermeável à água. À medida que o filtrado ascende, torna-se progressivamente mais diluído. Seguindo por ela e pelo túbulo distal, uma parte dos sais minerais é absorvida por transporte ativo, e a água é reabsorvida por osmose. Ao final, o ducto coletor carrega o filtrado pela medula até a pelve renal.

Com base nessas informações, espera-se que os estudantes relacionem a ausência da alça de Henle dos néfrons reptilianos com uma menor reabsorção de água pelo corpo dos beija-flores. Assim, uma maior quantidade de água pode ser eliminada, uma vez que essas aves apresentam altas taxas de absorção de água no intestino.

Questões globais (páginas 268 e 269)

2. **a)** Ponto 1, em água doce; ponto 2, em água do mar. A taxa de absorção intestinal no salmão X é elevada. Esses peixes bebem água do mar, absorvendo ativamente íons sódio e cloreto no intestino, o que leva à entrada de água no sangue por osmose, evitando a desidratação. Já no salmão Y a taxa é baixa, pois eles não bebem água doce, já que o meio externo é hipotônico. A taxa de excreção branquial do salmão X é alta para compensar a entrada excessiva desse íon. No salmão Y é baixa, pois o peixe precisa reter sódio.

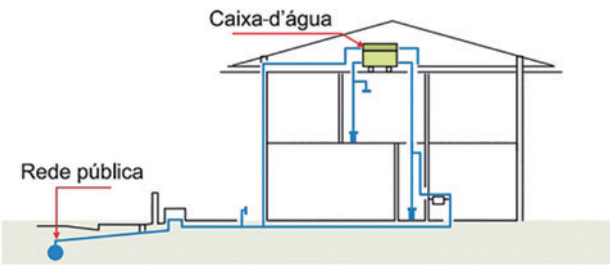
ATIVIDADES DE PREPARAÇÃO

1. (**Unesp**) Um coqueiro (*Cocos nucifera*) pode atingir até 30 metros de altura e produzir até 80 frutos por ano. Cada fruto, ainda verde, tem em média 289 mL de água, na qual estão dissolvidos açúcares e sais minerais.

Unesp, 2019. Fac-símile/ID/BR

Disponível em: www.agencia.cnptia.embrapa.br.

Por analogia, os frutos de um coqueiro assemelham-se à caixa-d'água de uma residência. Em ambos os casos, a água obtida ao nível do solo é armazenada, em grande quantidade, metros acima do nível desse solo.



Unesp, 2019. Fac-símile/ID/BR

Disponível em: www.forumdaconstrucao.com.br. (Adaptado.)

Para que a água ascenda à caixa-d'água e à copa do coqueiro, é necessário que,

a) ao nível do solo, haja no cano e no floema uma impulsão da coluna de água, elevando-a até a extremidade oposta desses sistemas condutores.

b) metros acima do nível do solo, haja no cano e no xilema uma sucção da coluna de água, elevando-a desde o nível do solo.

c) metros acima do nível do solo, haja no cano e no floema uma sucção da coluna de água, elevando-a desde o nível do solo.

d) ao nível do solo, haja no cano uma impulsão da coluna de água e, metros acima do nível do solo, haja no xilema uma sucção da coluna de água, elevando-as desde o nível do solo.

e) ao nível do solo, haja no cano e no xilema uma impulsão da coluna de água, elevando-a até a extremidade oposta desses sistemas condutores.

Alternativa **d**. Ao ocorrer a transpiração do coqueiro, ou seja, a eliminação da água através de suas folhas, o vegetal utiliza o mecanismo natural de coesão que ocorrerá nas células do xilema, formando uma coluna de água, que será transportada das raízes até as folhas.

A alternativa **a** está incorreta porque a impulsão da coluna de água não ocorrerá através do floema e, sim, do xilema. A alternativa **b** está incorreta porque a água ascendente da caixa-d'água ocorrerá ao nível do solo. A alternativa **c** está incorreta como justificado nas alternativas **a** e **b**. A alternativa **e** está incorreta porque a água vai no mesmo sentindo desses sistemas condutores.

2. (**Fuvest-SP**) Muitas plantas adaptadas a ambientes terrestres secos e com alta intensidade luminosa apresentam folhas

a) pequenas com estômatos concentrados na parte inferior, muitos tricomas claros, cutícula impermeável e parênquima aquífero.

b) grandes com estômatos concentrados na parte inferior, poucos tricomas claros, cutícula impermeável e parênquima aerífero.

c) pequenas com estômatos concentrados na parte superior, ausência de tricomas, cera sobre a epiderme foliar e parênquima aquífero.

d) grandes com estômatos igualmente distribuídos em ambas as partes, ausência de tricomas, ausência de cera sobre a epiderme foliar e parênquima aerífero.

e) pequenas com estômatos concentrados na parte superior, muitos tricomas claros, cera sobre a epiderme foliar e parênquima aerífero.

Alternativa **a**. Em ambientes quentes e secos, as plantas dispõem de adaptações em sua morfologia para a diminuição de perda de água, como pequena superfície foliar, e presença de estômatos, tricomas (protegem do excesso de calor e luz), cutícula impermeável e parênquima aquífero (armazenamento de água).

3. (**Enem**) Uma cozinheira colocou sal a mais no feijão que estava cozinhando. Para solucionar o problema, ela acrescentou batatas cruas e sem tempero dentro da panela. Quando terminou de cozinhá-lo, as batatas estavam salgadas, porque absorveram parte do caldo com excesso de sal. Finalmente, ela adicionou água para completar o caldo do feijão. O sal foi absorvido pelas batatas por

a) osmose, por envolver apenas o transporte do solvente.

b) fagocitose, porque o sal transportado é uma substância sólida.

c) exocitose, uma vez que o sal foi transportado da água para a batata.

d) pinocitose, porque o sal estava diluído na água quando foi transportado.

e) difusão, porque o transporte ocorreu a favor do gradiente de concentração.

Alternativa **e**. As batatas, quando colocadas em ambiente hipertônico, ou seja, na panela com maior quantidade de sal do que em seu interior, absorvem o sal por transporte passivo a favor do gradiente de concentração, pois seu interior é menos concentrado.

6 SER HUMANO E SAÚDE

INTRODUÇÃO

O corpo humano não é apenas uma "máquina" cujas partes podem ser desarticuladas, montadas e remontadas. Aliás, nenhum ser vivo pode ser considerado assim. A integração das partes e o funcionamento harmonioso desse complexo todo a que chamamos corpo humano são garantidos pelo metabolismo, que envolve inúmeras funções, entre as quais as de autorregulação, que visam manter a homeostase no organismo.

Esta unidade aborda os temas fisiologia humana e saúde de diferentes óticas. O capítulo 1 destaca a fisiologia do organismo humano, apresentando a estrutura e o funcionamento dos sistemas digestório, respiratório, circulatório, urinário, nervoso e endócrino. O capítulo 2 aborda elementos relacionados à saúde coletiva e às transformações vivenciadas na adolescência, bem como os aspectos tecnológicos da saúde.

Os dois capítulos abordam temas referentes à adolescência e à sexualidade, considerando as dificuldades e as vulnerabilidades dos jovens no que concerne a esses temas. Ao final da unidade, a seção *Pensando Ciências* trata da problemática das pandemias contemporâneas e os possíveis mecanismos de controle e mitigação de riscos.

Os objetivos da unidade se articulam a esse e outros contextos e ao desenvolvimento de competências e habilidades. Nesta unidade, são promovidas as competências gerais **CGEB1**, **CGEB2**, **CGEB3**, **CGEB4**, **CGEB6**, **CGEB7**, **CGEB8**, **CGEB9** e **CGEB10**, além de competências específicas e habilidades da área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias, como a **EM13CNT304**, que envolve os estudantes em debates de situações controversas sobre a aplicação de conhecimentos da área de Ciências da Natureza.

Sugestão de planejamento

Ao planejar os temas desta unidade, esteja alerta para o fato de que muitas pressões de caráter social recaem sobre o corpo e influenciam nossas ideias sobre o que é um corpo ideal, bonito e saudável; por isso, dentro das possibilidades, realize um trabalho em conjunto com o(a) professor(a) de Educação Física abordando esses temas. De modo semelhante, a sexualidade humana envolve, além dos aspectos relacionados ao corpo, aqueles relativos às dimensões cultural, afetiva e social dos indivíduos, considere trabalhar o tema em conjunto com o(a) professor(a) de Sociologia. Por fim, considere incluir aspectos relacionados à saúde de cada um dos sistemas estudados, enfatizando maneiras de promover o autocuidado e, consequentemente, o tema contemporâneo transversal **Saúde**.

MAPA DA UNIDADE

CAPÍTULO	OBJETIVOS	COMPETÊNCIAS	HABILIDADES	TEMAS CONTEMPORÂNEOS TRANSVERSAIS
1	• Compreender o funcionamento dos sistemas que formam o corpo humano. • Compreender os mecanismos de manutenção da homeostase. • Compreender os fatores que afetam a velocidade de uma reação química. • Investigar a ação de enzimas proteolíticas em frutos. • Valorizar ações relacionadas à doação de órgãos.	CGEB1 CGEB2 CGEB3 CGEB4 CGEB6 CGEB7 CGEB8 CECNTEM1 CECNTEM2 CECNTEM3	EM13CNT101 EM13CNT202 EM13CNT207 EM13CNT301 EM13CNT303 EM13CNT304	Educação alimentar e nutricional Saúde
2	• Compreender como se estrutura o Sistema Único de Saúde (SUS). • Conhecer estratégias de manutenção da saúde individual e coletiva. • Conhecer diferentes tecnologias médicas. • Valorizar e respeitar os direitos sexuais e reprodutivos do ser humano. • Investigar e avaliar os impactos das redes sociais na autoimagem.	CGEB1 CGEB2 CGEB3 CGEB4 CGEB6 CGEB7 CGEB8 CGEB9 CGEB10 CECNTEM1 CECNTEM2 CECNTEM3	EM13CNT103 EM13CNT207 EM13CNT302 EM13CNT303 EM13CNT304 EM13CNT306 EM13CNT310	Ciência e tecnologia Educação em direitos humanos Saúde
Fechamento da unidade	• Utilizar o pensamento computacional na resolução de um problema. • Planejar e propor soluções ao problema do controle de pandemias.	CGEB2 CECNTEM3	EM13CNT302	Ciência e tecnologia Saúde

ORIENTAÇÕES DIDÁTICAS

ABERTURA DA UNIDADE (PÁGINAS 270 E 271)

- O corpo humano não pode ser considerado apenas sob a visão da Biologia. Há outras dimensões que fazem do corpo, além de um "objeto" biológico, também um "objeto" cultural, social, político e econômico. Como seres humanos, nos colocamos em todas essas esferas e participamos delas – e o fazemos com nosso corpo. Ao explorar as diferentes dimensões do corpo, a unidade promove um olhar para a vida individual e para o projeto de vida dos estudantes, como ao tratar de questões relacionadas à reprodução humana, no capítulo 1, e de diversos temas relacionados à saúde no capítulo 2, como a saúde mental, sexual e reprodutiva. Em diversos momentos é desenvolvido na unidade o tema contemporâneo transversal **Saúde**.
- A abertura da unidade propicia mobilizar linguagens e conhecimentos artísticos em diferentes contextos, a fim de produzir entendimento mútuo, promovendo, assim, a competência geral **CGEB4**. A unidade desenvolve também as competências gerais **CGEB3** e **CGEB6**, ao valorizar as diversas manifestações artísticas e culturais, bem como os conhecimentos para entender o mundo do trabalho.

CAPÍTULO 1 FISIOLOGIA HUMANA (PÁGINA 272)

Nutrição (página 273)

- O trabalho com o texto apresentado no boxe *Ação e cidadania* (p. 273) e sua atividade favorecem o desenvolvimento das competências gerais **CGEB6** e **CGEB8**. Os estudantes são incentivados a valorizar conhecimentos e experiências, apropriando-se deles para que possam fazer escolhas responsáveis e alinhadas à cidadania, incentivando o cuidado com a saúde física. Promove-se, assim, o trabalho com o tema contemporâneo transversal **Educação alimentar e nutricional**. Os estudantes devem reconhecer que documentos disponibilizados pelo Ministério da Saúde, como o *Guia Alimentar para a População Brasileira* (2014), orientam as pessoas a priorizar alimentos *in natura* ou minimamente processados, preferencialmente adquiridos em feiras e mercados locais; a considerar a refeição em sua totalidade, se possível com alimentos preparados em casa; a estabelecer uma rotina alimentar, com regularidade e atenção, em ambientes apropriados e, quando possível, com companhia; a considerar aspectos culturais relacionados à dieta. Todos devem reconhecer também a importância de ser crítico quanto a informações, orientações e mensagens sobre alimentação veiculadas em propagandas comerciais e nas redes sociais.

Sistema digestório (páginas 274 a 276)

- Ao desenvolver este tópico, busque assuntos relacionados à nutrição que possam ser do interesse dos estudantes e, assim, despertar-lhes a curiosidade. Alguns desses temas são, por exemplo, a obesidade e os distúrbios alimentares.
- Embora o tópico "Digestão" tenha uma abordagem mais relacionada ao processo químico da digestão dos nutrientes, os pontos levantados no tópico anterior ("Nutrição") também podem ser discutidos, desenvolvendo, assim, a competência geral **CGEB8**, que está relacionada ao cuidado com a saúde, a competência específica **CECNTEM2** e a habilidade **EM13CNT202**, que estão ligadas à compreensão e à análise do funcionamento do corpo e à evolução dos seres vivos em seus diferentes níveis de organização.

SUGESTÃO DE AULA

- Aproveite o tópico "Enzimas" para trabalhar a interdisciplinaridade com o componente curricular Química.
- Esclareça que, para que uma reação ocorra, são necessárias duas condições fundamentais: o contato entre as partículas que formam os reagentes e a possibilidade de reação (afinidades). Além disso, deve ocorrer uma colisão efetiva: as partículas devem apresentar um valor de energia mínimo (energia de ativação) e uma orientação espacial favorável. Assim, para demonstrar o papel das enzimas nas reações químicas das células como catalisadoras, questionem os estudantes sobre quais fatores eles acreditam que podem influenciar a rapidez de uma transformação química. Espera-se que eles mencionem temperatura, concentração de reagentes, superfície de contato e catalisadores.
- A atuação dos catalisadores pode ser ilustrada mediante diagramas de energia potencial em função do caminho da reação. Ressalte que a diminuição da energia de ativação se deve à alteração no caminho da reação e que, embora possam ser recuperados ao final do processo, os catalisadores participam da formação do complexo ativado, o que justifica a redução da energia de ativação do processo.
- A medida da velocidade média de reações pode ser bem exemplificada mediante a análise de gráficos e tabelas. Ao longo do estudo dessa relação, procure também desenvolver as habilidades **EM13CNT101** e **EM13CNT303**, relacionadas à análise de transformações e conservações em sistemas, bem como à interpretação e apresentação de dados na forma de textos, equações, gráficos e/ou tabelas, respectivamente. Esse trabalho também favorece o desenvolvimento da competência específica **CECNTEM1**. Assim, para finalizar essa discussão e avaliar a compreensão do tema, analise com os estudantes o gráfico da página 276 do Livro do Estudante e peça que façam a atividade proposta no boxe *Roteiro* (p. 276). Também é possível utilizar a seção *Práticas de Ciências* (p. 277) para avaliar os estudantes.

Práticas de Ciências – Pesquisando enzimas proteolíticas em frutas (página 277)

- O morango pode ser substituído por outras frutas que não apresentam proteases, como a maçã e a laranja. Oriente os estudantes a terem cuidado ao manusear o *mixer* ou o liquidificador.
- A execução desta atividade experimental permite observar os efeitos da ação enzimática sobre a rapidez de uma reação. À luz dos conceitos desenvolvidos no capítulo, os estudantes poderão interpretar corretamente os resultados dos experimentos e responder às questões sugeridas. Aproveite o momento para promover o desenvolvimento das habilidades **EM13CNT301** e **EM13CNT303**, bem como a competência específica **CECNTEM3** e as competências gerais **CGEB2**, **CGEB4** e **CGEB7**.

Sistema respiratório (páginas 278 e 279)

- Neste tópico, o estudo sobre a saúde humana possibilita o desenvolvimento de habilidades e competências específicas relacionadas com a competência geral **CGEB8**, além do tema contemporâneo transversal **Saúde**.

- Os temas estudados neste tópico apresentam muitas possibilidades de abordagem contextualizada que podem ser atraentes para os estudantes. As discussões relativas à prática de esportes, por exemplo, podem ser motivadoras para a aprendizagem de conceitos centrais relativos à anatomia e à fisiologia dos sistemas respiratório e circulatório, além de outros sistemas, como o nervoso e o endócrino.
- A exploração do texto do boxe *Ação e cidadania* (p. 278), contribui para o desenvolvimento da competência geral **CGEB6**, ao levar os estudantes a valorizar e a se apropriar de conhecimentos para fazer escolhas com responsabilidade.
- O objeto digital *Fisiologia do mergulho* (p. 279) aborda as principais alterações que o corpo humano sofre durante um mergulho, e pode ser usado para complementar o trabalho com os temas sistema respiratório e circulatório, a fim de demonstrar a integração entre esses sistemas de forma contextualizada.

Sistema circulatório (páginas 280 e 281)

- A apresentação das inúmeras funções do sistema circulatório permite que se perceba a integração dos diversos sistemas do corpo, o que corresponde a uma visão muito mais real do que é ou de como funciona nosso organismo. Ao consolidar essa visão holística, promove-se o desenvolvimento das competências gerais **CGEB2** e **CGEB7**; ao enfatizar o autocuidado e a saúde humana, desenvolve-se a competência geral **CGEB8**.
- Ao trabalhar o boxe *Ação e cidadania* (p. 281), informe que, em 2023, em média, de cada 14 doadores possíveis, dois se tornaram doadores de fato. Acrescente que, de acordo com a legislação brasileira, a doação de órgãos de pacientes com morte encefálica deve ser autorizada pela família. Em seguida, utilize o *site* indicado a seguir e explore mais dados sobre a campanha de doação de órgãos no Brasil. Incentive os estudantes a investigar o conhecimento e a opinião de pessoas próximas (familiares, vizinhos, colegas, entre outras) a respeito da doação e do transplante de órgãos, promovendo, assim, a competência geral **CGEB6**.
- Ressalte a importância social da doação de órgãos, que se trata de um ato de empatia que pode salvar a vida de muitos que aguardam na fila de doação. Se achar conveniente, recomende à turma que acesse o *site* do Ministério da Saúde para conhecer mais sobre a doação de órgãos no Brasil. Disponível em: https://www.gov.br/saude/pt-br/campanhas-da-saude/2023/doacao-de-orgaos. Acesso em: 13 ago. 2024.

Ciência tem história – William Harvey e a circulação do sangue (páginas 282 e 283)

- Nesta seção, fica evidente que as ideias de Harvey foram frutos da experimentação e da observação sistematizada. Também é evidente que suas ideias iam de encontro ao paradigma vigente na época – ao conjunto de ideias acerca do tema que os médicos e estudiosos acreditavam ser o mais apropriado – e que, por isso, sofreram resistência entre os anatomistas. Esses dois aspectos podem ser debatidos entre os estudantes. O primeiro se refere aos procedimentos realizados na época, alguns, semelhantes aos que hoje são comuns à prática científica, como experimentos replicáveis e a observação dos fenômenos. Esse debate proporciona o desenvolvimento das competências específicas **CECNTEM2** e **CECNTEM3**. O segundo, um pouco mais subjetivo, evidencia que a aceitação de uma proposta ou teoria científica depende de fatores que estão além da ciência, como o contexto cultural e histórico no qual o cientista está inserido. Desenvolvem-se, portanto, as competências gerais **CGEB1** e **CGEB2**.

Circulação da linfa (página 284)

- Enfatize, mais uma vez, que as circulações linfáticas e sanguíneas são inter-relacionadas, ainda que dependam de diferentes fatores para ocorrer. O fluxo linfático, ao contrário do fluxo sanguíneo (que é bombeado pelo coração), depende de contração e peristaltismo de outros músculos do corpo – e não custa lembrar: o coração também é um músculo. Outros fatores que influenciam o fluxo linfático são os movimentos respiratórios, a compressão externa dos tecidos e a contração dos vasos linfáticos, os quais independem dos movimentos respiratórios e da pulsação arterial.

Sistema urinário (páginas 285 e 286)

- O sistema excretor é controlado por sistemas de controle fisiológico que regulam o volume e a composição dos líquidos do corpo. Uma dessas formas de controle se dá por meio de hormônios. Em virtude dessa relação intrínseca do sistema excretor com o sistema endócrino, o controle da função renal pode ser um ótimo exemplo do funcionamento dos hormônios e de como nossos hábitos influenciam esse funcionamento. Dê como exemplo o consumo de álcool, que inibe a secreção do hormônio ADH, aumentando a produção de urina. Peça aos estudantes outros exemplos de alimentos e substâncias que influenciam o balanço hormonal do organismo.

Sistema nervoso (páginas 287 e 288)

- A divisão proposta para o sistema nervoso, bem como para os outros sistemas, tem finalidade didática e pode variar conforme o critério utilizado. Do ponto de vista anatômico, por exemplo, o sistema nervoso humano é dividido em duas grandes partes: o sistema nervoso central, que abrange o encéfalo e a medula espinal, e o sistema nervoso periférico, que reúne as estruturas distribuídas pelo organismo, como nervos e gânglios periféricos. A divisão tratada neste tópico é feita pelo ponto de vista funcional: o sistema nervoso somático está relacionado com as funções motoras e sensitivas oriundas de comandos conscientes, ao passo que o sistema nervoso autônomo está relacionado com a atuação de glândulas, do músculo cardíaco e do músculo liso, que agem de maneira autônoma.
- É essencial que os estudantes compreendam que o sistema nervoso autônomo é a parte do sistema nervoso que está relacionada ao controle de funções como a respiração, a circulação do sangue, o controle de temperatura e a digestão. Enfatize também que as subdivisões funcionais do sistema nervoso autônomo (simpático e parassimpático) agem em conjunto no organismo. Desse modo, promove-se o desenvolvimento das habilidades **EM13CNT202** e **EM13CNT301**.

Ciência, tecnologia, sociedade e ambiente – Contaminação por mercúrio afeta saúde de mulheres e crianças mundurukus (página 289)

- Aproveite o tema da seção para explorar a relação entre uma atividade exploratória baseada no uso de mercúrio e as consequências socioambientais que ela acarreta, na perspectiva de soluções, de modo a trabalhar as habilidades **EM13CNT301** e **EM13CNT303**. Antes de explorar os danos causados pelo mercúrio, comente que, inicialmente, os garimpeiros provocam a derrubada da cobertura vegetal e a mudança nos cursos de água, deixando valas abertas que

criam condições apropriadas para a reprodução de mosquitos e, consequentemente, para o aumento de doenças como a malária e a leishmaniose visceral e tegumentar. O processo de desmatamento causa desequilíbrios ambientais, afugenta a caça e elimina plantas consideradas medicinais, interferindo no modo de vida de comunidades tradicionais. O garimpo também utiliza estratégias de cooptação de homens jovens, com a promessa de enriquecimento e acesso a bens e equipamentos. A partida dos jovens deixa as famílias mais vulneráveis, especialmente em relação à segurança alimentar, uma vez que cabe ao homem sair para pescar, caçar e, assim, garantir a proteína que lhes servem de alimento. Comente que a distribuição de cestas básicas pelo garimpo, com produtos ricos em gordura, sal e açúcar, também contribui para alterar os hábitos alimentares dessas comunidades, causando problemas nutricionais como a desnutrição e a obesidade. Por fim, o mercúrio utilizado no garimpo contamina o solo, os rios e ingressa na cadeia alimentar até alcançar o ser humano, o que ocorre especialmente em comunidades indígenas e ribeirinhas da Amazônia, causando lesões nos tecidos. Essa é uma oportunidade para debater situações de desigualdade social.

- Na perspectiva do trabalho com a competência geral **CGEB8** e com a habilidade **EM13CNT207**, ressalte a importância de estudos quantitativos e qualitativos para identificar problemas ambientais e problemas de saúde individual e coletiva. Considere também apresentar a reportagem sobre os riscos da contaminação de mercúrio para populações da Amazônia, sugerida em *Fontes complementares*, nesta página.

Sistema endócrino (páginas 290 e 291)

- Considerando os dois tipos de mecanismo de retroalimentação (positiva e negativa), são inúmeros os exemplos que podem ser mostrados de funcionamento do organismo humano. Ao introduzir o tópico "Regulação hormonal" (p. 291), peça aos estudantes que deem exemplos de fenômenos fisiológicos nos quais esse tipo de regulação é realizado. Espera-se que eles mencionem conteúdos tratados nesta e em outras unidades, como o controle renal, a regulação do sistema endócrino, o controle das frequências cardíaca e respiratória, a ação das enzimas, entre outros. Discuta com eles a importância da retroalimentação na manutenção da homeostase do organismo.

O ciclo menstrual (página 292)

- Ao incentivar jovens e adolescentes a discutir questões sobre autoconhecimento e autocuidado, promove-se a competência geral **CGEB8**; a interpretação de textos, esquemas ilustrativos e gráficos para a compreensão dos fenômenos fisiológicos envolvidos no ciclo menstrual mobiliza as habilidades **EM13CNT202**, **EM13CNT301** e **EM13CNT303**.
- O trabalho com o texto do boxe *Ciência se discute* (p. 292) e a atividade proposta promovem a competência geral **CGEB6**, ao possibilitar que os estudantes se apropriem de conhecimentos para fazerem escolhas com responsabilidade.

Gestação (página 293)

- Em alguns casos, tocar nesse tema pode ser delicado, exigindo muita sensibilidade por parte do educador. Para evitar que esse assunto desperte insegurança e, por consequência, falta de interesse em discutir o tema, faça uma sondagem prévia a respeito do conhecimento e da experiência dos estudantes sobre gravidez e parto.
- No Brasil, a interrupção da gravidez, ou aborto, é permitida somente em três casos previstos em lei: quando há risco de morte para a gestante, quando a gravidez é resultado de um estupro e quando o feto é anencéfalo, o que torna a vida extrauterina inviável. Considere orientar os estudantes na elaboração de uma pesquisa estatística sobre o aborto no Brasil: os casos amparados pela justiça, os abortos ilegais realizados em clínicas clandestinas e sua relação com o número de mortes de mulheres que recorrem a esse procedimento. A questão do aborto se apresenta como um problema de saúde pública com forte recorte social, e as discussões sobre o assunto devem ser conduzidas de modo a reforçar essas características, construindo um debate crítico, tendo em vista o respeito aos direitos humanos e o cuidado consigo e com o outro, desenvolvendo, assim, a competência geral **CGEB7** e a habilidade **EM13CNT304**.

FONTES COMPLEMENTARES

- Brasil. Ministério da Saúde. Secretaria de Atenção à Saúde. Departamento de Atenção Básica. *Guia alimentar para a população brasileira*. 2. ed. 1. reimpr. Brasília, DF: Ministério da Saúde, 2014. Disponível em: http://bvsms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/guia_alimentar_populacao_brasileira_2ed.pdf. Acesso em: 13 ago. 2024.

  O guia alimentar, elaborado pelo Ministério da Saúde, estabelece os princípios e as recomendações para uma alimentação saudável.

- Ashcroft, F. *A vida no limite*: a ciência da sobrevivência. São Paulo: Zahar, 2001.

  O livro relata os principais desafios enfrentados em grandes altitudes, sob intensa pressão, no calor e no frio extremos, na velocidade, no espaço, tendo em vista a perspectiva da fisiologia do corpo humano.

- Amazônia, a nova Minamata? | Filme alerta para riscos da contaminação por mercúrio. [*S. l.*], 2023. 1 vídeo (7 min 5 s). Publicado pelo canal Repórter Eco. Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=_4MhYB8UQcU&t=362s. Acesso em: 14 ago. 2024.

  A reportagem traz trechos do filme do diretor Jorge Bodanzky, que alerta as populações da Amazônia e a sociedade em geral sobre o risco causado pelo garimpo nas terras indígenas.

SUGESTÕES DE AVALIAÇÃO

- Por ser um conteúdo extenso, o ideal é que as avaliações sejam feitas ao final de cada bloco de conteúdo, assim, selecione atividades entre as propostas no material e atividades de exames de vestibulares para avaliar os estudantes. Também utilize os momentos de discussões propostos no material para avaliar a participação e o interesse dos estudantes.
- Além das estratégias tradicionais, pode-se solicitar que os estudantes realizem seminários sobre os temas estudados no capítulo.

RESPOSTAS E COMENTÁRIOS

Ciência tem história – William Harvey e a circulação do sangue (páginas 282 e 283)

1. Galeno acreditava, por exemplo, que a rede de vasos sanguíneos (*rete mirabile*) presente na base do crânio de animais ungulados também aparecia nos seres humanos. Além disso, ele

acreditava que havia poros no septo cardíaco, o que permitiria a passagem do sangue do lado esquerdo para o lado direito do coração, e que o sangue era produzido no fígado por meio dos alimentos ingeridos. Para Galeno, o sangue passaria do fígado para o lado direito do coração. Uma parte desse sangue se encaminharia para os pulmões, onde receberia "vapores sutis", e a outra parte passaria através de poros invisíveis do lado esquerdo para o lado direito do coração, onde receberia os "espíritos vitais", ao se misturar com o "pneuma" trazido pelas artérias. Essa parte do sangue passaria, então, por meio da *rete mirabile*, para a base do crânio, onde os espíritos vitais se transformariam em "espíritos animais" e seriam distribuídos pelo corpo.

2. Harvey propôs que o sangue circulava por todo o organismo, que o coração era o centro do ser vivo, estando relacionado à origem do sangue e dos vasos sanguíneos, e que o movimento circular era o movimento mais perfeito. Essas ideias eram consideradas contrárias à visão tradicional de Galeno. Harvey demonstrou que o sangue passava do ventrículo esquerdo para as artérias, era distribuído pelo corpo todo e retornava ao coração pelas veias. Ele também verificou que o sangue era mandado para os pulmões, impulsionado para o ventrículo direito e para a artéria pulmonar, passando pelas veias e veia cava, e circularmente para o ventrículo esquerdo. Para Harvey, portanto, a *rete mirabile* não existia, não havia passagem de sangue de um lado do coração para o outro nem transporte do sangue do fígado ao coração.

3. Não, nem todos concordaram com as ideias de Harvey, que foi repreendido por uns e acusado por outros, ao se distanciar de preceitos e opiniões de todos os anatomistas. Essa reação revela o caráter dinâmico da ciência e como seu desenvolvimento está atrelado ao contexto histórico. No século XVII, na época de Harvey, as teorias de Aristóteles eram consideradas anticientíficas, e, ao desenvolver seus estudos sobre o coração e a circulação sanguínea, Harvey assumiu premissas defendidas pelo filósofo grego, além de apresentar ideias contrárias às de Galeno, cujas teorias eram aceitas, de um modo geral, pela comunidade científica.

Atividades (páginas 296 e 297)

6. a) Como mostra o gráfico, a pressão arterial é maior nas artérias e nas arteríolas, vasos cujas paredes podem se contrair devido à atividade da musculatura não estriada. Vênulas e veias têm estrutura similar a das artérias, porém, como suas paredes são mais finas, não suportam muita pressão.

b) O teor de O_2 é representado pela curva azul, pois o sangue das artérias (com exceção da pulmonar) é previamente oxigenado nos pulmões antes de ser distribuído às células do organismo pelas redes capilares. Naturalmente, o sangue que sai dos tecidos, conduzido no interior de vênulas e veias, é pobre em O_2. O teor de CO_2 está representado pela curva verde. Ele é baixo na porção arterial de vasos sanguíneos, que, ao contrário, têm alto teor de O_2. Nas redes capilares, o CO_2 produzido pelo metabolismo celular entra na circulação, o que explica os altos teores desse gás em vênulas e veias.

8. a) A película de borracha da bexiga grande corresponde ao diafragma; a bexiga pequena corresponde aos pulmões; a garrafa plástica corresponde à caixa torácica; o corpo da caneta corresponde aos brônquios.

b) A inspiração. Quando a película de borracha do balão grande é puxada, o volume do sistema aumenta e o ar entra pelo tubo plástico, inflando a bexiga pequena. No corpo humano, esse efeito simula a expansão da caixa torácica por ação do diafragma e dos músculos intercostais, o que permite que o ar penetre nos pulmões pelos brônquios.

Esta questão também possibilita exemplificar aos estudantes a integração entre os sistemas, pois, no processo mostrado pelo modelo, os sistemas muscular e respiratório atuam conjuntamente.

9. a) A curva W, porque, quando deixamos de ingerir água, a urina vai ficando mais concentrada com o passar do tempo em função das perdas de água que o organismo sofre, como na transpiração e na respiração.

b) Deve estar alta, pois, quando pouca água é ingerida, a concentração de sais dissolvidos no plasma sanguíneo aumenta, estimulando a liberação de ADH e, consequentemente, elevando a reabsorção de água no organismo.

Considere orientar a turma a realizar esta questão em duplas, a fim de incentivar a aprendizagem colaborativa e promover a compreensão de leitura e interpretação de dados em forma de gráficos.

10. Os anticoncepcionais impedem a ovulação, ao manter os níveis dos hormônios sexuais femininos constantes, pois a liberação do óvulo só ocorre após a queda do nível de estrógenos no corpo feminino. Assim, a mulher não consegue engravidar, já que não há óvulo disponível para ser fecundado por um espermatozoide.

11. A nidação corresponde à fixação do embrião no endométrio.

CAPÍTULO 2 SAÚDE E TECNOLOGIA (PÁGINA 298)

- Ao se tratar da importância do Sistema Único de Saúde (SUS) no Brasil, são desenvolvidas as competências gerais **CGEB8**, **CGEB9** e **CGEB10** e as habilidades **EM13CNT207**, **EM13CNT302** e **EM13CNT310**, que estão relacionadas ao autocuidado, à consciência de coletividade, à empatia e à cidadania.
- As discussões sobre os aspectos da tecnologia e sua aplicação na área da saúde são propícias para trabalhar as habilidades e as competências relacionadas, como as competências gerais **CGEB1**, **CGEB2** e **CGEB7**, as competências específicas **CECNTEM1** e **CECNTEM3**, e as habilidades **EM13CNT103**, **EM13CNT303**, **EM13CNT304** e **EM13CNT306**. Essas discussões favorecem particularmente o trabalho com os temas contemporâneos transversais **Ciência e tecnologia** e **Saúde**.

O que é saúde? (página 298)

- A saúde é compreendida pelo senso comum como a ausência de doenças; e o estado de saúde é, muitas vezes, identificado como aquele em que é possível manter as atividades laborais. A superação dessa compreensão limitada é uma meta de aprendizagem deste capítulo e, para sua realização, depende o reconhecimento do princípio de atendimento integral em que se baseia o SUS.

A evolução do conceito de saúde (página 299)

- Ao citar Louis Pasteur e a vacina contra raiva, retome os estudos que levaram ao desenvolvimento das primeiras vacinas e as circunstâncias de seus testes, abordados no capítulo 2 da unidade 3.
- Certifique-se de que os estudantes compreendam que, segundo a OMS, a saúde é uma meta da qual fazem parte construções pessoais e coletivas.

A saúde pública no Brasil (página 300)

- Na história do Brasil, as parcelas populacionais excluídas dos serviços de saúde são os mais pobres e as minorias étnicas, como os povos indígenas, os quilombolas e os afrodescendentes. A concepção do SUS como um sistema universal, isto é, que atende a todos os cidadãos, deve ser reconhecida como uma grande mudança em relação à falta de acesso a serviços públicos de saúde do passado.
- Retome aspectos relacionados à ausência de direitos dos povos indígenas, abordados no texto da seção *Ciência, tecnologia, sociedade e ambiente*, do capítulo anterior. A invasão das terras indígenas, a expropriação e contaminação de suas riquezas e a transmissão de doenças (às quais os povos indígenas são muito vulneráveis) voltam a acontecer.
- A exploração da *charge* sobre a Revolta da Vacina favorece o desenvolvimento da competência específica **CECNTEM2**, pois mobiliza conhecimentos relacionados a processos epidemiológicos, e das competências gerais **CGEB3** e **CGEB4**, ao levar os estudantes a valorizar manifestações artísticas e culturais e utilizar a linguagem visual para produzir sentidos.

O Sistema Único de Saúde (página 301)

- Procure dar um caráter instrumental à hierarquia de níveis de atendimento do SUS, isto é, orientando os estudantes sobre seus direitos e levando-os a compreender a qual nível eles devem recorrer em suas demandas.

Saúde sexual e saúde reprodutiva (página 303)

- Entre os direitos da juventude à escolaridade está o de acesso à educação para a saúde, inclusive a saúde sexual e reprodutiva. Dada a maior vulnerabilidade dos adolescentes à aids, às IST e à gravidez, a abordagem neste capítulo deve se concentrar na promoção da saúde e na proteção dos jovens contra os agravos à sua saúde.
- Ressalte a necessidade de aconselhamento médico para a saúde sexual e reprodutiva antes do início da vida sexual ou logo após, uma vez que o(a) jovem ou o casal pode ser orientado em relação a exames de IST e sexo seguro, bem como à escolha de métodos contraceptivos. É direito do(a) adolescente ser atendido(a) com privacidade e sem o acompanhamento de familiares em consultas médicas.
- Ao abordar os temas gravidez precoce, IST e aids no Brasil, promova a troca de ideias sobre os comportamentos de risco na adolescência. Para obter mais informações sobre esse tema e propor ideias para reflexão, consulte o texto "Na adolescência tudo vale a pena?", sugerido na seção *Fontes complementares* (p. 515) deste Manual.

Biologia e Sociologia – Gênero e sexualidade (páginas 304 e 305)

- Ao abordar questões relacionadas às desigualdades na adolescência, como as de gênero, esse tema visa incentivar os estudantes a se engajarem em movimentos coletivos favoráveis a esses direitos. Além disso, reconhecer as vulnerabilidades a que estão sujeitos pode levar os adolescentes a lidar com elas de forma que os prejuízos para sua formação e seu futuro sejam minimizados. Essa abordagem dá continuidade ao trabalho com o tema contemporâneo transversal **Educação em direitos humanos**, da macro área Cidadania e civismo.
- Se julgar oportuno, promova a organização dos estudantes em pequenos grupos para a leitura dos textos da seção e a troca de ideias. Fique atento a manifestações homofóbicas e transfóbicas, que devem ser prontamente rechaçadas. Possibilite uma troca de ideias sobre o direito à livre manifestação de ideias, sentimentos e personalidades, incluindo a homossexualidade e a transexualidade.
- A discussão e o aprofundamento desse tópico favorecem o desenvolvimento da competência geral **CGEB6**, ao levar os estudantes a valorizar conhecimentos e experiências, apropriando-se deles para que possam fazer escolhas responsáveis e alinhadas à cidadania.

Saúde mental (páginas 306 e 307)

- Comente com os estudantes que existem na rede pública atendimentos psicológicos e psiquiátricos e que se deve recorrer a eles quando houver sofrimento mental. Esclareça que o sofrimento mental não é motivo de constrangimento e que, assim como em outros transtornos, como uma doença física, não se deve exigir da pessoa que ela se cure por conta própria sugerindo-lhe, por exemplo, mais força de vontade ou mais esforço.
- Ao abordar o tema *bullying*, no boxe *Ação e cidadania* (p. 306), considere apresentar o significado do termo particularmente em escolas, que, segundo o IBGE, "compreende comportamentos com diversos níveis de violência que vão desde chateações inoportunas ou hostis até fatos francamente agressivos, sob forma verbal ou não, intencionais e repetidos, sem motivação aparente, provocados por um ou mais estudantes em relação a outros, causando dor, angústia, exclusão, humilhação, discriminação, entre outros" (disponível em: https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-sala-de-imprensa/2013-agencia-de-noticias/releases/13766-asi-ibge-revela-habitos-costumes-e-riscos-vividos-pelos-estudantes-das-capitais-brasileiras; acesso em: 14 ago. 2024).
- Comente com a turma que o *bullying*, apesar das suas graves consequências, tem sido socialmente negligenciado, pois muitos adultos tendem a considerá-lo natural e inevitável na vida escolar, sendo encarado como parte da iniciação à vida adulta. Ressalte, porém, que a intimidação e a vitimização são processos complexos produzidos durante as relações sociais, inclusive no ambiente escolar, podendo acarretar severas repercussões a médio e longo prazos para as vítimas desses processos.
- O tópico "Drogas" (p. 307) é um tema sempre delicado de se abordar e cercado de informações equivocadas, especialmente entre adolescentes e jovens. Por isso, caso julgue oportuno, considere utilizar a estratégia da "caixa anônima", que consiste em um recipiente que pode ser uma caixa de papelão, onde os estudantes possam depositar, de forma anônima, suas dúvidas e curiosidades sobre drogas. Esse recurso, além de útil para identificar os conhecimentos prévios da turma, serve também como orientação aos temas que demandarão maior atenção ao longo das aulas.
- Ao desenvolver o conteúdo do boxe *Ciência se discute* (p. 307), enfatize que o consumo de álcool pode causar vários problemas de saúde, os quais têm sido cada vez mais corroborados por estudos científicos. Esse trabalho promove a habilidade **EM13CNT303**.
- O trabalho desenvolvido sobre saúde mental promove particularmente as competências gerais **CGEB8** e **CGEB9**, além

de promover o trabalho com o tema contemporâneo transversal **Saúde**.

Práticas de Ciências – Redes sociais e autoimagem (página 308)

- No início da atividade, ressalte que a espessura dos traços no esquema indica a influência de um fator sobre o outro. Ao observar o esquema, é possível obter informações sobre como o uso das redes sociais afeta o sono, a autoestima e a autoimagem, possibilitando também o assédio virtual (*bullying*) e os sintomas de depressão. Procure viabilizar a divulgação do material produzido. Estimule os estudantes a usar meios virtuais, evitando a produção de resíduos de papel.
- O trabalho desenvolvido nesta atividade promove as competências gerais **CGEB8**, **CGEB9** e **CGEB10**, pois possibilita o autoconhecimento e o autocuidado, o exercício da empatia e do acolhimento, favorecendo também a assimilação de valores pessoais importantes para o estudante e para o grupo.
- Esta atividade promove a habilidade de interpretação de gráficos e esquemas, componentes presentes no fazer científico. Nesse sentido, procure incentivar os estudantes a percorrer as etapas propostas, pois isso favorece a competência geral **CGEB2**, ao exercitar a curiosidade intelectual e utilizar a abordagem própria das ciências, incluindo a investigação, a reflexão e a análise crítica.
- O objeto digital *Bullying virtual* é oportuno para trazer à tona e discutir com a turma aspectos desse tema relevante e preocupante que tem afetado a saúde mental e interferido nas relações sociais, especialmente entre os jovens.

Tecnologia e saúde (páginas 309 e 310)

- No tópico "Tecnologias na produção de medicamentos" (p. 310), apresente aos estudantes dados da Organização Mundial da Saúde que apontam que cerca de 25% das drogas prescritas mundialmente vêm das plantas e, das 252 drogas consideradas básicas e essenciais, 11% são exclusivamente originárias de plantas. Além dessas, uma parcela significativa das drogas essenciais é sintética, mas obtida de precursores naturais. Esse trabalho promove a competência geral **CGEB6**, ao abordar conhecimentos farmacológicos de comunidades tradicionais.

FONTES COMPLEMENTARES

- Brasil. [Constituição (1988)]. *Constituição da República Federativa do Brasil de 1988*. Brasília, DF: Senado Federal, Coordenação de Edições Técnicas, 2016. Disponível em: https://www2.senado.leg.br/bdsf/bitstream/handle/id/518231/CF88_Livro_EC91_2016.pdf. Acesso em: 13 ago. 2024.

  Texto constitucional, promulgado em 5 de outubro de 1988, com as alterações determinadas pelas Emendas Constitucionais de Revisão n. 1 a 6/1994, pelas Emendas Constitucionais n. 1/1992 a 91/2016 e pelo Decreto Legislativo n. 186/2008. A publicação contém todo o ordenamento jurídico atual do país. Desde a independência do Brasil, em 1822, essa é a sétima Constituição do país.

- Cerqueira, B. Na adolescência tudo vale a pena? *WeCareOn*, 10 maio 2019. Disponível em: https://wecareon.com/comportamentos-de-risco/. Acesso em: 14 ago. 2024.

  O texto discute os fatores que influenciam diversos comportamentos de risco na adolescência, como o uso de substâncias, violência, comportamento sexual, entre outros.

- Furtado, R. N.; Camilo, J. A. O. O conceito de biopoder no pensamento de Michel Foucault. Revista *Subjetividades*, Fortaleza, v. 16, n. 3, p. 34-44, dez. 2016. Disponível em: https://periodicos.unifor.br/rmes/article/view/4800. Acesso em: 14 ago. 2024.

  O artigo sobre o pensamento de Michel Foucault a respeito do biopoder pode ser consultado e indicado aos estudantes, para que reflitam sobre como a medicina e outros espaços de poder podem atender a interesses de alguns grupos em detrimento de outros.

- Ignácio, J. Necropolítica: explicamos o conceito de Achille Mbembe!. *Politize!*, 30 jul. 2020. Disponível em: https://www.politize.com.br/necropolitica-o-que-e/. Acesso em: 30 out. 2024.

  O texto explica o conceito de Necropolítica, criado pelo filósofo, teórico político e historiador camaronês Achille Mbembe.

- Nery, N. Como falar de suicídio com crianças e adolescentes. O Assunto. *G1*, 26 ago. 2024. Disponível em: https://g1.globo.com/podcast/o-assunto/noticia/2024/08/26/o-assunto-1286-como-falar-de-suicidio-com-criancas-e-adolescentes.ghtml. Acesso em: 11 out. 2024.

  Nesse episódio do *podcast*, a jornalista Natuza Nery conversa com Pedro Pan, psiquiatra e pesquisador da Universidade Federal de São Paulo, sobre o tema suicídio e como abordá-lo com crianças e adolescentes.

- Paraná. Governo do Estado. Secretária de Educação. *Vamos debater sexualidade?* Paraná: Secretaria da Educação. Departamento da Diversidade. Disponível em: http://www.educadores.diaadia.pr.gov.br/arquivos/File/formacao_acao/2semestre2017/fa2017_debater_sexualidade_DEDI_roteiro.pdf. Acesso em: 14 jun. 2024.

  Oficina desenvolvida para discutir o direito à sexualidade e à saúde reprodutiva por meio do diálogo e da reflexão sobre essa temática.

ATIVIDADE COMPLEMENTAR

Combatendo a LGBTfobia e a violência de gênero no ambiente escolar.

Promova uma roda de discussão sobre os direitos das pessoas LGBTQIAPN+ e os direitos da mulher. Ressalte que o reconhecimento e a proteção dos direitos da mulher e da comunidade LGBTQIAPN+ são essenciais para garantir que todas as pessoas tenham uma vida digna.

Em seguida, questione os estudantes sobre a percepção deles em relação ao respeito e garantia desses direitos dentro do ambiente escolar.

Por fim, proponha o desenvolvimento de uma campanha de combate à LGBTfobia e à violência de gênero, focada na comunidade escolar.

Para a campanha podem ser utilizados cartazes, palestras com profissionais, rodas de conversas com outras turmas, exibição de filmes, discussão de livros e textos sobre o tema.

Avalie desenvolver a atividade em parceria com os(as) professores(as) de Sociologia, Arte e Linguagens.

Esta atividade tem como objetivo promover a compreensão e a aplicação prática dos conhecimentos de Biologia, contribuindo para que os estudantes desenvolvam um posicionamento crítico sobre os direitos humanos, o respeito à pluralidade e à diversidade de corpos, gêneros e sexualidades.

TEXTO COMPLEMENTAR

Homossexualidade, DNA e a ignorância

A homossexualidade tem forte componente genético. Diversos estudos com gêmeos univitelinos demostraram que, quando um deles é homossexual, a probabilidade de o outro também o ser varia de 20% a 50%, ainda que separados quando bebês e criados por famílias estranhas.

Nas duas últimas décadas, acumulamos evidências científicas suficientes para afirmar que a homossexualidade está longe de ser mera questão de escolha pessoal ou estilo de vida. É condição enraizada na biologia humana.

Nunca houve nem existirá sociedade em que a homossexualidade esteja ausente. O estudo mais completo até hoje, realizado por Bailey e colaboradores da Austrália, mostrou que 8% das mulheres e dos homens são homossexuais.

[...]

O fato de que 20% a 50% dos gêmeos univitelinos apresentam concordância da homossexualidade ressalta a influência genética, mas deixa evidente que a simples identidade de genes não justifica todos os casos.

Em 2012, William Rice propôs que a epigenética explicaria com mais clareza a orientação sexual. [...]

Durante o desenvolvimento, os cromossomos podem sofrer reações químicas, que não afetam propriamente os genes, mas podem "ativá-los" ou "desligá-los". O exemplo mais conhecido é a metilação, processo em que um radical metila (CH_3) se fixa a uma região específica do DNA, formando o que chamamos de epimarca.

Como algumas epimarcas são silenciadas nos óvulos e espermatozoides, enquanto outras podem ser transmitidas aos descendentes, Rice propôs que epimarcas ancoradas junto aos genes responsáveis pela sensibilidade à testosterona podem conduzir à homossexualidade, quando transmitidas do pai para a filha ou da mãe para o filho.

Especificamente, ainda no ventre materno, epimarcas que afetam a resposta às ações da testosterona produzida pelos testículos ou ovários fetais são capazes de masculinizar o cérebro de meninas ou afeminar o dos meninos, conduzindo, mais tarde, à atração homossexual.

O grupo de Eric Vilain, um dos mais conceituados nessa área, estudou 37 pares de gêmeos idênticos discordantes (apenas um homossexual) e 10 pares concordantes.

A avaliação de 140 mil regiões do DNA desses gêmeos permitiu identificar cinco delas em que os padrões de metilação guardavam relação direta com a orientação sexual em 70% dos casos.

Por que razão alguns gêmeos idênticos terminam com padrões distintos de metilação?

Segundo Rice, epimarcas podem ser apagadas num irmão e persistir no outro. Vilain concorda: diferenças sutis no ambiente intrauterino, ditadas pela circulação do sangue e a posição espacial de cada feto, seriam as causas mais prováveis.

[...]

Transmitidas de pais para filhos, epimarcas específicas nas regiões do DNA ligadas às reações dos tecidos fetais à testosterona oferecem bases mais sólidas, inclusive para entender os casos de bebês com órgãos sexuais ambíguos e das pessoas que julgam haver nascido em corpos que não condizem com sua individualidade sexual.

A homossexualidade é um fenômeno de natureza tão biológica quanto a heterossexualidade. Esperar que uma pessoa homossexual não sinta atração por outra do mesmo sexo é pretensão tão descabida quanto convencer heterossexuais a não desejar o sexo oposto.

VARELLA, D. Homossexualidade, DNA e a ignorância. Drauzio. *UOL*, 13 ago. 2021. Disponível em: https://drauziovarella.uol.com.br/drauzio/artigos/homossexualidade-dna-e-a-ignorancia-artigo/. Acesso em: 14 ago. 2024.

SUGESTÃO DE AVALIAÇÃO

- A avaliação deve ser realizada de maneira contínua ao longo do capítulo, e os estudantes devem ser informados sobre os critérios a serem utilizados. Um desses critérios deve ser a participação durante as aulas. As atividades dos boxes *Roteiro* podem servir como avaliação do engajamento nos estudos e nas trocas de ideias propostas.

RESPOSTAS E COMENTÁRIOS

Práticas de Ciências – Redes sociais e autoimagem (página 308)

3. Entre as respostas esperadas estão: reduzir o tempo de uso das redes sociais; reduzir a exposição nas redes sociais; compreender que aquilo que é compartilhado nas redes é apenas um fragmento da vida das pessoas e não corresponde à realidade; não seguir perfis que afetem a autoestima; não se comparar a outras pessoas; não expor outras pessoas nas redes sociais; dormir sem o celular; evitar pegar o celular logo cedo; reservar um período do dia para contatos pessoais com os amigos e a família, entre outras.

Atividades (página 311)

1. b) A universalidade significa que todos os cidadãos devem ter acesso ao SUS, sejam quais forem suas características pessoais ou sociais. A equidade se refere ao tratamento e ao atendimento de acordo com as necessidades dos cidadãos. A integralidade se refere ao atendimento e ao acolhimento integral do cidadão, inserido em seu contexto social, dando-lhe atendimento respeitoso, digno e de qualidade.

FECHAMENTO DA UNIDADE (PÁGINAS 312 A 315)

Pensando Ciências – Como a comunidade escolar pode contribuir para o controle da covid-19? (páginas 312 e 313)

- O algoritmo deve prever a aplicação de medidas preventivas, como o uso de máscaras e o distanciamento social. O procedimento completo indicado pelo Ministério da Saúde para a lavagem das mãos se encontra disponível em: https://www.gov.br/anvisa/pt-br/centraisdeconteudo/publicacoes/servicosdesaude/higiene-das-maos/cartazes/hm_higienizacao_simples.pdf/view (acesso em: 24 abr. 2020).
- Observe se a elaboração dos algoritmos está levando os estudantes a desenvolver o raciocínio lógico e se as etapas estão sendo feitas com base em um planejamento prévio, coletivo. Promova intervenções pontuais para que a turma compreenda o papel do controle e a análise de variáveis relevantes, entre outros aspectos que julgar relevantes.
- O trabalho com esta seção, que envolve a elaboração e a comparação dos algoritmos entre os colegas da turma, promove

a habilidade **EM13CNT302**. Favorece também o desenvolvimento da competência específica **CECNTEM3** e da competência geral **CGEB2**, ao levar os estudantes a avaliar aplicações do conhecimento científico e tecnológico utilizando linguagens próprias das ciências e a utilizar as ciências com criticidade e criatividade, a fim de buscar e propor soluções para um problema real, além do trabalho com os temas contemporâneos transversais **Ciência e tecnologia** e **Saúde**.

RESPOSTAS E COMENTÁRIOS

Pensando Ciências – Como a comunidade escolar pode contribuir para o controle da covid-19? (páginas 312 e 313)

1. Respostas variáveis. Os estudantes podem mencionar que encontraram dificuldade para obter determinados dados, para identificar fontes seguras de informação ou para selecionar dados relevantes para as estratégias preventivas. Ao compartilhá-las com a turma, é possível que muitas dificuldades sejam superadas.
2. Respostas variáveis. É esperado que os estudantes observem as diferenças entre os algoritmos produzidos pelos grupos em função das variáveis consideradas.
3. Respostas variáveis. Muitas das estratégias sugeridas podem contribuir para a prevenção de outras doenças, especialmente daquelas cuja transmissão se dá pelas vias respiratórias, como a gripe.
4. Respostas variáveis. É provável que os estudantes reconheçam que muitas das medidas de distanciamento social, como o fechamento das escolas, foram determinadas em função de estudos semelhantes àqueles identificados por eles. Assim, eles devem reconhecer a importância de tais estudos para pensar em maneiras de promover a saúde individual e, consequentemente, coletiva da comunidade escolar.

Questões globais (páginas 314 e 315)

1. O medicamento inibe a ação da lipase, por isso, após a ingestão do medicamento, ocorre um aumento na quantidade de gorduras nas fezes. No entanto, a quantidade de triglicérides no sangue diminui, uma vez que não ocorre digestão de gorduras.

ATIVIDADES DE PREPARAÇÃO

1. (**IFRR**) O processo que possibilita a troca gasosa ocorrida no sistema respiratório humano, em que o O_2 é incorporado ao sangue e o CO_2 é excluído dele, chama-se hematose. Em que estrutura especificamente ocorre este fenômeno?
   a) Alvéolos
   b) Aerênquimas
   c) Ventrículos
   d) Epiglote
   e) Bronquíolos

Alternativa **a**. A hematose ocorrerá nos capilares sanguíneos dos alvéolos pulmonares pelo processo de difusão do oxigênio e do gás carbônico.

2. (**UEFS-BA**) Uma mulher que tinha ciclos menstruais regulares e níveis hormonais normais passou a utilizar o DIU (dispositivo intrauterino), composto por cobre e plástico, como método anticoncepcional. Nessa mulher, é esperado que
   a) a hipófise não produza LH e que os ovários produzam mais progesterona.
   b) não ocorra nenhuma alteração na liberação dos níveis dos hormônios hipofisários e ovarianos.
   c) tanto a hipófise quanto os ovários deixem de produzir seus hormônios e que a ovulação não ocorra.
   d) os níveis de hormônios hipofisários fiquem reduzidos e que os níveis de hormônios ovarianos fiquem elevados.
   e) os níveis dos hormônios ovarianos fiquem reduzidos e que os hormônios hipofisários fiquem elevados.

Alternativa **b**. O DIU libera o cobre no útero impedindo a chegada dos espermatozoides ao óvulo e, em caso de fecundação, o processo de fixação do embrião no útero (nidação) não vai ocorrer.

3. (**UPE**) Leia o texto a seguir:

Como era a higiene no Palácio de Versalhes no século XVII?

Na época, os cuidados com a limpeza eram precários na Europa. Até mesmo o Palácio de Versalhes tinha a fama de ser imundo e habitado por moradores que não tinham higiene. Sem saneamento básico, a população vivia em meio à sujeira e a animais peçonhentos. Essa condição também foi uma das causadoras da pandemia de peste bubônica, ou peste negra, como ficou conhecida. Anteriormente, a doença, transmitida pela picada de pulga, dizimou um terço da população europeia, entre a realeza e a plebe, no século XIV. Antes considerada um castigo de Deus, a peste trouxe o conceito de higiene pessoal ao mundo e, a passos lentos, mudou hábitos até chegar às pessoas limpas e cheirosas que conhecemos hoje.

Disponível em: http://mundoestranho.abril.com.br/historia/como-era-a-higiene-no-palacio-de-versalhes-no-seculo-17/. (Adaptado.)

Considerando o que foi exposto no texto em relação à Europa no passado e comparando-se à realidade atual das políticas públicas no Brasil, assinale a alternativa **correta**.
   a) A peste negra provocou uma mudança de hábitos na população, o que favoreceu a adoção de medidas profiláticas no combate às doenças transmissíveis, que são úteis também para prevenir outras doenças, como a aids, a sífilis, a hanseníase e a doença de Chagas.
   b) O conceito de pandemia aplicado à peste negra também pode ser aplicado à dengue, à zica e à chicungunha.
   c) A pulga é um ectoparasita, o vetor da doença, visto que é o veículo para a transmissão da bactéria *Yersinia pestis*, responsável pela peste negra, sendo os cães os hospedeiros definitivos.
   d) A falta de saneamento básico e de higiene está associada à manutenção de outras doenças nas populações humanas, inclusive no Brasil, a exemplo da esquistossomose, ascaridíase, leptospirose e cólera.
   e) Não há relação direta entre a ausência de saneamento básico e a presença de animais caracterizados como peçonhentos, considerando-se que a presença de aranhas, sapos ou serpentes não depende da existência de saneamento.

Alternativa **d**.

7 ECOLOGIA

INTRODUÇÃO

Esta unidade é formada por três capítulos. Os elementos que constituem os ambientes naturais e a caracterização dos ecossistemas são aspectos tratados no capítulo 1. A luz, assim como a água, são exemplos de fatores abióticos que interferem diretamente na fotossíntese, processo metabólico realizado por componentes bióticos, fundamental para o fluxo de energia e para o ciclo de matéria do sistema. Tais fluxos e ciclos são tratados no capítulo 2 e constituem conceitos importantes para entender situações de desequilíbrio ambiental, por exemplo. Para que os fluxos e os ciclos se estabeleçam, no entanto, há uma série de interações entre os seres vivos, sejam eles da mesma espécie, sejam de espécies diferentes, as quais também interferem na dinâmica das populações – ambos assuntos abordados no capítulo 3. Ao final da unidade, a seção *Pensando Ciências* aborda o uso de índices, para que os estudantes avaliem aspectos relacionados à biodiversidade alimentar em seu dia a dia.

Os objetivos da unidade se articulam a este e outros contextos e ao desenvolvimento de competências e habilidades. Nesta unidade, são promovidas as competências gerais da Educação Básica: **CGEB1**, **CGEB2**, **CGEB3**, **CGEB4**, **CGEB5** e **CGEB7**. Também são desenvolvidas competências específicas e habilidades das áreas de Ciências da Natureza e suas Tecnologias, por exemplo, as habilidades **EM13CNT101**, ao levar os estudantes a analisar transformações e a realizar previsões em situações cotidianas, **EM13CNT202**, ao interpretar fatores limitantes à manifestação da vida, **EM13CNT203**, ao preverem os efeitos de intervenções nos ecossistemas e **EM13CNT205**, ao interpretar previsões sobre atividades experimentais e fenômenos naturais por meio de noções de probabilidade.

Sugestão de planejamento

Trabalhar Ecologia nos anos finais do Ensino Médio é uma boa oportunidade de relacionar conceitos de Biologia e de outras áreas do conhecimento desenvolvidos ao longo dos anos de escolarização. A compreensão de problemas atuais como o uso do solo para a produção de alimentos poderá ser realizada em parceria com o(a) professor(a) de Geografia na seção *Biologia e geografia* "Revolução Verde". Além disso, questões sociocientíficas relevantes, como a fragmentação dos ecossistemas, a poluição, as mudanças climáticas, entre outras, possibilitam debater formas de atuar de maneira ativa e consciente na sociedade. Assim, procure abordar as competências de comunicação e expressão explorando diferentes tipos de texto em busca de informações e a interpretação de diferentes linguagens (como gráficos, tabelas, esquemas, diagramas, etc.), além de estimular a análise crítica dos estudantes nas próprias comunicações. Priorize um trabalho voltado para o desenvolvimento de competências relacionadas à investigação e à compreensão.

MAPA DA UNIDADE

CAPÍTULO	OBJETIVOS	COMPETÊNCIAS	HABILIDADES	TEMAS CONTEMPORÂNEOS TRANSVERSAIS
1	• Conhecer os conceitos básicos de Ecologia. • Analisar diferentes níveis de organização em Ecologia. • Conhecer alguns fatores abióticos que determinam a distribuição dos seres vivos nos biomas. • Compreender o desenvolvimento do conceito de ecossistema e sua importância para o estudo das relações entre os componentes físicos e biológicos do ambiente.	CGEB1 CGEB3 CGEB4 CGEB5 CECNTEM2 CECNTEM3	EM13CNT202 EM13CNT206 EM13CNT301 EM13CNT302 EM13CNT303	
2	• Reconhecer as relações tróficas estabelecidas entre os seres vivos nos ecossistemas. • Compreender a importância dos ciclos de matéria e do fluxo de energia para a vida, bem como de agentes ou fenômenos que podem causar alterações nesses processos. • Compreender os conceitos de biomassa e produtividade. • Compreender os fatores limitantes da fotossíntese.	CGEB1 CGEB7 CECNTEM1 CECNTEM2 CECNTEM3	EM13CNT101 EM13CNT203 EM13CNT301	
3	• Identificar interações ecológicas entre os seres vivos de uma mesma espécie e os de espécies diferentes. • Conhecer os fatores que regulam o tamanho das populações e que determinam os ecossistemas. • Compreender como ocorre a sucessão ecológica.	CGEB2 CGEB7 CECNTEM2	EM13CNT202 EM13CNT203 EM13CNT205 EM13CNT310	Saúde
Fechamento da unidade	• Estimar a biodiversidade alimentar na comunidade escolar.	CGEB2 CECNTEM3	EM13CNT206 EM13CNT302	Educação alimentar e nutricional

ORIENTAÇÕES DIDÁTICAS

ABERTURA DA UNIDADE (PÁGINAS 316 E 317)

- A fotografia que abre a unidade permite explorar como os seres vivos interferem no meio e são influenciados por ele, um dos aspectos centrais da Ecologia. Noções iniciais sobre a relação entre incidência da luz e padrões de distribuição de plantas e de outros seres vivos são uma forma de evidenciar e de contextualizar aspectos da biodiversidade de ambientes naturais, dos quais os seres humanos fazem parte.
- Um dos objetivos dos estudos em Ecologia é possibilitar que os estudantes percebam as relações estabelecidas entre os seres vivos e o ambiente, e que se vejam como parte dessa interdependência. Por isso, sugerimos um estudo do meio em algum ambiente próximo (jardim, parque, etc.), para o reconhecimento de seus componentes, de suas interações e de determinados tipos de relação ecológica. Em *Atividade complementar*, há sugestão da atividade "Estudo do meio – Observação de um ecossistema". Avalie o melhor momento de realizá-la assim como os conceitos a serem explorados.

RESPOSTAS E COMENTÁRIOS

Questões para refletir (página 316)

2. Resposta variável. Espera-se que os estudantes reconheçam que a remoção de grandes árvores provoca o aumento da incidência solar na mata e pode, por exemplo, prejudicar a germinação de sementes, além de acarretar um aumento da temperatura, afetando outras espécies.

3. Resposta variável. Espera-se que os estudantes reconheçam que o modo de cultivo dos alimentos interfere na qualidade nutricional e ambiental, gerando consequências para os seres vivos, para o ambiente e para a saúde das pessoas.

CAPÍTULO 1 NOÇÕES BÁSICAS DE ECOLOGIA (PÁGINA 318)

Introdução à Ecologia (página 318)

- É comum que os estudantes confundam conceitos iniciais como populações e comunidades, comunidades e biomas, hábitat e nicho ecológico. O entendimento conceitual de cada terminologia de Ecologia básica, assim como a articulação dos conteúdos, é fundamental para que eles possam ter uma visão sistematizada das questões atuais referentes aos impactos ambientais e à conservação da biodiversidade.

A biosfera (página 319)

- Antes de trabalhar a atividade 1 do boxe *Roteiro* (p. 319), leia o texto "Os sistemas ecológicos podem ser tão pequenos quanto os organismos ou tão grandes quanto a biosfera", sugerido na seção *Texto complementar*. O texto exemplifica como a Ecologia trata de relações entre os organismos em diferentes escalas e evidencia que o fluxo de matéria e energia é algo constante em qualquer escala de análise.

Biomas (página 319)

- Para explorar o conceito de bioma, consulte o artigo "O conceito de bioma", de Leopoldo Magno Coutinho (*Acta Botanica Brasilica*, Brasília, DF, v. 20, p. 13-23, 2006. Disponível em: https://www.scielo.br/pdf/abb/v20n1/02.pdf; acesso em: 18 out. 2024).
- Se houver disponibilidade de computadores com acesso à internet, organize a turma em pequenos grupos e acesse o *link* indicado no boxe *Para explorar* (p. 319). Essa abordagem desenvolve a competência geral **CGEB5**, ao promover a utilização de ferramentas digitais para conhecer a diversidade biológica brasileira. É possível acessar a biodiversidade brasileira por grupos de seres vivos, fazendo buscas por endereço, código postal ou coordenadas geográficas. Se a escola não tiver laboratório de informática, você também pode sugerir que essa atividade seja feita em casa.

Práticas de Ciências – Biomas do mundo (página 320)

- A construção de modelos possibilita explorar as habilidades de comunicar e representar; investigar e compreender; contextualizar conhecimentos vinculados à área da Ecologia, além de atender a habilidade **EM13CNT302**. Esta seção pode ser articulada com o(a) professor(a) de Geografia.
- Tendo em vista a competência geral **CGEB4**, cuide para que a etapa destinada à atividade de pesquisa permita a compreensão da relação sistêmica entre os elementos naturais (solo, clima, vegetação, etc.) contidos nos biomas, relação essa que influi diretamente na vida dos seres vivos.

Biodiversidade (páginas 321 e 322)

- A biodiversidade pode ser estimada por medidas qualitativas e quantitativas. Não se pretende que os estudantes guardem fórmulas ou façam cálculos de estimativa de biodiversidade, mas que eles saibam que existem métodos quantitativos que são usados nos estudos de Ecologia. A compreensão dos parâmetros qualitativos e quantitativos na conservação da biodiversidade mobiliza a habilidade **EM13CNT206**.
- O boxe *Ação e cidadania* (p. 321) permite o trabalho com a competência geral **CGEB3**, ao promover e valorizar manifestações artísticas e culturais locais, além de estimular atitudes e escolhas alinhadas ao exercício da cidadania.

Fatores abióticos em um ambiente (páginas 323 e 324)

- Retome a fotografia de abertura do capítulo. Verifique se os estudantes percebem que os organismos que utilizam o substrato do costão estão expostos a condições abióticas, tais como extremos de temperatura, alterações na salinidade, insolação, força de arrasto de ondas e tempestades. Questione-os também sobre as condições bióticas, como a limitação do espaço do substrato e a competição por recursos alimentares. Tendo em mente a competência específica **CECNTEM2** e a habilidade **EM13CNT202**, é possível observar que o costão rochoso apresenta um gradiente vertical de variação das condições bióticas e abióticas que estrutura a distribuição dos organismos nele presentes. Enfatize que, embora nem sempre de maneira muito evidente, os ambientes naturais apresentam tais condições limitando a abundância e a distribuição dos organismos.
- Ao realizar a atividade 3 do boxe *Roteiro* (p. 323), aproveite para apresentar o conceito de dossel (cobertura da floresta formada pelas copas das árvores, cuja altura costuma variar, em média, de 30 a 60 m). Essa cobertura controla a passagem de luz, exercendo grande influência no crescimento de

inúmeras espécies arbustivo-arbóreas que estão debaixo dela, e atua como barreira física às gotas de chuva, protegendo o solo da erosão. Em florestas secundárias jovens, o dossel normalmente mais aberto permite maior passagem de luz, propiciando o estabelecimento de espécies pioneiras. Nas florestas maduras, o dossel é mais fechado, favorecendo o estabelecimento das espécies tardias.

- Aproveite o boxe *Ciência se discute* (p. 324) para trabalhar as noções que os estudantes apresentam sobre o termo paradigma. Dessa forma, desenvolve-se a habilidade **EM13CNT303**, uma vez que os estudantes devem interpretar o texto e os dados apresentados para discutir as questões propostas na atividade e, assim trabalhar a competência geral **CGEB1**, pois o tema permite aos estudantes valorizar os saberes historicamente construídos para explicar a realidade.

Nicho ecológico (página 325)

- Ao trabalhar os conceitos de hábitat e de nicho ecológico, reforce aos estudantes que o desempenho biológico é um indicador do sucesso do indivíduo em determinado ambiente, ou seja, os indivíduos que apresentam melhor desempenho biológico têm maior sucesso diante das pressões do ambiente.
- Comente com eles que espécies como o lobo-guará são consideradas espécies guarda-chuva, ou seja, suas exigências ecológicas englobam as exigências de outras espécies presentes em seu ambiente. A conservação dessas espécies ajuda a proteger, de forma indireta, as outras espécies que dependem do mesmo hábitat. Considere propor uma pesquisa sobre espécies guarda-chuva de ambientes brasileiros, destacando os aspectos do nicho ecológico das espécies envolvidas.

Ciência tem história – O desenvolvimento do conceito de ecossistema (páginas 326 e 327)

- De acordo com a competência geral **CGEB1**, esta seção tem como objetivo discutir os conhecimentos historicamente construídos sobre o conceito "ecossistema". Assim, os estudantes devem reconhecer a importância desse conceito para as pesquisas que envolvem os ambientes naturais, e a necessidade desses conhecimentos para a prevenção e a mitigação de impactos ambientais. A seção desenvolve também a habilidade **EM13CNT202**, ao levar os estudantes a compreender o ecossistema como o nível mais elevado de integração biológica, e a competência específica **CECNTEM3**, ao avaliar as aplicações do conhecimento científico e suas implicações no mundo, utilizando procedimentos e linguagens próprios das Ciências da Natureza para propor soluções que considerem as demandas locais, regionais e/ou globais.

FONTES COMPLEMENTARES

- Primavesi, Ana. *Repórter Eco*, 2012. Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=5gldDFi-p18&t=1s. Acesso em: 13 out. 2024.

  Em uma entrevista ao programa *Repórter Eco*, da TV Cultura, a pesquisadora austríaca ressalta a importância da conservação do solo para a vida na Terra.

- Lovelock, J. *Gaia*: cura para um planeta doente. São Paulo: Cultrix, 2007.

  Nesse livro, James Lovelock apresenta sua teoria Gaia, segundo a qual a Terra é viva e pode ser considerada um gigantesco superorganismo vivo.

- *Zonação*. Univesp TV, 2012 (15 m 26 s). Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=Mp6qrnAjrAU&t=3s. Acesso em: 13 out. 2024.

  Nesse vídeo, o professor Sérgio Rosso, do Instituto de Biociências da USP, explica o conceito de zonação e mostra alguns fatores que influenciam a distribuição dos organismos em um costão rochoso em São Sebastião (SP).

ATIVIDADE COMPLEMENTAR

Estudo do meio: Observação de um ecossistema

Defina com os estudantes um ambiente a ser estudado. Pode ser um jardim, um parque, uma praça ou uma praia, desde que seja possível investigar seus componentes e observar as relações ecológicas entre os organismos.

Esta atividade poderá levar a um projeto de pesquisa sobre o ambiente visitado, ampliando o trabalho com o estudo das características locais, o reconhecimento das cadeias alimentares existentes, entre outros aspectos. Veja alguns pontos que poderão ser incorporados aos objetivos do estudo de campo:

- identificar e analisar as características do ecossistema, descrevendo o conjunto vivo autossuficiente nele contido;
- reconhecer que os seres vivos em um ecossistema mantêm entre si múltiplas relações de convivência: indiferente ou de ajuda mútua com alguns e de conflito com outros;
- avaliar o significado das interações estabelecidas entre os indivíduos para o conjunto das espécies envolvidas e para o funcionamento do sistema;
- fazer um levantamento de dados, pesquisando variados tipos de registros referentes às condições ambientais – luminosidade, umidade, temperatura, chuvas, características do solo e da água – existentes no ecossistema estudado;
- organizar os dados obtidos relacionados às condições ambientais em tabelas e/ou gráficos e interpretá-los, visando identificar a influência dessas condições na distribuição e na ocorrência das espécies no ambiente em que estão inseridas;
- relacionar a estabilidade do ecossistema com a complexidade das interações estabelecidas entre os organismos no ecossistema avaliado.

Estabeleça os objetivos do estudo do meio, avaliando a possibilidade de incluir pontos discutidos neste e nos demais capítulos. Determine uma data adequada, providencie os materiais necessários e apresente as orientações gerais aos estudantes. Na seção *Atividade complementar* do capítulo 3 há uma atividade que pode ser incorporada a esse estudo, portanto, avalie as possibilidades sugeridas.

SUGESTÕES DE AVALIAÇÃO

- Aproveite a atividade resolvida da seção *Atividades* (p. 328) para propor aos estudantes que elaborem novos mapas conceituais. Utilize-os como instrumentos de avaliação da aprendizagem de conceitos básicos de Ecologia, tais como biosfera, ecossistema, hábitat e nicho ecológico. Ao confeccionar esses mapas, os estudantes são desafiados a ordenar hierarquicamente conceitos-chave de Ecologia, isto é, dos mais inclusivos para os mais específicos, estabelecendo relações entre eles. Assim, utilize caixas retangulares para apresentar conceitos-chave. Ao organizar e relacionar os conceitos, muitas dúvidas e equívocos podem ser evidenciados. Essa atividade pode auxiliar o aprendizado da turma, uma vez que a Ecologia é considerada uma temática complexa por integrar outras áreas da Biologia.

- Para diversificar os instrumentos de avaliação, privilegie, no contexto da Ecologia, aqueles em que o conhecimento espacial seja o foco e que permitam a leitura, a representação e a compreensão dos ambientes naturais e suas relações. Assim, mapas, croquis, desenhos e imagens podem ser instrumentos utilizados ao longo de toda a unidade. Neste capítulo, utilize os modelos propostos na seção *Práticas de Ciências* (p. 320) para avaliar os estudantes. Antes, porém, deixe claros aos estudantes os critérios que serão usados na avaliação, priorizando conhecimentos que lhes possibilitem compreender o espaço, a relação entre fatores bióticos e abióticos do meio e, ainda, a relação que os seres humanos estabelecem entre si e com os outros elementos da natureza.

TEXTO COMPLEMENTAR

Os sistemas ecológicos podem ser tão pequenos quanto os organismos ou tão grandes quanto a biosfera

Um sistema ecológico pode ser um organismo, uma população, um conjunto de populações vivendo juntas (frequentemente chamado de comunidade), um ecossistema ou toda a biosfera. Cada sistema ecológico menor é um subconjunto de um próximo maior, e assim os diferentes tipos de sistemas ecológicos formam uma hierarquia. [...]

O **organismo** é a unidade mais fundamental da Ecologia, o sistema ecológico elementar. Nenhuma unidade menor na biologia, como o órgão, célula ou macromolécula, tem uma vida separada no ambiente. Cada organismo é limitado por uma membrana ou outra cobertura através da qual troca energia e matéria com seu ambiente. Esta fronteira separa os processos e estruturas "internas" do sistema ecológico – neste caso um organismo – dos recursos e condições "externas" do ambiente.

Ao longo de suas vidas, os organismos transformam energia e processam materiais. Para executar isso, os organismos devem adquirir energia e nutrientes dos seus arredores e se livrar de produtos indesejados de rejeito. Ao fazer isso, modificam as condições do ambiente e os recursos disponíveis para outros organismos, e contribuem para os fluxos de energia e o ciclo de elementos químicos no mundo natural. Os conjuntos de organismos com seus ambientes físicos e químicos formam um **ecossistema**. Os ecossistemas são sistemas ecológicos complexos e grandes, às vezes incluindo muitos milhares de diferentes tipos de organismos, vivendo cada um numa grande variedade de meios. Uma ave saltando entre as folhas de uma árvore em busca de lagartas e uma bactéria decompondo o solo orgânico são, ambas, partes do mesmo ecossistema de floresta. Podemos falar de um ecossistema florestal, um ecossistema de savana e um ecossistema de estuário como unidades distintas, porque uma quantidade relativamente pequena de energia e substâncias é trocada entre estas unidades, em comparação com as incontáveis transformações que acontecem dentro de cada uma delas. Podemos pensar em um ecossistema como um organismo, que tem processos "internos" e troca com os arredores "externos". Assim, podemos tratar o organismo e o ecossistema como sistemas ecológicos. Em última instância, todos os ecossistemas estão interligados juntos numa única **biosfera**, que inclui todos os ambientes e os organismos da Terra. As partes distantes da biosfera são interligadas por meio de trocas de energia e nutrientes transportados por correntes de vento e água, e pelo movimento dos organismos. A água que flui de uma nascente até um estuário conecta os ecossistemas terrestre e aquático da bacia hidrográfica com os do reino marinho. As migrações da baleia-cinzenta conectam os ecossistemas do Mar de Bering e do Golfo da Califórnia, porque as condições de alimentação do Mar de Bering influenciam o número de baleias migrando e o número de filhotes que produzem no Golfo da Califórnia. A população de baleias, por sua vez, influencia tanto os ecossistemas marinhos, pelo enorme consumo de invertebrados, quanto os sedimentos marinhos alterados em busca de presas. A energia e a matéria também se movem entre diferentes tipos de ecossistemas na biosfera, por exemplo, quando os ursos-cinzentos capturam salmões migrando do oceano para suas áreas de reprodução nos rios e lagos. A biosfera é o sistema ecológico final. Externo à biosfera, você encontrará somente a luz do Sol viajando em direção à Terra e a escuridão fria do espaço. Exceto pela energia que chega do Sol e pelo calor perdido para as profundezas do espaço, todas as transformações da biosfera são internas. Temos toda a matéria que teremos sempre; nossos rejeitos não têm nenhum lugar para ir e devem ser reciclados no interior da biosfera.

Os conceitos de ecossistema e biosfera enfatizam a transformação da energia e a síntese e decomposição da matéria – os sistemas ecológicos como máquinas físicas e laboratórios químicos. Uma outra perspectiva realça as propriedades biológicas únicas dos sistemas ecológicos que são incorporados nas populações. Uma **população** consiste em muitos organismos do mesmo tipo vivendo juntos. As populações diferem dos organismos no sentido de que são potencialmente imortais, dado que seus tamanhos são mantidos através do tempo pelos nascimentos de novos indivíduos que substituem os que morrem. As populações também têm propriedades não exibidas pelos organismos individuais. Essas propriedades distintas incluem abrangências geográficas, densidades (número de indivíduos por unidade de área) e variações no tamanho ou [na] composição (por exemplo, respostas evolutivas às mudanças ambientais e os ciclos periódicos dos seus tamanhos).

Muitas populações de diferentes tipos que vivem no mesmo lugar formam uma **comunidade** ecológica. As populações de uma comunidade interagem de várias formas. Por exemplo, muitas espécies são predadoras, que comem outras espécies de organismos; quase todas, elas próprias são presas também. [...]. Todas essas interações influenciam o número de indivíduos nas populações. Diferentes dos organismos, mas semelhantes aos ecossistemas, as comunidades não têm fronteiras rigidamente definidas; nenhum invólucro perceptível separa uma comunidade daquilo que a rodeia. A interconectividade dos sistemas ecológicos significa que as interações entre as populações se espalham através do globo à medida que os indivíduos e os materiais se movem entre os hábitats e as regiões.

RICKLEFS, R. E. *A economia da natureza*. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2013. p. 3-5.

RESPOSTAS E COMENTÁRIOS

Para começar (página 318)

3. Respostas variáveis. Os seres vivos devem resistir ao impacto das ondas, à salinidade, ao calor do Sol, à dessecação, entre outros fatores determinados pelo meio, e podem ser atingidos, caso essas condições sejam alteradas. É possível que os estudantes reconheçam que os organismos se estabelecem ou se locomovem em faixas distintas do costão, de

acordo com as características que cada um deles tem para lidar com os aspectos físicos (ambientais) e também com os demais seres vivos, uma vez que pode haver competição por espaço, alimento e outros recursos, por exemplo, de acordo com a habilidade **EM13CNT202.**

Roteiro (página 323)

3. a) Considerando as habilidades **EM13CNT202** e **EM13CNT301**, certifique-se de que os estudantes utilizam os dados obtidos do gráfico para comparar a frequência de germinação das sementes nos três biomas (Amazônia, Cerrado e Mata Atlântica) e também para prever as consequências de desmatamento nesses ambientes.

b) As diferenças entre os biomas Mata Atlântica e Amazônia observadas no gráfico estão relacionadas à predominância de temperaturas ótimas de germinação, mais amenas na Mata Atlântica em comparação às das regiões da Amazônia. As altas taxas de germinação ocorrem sob amplas faixas de temperatura, já que a água não é um fator limitante (ambos os biomas apresentam regularidade de chuvas nos diferentes períodos do ano). Observe que, no Cerrado, as maiores taxas de germinação ocorrem sob menor amplitude de temperatura ótima de germinação. Esse fato pode ser explicado pela ocorrência de uma estação seca definida em parte do ano, de modo que as sementes têm suprimento de água para a germinação apenas nos meses mais quentes, quando as chuvas são frequentes.

c) Resposta pessoal. Espera-se que os estudantes reconheçam que a abertura de clareiras provoca o aumento da incidência solar, que acarreta o aumento da temperatura, a redução da transpiração e a consequente queda da umidade do ambiente, entre outros fatores que podem prejudicar a germinação de sementes. Assim, promovem-se as habilidades **EM13CNT202** e **EM13CNT301**.

Atividades (página 328)

3. Resposta variável. Apresente, como exemplo, uma foto de uma paisagem com uma cachoeira em meio à vegetação e identifique os fatores bióticos e abióticos desse ecossistema. Fatores abióticos: luz (age na fotossíntese), água e minerais (essenciais para a nutrição dos seres vivos). Fatores bióticos: plantas (utilizam os fatores abióticos citados).

4. Para que seja protegida, a biodiversidade precisa ser medida ou estimada. Esses índices permitem conhecer a riqueza, a densidade e a abundância de espécies de uma comunidade (diversidade alfa); o conjunto total de espécies em todos os hábitats de um grande ecossistema (diversidade gama); e o grau de alteração na composição de espécies em um gradiente ambiental (diversidade beta). Indicadores qualitativos contribuem para avaliar as perdas da biodiversidade assim como para a efetividade de ações de sua recuperação.

CAPÍTULO 2 ENERGIA E MATÉRIA NOS ECOSSISTEMAS (PÁGINA 329)

Relações tróficas nos ecossistemas (páginas 329 a 332)

- Nas cadeias alimentares, a transferência de energia é um aspecto fundamental a ser discutido com os estudantes, assim como a ideia de que uma cadeia alimentar é também a representação de um ciclo de matéria. É importante ressaltar que as relações alimentares se entrecruzam de forma variada, constituindo redes complexas e sistemas dinâmicos conhecidos como teias alimentares.
- Apresentar casos particulares de relações tróficas pode ser uma maneira de despertar a atenção dos estudantes para os temas de Ecologia, como a situação mencionada no texto "Ecossistemas imprevisíveis", do boxe *Ampliação* (p. 331). Além de apresentar pequenas poças como exemplos de ecossistema, o texto relata um caso, pouco usual, de presas que se tornam parasitas. Apresentar exemplos como esse aos estudantes é uma forma de introduzir a noção da complexidade das relações existentes nos ecossistemas em contextos interessantes e significativos.
- No tópico "Ciclos de matéria", avalie propor a leitura do texto "Ciclos de nutrientes na Amazônia: respostas às mudanças ambientais e climáticas", disponibilizado no *link* http://cienciaecultura.bvs.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0009-67252007000300014 (acesso em: 1º ago. 2024), e desenvolva um trabalho com a leitura inferencial. Os estudantes podem inferir que, como a maior parte da floresta Amazônica se situa sobre solos de baixa fertilidade, as espécies nativas dependem de uma eficiente reciclagem da matéria orgânica produzida pela própria floresta; a liteira fina tem importante contribuição nesse processo, pois é uma fonte contínua de nutrientes para o solo florestal, devido à sua rápida renovação e decomposição sobre o solo. Pode ser interessante propor aos estudantes que elaborem uma escala para evidenciar a relação direta entre o grau de alteração do ambiente e a perda de nutrientes. Esse trabalho promove a competência específica **CECNTEM2**, ao levar os estudantes a analisar interpretações sobre a dinâmica dos ecossistemas, e a habilidade **EM13CNT203**, ao possibilitar que os estudantes avaliem os efeitos de intervenções nos ecossistemas e seus impactos nos seres vivos com base nos ciclos de matéria.
- Aproveite as atividades propostas no boxe *Ação e cidadania* (p. 332) para avaliar se os estudantes compreenderam os conceitos bioacumulação e bioindicador. Estas atividades mobilizam a habilidade **EM13CNT203**.

Biologia e Geografia – Revolução Verde (página 333)

- A discussão sobre como os conhecimentos de diferentes áreas aliados ao desenvolvimento tecnológico levaram ao surgimento da agricultura convencional e às suas consequências permitirá desenvolver as competências gerais **CGEB1** e **CGEB7**, assim como promover o trabalho com a habilidade **EM13CNT203**.
- Enfatize que o uso excessivo de agrotóxicos não apenas levou a uma maior produtividade nas lavouras, mas também resultou em graves consequências para a saúde humana, para muitos seres vivos e para o solo. Comente com os estudantes que, em 2021, o Brasil se tornou o maior importador dessas substâncias. Entre 2019 e 2022, 2 182 novos agrotóxicos passaram a ser comercializados no país.

Biomassa e produtividade (página 334)

- Por meio de processos, como a respiração aeróbia, as células dos seres vivos oxidam compostos orgânicos (glicose) para obter energia para suas atividades. Além disso, parte da matéria orgânica constituinte da biomassa é transformada em matéria inorgânica e retorna ao ambiente (ar, água ou solo). Essas noções são fundamentais para que os estudantes diferenciem os conceitos de produtividade bruta e líquida, e para que compreendam melhor o comportamento cíclico da matéria.

- Peça aos estudantes que observem os gráficos "Produtividade primária líquida em ambientes aquáticos" e "Produtividade primária líquida em ambientes terrestres", e comparem os dados desses dois ambientes. Incentive-os a realizar investigações e a elaborar hipóteses, de acordo com a habilidade **EM13CNT301** e a competência específica **CECNTEM3**, a fim de justificar as variações encontradas. A atividade do boxe *Roteiro* (p. 334) trabalha a habilidade **EM13CNT101** e a competência específica **CECNTEM1**.

Pirâmides tróficas (página 335)

- Evidencie que um ecossistema consiste no substrato físico e em pelo menos dois tipos de seres vivos: autótrofos e heterótrofos. Entre os heterótrofos, estão os herbívoros, os carnívoros e parasitas e os decompositores.

Fotossíntese (páginas 336 a 339)

- Sobre o estudo da fotossíntese, sugere-se que a discussão do tema seja mais ampla, relacionando-o a outros conteúdos da Biologia, como as cadeias alimentares, o fluxo de energia dentro dos sistemas e os ciclos biogeoquímicos, por exemplo. Espera-se, assim, que o ensino desse processo não fique centrado na memorização de fórmulas, nomes e fases, e possa ser trabalhado de forma contextualizada.
- Aproveite o texto "Fototropismo envolve um sinal móvel", do boxe *Ciência se discute* (p. 337), para enfatizar a importância de valorizar os conhecimentos historicamente construídos e utilizá-los para entender e explicar a realidade, assim como para dar continuidade aos avanços científicos, de acordo com a competência geral **CGEB1**.

SUGESTÃO DE AULA

- O tema "A fotossíntese e a absorção de luz" (p. 338) explora a relação entre cor e luz, um assunto que costuma despertar o interesse dos estudantes. Aborde esse conteúdo com o auxílio do(a) professor(a) de Física. Se for possível, levem um prisma para a sala de aula para demonstrar a decomposição da luz solar (luz branca). Vocês também podem explorar o assunto com as atividades propostas em "Como fazer um arco-íris", do *site* wikiHow, disponível em: https://pt.wikihow.com/Fazer-um-Arco-%C3%8Dris (acesso em: 19 out. 2024).
- Em seguida, trabalhem o texto disponível no boxe *Biologia e Física* (p. 338). Avaliem a pertinência de propor aos estudantes a atividade "Seminários sobre espectro eletromagnético", sugerida em *Atividade complementar*, para ampliar a compreensão dos fenômenos estudados. Nesse caso, uma opção é manter a pesquisa geral, direcionando o foco para o item **e**, correspondente à luz visível, estabelecendo relações com a fotossíntese.
- Com auxílio do(a) professor(a) de Química, procurem relacionar a cor refletida com a estrutura do átomo: os elétrons mais externos oscilam pela ação da luz (onda eletromagnética); ao oscilar, os elétrons também emitem ondas eletromagnéticas, que constituem a reflexão. As frequências que levam os elétrons a oscilar variam de um material para outro; em geral, os materiais absorvem algumas frequências e refletem outras. A maior parte dos objetos não reflete uma única frequência de luz (cor pura), mas uma combinação de muitas frequências diferentes. Vocês podem perguntar aos estudantes: "Se duas bicicletas, uma branca e outra preta, ficarem expostas à luz do sol pelo mesmo tempo, qual delas ficará mais quente? Por quê?". É provável que os estudantes respondam que é a bicicleta preta, com base em suas vivências. Ressaltem que a energia das frequências absorvidas aumenta a energia cinética das moléculas, aquecendo o objeto. Finalizem a aula propondo aos estudantes que realizem a atividade proposta no boxe *Roteiro* (p. 339).

Práticas de Ciências – A influência do espectro luminoso na fotossíntese (página 340)

- A atividade proposta nesta seção foi elaborada com o propósito de ressaltar a presença de diferentes pigmentos nos seres fotossintetizantes e testar sua atuação no processo de absorção da luz necessária para a etapa fotoquímica da fotossíntese. Considere a possibilidade de aplicá-la, se possível, para iniciar a abordagem do tema, a fim de conferir um caráter mais investigativo ao estudo dos temas relacionados.
- Ao planejar a atividade, considere solicitar a colaboração do(a) professor(a) de Física, que poderá contribuir no tocante à análise do espectro da luz visível e aos fenômenos de absorção e reflexão de comprimentos de onda.
- Note que a atividade trabalha a variação de comprimentos de onda (cores) que incidem sobre as plantas, e que a cor das folhas (feijoeiro) que recebem a incidência luminosa são verdes. Assim, questione os estudantes: "Plantas de folhas roxas fazem fotossíntese?". Considere a possibilidade de propor aos estudantes um novo experimento ou apresentar-lhes o vídeo *Plantas roxas fazem fotossíntese?*, disponível em https://www.youtube.com/watch?v=72vkuGtMVj0&t=1s (acesso em: 19 out. 2024), como forma de enfatizar a relação interdisciplinar do tema com o componente curricular Química, ao abordar a técnica da cromatografia.

FONTES COMPLEMENTARES

- A FOTOSSÍNTESE: experimentos #05. Brasil, 2019. 1 vídeo (10 min 20 s). Publicado pelo canal Laboratório de Tecnologias Educacionais. Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=oyhI0dmtnhA. Acesso em: 13 out. 2024.

  O vídeo, produzido pelo Laboratório de Tecnologias Educacionais (LTE), da Universidade Estadual de Campinas (Unicamp), trata do processo de fotossíntese.

- BARBOSA, P. P.; MACEDO, M.; URSI, S. Uso das tecnologias de informação e comunicação (TIC) no ensino contextualizado de "fotossíntese": uma proposta para o Ensino Médio. *Revista da SBEnBio*, n. 9, 2016. Disponível em: http://botanicaonline.com.br/geral/arquivos/Barbosa%20Macedo%20Ursi%202016%20fotossintese.pdf. Acesso em: 13 out. 2024.

  O artigo apresenta uma sequência didática para abordar a fotossíntese de maneira contextualizada e ancorada no uso de tecnologias de informação e comunicação.

- FLUXO de energia entre seres vivos. Direção: Giovana Saad. Brasil, 2011 (10 min 53 s). Publicado pelo canal Laboratório de Tecnologias Educacionais. Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=qO3yasOJgNA. Acesso em: 4 out. 2024.

  O vídeo, produzido pelo Projeto Embrião, do Laboratório de Tecnologias Educacionais (LTE), da Universidade Estadual de Campinas (Unicamp), pode fomentar uma discussão sobre fluxo de energia entre os seres vivos e as cadeias alimentares.

ATIVIDADE COMPLEMENTAR

Seminários sobre espectro eletromagnético

Organize os estudantes em grupos. Cada grupo será responsável por um tipo de radiação eletromagnética, para a qual deverá apresentar um seminário e contribuir para a elaboração de um painel-síntese coletivo.

Para cada onda ou radiação, os grupos devem pesquisar:

- a localização da radiação no espectro em função de sua faixa de frequência;
- em quais fenômenos essa radiação está envolvida;
- quais são suas aplicações;
- se a radiação é perigosa, ou não, para a saúde humana.

Etapas

- Preparar a apresentação.
- Realizar pesquisas sobre o tema, em fontes confiáveis, em livros ou na internet.
- Elaborar uma síntese das informações obtidas para colocar no painel.
- Selecionar imagens características da radiação para ilustrar o painel-síntese.

Temas e informações a serem pesquisados

a) Espectro eletromagnético: Quando e por quem as ondas eletromagnéticas foram detectadas pela primeira vez? Como funcionava o equipamento que possibilitou essa descoberta? Como as ondas eletromagnéticas se propagam? O que é o espectro eletromagnético? Quais são as faixas de frequência das radiações eletromagnéticas que o compõem?

b) Ondas de rádio: Quando foram descobertas? Por quem? Como e onde podem ser geradas e captadas? Como se propagam? Qual é sua faixa de frequência?

c) Micro-ondas: Quando foram descobertas? Como são geradas? Quais são suas vantagens e desvantagens? Como se propagam? Qual é sua faixa de frequência? Quais são as principais aplicações?

d) Radiação infravermelha: Quando e por quem foi descoberta? Como é gerada? Como percebemos a radiação infravermelha? Qual é sua faixa de frequência? Quais são as aplicações?

e) Luz visível: O que é luz? Quais são e quem elaborou as teorias explicativas para a luz? Como percebemos as cores da luz visível? Qual é sua faixa de frequência? Quais são as frequências das sete cores do espectro da luz visível? O que é o *laser*? Como ele funciona? Quais são suas aplicações?

f) Radiação ultravioleta: Como, quando e por quem foi descoberta? Como é gerada? Onde podemos perceber a radiação ultravioleta? Qual é sua faixa de frequência? Quais são os efeitos biológicos para os seres humanos? Como funcionam os filtros solares? Qual é a relação entre a radiação ultravioleta e a camada de ozônio?

g) Raios X: Como, quando e por quem foram descobertos? Como são gerados? Qual é sua faixa de frequência? Qual é a classificação dos raios X quanto à ionização de materiais? Quais são as principais aplicações? Qual é seu poder de penetração nos materiais? Como funciona a tomografia computadorizada? O que é a radioterapia?

SUGESTÃO DE AVALIAÇÃO

- Procure utilizar a autoavaliação como parte do processo de avaliação contínua de aprendizagem. Essa ferramenta permitirá que os estudantes discutam a própria aprendizagem com você e com os demais colegas, relatando dificuldades e apontando conteúdos em que sentem maior dificuldade. Por isso, além de deixar claro o que se espera na aprendizagem de cada capítulo, também é preciso pontuar em que aspectos cada estudante deve se autoavaliar. Tenha em mente, portanto, o que quer avaliar, pois, além de promover maior autonomia dos estudantes, a autoavaliação permitirá saber como eles se desenvolveram em relação a cada item pontuado. Use os resultados obtidos tanto para rever e aprimorar suas estratégias didáticas como para pensar em novas abordagens que visem suprir, retomar ou aprofundar conteúdos.

RESPOSTAS E COMENTÁRIOS

Roteiro (página 334)

2. Avalie se os estudantes: reconhecem que a atividade fotossintética libera O_2 como subproduto e que é pelo volume do oxigênio produzido que se pode avaliar a produtividade primária; identificam que os principais organismos aquáticos responsáveis pela produtividade primária são as algas microscópicas (fitoplâncton); percebem que, como não ocorre fotossíntese na garrafa escura, a concentração de O_2 nela diminuirá em relação à quantidade inicial, como resultado da respiração celular dos microrganismos contidos na água. Já na garrafa transparente ocorre a fotossíntese. Considerando, então, que a respiração ocorre com a mesma taxa na garrafa transparente, os estudantes devem prever que qualquer aumento na concentração de O_2 contido nessa garrafa resulta da fotossíntese (produzindo mais oxigênio que o consumido na respiração). A adição do total de O_2 que diminui na garrafa escura à quantidade de O_2 que aumenta na garrafa transparente cancela a respiração na garrafa transparente e dá a quantidade de O_2 produzida pela fotossíntese.

Ciência se discute – Fototropismo envolve um sinal móvel (página 337)

1. Por meio dos resultados obtidos por Charles e seu filho, Francis, o cientista Peter Boysen-Jansen já sabia que a luz é percebida na ponta do coleóptilo e que o crescimento por alongamento celular ocorre de forma desigual, logo abaixo dele. Essa constatação permitiu que o cientista fosse além e questionasse de que maneira o estímulo luminoso seria transmitido do coleóptilo para a área de alongamento. Assim, as hipóteses levantadas por ele também puderam ser testadas em experimentos e permitiram aprofundar o conhecimento sobre esse processo, evidenciando que a ciência é um empreendimento coletivo.

Roteiro (página 339)

3. A explicação desta atividade deve considerar que a luz solar visível é constituída por sete comprimentos de onda; quando ela incide em um objeto ocorre absorção de uma parte do espectro visível e a reflexão de outra. No caso da bandeira, se ela reflete a cor verde ao ser iluminada com luz branca, significa que ela absorveu as outras cores contidas na luz branca, exceto a verde. Como a cor da luz refletida determina a cor do objeto, se na parte verde da bandeira incidir luz azul, ela será vista em preto, por causa da absorção da luz azul e da ausência de reflexão de outras cores. Ao iluminarmos a parte azul da bandeira com luz azul, essa parte será vista em azul.

Práticas de Ciências – A influência do espectro luminoso na fotossíntese (página 340)

2. Os estudantes devem observar que as mudas das caixas cobertas com papel-celofane verde e amarelo cresceram menos que as outras ou apresentaram folhas descoloridas ou murchas. Isso se deve ao fato de as cores verde e amarela permitirem a passagem dos comprimentos de onda referentes a essas cores, filtrando (em certa medida) os das outras cores. As plantas que receberam somente luz verde ou amarela tiveram sua taxa de fotossíntese reduzida, uma vez que esses comprimentos de onda são pouco absorvidos pelos pigmentos vegetais, como as clorofilas e os carotenoides.

Atividades (página 341)

2. A respiração é o processo pelo qual a energia dos carboidratos é transferida para a molécula que transporta energia (ATP). Esse processo que ocorre nas plantas, nos animais e em outros seres vivos independe da luz. A posição provável do ponto de compensação fótico, ou seja, o ponto em que as taxas de fotossíntese e de respiração se equivalem, está no ponto de cruzamento da curva da fotossíntese com a curva da respiração (ponto **c**). Nesse ponto, não há armazenamento de biomassa, pois toda a produção é metabolizada. Qualquer ponto após o ponto **c** apresenta condições para o crescimento. A planta crescerá somente quando a taxa de fotossíntese superar a taxa de consumo das reservas energéticas, ou seja, quando a produção de matéria orgânica superar seu consumo e, assim, a planta pode armazená-las.

3. **a)** Na ausência de ratos, as populações de cachorros-do-mato e de corujas desapareceriam, pois elas dependem dos ratos como fonte de alimento. A população de serpentes também seria afetada; provavelmente esses répteis passariam a predar os preás com mais intensidade. O desaparecimento dos ratos também faria aumentar a competição por alimento entre as onças-pintadas e as harpias, o que refletiria sobre as populações das demais presas. A população de capim poderia aumentar.

d) A falta de capim acarretaria o desaparecimento de ratos e preás. Em seguida, os consumidores de segunda ordem, que dependem desses herbívoros, também desapareceriam; e assim sucessivamente. Além da teia alimentar desta atividade, apresente e explore outras teias alimentares, de preferência representativas de diferentes ambientes naturais. Trabalhe sempre a noção de que os ecossistemas são complexas redes que envolvem diversas variáveis, estruturas que nem sempre podem ser observadas diretamente.

4. O fluxo de energia que passa pelos diversos níveis tróficos de uma cadeia alimentar é sempre unidirecional. Uma parte dessa energia é perdida sob a forma de energia térmica, e a outra parte é utilizada na manutenção dos organismos. Dessa maneira, a quantidade de energia disponível diminui à medida que é transferida pelos diversos níveis da cadeia ou da teia trófica. A matéria, ao contrário, se recicla, ou seja, é constantemente reaproveitada. Inicialmente, as substâncias produzidas na fotossíntese se convertem em água e gás carbônico no processo de respiração aeróbia. Quando os consumidores primários ingerem a matéria orgânica das plantas, uma parte dela permanece armazenada no corpo, sob a forma de carboidratos, lipídios e proteínas; a outra parte é liberada no ecossistema e reutilizada por outros organismos. Quando os organismos que compõem a cadeia ou teia alimentar morrem, seus corpos são decompostos e a matéria retorna ao ambiente, fechando o ciclo.

5. Consumidor primário: se 50 kcal/g correspondem a 100% da energia recebida, então 5 kcal/g correspondem a 10% da energia disponível. Consumidor secundário: se 5 kcal/g correspondem a 100% da energia recebida, então 0,5 kcal/g corresponde a 10% da energia disponível. Consumidor terciário: se 0,5 kcal/g corresponde a 100% da energia recebida, então 0,05 kcal/g corresponde a 10% da energia disponível. Enfatize que as perdas representam cerca de 90% da energia recebida; assim, verifique se todos realizam os cálculos corretamente, por nível trófico.

7. Atividade de pesquisa. Entre os exemplos de bioindicadores podem ser citados: taboa ou junco (vegetais indicativos de que o solo no local é muito úmido, típico de ambiente brejoso ou pantanoso); aguapé, alface-d'água e orelha-de-rato (plantas que indicam ambientes poluídos, pois costumam se desenvolver melhor em ambientes com alta concentração de matéria orgânica); liquens (associação de algas e fungos que indicam ambientes menos poluídos); macroinvertebrados bentônicos (organismos aquáticos que habitam o fundo de rios e lagos aderidos a pedras, cascalhos e folhas ou enterrados na lama, e que são extremamente sensíveis a diferentes concentrações de poluentes); entre muitos outros.

CAPÍTULO 3 RELAÇÕES ECOLÓGICAS E DINÂMICA DE POPULAÇÕES (PÁGINA 342)

Introdução às relações ecológicas (página 342)

- As perguntas propostas na abertura têm por finalidade retomar conceitos e noções importantes para o estudo das relações ecológicas e dos fatores que afetam a distribuição e a abundância das populações, assim como dos processos sucessionais que ocorrem no meio. Certifique-se de que os estudantes se apropriaram de tais conhecimentos, fundamentais também para discutir os temas propostos neste capítulo.
- Peça aos estudantes que identifiquem o organismo retratado na foto de abertura e avaliem se as relações descritas na legenda são vantajosas ou desvantajosas para cada um dos envolvidos. Aproveite para perguntar sobre as prováveis consequências da coleta de conchas das areias das praias ou do mar. Acrescente que as conchas, além de propiciarem um local de proteção para caranguejos-ermitões e peixes, servem de substrato para a colonização de organismos incrustantes; constituem um componente importante no ciclo biogeoquímico marinho; interferem na formação dos recifes de corais; atuam na estabilização da praia; servem de abrigo para algas, entre outras interações possíveis. Assim, sua remoção provoca múltiplas modificações nos hábitats, tais como a redução na diversidade e na abundância dos organismos que dependem delas, o aumento da erosão das praias e mudanças na reciclagem de carbonato de cálcio. Essa discussão é uma forma de trabalhar a habilidade **EM13CNT203** assim como a competência específica **CECNTEM2**.

Relações intraespecíficas (páginas 343 e 344)

- Ao desenvolver este tópico, comente com os estudantes que entre as plantas há espécies nas quais os indivíduos se mantêm afastados uns dos outros; em outras, a sobrevivência depende da proximidade dos semelhantes. Entre os predadores de grande porte, é comum a vida solitária, com encontros esporádicos para acasalamento ou caça. Já, entre os herbívoros, a vida em grupo é frequente, embora isso não seja uma regra.

Ao finalizar o tópico "Relações intraespecíficas de competição" (p. 344), avalie discutir o conceito de indivíduo.

Relações interespecíficas (páginas 345 a 348)

- No ensino das relações ecológicas, assim como no restante do ensino de Biologia, de modo geral, existe uma tendência a priorizar os animais. Por isso, é comum que os exemplos utilizados para caracterizar os vários tipos de relação ecológica sejam, principalmente, os que envolvem animais. Isso reforça entre os estudantes a falsa ideia de que as plantas são inertes ou inativas, seres aos quais não se aplica, por exemplo, a ideia de competição. No caso da alelopatia, trata-se de uma competição na qual substâncias químicas produzidas por uma espécie inibem a germinação de sementes ou o crescimento de plântulas de outras espécies.
- O texto do boxe *Ciência se discute* (p. 348) apresenta um exemplo de desequilíbrio ambiental, resultado de intervenções nos ecossistemas. Assim, de acordo com a habilidade **EM13CNT203**, os estudantes devem reconhecer como a Ecologia avança no conhecimento científico sobre essas situações, sempre propondo e testando hipóteses. Com base no estudo relatado, os estudantes devem relacionar o que aprenderam neste capítulo sobre relações ecológicas ao problema ambiental da fragmentação. Ao final, desafie os estudantes a pensar em formas de diminuir os impactos por fragmentação de florestas. Essa abordagem promove o trabalho com a competência geral **CGEB7**.
- Para avaliar os conhecimentos dos estudantes sobre as relações ecológicas interespecíficas, solicite a eles que preencham uma tabela sobre o efeito das diferentes relações ecológicas estudadas, semelhante à tabela indicada a seguir. Note que o uso dos termos relações benéficas, relações prejudiciais e relações neutras tem o intuito apenas de destacar o tipo de efeito que nos interessa ao estudar esse tipo de relação. Peça-lhes também que apresentem imagens ilustrativas de cada uma das relações. Ao final, identifique os equívocos que surgirem e esclareça as eventuais dúvidas.

EFEITOS DAS RELAÇÕES ECOLÓGICAS		
Tipo de relação ecológica	**Efeito sobre a espécie A**	**Efeito sobre a espécie B**
Protocooperação	+	+
Comensalismo	+	0
Mutualismo	+	+
Inquilinismo	+	0
Competição interespecífica	+/–	–/+
Predação	+	–
Parasitismo	+	–
Herbivoria	+	–

+ → benéfico
– → prejudicial
0 → neutro

Ciência, tecnologia, sociedade e ambiente – Uso da bactéria *Wolbachia* no combate à dengue (página 349)

- Avalie apresentar o vídeo indicado no boxe *Para explorar* (p. 349) para evidenciar os procedimentos de investigação utilizados durante o desenvolvimento do método, os resultados experimentais, assim como as previsões de sua aplicabilidade, de acordo com a habilidade **EM13CNT205**. Será possível trabalhar, também, a habilidade **EM13CNT310**, na medida em que os estudantes são incentivados a identificar necessidades locais e/ou regionais em relação a serviços básicos, a fim de promover ações que contribuam para a melhoria na qualidade de vida e nas condições de saúde da população.
- Ao discutir métodos de combate a doenças como a dengue, os estudantes são estimulados a questionar e a pensar a sociedade em que vivem, além de reconhecer sua participação e atuação nela, tendo como base o tema transversal **Saúde**.

Dinâmica de populações (páginas 350 a 355)

- Este tópico trata da dinâmica de populações, uma área da Biologia que se desenvolve com base em estudos experimentais e de campo, bem como em modelos matemáticos capazes de explicar e de prever o comportamento das populações. Parta de um modelo ou de uma simulação para mostrar aos estudantes como os ecólogos fazem suas estimativas. Uma proposta simples, que possibilita estimar o tamanho de uma população, encontra-se na seção *Práticas de Ciências* (p. 353).
- Aproveite a atividade 4 do boxe *Roteiro* (p. 350) para verificar se os estudantes distinguem corretamente os conceitos de indivíduo, população, comunidade e ecossistema, ou seja, os níveis de organização que constituem objetos de estudo da Ecologia, promovendo, assim, a habilidade **EM13CNT202**.
- Conhecer exemplos de introdução de espécies exóticas no Brasil vai contribuir para explicitar como certas relações ecológicas interferem na regulação do tamanho das populações. Para isso, apresente o objeto digital *Espécies exóticas invasoras* (p. 354) e estimule os estudantes a identificá-las. Caso julgue oportuno, proponha uma pesquisa para conhecer outros casos. É possível obter mais informações sobre o assunto no texto "Relatório temático sobre espécies exóticas invasoras, biodiversidade e serviços ecossistêmicos" (São Carlos: Cubo, 2024. p. 6-48), disponível em: https://www.bpbes.net.br/wp-content/uploads/2024/02/Relatorio-Tematico-Sobre-Especies-Exoticas-Invasoras.pdf (acesso em: 21 jun. 2024), que caracteriza o problema no Brasil e apresenta os principais dados sobre as invasões biológicas, a introdução dos invasores e os impactos do processo.

SUGESTÃO DE AULA

- Aproveite o tema "Estimativa de tamanho populacional" para propor uma atividade interdisciplinar com Matemática. Verifique se os estudantes concordam que se a contagem direta fosse o único modo de conhecer o tamanho de uma população, muitas vezes esses estudos seriam impraticáveis. Assim, para resolver esse problema foram desenvolvidos métodos que permitem estimar, com boa precisão, o número total de indivíduos de uma população.
- Informe aos estudantes que um dos métodos mais utilizados é o método de **amostragem**, que consiste em estimar o tamanho da população total a partir da contagem de parte dela. Um exemplo muito usado no estudo de insetos e de plantas consiste em dividir a área de estudo em partes menores (unidades amostrais), chamadas quadrantes ou parcelas. Isso pode ser feito no local, usando barbante, por exemplo, na demarcação. Conta-se o número de indivíduos em cada quadrante. Com base nessas contagens parciais, e utilizando métodos estatísticos, é possível estimar o

tamanho total da população. Assim, escolha uma área em um parque, praça ou jardim, uma espécie (imóvel) para o estudo e oriente os estudantes para as atividades propostas no "Estudo do meio – Análise de um ecossistema", sugerida na seção *Atividade complementar*.

- No local, as amostras dos quadrantes devem ser dispostas em vários locais aleatórios, garantindo que os números registrados sejam representativos para todo o hábitat. Considere pedir aos estudantes que registrem a posição dos indivíduos nos quadrantes a fim de avaliar o padrão de distribuição dos indivíduos na área de estudo. Com auxílio do(a) professor(a) de Matemática, cada grupo deve calcular o número de indivíduos e a densidade populacional de seu quadrante. Em seguida, os estudantes devem comparar os dados obtidos e calcular a densidade população em todo o hábitat. Ao final, como forma de avaliar a atividade, solicite que comparem esse método com o que será trabalhado na seção *Práticas de Ciências* (p.353).

Práticas de Ciências – Estimativa de tamanho populacional (página 353)

- O método de **captura e recaptura**, apresentado na seção, costuma ser utilizado, por exemplo, no estudo de aves e mamíferos. Informe aos estudantes que, uma vez delimitada a área de estudo, distribuem-se aleatoriamente armadilhas para capturar os animais. Os indivíduos capturados são, então, contados, marcados com anilhas, etiquetas plásticas ou manchas de tinta e, depois, libertados. Em outro dia, contam-se os exemplares capturados e, entre eles, quantos estão marcados. O número de animais marcados em relação ao número de animais capturados na segunda amostra corresponde ao percentual que a primeira amostra representa em relação à população total. Esse método só pode ser aplicado em populações cujos indivíduos se distribuem ao acaso.
- Esta seção contribui para o desenvolvimento da competência geral **CGEB2**, ao levar os estudantes a utilizar as ciências com criticidade para resolver problemas e criar soluções.

Sucessão ecológica (páginas 356 e 357)

- Ao desenvolver este tópico, certifique-se de que os estudantes compreenderam que se trata de um processo longo, especialmente o da sucessão primária. Acrescente que a comunidade clímax também exibe alterações ao longo do tempo, no entanto, elas são menos evidentes do que nas comunidades pioneiras e intermediárias.
- Antes de propor aos estudantes a atividade 6 do boxe *Roteiro* (p. 357), apresente-lhes o texto "Pacto pela restauração da Mata Atlântica: referencial dos conceitos e ações de restauração florestal" (LERF/ESALQ: Instituto BioAtlântica, 2009, p. 16-17), disponível em: http://www.lerf.esalq.usp.br/divulgacao/produzidos/livros/pacto2009.pdf (acesso em: 19 out. 2024). Solicite a eles que elaborem uma tabela resumindo as informações do texto referentes às características dos grupos ecológicos mencionados (espécies pioneiras e espécies climácicas). Pergunte à turma como deve ser o fluxo de energia e o ciclo de matéria nas comunidades climácicas quando comparados aos das comunidades pioneiras. Anote as respostas dos estudantes. Essa abordagem, além de ajudar na compreensão do conceito de ecossistema, também pode ser retomada no trabalho com os ciclos biogeoquímicos estudados no volume de Química.

FONTES COMPLEMENTARES

- Townsend, C. R. *et al. Fundamentos de Ecologia*. Porto Alegre: Artmed, 2010.

  Com exemplos reais, o livro aborda os princípios ecológicos que envolvem o gerenciamento de recursos naturais, a biologia da conservação, a ecologia da paisagem e a ecologia da restauração.

- Ursi, S.; Scarpa, D. L. (org.). *Ensino de Ciências por investigação*: sequência didática "Enigma do costão rochoso". São Paulo: Instituto de Biociências (USP), 2016. Disponível em: http://botanicaonline.com.br/geral/arquivos/Sequencia_EnigmaCost%C3%A3o.pdf. Acesso em: 14 out. 2024.

  Esse jogo propõe a realização de uma sequência didática que permite abordar conceitos e questões relacionadas à ecologia e à conservação.

- *Coral bleaching*: a breakdown of symbiosis. (Branqueamento de corais: o colapso de uma simbiose). HHMI BioInteractive Video, nov. 2014 (3 min 47). Disponível em: https://youtu.be/Rgra-a8Fc5k?si=5HlaaO1Th_rXw6cZ. Acesso em: 21 jun. 2024.

  Vídeo em inglês, legendado em português, sobre o processo de branqueamento de corais que explica a relação entre os corais e os dinoflagelados que os habitam.

ATIVIDADE COMPLEMENTAR

Estudo do meio – Análise de um ecossistema

Esta atividade vai utilizar a técnica do quadrante (de 1 m²) para calcular a densidade populacional. Para realizá-la, organize a turma em grupos de cinco a sete estudantes. O objetivo é identificar e estimar a biodiversidade local (invertebrados e plantas); reconhecer os fatores abióticos no ambiente; e construir cadeias e teias alimentares.

Material

- caderno e lápis para anotações
- estacas e rolo de barbante
- máquina fotográfica (opcional)
- quadrante de 1 m² (Pode ser um barbante de 4 m de comprimento, amarrado nas duas pontas. Quando aberto pelas estacas, a área delimitada terá 1 m².)

Como fazer

Parte I – Densidade populacional

1. Os estudantes devem escolher um local para implantar o quadrante de 1 m². Pode ser em um jardim, um parque ou em uma floresta. Oriente-os para que deem preferência a uma área em que a vegetação seja rasteira e/ou arbustiva para posicionar o quadrante.
2. Peça a cada grupo que demarque a área de 1 m².
3. Os estudantes devem observar cuidadosamente o ambiente (o solo e a superfície da vegetação) para verificar as espécies que se encontram no local. (**Atenção**: Oriente-os para que não toquem nos animais nem coloquem a mão em buracos ou embaixo de pedras.)
4. Estimule os estudantes a fotografar o ambiente.
5. Os grupos devem registrar o número de espécies encontradas na área delimitada, considerando tanto aquelas presentes no solo como as encontradas sobre a vegetação.

6. Eles também devem quantificar, se possível, o número de indivíduos de cada espécie e, assim, calcular as densidades populacionais.

Parte II – Fatores abióticos

1. Peça aos estudantes que analisem os fatores abióticos que agem sobre o local.
2. Os grupos também devem definir os seguintes aspectos na área em que o quadrante foi posicionado e no entorno: relevo; tipo de solo (arenoso, argiloso ou humífero); condições de luz (muito ou pouco sombreado); umidade no ar e do solo; vegetação (densa ou rala).

Parte III – Construção de cadeias e teias alimentares

1. Os estudantes podem identificar as relações entre os seres vivos encontrados no quadrante.
2. Ao final, peça que eles elaborem uma cadeia alimentar e, se possível, uma teia alimentar do ecossistema estudado.

Para concluir

Peça aos estudantes que elaborem uma conclusão relacionando as características ambientais com as interações entre os indivíduos da mesma espécie e entre indivíduos de espécies diferentes.

SUGESTÃO DE AVALIAÇÃO

- O preenchimento de quadros e tabelas constitui um recurso que pode ser usado para avaliar a compreensão das relações ecológicas, assim como dos estágios de sucessão ecológica dos ambientes. O seu uso facilita a visualização e a organização das ideias e dos processos, assim como a sistematização e a recuperação dos conceitos estudados. Da mesma forma, esses recursos poderão ser usados para apresentar dados a serem interpretados pelos estudantes e, assim, avaliados. Por isso, uma avaliação contínua pode ser planejada por intermediação de quadros e tabelas, como no quadro do boxe *Roteiro* (p. 357) e na sugestão de tabela sobre o efeito das diferentes relações ecológicas estudadas (capítulo 2 deste Manual). É possível explorar também o uso de representações esquemáticas de cadeias, teias e pirâmides alimentares para avaliar conceitos envolvendo fluxo de energia e ciclo de matéria nos ecossistemas.

RESPOSTAS E COMENTÁRIOS

Para começar (página 342)

2. Resposta variável. Os estudantes devem reconhecer que nenhum organismo pode existir de forma independente sem interagir com os demais seres vivos e com o ambiente físico em que vive. Por isso, o declínio ou a introdução de espécies pode afetar, positiva ou negativamente, a sobrevivência dos demais seres vivos que habitam o mesmo ambiente. A introdução de espécies pode levar a uma competição por recursos do meio (alimento, espaço, parceiros, entre outros) assim como a extinção de uma espécie pode afetar a população de seus predadores e de todas as espécies que obtêm os benefícios dessa interação.
3. Resposta variável. Espera-se que os estudantes percebam que, de modo geral, modelos matemáticos são usados para descrever os comportamentos observados pelos biólogos (ecólogos) e ajudam a compreender como acontece a interação entre as espécies. Assim, gráficos, estimativas da quantidade de indivíduos de cada população, dados estatísticos e cálculos de probabilidade, entre outros recursos matemáticos, são fundamentais para o estudo da Ecologia. Quando se tem um modelo confiável, é possível avaliar a evolução das espécies ao longo do tempo e prever o que pode ocorrer no sistema no caso de alguma intervenção.

Ciência se discute – Atividades humanas afetam interações entre plantas e aves dispersoras de sementes (página 348)

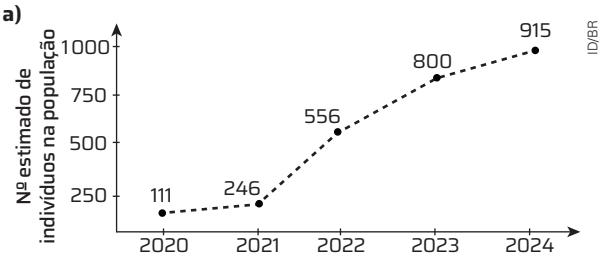
1. O objetivo do estudo foi verificar a rede de interações entre espécies envolvendo uma comunidade de artrópodes e uma planta hospedeira (*Baccharis dracunculifolia*, o alecrim-do-campo). A metodologia envolveu o conhecimento reunido em estudos anteriores sobre a relação do alecrim-do-campo com outras espécies, para, de forma seletiva, observar a dinâmica da comunidade a partir da remoção e da adição de espécies. Comente que, durante o processo investigativo, os cientistas podem se valer de dados obtidos em pesquisas anteriores, realizadas por outros pesquisadores, e usá-los como referência.

Roteiro (página 357)

6. Quanto mais complexo for o ecossistema, mais numerosas serão as relações ecológicas e maior a variedade de condições ambientais e de recursos disponíveis. Isso permite que a flora e a fauna apresentem nichos mais diversificados, aumentando tanto a diversidade quanto a biomassa do ecossistema. Nas comunidades pioneiras, a quantidade de matéria orgânica sintetizada pelos produtores, por fotossíntese, é maior do que a necessária para a sustentação de toda a comunidade. Nos estágios mais tardios da sucessão, a quantidade de matéria orgânica requerida pelas populações aumenta muito, e a biomassa produzida tende a ser consumida na manutenção dessas populações. Há, portanto, certa estabilidade entre o que é produzido e o que é consumido.

Atividades (páginas 358 e 359)

2. a)



A população apresenta crescimento sigmoide, real ou não exponencial. Nesse caso, o crescimento real é resultante do potencial biótico da espécie menos a resistência imposta pelo meio.

b) Inicialmente, devido ao pequeno número de indivíduos, o crescimento da população é lento. Como ocorreu um aumento do número de indivíduos, o ritmo acelerou (de 135 para 310), descrevendo uma curva de crescimento exponencial. Mas, à medida que a população cresceu, sua densidade aumentou e a resistência do meio se tornou mais severa. Assim, como a resistência do meio se intensificou, o crescimento da população diminuiu: 244, em 2023, e 115, em 2024. A resistência ambiental ocorre quando o número de indivíduos aumenta excessivamente e, por falta de recursos alimentares, abrigo ou pela ação de predadores, parasitas ou de competição, acaba por levar ao equilíbrio entre natalidade e mortalidade, diminuindo o crescimento real da população.

7. O controle biológico consiste na introdução no ambiente de um parasita ou de um predador da espécie que se deseja combater. O uso da bactéria *Wolbachia* promove a introdução dessa bactéria em mosquitos que disseminam arboviroses. O controle biológico tem como objetivo reduzir a densidade populacional dos organismos que prejudicam certas culturas, já a introdução das bactérias visa impedir a reprodução dos arbovírus dentro dos mosquitos, impedindo a disseminação das doenças que eles causam.

9. **b)** A quantidade de nutrientes disponibilizados para as duas populações não foi suficiente para suportar o crescimento de ambas. Assim, o mais provável é que as espécies **A** e **B** tenham competido por alimento. A espécie **A** tinha mais recursos para adquiri-lo, levando a espécie **B** à extinção.

   c) G. F. Gause, em um experimento semelhante com duas espécies de protozoários (*Paramecium caudatum* e *Paramecium aurelia*), postulou o Princípio da Exclusão Competitiva. Segundo esse princípio, duas ou mais espécies não podem coexistir quando utilizam os mesmos recursos do mesmo hábitat de maneira muito semelhante.

FECHAMENTO DA UNIDADE (PÁGINAS 360 A 363)

Pensando Ciências – Como estimar a biodiversidade alimentar da sua comunidade? (páginas 360 e 361)

- O trabalho desta seção, ao envolver a elaboração e a comparação de índices e de algoritmos entre os colegas da turma, promove a habilidade **EM13CNT302**. Favorece também o desenvolvimento da competência específica **CECNTEM3** e da competência geral **CGEB2**, ao levar os estudantes a utilizar procedimentos e linguagens próprios das Ciências da Natureza para propor soluções que considerem demandas locais, regionais e/ou globais, assim como utilizar a investigação, a criticidade e a criatividade, a fim de buscar e propor soluções para problemas reais. Além de explorar a habilidade **EM13CNT206**, ao propor uma discussão sobre a importância da preservação e conservação da biodiversidade, no âmbito da alimentação, o trabalho com a seção também permite trabalhar o tema contemporâneo transversal **Educação alimentar e nutricional**.
- Aproveite as etapas "Abstraindo o problema e Buscando soluções" para retomar os índices qualitativos e quantitativos de biodiversidade estudados na unidade. Observe se os estudantes procedem de forma semelhante para construir os índices que vão ajudá-los a solucionar o problema. Para cada proposta apresentada, proponha uma conversa coletiva e avalie se os índices propostos, de fato devem ajudá-los a responder à pergunta inicial. Oriente-os em caso de dúvidas conceituais ou em fontes de pesquisa, se for o caso.

RESPOSTAS E COMENTÁRIOS

Pensando Ciências – Como estimar a biodiversidade alimentar da sua comunidade? (páginas 360 e 361)

3. Respostas pessoais. Motive os grupos a pensar em medidas ou em campanhas que promovam o consumo de alimentos *in natura*, especialmente de alimentos biodiversos. Dessa forma, promove-se o trabalho com o tema contemporâneo transversal **Educação alimentar e nutricional**. Auxilie-os, ampliando a discussão para o fato de que a comida faz parte de um sistema alimentar, ou seja, de uma cadeia de produção, distribuição e consumo que, em geral, começa no plantio.

ATIVIDADES DE PREPARAÇÃO

1. (**Facig-MG**) No pantanal, muitas espécies de aves, insetos, aranhas, mamíferos e plantas interagem entre si, e, embora só as plantas e os animais sejam mais fáceis de serem identificados, existem, ainda, muitos microrganismos, importantes para a manutenção do equilíbrio do ambiente. Esses fatores bióticos representados pelos seres vivos que vivem no mesmo ambiente constituem um(a)

   a) biosfera.
   b) população.
   c) ecossistema.
   d) comunidade.

Alternativa **d**. Uma comunidade engloba os diferentes organismos e microrganismos que convivem no mesmo ambiente em interação. Alternativas incorretas: a) A biosfera engloba todos os ecossistemas da Terra. b) População são indivíduos de uma mesma espécie que habitam o mesmo local. c) Ecossistema é formado por fatores abióticos e bióticos que interagem entre si em determinada área.

2. (**Fatec-SP**) Em uma região de mata, foi observada uma cadeia alimentar formada por gafanhotos que se alimentam de plantas e servem de alimento para passarinhos, que, por sua vez, são predados por gaviões.

   Sobre essa cadeia alimentar, assinale a alternativa **correta**.

   a) Os passarinhos pertencem ao nível trófico dos consumidores primários, pois se alimentam dos gafanhotos.
   b) O aumento da população de gaviões, nessa região, acarretará a consequente redução populacional das plantas.
   c) Os gafanhotos atuam na fixação do gás nitrogênio da atmosfera, transformando-o em nitratos aproveitados pelos vegetais.
   d) A diminuição da população de passarinhos, nessa região, acarretará a consequente redução populacional dos gafanhotos.
   e) As bactérias atuam como decompositores dos gafanhotos, transformando a matéria orgânica morta em carboidratos.

Alternativa **b**. Os gaviões são os predadores dos passarinhos.

3. (**IFPR**) As relações ecológicas podem ocorrer entre indivíduos da mesma espécie ou entre indivíduos de espécies diferentes. Algumas relações promovem benefícios para todos os envolvidos; outras são benéficas para uma parte e indiferentes para outra; e também existem relações nas quais o benefício de um indivíduo significa o prejuízo do outro. Sobre esse tema considere as afirmativas abaixo:

   I. Relações intraespecíficas podem ser classificadas em cooperação e competição.
   II. Mutualismo é uma relação interespecífica de cooperação do tipo obrigatória.
   III. Comensalismo é um tipo de relação interespecífica, na qual as duas espécies são beneficiadas pela associação.
   IV. Predação é um tipo de relação interespecífica, que ocorre somente em animais de grande porte.

   Estão **corretas** apenas:

   a) II, III e IV.
   b) I, II e III.
   c) I e II.
   d) I e III.

Alternativa **c**. Alternativas incorretas: **III.** No comensalismo só uma das duas espécies será beneficiada. **IV.** O porte do animal não está relacionado ao fato de ser um predador, por exemplo, a raposa que caça pequenos herbívoros.

8 AMBIENTES E CONSERVAÇÃO

INTRODUÇÃO

Esta unidade trabalha a relação do ser humano com o meio ambiente. O capítulo 1 discute as consequências das ações humanas no meio ambiente, evidenciando os modos de consumo da sociedade. No capítulo 2, são apresentados os biomas brasileiros, suas características bióticas e abióticas, e os principais impactos ambientais. No capítulo 3, são trabalhadas as estratégias de conservação ambiental no Brasil, além de estratégias globais, como os acordos e os tratados internacionais.

Ao final da unidade, a seção *Estudo de caso* aborda uma situação real, autêntica e contextualizada sobre a importância de estratégias de conservação biológica.

Os objetivos da unidade se articulam a este e a outros contextos, bem como ao desenvolvimento de competências e habilidades. Nesta unidade, são promovidas as competências gerais **CGEB1**, **CGEB2**, **CGEB3**, **CGEB5**, **CGEB6**, **CGEB7**, **CGEB9** e **CGEB10**. Também são desenvolvidas as competências específicas e habilidades das áreas de Ciências da Natureza e suas Tecnologias, por exemplo, a habilidade **EM13CNT206**, que leva os estudantes a justificar a importância da preservação e da conservação da biodiversidade e a avaliar os efeitos da ação humana e das políticas ambientais para a garantia da sustentabilidade do planeta.

Sugestão de planejamento

Ao planejar as aulas e atividades para esta unidade, procure estimular o trabalho interdisciplinar. Os estudantes devem se ver como sujeitos ativos e fundamentais na busca de soluções para os problemas que enfrentam. Nesse sentido, procure estimular pesquisas, debates e trabalhos em grupo, além de explorar outros espaços e novas formas de organizar a sala de aula, como dispor os estudantes em círculos, e priorizar atividades e ações que promovam a relação deles com a comunidade do entorno. Nessas perspectivas, além de explorar as atividades dos boxes *Ação e cidadania* da unidade, convide o(a) professor(a) de Geografia para, em parceria, desenvolver a seção *Práticas de Ciências* (p. 380).

MAPA DA UNIDADE

CAPÍTULO	OBJETIVOS	COMPETÊNCIAS	HABILIDADES	TEMAS CONTEMPORÂNEOS TRANSVERSAIS
1	• Compreender os impactos causados pelo ser humano no ar, na água e no solo. • Relacionar a atividade humana ao aumento da concentração dos gases de efeito estufa. • Relacionar o saneamento básico à saúde e à qualidade de vida da população. • Compreender que o saneamento básico é um direito da população.	CGEB2 CGEB7 CGEB8 CGEB10 CECNTEM1 CECNTEM2 CECNTEM3	EM13CNT104 EM13CNT203 EM13CNT206 EM13CNT207 EM13CNT301 EM13CNT302 EM13CNT304 EM13CNT309 EM13CNT310	Educação em direitos humanos Saúde
2	• Reconhecer as principais ameaças aos ecossistemas. • Identificar os riscos aos biomas brasileiros. • Compreender a importância dos povos tradicionais na preservação dos biomas brasileiros. • Reconhecer a importância da preservação dos biomas brasileiros.	CGEB1 CGEB2 CGEB3 CGEB6 CGEB7 CGEB9 CGEB10 CECNTEM2 CECNTEM3	EM13CNT203 EM13CNT206 EM13CNT301 EM13CNT303	Diversidade cultural
3	• Compreender a importância das políticas de preservação ambiental. • Compreender o conceito de desenvolvimento sustentável. • Diferenciar os tipos de unidades de conservação e reconhecer sua importância na preservação da biodiversidade brasileira.	CGEB4 CGEB5 CGEB6 CGEB7 CECNTEM1 CECNTEM2 CECNTEM3	EM13CNT103 EM13CNT206 EM13CNT301 EM13CNT302 EM13CNT305 EM13CNT309 EM13CNT310	
Fechamento da unidade	• Analisar um projeto de conservação do mico-leão-dourado. • Reconhecer e refletir sobre a importância de estratégias de conservação ambiental.	CGEB2 CGEB7 CGEB10	EM13CNT203 EM13CNT206 EM13CNT301	

ORIENTAÇÕES DIDÁTICAS

ABERTURA DA UNIDADE (PÁGINAS 364 E 365)

- A foto de abertura da unidade pode ser utilizada para instigar a curiosidade dos estudantes e iniciar uma discussão sobre os conhecimentos prévios deles. Pergunte a eles, por exemplo, se essa imagem é familiar para eles ou se já viram ou ouviram falar do cultivo de florestas. Mencione que a silvicultura fornece muitos produtos e subprodutos. A madeira, por exemplo, é destinada à construção civil ou à fabricação de móveis e fornece matéria-prima para a indústria de papel e celulose. Além da extração de resinas, essências e óleos essenciais que são utilizados em diversas aplicações industriais, as árvores também são uma importante fonte de energia renovável, por meio da biomassa e do carvão vegetal. Ao comentar sobre tais usos, provoque a turma questionando se essa atividade extrativista é prejudicial ou sustentável e peça aos estudantes que justifiquem suas respostas. Essa e as demais questões da abertura permitem o trabalho com a competência específica **CECNTEM2** e com a habilidade **EM13CNT203**.

RESPOSTAS E COMENTÁRIOS

Questões para refletir (página 364)

1. Resposta pessoal. A silvicultura pode contribuir para preservar o solo, as nascentes e para reduzir os gases de efeito estufa. Por outro lado, o plantio de uma única espécie está relacionado à perda de biodiversidade e ao uso de insumos químicos que podem comprometer a qualidade do solo e da água. Outro aspecto importante é se o plantio será feito em áreas degradadas, o que pode gerar benefícios ambientais, ou em áreas de florestas nativas, podendo gerar impactos negativos. As condições de trabalho, o transporte das mercadorias e o seu uso também são aspectos importantes a serem considerados nessa discussão.
2. A conservação de florestas e a regeneração de áreas degradadas promove a captação de carbono da atmosfera, visto que as etapas de crescimento das árvores estão associadas ao sequestro de carbono da atmosfera e, assim, ao cumprimento de metas de redução de carbono associadas às mudanças climáticas.

CAPÍTULO 1 AS AÇÕES DO SER HUMANO NO AMBIENTE (PÁGINA 366)

- Pode-se iniciar a discussão do tema do capítulo questionando os estudantes sobre o padrão de consumo da sociedade: "Esse consumo é elevado?"; "Qual é a origem da matéria-prima dos produtos que consumimos?"; "Qual é o impacto ambiental da produção desses produtos?"; "Qual é o destino desses produtos quando os descartamos?". Enfatize que toda a cadeia produtiva provoca impactos ambientais e sociais.

O impacto humano sobre o ar (páginas 367 a 369)

- Ao falar dos principais poluentes do ar, é importante relacioná-los com sua principal fonte; dessa forma, os estudantes podem refletir e sugerir formas de reduzir a emissão desses poluentes, desenvolvendo aspectos da competência específica **CECNTEM1** e das habilidades **EM13CNT104** e **EM13CNT309**.
- O aquecimento global é um tema bastante presente na mídia, por isso, é interessante iniciar a aula questionando os estudantes sobre o que eles sabem a respeito desse assunto e apresentar alguma matéria recente sobre o tema.
- É importante que os estudantes compreendam que o efeito estufa é um processo natural e que o aquecimento global é um agravamento desse processo. Essa discussão promove o desenvolvimento da competência específica **CECNTEM1** e da habilidade **EM13CNT203**.
- O buraco na camada de ozônio foi um dos primeiros problemas ambientais a ser combatido em escala global. Os efeitos positivos da adoção de medidas de prevenção e de conservação para reverter problemas como esse favorece o trabalho com as habilidades **EM13CNT104** e **EM13CNT206**.

SUGESTÃO DE AULA

- De acordo com a Academia brasileira de Letras (ABL), entre as definições atribuídas à "pós-verdade" está "informação ou asserção que distorce deliberadamente a verdade, ou algo real, caracterizada pelo forte apelo à emoção, e que, tomando como base crenças difundidas, em detrimento de fatos apurados, tende a ser aceita como verdadeira, influenciando a opinião pública e comportamentos sociais." Assim, em parceria com o(a) professor(a) de Linguagens (ou de Geografia), converse com os estudantes sobre esse conceito e verifique se eles conhecem algum exemplo para compartilhar.
- Como forma de verificar a compreensão deles sobre o tema, peça-lhes que criem uma frase com essas características e, depois, compartilhem a frase com os colegas. Após discutirem aspectos falsos e verdadeiros dessas frases, apresente alguns exemplos de informações relacionadas às mudanças climáticas veiculadas na mídia: "O clima sempre mudou no passado, então por que se preocupar"; "A mudança climática pode ser boa para nós"; "O nível do mar não está subindo. São apenas as marés". "O CO_2 não é um poluente, ele é essencial para vida no planeta.". Identifiquem a crença que embasa essas frases e conversem sobre os motivos que poderiam justificar a propagação desse tipo de informação, além de debater sobre as suas consequências e as formas de enfrentar esse problema.
- Separe a turma em grupos e distribua as frases entre eles. Proponha que cada integrante faça uma pesquisa sobre o tema e selecione contra argumentos, que correspondam a fatos apurados, baseados em dados científicos e obtidos em fontes confiáveis de pesquisa. Ao final, os integrantes devem compartilhar esses dados com o grupo para que possam, então, redigir um breve texto confrontando a informação inicial. Esses textos, em formato de cartazes, podem ser anexados em painéis da sala de aula, em diferentes espaços da escola, ou ainda, divulgados em estabelecimentos comerciais, pontos de ônibus, espaços públicos, entre outros locais da comunidade. Dessa forma, trabalha-se com a competência específica **CECNTEM3**.

Biologia e Geografia – Deslocamentos climáticos (páginas 370 e 371)

- Inicie a discussão fazendo uma breve retrospectiva histórica. Mencione que há vestígios arqueológicos de deslocamentos humanos desde a pré-história. No século XV, porém, com o surgimento dos Estados nacionais, estabeleceu-se um maior

controle da circulação de bens e pessoas nas fronteiras. Ainda assim, os deslocamentos se tornam mais frequentes e volumosos no início do século XIX, principalmente devido às consequências do desenvolvimento tecnológico e científico do período. No século XX, por sua vez, a Primeira e a Segunda Guerras Mundiais (1914-1918 e 1939-1945) culminaram com a migração de grandes contingentes humanos. Atualmente, os deslocamentos devido a situações de guerras e conflitos somam-se aos deslocamentos decorrentes de desastres relacionados a mudanças climáticas.

- A seção oferece subsídios para os estudantes dicutirem o conceito de refugiado climático e, assim, propicia o desenvolvimento da competência geral **CGEB7** e da habilidade **EM13CNT207**, além do tema contemporâneo transversal **Educação em direitos humanos**.

O impacto humano sobre a água
(páginas 372 a 374)

- Ao trabalhar a questão da água, pode-se questionar os estudantes sobre o que eles consideram poluição, pois, muitas vezes, um rio ou córrego só é considerado poluído quando tem lixo ou quando ocorre uma grande mortandade de peixes. Explique a eles que produtos químicos que não alteram o cheiro ou a cor das águas também são considerados poluentes, pois contaminam a vida aquática e tornam a água imprópria para o consumo.
- Considere propor aos estudantes que selecionem notícias sobre a poluição das águas e peça-lhes que identifiquem a causa da poluição, as consequências e as providências que estão sendo tomadas. Nesse sentido, são desenvolvidas a competência específica **CECNTEM1** e as habilidades **EM13CNT104** e **EM13CNT203**.

O impacto humano sobre o solo
(páginas 375 a 377)

- Inicie a abordagem do tema questionando os estudantes sobre os impactos da ação humana sobre o solo que eles conhecem. Pode ser interessante contextualizar o tema com artigos, reportagens e exemplos próximos da realidade deles.
- Em parceria com o(a) professor(a) de Geografia, pode-se discutir o processo de urbanização da região onde os estudantes vivem, respondendo às seguintes questões:

1. Como se formaram as principais cidades da região?
2. Os contornos dos rios foram preservados ou houve processo de canalização?
3. Foram preservadas áreas de mata ao redor das cidades?
4. Existem parques urbanos?
5. Existe saneamento básico para todos os moradores?

- Ao falar sobre poluição do solo, pode-se retomar a discussão sobre a importância dos fertilizantes e dos biocidas na agricultura moderna e dos efeitos de seu uso a longo prazo, trabalhando, assim, aspectos da habilidade **EM13CNT304**.
- A leitura e a discussão do texto do boxe *Ação e cidadania* (p. 377) desenvolve as competências gerais **CGEB8** e **CGEB10**, e a habilidade **EM13CNT207**, uma vez que, além de discutir cuidados com a saúde emocional vinculada às mudanças climáticas, estimula os estudantes a pensar em soluções individuais e coletivas sustentáveis.

Saneamento básico (páginas 378 e 379)

- Pode-se discutir a situação do saneamento básico no bairro em que a escola está localizada. Uma análise mais aprofundada dessa questão será desenvolvida com a aplicação da atividade prática "De olho no saneamento básico", proposta na seção *Práticas de Ciências* (p. 380). Caso seja possível, organize uma visita guiada a uma estação de tratamento de água e esgoto ou a um aterro sanitário.
- Apresente aos estudantes os dados sobre a cobertura dos serviços de saneamento básico no Brasil, analisando com eles os mapas apresentados no Livro do Estudante e identificando as regiões com menor cobertura de serviços de água, de coleta de lixo e de esgoto.
- Discuta a relação entre saneamento básico e saúde, tendo como base a habilidade **EM13CNT104**, e o tema contemporâneo transversal **Saúde**, visto que a falta de água limpa e a coleta de esgoto favorecem o surgimento de doenças de transmissão feco-oral, propagadas por insetos e ratos.
- A atividade 3, proposta no boxe *Roteiro* (p. 379), estimula a discussão sobre os benefícios associados ao acesso universal aos serviços de saneamento básico, além de propiciar o desenvolvimento da habilidade **EM13CNT310**.

Práticas de Ciências – De olho no saneamento básico (página 380)

- Ajude os estudantes na organização dos grupos, apresente-lhes a proposta de investigação e oriente-os na pesquisa.
- Auxilie-os também a selecionar os indicadores e as perguntas de avaliação, como as listadas a seguir.

1. Fornecimento de água: É comum haver falta de água em sua casa? Com que frequência? Qual é o aspecto da água que chega à sua residência?
2. Coleta de esgoto: Há esgoto a céu aberto perto de sua casa? Você vê rios ou riachos contaminados nas imediações?
3. Drenagem urbana: Em dias de chuva, as ruas do bairro ficam alagadas? Há bueiros nas ruas? Você tem conhecimento de alguma obra em andamento ou concluída para melhorar a questão das enchentes no bairro?
4. Coleta de lixo: Há coleta de lixo no bairro? Qual é a frequência da coleta de lixo? Há muito lixo espalhado pelas ruas do baixo? Há coleta seletiva?

- Perguntas do tipo quantitativa são mais simples e mais objetivas de ser analisadas. Para isso, oriente os estudantes a tabular os dados em tabelas ou em planilhas eletrônicas.
- Prepare a sala de aula para a apresentação dos grupos, se possível, com computador com acesso à internet e projetor.
- É importante que os grupos se apropriem da linguagem científica ao apresentar o problema, expondo os métodos de coleta e de análise de dados, interpretando e discutindo os resultados, de acordo com a competência geral **CGEB2**.
- Ao final, proponha a discussão das questões da etapa "Para concluir", conversando com os estudantes sobre a experiência de coleta e de análise dos dados. Converse com eles também sobre a experiência de discutir propostas para a elaboração do documento solicitando, às autoridades responsáveis, melhorias nos serviços de saneamento básico no bairro. Dessa forma, a seção favorece o desenvolvimento da competência geral **CGEB2**, da competência específica **CECNTEM3**, além das habilidades **EM13CNT301**, **EM13CNT302** e **EM13CNT310**.

FONTES COMPLEMENTARES

- *Como consumir de forma consciente*. São Paulo: Instituto Akatu, 2010. 1 vídeo (2 min). Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=jaxvbT3Hc7I&t=6s. Acesso em: 13 jun. 2024.

A animação aborda os problemas decorrentes do consumo exagerado na atualidade e aponta alternativas.

- *Ilha das flores*. Direção: Jorge Furtado. Brasil, 1989 (13 min). Disponível em: https://curtaedu.org.br/filme/?name=ilha_das_flores53322. Acesso em: 13 jun. 2024.

  O curta-metragem apresenta um retrato da sociedade de consumo, ao acompanhar a trajetória de um tomate, desde a plantação, passando pela comercialização e utilização até o descarte.

- Iniciativa Verde. Calcule sua pegada de carbono pessoal! Disponível em: https://www.iniciativaverde.org.br/calculadora. Acesso em: 22 out. 2024.

  O simulador permite calcular a pegada de carbono pessoal e descobrir a quantidade de árvores que precisam ser plantadas, anualmente, para compensar as emissões de carbono, entre outras opções.

- Philippi Jr., A.; Pelicioni, M. C. F. (ed.) *Educação ambiental e sustentabilidade*. São Paulo: Manole, 2005.

  A obra aborda o tema sustentabilidade e meio ambiente sob uma perspectiva interdisciplinar, demonstrando a importância das relações da educação ambiental com saúde, ambiente, direito, cidadania, política, cultura e sustentabilidade.

- Veiga, J. E. *O antropoceno e a Ciência do Sistema Terra*. São Paulo: Editora 34, 2019.

  No livro, o autor discute e propõe o desenvolvimento de uma nova ciência, a Ciência do Sistema Terra, cujo objetivo é integrar as Ciências da Natureza às Ciências Humanas, em prol de um planeta mais seguro, democrático e seguro para a sociedade.

ATIVIDADE COMPLEMENTAR

Debate sobre mudanças climáticas

No ano de 2023, em Dubai, nos Emirados Árabes, foi realizada a 28ª Conferência das Partes (COP-28) da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima (UNFCCC, na sigla em inglês). Essa Convenção partiu do princípio de que existem mudanças climáticas de causas antrópicas e que cabe aos países industrializados a maior responsabilidade em combatê-las. A COP, por sua vez, é o órgão decisório da Convenção, formada por 196 países que constituem as partes, reunindo-se anualmente para tomar decisões sobre as metas de combate às mudanças climáticas.

Oriente os estudantes a pesquisar sobre os resultados dessa conferência e também das conferências realizadas em anos anteriores. Peça a eles que pesquisem os documentos oficiais e também outras fontes, apontando os avanços e os retrocessos desses encontros. Uma das fontes que eles podem consultar é a página do *site* das Nações Unidas, disponível em: https://news.un.org/pt/story/2023/12/1824862 (acesso em: 12 jun. 2024).

Organize um debate posterior à pesquisa, propondo as seguintes questões:

- Que interesses foram representados nos últimos encontros?
- Qual é a posição dos países participantes da conferência em relação ao aquecimento global? Qual é a posição do Brasil?
- Houve algum acordo ou prevaleceu algum poder hegemônico?

A seguir, sugerimos alguns passos que podem fazer do debate em sala de aula uma atividade mais produtiva:

1. Sensibilize os estudantes em relação ao tema. A produção de painéis com textos, fotos e ilustrações pode compor essa etapa inicial.
2. Esclareça os conceitos novos com base no tema proposto.
3. Escolha o formato do debate: o tempo que cada estudante (ou cada grupo) terá para defender seus argumentos, qual a forma de interpelação, como se darão as respostas, etc.
4. Em seu papel de mediador, crie situações para que todos os estudantes deem sua contribuição.
5. Leve os estudantes a perceber que as ideias, quando debatidas, podem ser reformuladas como resultado da contribuição dos colegas.
6. Posteriormente, ou durante o debate, é desejável promover um exercício de reflexão, a fim de redirecionar suas ações.

Veja em *Textos complementares*, a seguir, algumas dicas sobre como orientar uma pesquisa bibliográfica e como desenvolver debates em sala de aula.

TEXTOS COMPLEMENTARES

Texto 1 – Dicas para orientar uma pesquisa bibliográfica

A pesquisa bibliográfica, essa importante ferramenta de estudo e de aprendizagem, é adotada como atividade corrente em diversas disciplinas. Consiste em utilizar fontes de leitura físicas, como livros, dicionários, jornais, revistas, gibis, folhetos e gravuras, além da mídia eletrônica, como a internet, revistas eletrônicas, portais e *blogs*.

Veja, a seguir, algumas considerações sobre a escolha e a aquisição das fontes de informação.

1. Discuta a natureza e os objetivos de uma pesquisa bibliográfica.
2. Apresente exemplos de fontes de pesquisa. Explore os recursos oferecidos pela escola.
3. Dê orientações específicas para a pesquisa na internet. Se mal orientada, pode ser pouco proveitosa. Indique a melhor forma de fazer a busca, explicando o que são palavras-chave. Sugira critérios para selecionar páginas confiáveis.
4. Mostre as etapas de um trabalho de pesquisa.
5. Explique como registrar as informações obtidas nas fontes.
6. Incentive os estudantes a fazer uso dos recursos da biblioteca da escola, caso haja disponibilidade.
7. Informe-os sobre direitos autorais e oriente-os a elaborar as devidas citações e referências bibliográficas.
8. Conscientize-os sobre a importância da leitura para a elaboração de trabalhos de pesquisa.
9. Solicite trabalhos que ponham em prática esses conhecimentos. É fundamental que os estudantes vivenciem experiências utilizando o máximo possível de fontes de informação.

Texto 2 – Dicas para conduzir um debate em sala de aula

[...]

O debate está centrado no exercício da argumentação como "uma atividade social discursiva que se realiza pela justificação de pontos de vista e consideração de perspectivas contrárias (contra-argumento) com o objetivo último de promover mudanças nas representações dos participantes sobre

o tema discutido"[...]. Embora o confronto entre argumento e contra-argumento não garanta mudanças de ponto de vista, o processo é pré-requisito fundamental para que mudanças de perspectiva possam ocorrer [...].

Ainda que a prática da argumentação ocorra em contextos sociais diversos e constitua recurso privilegiado de mediação em processos de construção de conhecimento [...], acreditamos que, em sala de aula, ela possa contribuir muito para a aprendizagem das ciências e para a formação do aprendiz-cidadão.

A realização de debates em sala de aula oferece aos alunos a oportunidade de exporem suas ideias prévias a respeito de fenômenos e conceitos científicos, num ambiente estimulante.

[...] O movimento da troca de ideias e da construção de conhecimentos é reforçado durante um debate e, desse modo, os alunos têm a chance de compreender melhor o caráter coletivo e dinâmico do trabalho científico. [...]

Para o professor, a realização de uma atividade como o debate exige sua intensa participação como mediador, pois são inúmeras as variáveis com as quais precisa lidar. Além de acompanhar as falas dos alunos, questioná-los e propor novos elementos para discussão, o educador deverá dispor [...] de criatividade para gerenciar os imprevistos que poderão aparecer.

[...]

Altarugio, M. H.; Diniz, M. L. O; Locatelli, S. W. O debate como estratégia em aulas de Química. *In:* Encontro Nacional de Ensino de Química, 14. *Anais eletrônicos* [...]. Curitiba: UFPR, 2008. Disponível em: http://qnesc.sbq.org.br/online/qnesc32_1/06-RSA-8008.pdf. Acesso em: 2 jun. 2024.

SUGESTÕES DE AVALIAÇÃO

- Aos estudantes que não atingirem os objetivos de aprendizagem esperado, é necessário identificar quais são os pontos que precisam de maior atenção. Dependendo do grau de dificuldade dos estudantes, pode-se recorrer a aulas para retomar e reforçar o conteúdo ou propor o trabalho em dupla com estudantes com melhor desempenho, de forma que eles se ajudem durante as aulas e na execução das atividades.
- Além dos conceitos, é importante avaliar os conteúdos procedimentais e atitudinais. Os conteúdos procedimentais podem ser avaliados durante as discussões propostas em sala de aula, durante a realização das atividades e das práticas; já os conteúdos atitudinais devem ser avaliados continuamente, pois referem-se à postura de cada estudante em sala de aula e ao modo como se relaciona com os colegas, funcionários e professores.

RESPOSTAS E COMENTÁRIOS

Para começar (p. 366)

3. Resposta pessoal. As queimadas, muitas vezes criminosas, realizadas para acelerar o desmatamento, liberam gás carbônico (CO_2) e outros gases, como metano (CH_4), monóxido de carbono (CO) e óxido nitroso (N_2O); todos são gases componentes de efeito estufa. O efeito estufa é um fenômeno de ocorrência natural, sem o qual seria improvável a vida na Terra. No entanto, quando a concentração dos gases de efeito estufa na atmosfera é alterada, com queimadas propositais, por exemplo, uma das consequências é o chamado aquecimento global, ou seja, o desequilíbrio climático da temperatura. Em longo prazo, esse fenômeno pode prejudicar biomas inteiros, afetando diretamente diversas espécies.

Roteiro (página 369)

1. a) A destruição natural do ozônio se intensifica com a liberação de determinados gases na atmosfera, provocada por atividades humanas. Os principais são os clorofluorcarbonetos (CFCs) e os hidroclorofluorcarbonetos (HCFCs), utilizados como propelentes em aerossóis, na fabricação de solventes, em sistemas de refrigeração e nos condicionadores de ar; o brometo de metila (BrMe) empregado na agricultura como biocida; e os óxidos de nitrogênio, produzidos pela indústria de adubos.

Biologia e Geografia - Deslocamentos climáticos (páginas 370 e 371)

1. Resposta pessoal. Os estudantes devem reconhecer que a temperatura média global é um dos indicadores observados pelos cientistas para analisar o aquecimento global. Assim, estatísticas referentes ao aumento da temperatura por um período relevante podem revelar a intensificação das mudanças climáticas. Trata-se de uma referência que permite avaliar riscos sociais, econômicos e ambientais desse aquecimento.

2. b) Respostas variáveis. Os estudantes devem discutir a importância de uma atualização no Estatuto do Refugiado a fim de incluir as pessoas impactadas pelas mudanças climáticas em suas políticas migratórias, permitindo, por exemplo, que eles usufruam direitos e cumpram deveres, assim como os estados ou países que os acolhem. Assim como ocorre com os demais refugiados, essas pessoas perdem tudo o que possuem e, em geral, encontram-se em situação precária e de desamparo, mesmo não mudando de país.

Ação e cidadania – Jovens processam 32 países por ansiedade climática (página 377)

2. a) Resposta pessoal. Caso julgue oportuno, após a pesquisa sobre ecoansiedade, promova uma nova pesquisa na sala de aula para estimar o grau de preocupação e de ansiedade dos estudantes em relação a determinados temas ambientais.

b) Resposta pessoal. Os estudantes podem mencionar que, além de se envolver em campanhas e fazer denúncias como essa, é possível se envolver de forma prática, como no caso das enchentes no Rio Grande do Sul, em 2023 e 2024, ajudando as vítimas por meio de doações. Enfatize que reduzir o consumo desse tipo de notícia e buscar fontes de informações confiáveis, assim como evitar o compartilhamento de *fake news* ou notícias sensacionalistas sobre o assunto, é muito importante para aliviar a ecoansiedade. Em casos em que a angústia está interferindo na qualidade de vida, é preciso procurar ajuda profissional, como um psicólogo ou psiquiatra.

Práticas de Ciências – De olho no saneamento básico (página 380)

4. Respostas variáveis. Espera-se que o pedido de melhoria reflita a situação de saneamento básico do bairro. Por exemplo, se os moradores entrevistados manifestarem maior insatisfação com a drenagem urbana, então esse serviço deve receber maior atenção da governança.

5. Os documentos vão variar de acordo com o serviço de saneamento escolhido pelos grupos. Considere solicitar aos estudantes que realizem a etapa de elaboração do documento

em colaboração com o(a) professor(a) de Linguagens, para adequar o conteúdo e a forma de escrita, além de verificar erros conceituais.

Atividades (página 381)

2. a) A superexploração agrícola, a deposição inadequada de resíduos e a chuva ácida. A agricultura intensiva utiliza fertilizantes industriais e biocidas que, em grandes quantidades, penetram no solo e atingem os aquíferos, contaminando-os por centenas de anos. Os metais pesados podem se acumular na camada superior do solo e, ao serem captados pelas raízes das plantas, são introduzidos na cadeia trófica dos ecossistemas. Podem causar intoxicação ou envenenamento de animais e de seres humanos. Resíduos urbanos e industriais depositados indevidamente em lixões ou aterros sanitários mal controlados produzem substâncias que contaminam os rios e as águas subterrâneas. A chuva ácida provoca a acidificação do solo e modifica a composição da comunidade vegetal, alterando todo o ecossistema.

CAPÍTULO 2 ECOSSISTEMAS BRASILEIROS (PÁGINA 382)

Os ambientes brasileiros (página 382)

- Este capítulo apresenta os biomas brasileiros. A exposição do conteúdo pode ser feita retomando diversos conceitos e temas estudados em momentos anteriores, como a adaptação, as relações ecológicas e a influência que os fatores abióticos podem exercer sobre os fatores bióticos, etc.
- Uma sugestão de abordagem é começar o trabalho pelo estudo do bioma em que a escola se encontra. Pode-se partir dos conhecimentos prévios dos estudantes e investigar se eles já visitaram áreas naturais, como parques e reservas, que reúnam fauna e flora representativas daquele bioma, e fazer algumas perguntas: "Quais são as características mais marcantes do bioma?"; "Outros biomas apresentam características como essas? Se sim, quais?".
- Neste capítulo são desenvolvidas as competências específicas **CECNTEM2** e **CECNTEM3**.

Ecossistemas aquáticos (páginas 383 e 384)

- É importante que os estudantes reconheçam que os ecossistemas aquáticos são extremamente sensíveis e que alterações na cadeia alimentar podem afetar todo o seu equilíbrio.
- Se possível, contextualize a aula com matérias e reportagens, mostrando aos estudantes casos de contaminação e de poluição dos oceanos e suas consequências ao ecossistema.
- Aproveite o tema "Ameaças aos ecossistemas marinhos" para discutir com os estudantes a importância de se adotar comportamentos de consumo pautados na sustentabilidade – como a redução no consumo, a reutilização de produtos em geral e a reciclagem de materiais. Além das iniciativas individuais, destaque a necessidade de uma mudança na cadeia produtiva que reduza os efeitos nocivos no meio ambiente.
- Pode-se realizar um estudo de meio de um rio, lago ou represa da região em que a escola está localizada, com o objetivo de coletar informações sobre o nível de preservação do ecossistema, analisar os aspectos ambiental e social e compreender como esses aspectos se relacionam entre si. Assim, um rio localizado em uma área urbana pode sofrer com derrame de esgoto e ser foco de doenças e enchentes que afetam a qualidade de vida da população.

Práticas de Ciências – Derramamentos de óleo: consequências e enfrentamento (página 385)

- Caso não tenha pó de giz disponível, é possível utilizar outros materiais, como neutrol ou óleo de cozinha misturado com pó de carvão, por exemplo.
- Caso tenha disponibilidade, utilize penas de ave para simular a contaminação de animais por derramamento de óleo. Peça aos estudantes que passem a pena na mistura de óleo. Em seguida, solicite-lhes que limpem a pena com três materiais diferentes: com um pedaço de algodão ou papel-toalha, com água e com uma mistura de água e detergente. Ao final, eles devem verificar qual desses materiais foi o mais eficiente. Aproveite para propor uma pesquisa sobre os efeitos do óleo sobre o corpo de aves e de mamíferos marinhos.
- Observe se os estudantes compreendem que o detergente é uma substância com capacidade de emulsionar (dissolver) outras substâncias, como óleos e gorduras. Comente com a turma que existem pesquisas tecnológicas dedicadas ao desenvolvimento de detergentes orgânicos, gerados a partir de bactérias, que são capazes de agir em casos de derramamento de óleo, sem prejudicar o ambiente.
- Antes de iniciarem os testes, os estudantes devem elaborar hipóteses a respeito de materiais eficientes para limpar o óleo da água. Anote as hipóteses dos grupos e, quando terminarem os testes, retome essas hipóteses e pergunte a eles se elas se confirmaram ou não. As questões propostas podem ser discutidas coletivamente. Dessa forma, a atividade possibilita o desenvolvimento da competência geral **CGEB2** e da específica **CECNTEM3**, além da habilidade **EM13CNT301**.

Mata Atlântica (páginas 386 e 387)

- A análise do mapa da página 386 possibilita aos estudantes visualizar o nível de degradação desse bioma ao comparar a porção original do bioma às áreas remanescentes.
- É importante que as discussões sobre conservação ambiental não foquem apenas nas responsabilidades individuais, como mudanças de comportamento, mas que também sejam discutidas as responsabilidades comunitárias e governamentais, de modo que os estudantes compreendam que parte da responsabilidade individual é cobrar políticas públicas que visem à proteção ambiental.
- As discussões sobre os direitos dos povos e das comunidades tradicionais se tornaram mais frequentes nos últimos anos; assim, é importante que os estudantes compreendam quem são esses povos e valorizem sua cultura e seus saberes. Nesse sentido, trabalham-se as competências gerais **CGEB6** e **CGEB9**.
- O texto "Povos tradicionais e biodiversidade no Brasil", do boxe *Ciência se discute* (p. 387), apresenta um projeto fundamentado na cooperação entre a comunidade científica e os detentores do conhecimento tradicional na busca por soluções ambientais. Aproveite para valorizar a diversidade de saberes, tema que permite o desenvolvimento da competência geral **CGEB6** e o trabalho com o tema contemporâneo transversal **Diversidade cultural**.

Floresta Amazônica (páginas 388 e 389)

- É interessante realizar um levantamento dos conhecimentos que os estudantes têm desse bioma.

- O desmatamento na Amazônia tem causado preocupação em ambientalistas fora e dentro do país, por isso, é importante analisar o gráfico apresentado na página 389 do Livro do Estudante e discutir com eles as diversas causas desse desmatamento.
- A série documental *Vozes da floresta*, dirigida por Thiago B. Mendonça (Brasil, 2020), disponível em: https://diplomatique.org.br/tv/vozes-da-floresta-ailton-krenak/ (acesso em: 9 ago. 2024), reúne 14 episódios, de aproximadamente uma hora cada, que apresentam entrevistas com lideranças ambientais da Amazônia. Sugere-se trabalhar uma dessas entrevistas em sala de aula para discutir o papel fundamental das comunidades tradicionais na preservação da floresta. A série e em ambos os recursos sugeridos no boxe *Para explorar* (p. 389), desenvolve-se a competência geral **CGEB3** (valorizar as manifestações artísticas sobre povos tradicionais).

Cerrado (páginas 390 e 391)

- Discuta a importância da preservação do hábitat das espécies endêmicas como forma de evitar sua extinção.
- Ao trabalhar a questão 2 do boxe *Roteiro* (p. 391) no Livro do Estudante, aproveite para explorar o objeto digital ***Mulheres da terra: o Cerrado somos nós***. Nesse ***podcast***, mulheres das comunidades de apanhadoras de flores e de quebradeiras de coco babaçu mostram os modos de vida dessas comunidades, com forte protagonismo de mulheres, e a sua relação com os campos, as águas e as florestas. Assim, enfatize a importância da sociobiodiversidade desses territórios para o enfrentamento da crise climática, assim como da permanência dessas pessoas em seus territórios.

Caatinga (páginas 392 e 393)

- Ao trabalhar o bioma Caatinga, pode-se utilizar a literatura como um recurso adicional. O livro *Os sertões*, de Euclides da Cunha, por exemplo, dedica todo um capítulo para descrever o sertão nordestino. Também é possível explorar a animação de *Morte e vida severina*, indicada em *Fontes complementares* (p. 537 deste Manual), cujo texto retrata as paisagens do sertão nordestino. Essas leituras podem ser feitas em parceria com o(a) professor(a) de Língua Portuguesa ou de Literatura. Esse trabalho permite o desenvolvimento da competência geral **CGEB3**.
- O boxe *Ação e cidadania* (p. 393) contribui para difundir e estimular iniciativas de ciência cidadã. Certifique-se de que os estudantes reconhecem que o cidadão atuante em uma iniciativa de ciência cidadã participa de uma atividade de aprendizado ou lazer e ainda colabora formalmente com um projeto de pesquisa. Enfatize que o resultado de tais pesquisas pode promover melhoria das condições sociais, ambientais, entre outras, ou a elaboração de novas políticas públicas.

Pantanal (páginas 394 e 395)

- É importante que, ao entrarem em contato com o modo de vida das comunidades tradicionais, os estudantes reconheçam que a característica comum a todos é a adoção de práticas menos danosas ao meio ambiente, desenvolvendo, assim, aspectos da competência geral **CGEB6** e das habilidades **EM13CNT203** e **EM13CNT206**.
- Considere trabalhar o documentário *500 almas*, sugerido no boxe *Para explorar* (p. 395), que conta a história dos indígenas Guató e sua luta pela demarcação de terras. Esse documentário explica o processo de demarcação de Terras Indígenas, um direito garantido pela Constituição de 1988. Essa atividade promove as competências gerais **CGEB7**, **CGEB9** e **CGEB10**.
- Ao trabalhar o boxe *Biologia e Matemática* (p. 395), subsidie a atividade apresentando dados estatísticos do estudo. Informe que a taxa de mortalidade foi mais alta entre os répteis (mais de 79% do total de animais mortos), sendo que mais de 95% deles eram serpentes e, entre as serpentes, 97% delas eram aquáticas. Note que, nesse caso, a redução na população de serpentes pode levar a um grande aumento da população de roedores, suas presas, no futuro. Ressalte que, por se tratar de um novo método, a falta de dados anteriores impede uma análise precisa dos impactos sofridos nessa ocasião. A falta de dados da densidade de cada população animal antes dos incêndios é outro fator que pode dificultar um rastreamento mais preciso dos impactos ecológicos. Assim, além de chamar a atenção para a importância da contribuição da matemática nesse contexto, a atividade promove o trabalho com a competência específica **CECNTEM3** e as habilidades **EM13CNT203** e **EM13CNT206**.

Pampa (página 396)

- O Pampa é um bioma ainda pouco protegido por áreas de conservação, o que coloca grande parte de seu território sob grande risco de degradação, principalmente por causa do avanço da pecuária. Além disso, os povos tradicionais que ocupam a área têm uma cultura rica e diversa.
- Na atividade 4 do boxe *Roteiro* (p. 396) no Livro do Estudante, oriente os estudantes na pesquisa sobre dados recentes das espécies ameaçadas de cada bioma e peça a eles que comparem, em cada um deles, o número de espécies em risco de extinção e a proporção de espécies endêmicas em extinção.
- O Brasil se caracteriza por uma ampla diversidade cultural. Portanto, ao trabalhar a questão 5 do boxe *Roteiro* (p. 396) no Livro do Estudante, em uma pesquisa sobre o modo de vida e a cultura das comunidades tradicionais de outras regiões do país, é possível estimular a valorização dessas culturas e quebrar estereótipos que acompanham muitos desses povos. Desse modo, desenvolvem-se as competências gerais **CGEB3**, **CGEB6** e **CGEB9** e promove-se o trabalho com o tema contemporâneo transversal **Diversidade cultural**.

Ciência tem história – A viagem filosófica de Alexandre Rodrigues Ferreira (página 397)

- O texto explora a visão utilitarista da natureza no século XVIII. Sua leitura permite desenvolver aspectos da leitura inferencial, exigindo a compreensão e a interpretação ao realizar conexões entre a informação obtida e seus conhecimentos prévios sobre o assunto. Mobilizam-se, assim, a competência geral **CGEB1** e a habilidade **EM13CNT303**.

FONTES COMPLEMENTARES

- Ab'Sáber, A. N. *Ecossistemas do Brasil*. São Paulo: Metalivros, 2006.

  O livro apresenta os aspectos fitogeográficos e abióticos dos principais biomas brasileiros.

- Bibiano, B. Como planejar o trabalho de campo em Geografia. Revista *Nova Escola*, 1º set. 2010. Disponível em: https://novaescola.org.br/conteudo/1628/como-planejar-o-trabalho-de-campo-em-geografia. Acesso em: 12 ago. 2024.

  O artigo apresenta estratégias para organizar trabalhos de campo em três formatos: excursão, estudo do meio e turismo educativo.

- Mapbiomas Brasil. Sistema de Estimativas de Emissões de Gases de Efeito Estufa do Observatório do Clima (SEEG/OC) e rede colaborativa. Disponível em: https://brasil.mapbiomas.org/. Acesso em: 12 ago. 2024.

  Essa plataforma inclui infográficos com mapas e dados de cobertura e uso da terra nos cinco biomas brasileiros.

- *Caatinga* – um bioma tipicamente brasileiro. São Paulo: TV Cultura, 2012 (6 min 14 s). Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=eVjrAlTpmqw. Acesso em: 12 ago. 2024.

  Reportagem realizada pela TV Cultura sobre a Caatinga.

- *Morte e vida severina em desenho animado*. Direção: Afonso Serpa. Brasil, 2012 (55 min 17 s). Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=rrhh_w75XMU&t=11s. Acesso em: 12 ago. 2024.

  Animação em 3D, baseada no livro homônimo de João Cabral de Melo Neto e adaptada em quadrinhos.

- Conservação para Ensino Médio – Biomas brasileiros. Laboratório de Ecologia da Paisagem e Conservação (Lepac). Disponível em: https://ecologia.ib.usp.br/lepac/conservacao/ensino/biomas_texto.htm. Acesso em: 12 ago. 2024.

  O *site* apresenta textos simples, animações e imagens como forma de auxiliar os estudantes na compreensão de conceitos relacionados à conservação biológica.

- Townsend, C. R.; Begon, M.; Harper, J. L. *Fundamentos em ecologia*. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2010.

  O livro explora os principais conceitos da ecologia clássica com uma abordagem holística.

ATIVIDADE COMPLEMENTAR

Debate sobre desenvolvimento sustentável

Com base no texto "A vida na lama", disponível em: https://revistapesquisa.fapesp.br/a-vida-na-lama/ (acesso em: 22 out. 2024), e em elementos presentes no texto "Povos tradicionais e biodiversidade do Brasil", da seção *Ciência se discute* (p. 387), entre outras fontes de pesquisa, proponha um debate sobre as medidas de proteção ambiental vigentes no Brasil, para responder às seguintes questões: "Como promover o desenvolvimento nas regiões de floresta?"; "Como conciliar melhores condições de vida para as populações locais com a conservação ambiental?"; "O termo natureza inclui também os seres humanos?"; "É possível nos integrar a esse complexo sistema que é a natureza?".

Na seção *Textos complementares* (p. 533 deste Manual), são apresentadas algumas orientações sobre a realização de debates em sala de aula.

SUGESTÕES DE AVALIAÇÃO

- A avaliação deve ser feita ao longo de todo o processo de aprendizado, levando em consideração a participação dos estudantes durante as aulas, no desenvolvimento de atividades extraclasse, nas discussões propostas e na atividade prática proposta no capítulo.
- As atividades propostas no boxe *Roteiro* podem servir como avaliação formativa. Esse tipo de avaliação pode gerar, com rapidez, informações úteis sobre as etapas vencidas e as dificuldades encontradas, estabelecendo um *feedback* contínuo sobre o andamento do processo de ensino e de aprendizagem.
- Sugerimos, como forma adicional de avaliação, a elaboração de um grande mapa de biomas pela turma, de forma que os estudantes possam utilizar o conhecimento adquirido na elaboração de um material de referência.

RESPOSTAS E COMENTÁRIOS

Ciência se discute – Povos tradicionais e biodiversidade no Brasil (página 387)

1. O Ministério do Meio Ambiente (MMA) define serviços ecossistêmicos como "benefícios fundamentais para a sociedade gerados pelos ecossistemas, em termos de manutenção, recuperação ou melhoria das condições ambientais, refletindo diretamente na qualidade de vida das pessoas". Nesse sentido, contribuições para a conservação da biodiversidade podem ser consideradas serviços ecossistêmicos, como a pesquisa e a exploração de plantas medicinais e alimentícias não convencionais, a preservação de mananciais e a conservação do solo, entre outras.

Roteiro (página 391)

2. Os estudantes devem mencionar que, entre as principais ameaças ao bioma Mata Atlântica, estão os desmatamentos causados pela extração de pau-brasil e pelos ciclos econômicos (cana-de-açúcar, café, etc.), pela agropecuária, pela exploração predatória de madeiras e de diversas espécies vegetais, pela comercialização de animais silvestres, além dos impactos ambientais causados pela expansão urbana desordenada, pela industrialização, pela pesca predatória, pelo turismo desordenado, pelo consumo excessivo e a consequente produção de lixo. O bioma da floresta Amazônica, por sua vez, tem sido fortemente ameaçado pela exploração desordenada de seus recursos, principalmente da madeira, pela expansão da agropecuária, além do garimpo e da mineração, atividades essas que têm causado um aumento cada vez maior das áreas desmatadas. Além disso, a construção de obras de infraestrutura, como as hidrelétricas, representam ameaças a esse bioma. No Cerrado, a principal ameaça está relacionada à expansão agropecuária, com a monocultura intensiva de grãos e a pecuária extensiva de baixa tecnologia. Diante desse cenário, espera-se que os estudantes reconheçam que os povos e as comunidades tradicionais, em geral, praticam modos de produção que favorecem a manutenção dos recursos naturais e da biodiversidade, bem como promovem a conservação dos ciclos hidrológicos e outros aspectos importantes para esses biomas.

Ação e cidadania – Ciência cidadã e conservação (página 393)

3. Respostas variáveis. Comente com os estudantes que uma das formas de contribuir e publicar registros de ocorrência de espécies pelo cidadão cientista é por meio do Projeto iNaturalist "Participe da Rede SiBBr". Os estudantes podem ser orientados a observar espécies na região em que residem e registrá-las, preferencialmente com imagens, sons e descrições. Em seguida, eles (ou o(a) professor(a) responsável) devem baixar o aplicativo iNaturalist, disponível em: https://www.sibbr.gov.br/cienciacidada/participe-da-rede-SiBBr.html (acesso em: 12 ago. 2024) para compartilhar os organismos observados com especialistas e tentar identificá-los. Essa atividade contribui para o trabalho com a competência geral **CGEB2**.

Roteiro (página 394)

3. Os estudantes devem identificar que o Pantanal é um bioma adaptado ao fogo e se recupera em ciclos, mas a combinação de alta temperatura e clima mais seco elevou essa

ocorrência ao nível mais alto desde 1980. A remoção da cobertura vegetal para a agricultura e a pecuária reduz a quantidade de água do território e contribui para a seca, tornando-se uma das principais causas dos incêndios no Pantanal. Dados atuais mostram que a atividade humana representa cerca de 84% das causa dos incêndios no bioma, sendo 16% por meios naturais.

Atividades (páginas 398 e 399)

1. b) A ocorrência de queimadas periódicas limita o desenvolvimento da vegetação de maior porte e mantém, nos campos cerrados, a predominância do estrato herbáceo com distribuição esparsa de árvores e arbustos. Portanto, o fogo contribui para caracterizar o Cerrado.

3. b) As inundações promovem a distribuição dos sedimentos das águas dos rios, ricos em nutrientes, fertilizando as áreas inundadas, aumentando a produtividade; além disso, existem regiões que ficam permanentemente inundadas, outras temporariamente inundadas e áreas secas. Essa diversidade de hábitats favorece o desenvolvimento da biodiversidade.

c) Ao utilizarem o *link* indicado na atividade, oriente os estudantes a localizar a "Plataforma de mapas de dados" e a clicar no ícone "água". Ao acessar a plataforma, será possível identificar o mapa do Brasil no centro da tela. Eles devem então clicar sobre a área correspondente ao Pantanal, neste mapa, e notar, no lado direito da tela, o gráfico "Série temporal da superfície d´água – Pantanal". Os estudantes devem observar a curva do gráfico, assim como identificar e explorar os dados para os anos quantificados no período (1985 a 2021).

4. a) Nas cabeceiras, as temperaturas são mais baixas, e a correnteza forte dificulta a permanência de organismos planctônicos e o acúmulo de sedimentos ricos em nutrientes no leito dos rios. Nos estuários, a temperatura mais elevada e a ocorrência de águas mais calmas favorecem o desenvolvimento do plâncton, base da cadeia alimentar, e o acúmulo de sedimentos ricos em nutrientes minerais procedentes das regiões mais elevadas.

5. d) No diagrama **A** pode estar representado o Cerrado, pelo predomínio de vegetação de médio porte com caules tortuosos; no diagrama **B** pode estar representada uma floresta tropical, como a floresta Amazônica ou a Mata Atlântica, devido à presença de diversos estratos de vegetação, com formação de dossel e espécies emergentes.

6. a) Um *hotspot* de biodiversidade corresponde a uma área do planeta que apresenta uma grande diversidade de espécies, com grande ocorrência de espécies que só ocorrem naquela região (espécies endêmicas) e sob risco de degradação.

7. c) Os estudantes podem mencionar que esses estudos são relevantes para entender quando as primeiras populações de *Homo sapiens* se fixaram em pontos da Amazônia e a densidade populacional de seus assentamentos, assim como conhecer os processos que levam à formação de solos férteis.

9. a) O plâncton e os pequenos animais ingerem as partículas e, como estas ficam retidas nos tecidos desses organismos, passam para outros seres vivos via cadeia alimentar. O ser humano se contamina ao ingerir frutos do mar e peixes contaminados.

b) Pesquisa do estudante. Além de poluentes, os microplásticos retêm pesticidas, metais pesados e outros poluentes encontrados nos oceanos, que são tóxicos e podem afetar a saúde dos seres humanos e de outros seres vivos.

10. a) As comunidades tradicionais se relacionam de forma respeitosa e sustentável com o ambiente em que vivem, além de ter um modo de vida intimamente relacionado ao local em que habitam. Essas comunidades têm cultura e saberes próprios, que devem ser preservados como patrimônio cultural do país, além de garantir a preservação ambiental da região em que vivem.

b) Respostas variáveis, dependendo do bioma e da comunidade da América do Sul. Algumas sugestões de comunidades tradicionais são: os povos Quéchua, Aymará e Uru-Uru (Bolívia), os Mapuche (Chile), os povos Kakataiobo, Isconahua, Matsigenka, Mashco-Piro, Mastanahua, Murunahua (ou Chitonahua), Nanti e Yora (Peru); entre outros.

CAPÍTULO 3 CONSERVAÇÃO AMBIENTAL (PÁGINA 400)

O que é conservação ambiental (página 400)

- Neste capítulo, serão apresentadas diferentes estratégias de conservação, por isso, é importante discutir o papel das políticas ambientais na preservação de ambientes, além de desenvolver as competências específicas **CECNTEM1**, **CECNTEM2** e **CECNTEM3**.

Desenvolvimento sustentável (páginas 401 e 402)

- Pode-se iniciar a aula questionando os estudantes sobre o que eles entendem por desenvolvimento sustentável e, em seguida, questioná-los sobre quais atitudes consideradas sustentáveis eles adotam no dia a dia.
- Ao discutir as metas da Agenda 2030, é importante destacar aquelas concernentes ao bem-estar social, como igualdade de gênero, erradicação da pobreza, acesso à saúde, garantia dos direitos sexuais e reprodutivos, de forma que eles sejam capazes de relacionar a sustentabilidade não só com a preservação da natureza, mas com a qualidade de vida para todos os seres vivos, incluindo os seres humanos.
- O texto "Agenda 2030, racismo ambiental e ativismo", do boxe *Ação e cidadania* (p. 402), contribui para a compreensão do racismo ambiental e apresenta elementos para que os estudantes possam refletir e debater o enfrentamento ao racismo estrutural, propiciando também o trabalho com a competência geral **CGEB7** e a habilidade **EM13CNT305**. Aproveite o conteúdo do boxe para enfatizar o protagonismo, a liderança e a atuação da ativista Amanda da Cruz Costa, uma jovem mulher negra de uma comunidade periférica, que atualmente representa grandes instituições nacionais e internacionais no debate sobre mudanças climáticas.

Estratégias de conservação ambiental (página 403)

- Ao abordar as estratégias de conservação ambiental, ressalte para os estudantes que essas estratégias costumam se complementar, visto que não existe uma estratégia única para a conservação ambiental, pois, geralmente, adota-se uma combinação de estratégias.
- Sugere-se trabalhar com estudos de caso. Para isso, selecione casos que relatem estratégias de conservação ambiental, para que os estudantes identifiquem as estratégias utilizadas e quais se mostraram bem-sucedidas. Recorra a reportagens e matérias sobre conservação do meio ambiente.

- O objeto digital *Aves e monitoramento ambiental* (p.403) pode ser usado para ilustrar uma das estratégias de conservação: o monitoramento de seres vivos a longo prazo. Comente que, em Ecologia, essa abordagem metodológica permite obter e acumular informações que podem fundamentar tomadas de decisões relacionadas à proteção de espécies ameaçadas, além de ajudar a elucidar os efeitos da fragmentação de habitats, por exemplo.

Ciência, tecnologia, sociedade e ambiente – Inovação e urgência no combate à emergência climática global (página 404)

- O texto da seção apresenta uma forma de desenvolver tecnologia que se assemelha a modelos competitivos como *realities shows*, programas televisivos que se popularizaram nos últimos anos. Assim, é interessante destacar a combinação da forma tradicional de pesquisa e de desenvolvimento de tecnologia, feita nas instituições de pesquisas, com o formato de jogo, mais dinâmico e prático da competição. Ressalte que a junção entre tais elementos torna esse tipo de iniciativa interessante e importante para as necessidades atuais de ação contra a emergência climática global.
- A atividade 3 desenvolve particularmente a habilidade **EM13CNT206**.

Unidades de Conservação (páginas 405 e 406)

- Inicie o tópico discutindo a importância de existirem diferentes formatos de Unidades de Conservação (UC). Retome o que já foi visto sobre as populações tradicionais e seu papel na preservação ambiental e resgate a discussão sobre a presença dessas comunidades nas Unidades de Conservação. Dessa forma, será possível desenvolver as habilidades **EM13CNT309**, **EM13CNT310** e a competência geral **CGEB6**.
- Explique aos estudantes que as Unidades de Conservação de Uso Sustentável foram uma vitória das comunidades extrativistas. O boxe *Ampliação* (p. 406) apresenta Chico Mendes e seu trabalho pela proteção das áreas das comunidades extrativistas. Trabalhe também o documentário sugerido no boxe *Para explorar* (p. 406), que aborda o modo de vida dessas comunidades em diferentes reservas de extrativismo e a luta para terem reconhecidos os seus direitos à terra.

Acordos internacionais sobre meio ambiente (página 407)

- É interessante iniciar a aula perguntando aos estudantes o que eles sabem sobre esses acordos internacionais. Leve para a aula algumas notícias sobre esses acordos para que eles tenham ideia de sua importância.
- Para tornar a aula mais dinâmica, organize a turma em grupos. Cada grupo pesquisará sobre um acordo internacional. O resultado da pesquisa deverá ser apresentado em forma de seminário, desenvolvendo aspectos da habilidade **EM13CNT302** (comunicar resultados de pesquisas).

Tecnologia aplicada à conservação ambiental (páginas 408 e 409)

- Ao trabalhar a tecnologia de sensoriamento remoto é importante retomar conceitos de radiação eletromagnética já estudados no Ensino Fundamental. Caso os estudantes tenham dificuldade, separe uma parte da aula para explicar o que é radiação eletromagnética. Esse assunto favorece o trabalho com aspectos da habilidade **EM13CNT103**, e pode ser conduzido em trabalho conjunto com o(a) professor(a) de Física.
- O trabalho com os boxes *Roteiro* e *Para explorar* (p.409), promove a competência geral **CGEB5**, ao levar os estudantes a compreender e utilizar tecnologias digitais de informação e comunicação de forma crítica, significativa, reflexiva e ética. Se necessário, durante a realização da atividade do boxe *Roteiro*, auxilie os estudantes na seleção de fontes de pesquisa. Oriente-os a priorizar as buscas em páginas de instituições de pesquisas, como universidades, *sites* do governo, jornais de grande circulação e revistas científicas.

Práticas de Ciências – Interpretação de imagens de sensoriamento remoto (página 410)

- Se houver disponibilidade de um projetor na escola, utilize-o para que os estudantes possam observar melhor as imagens a ser analisadas.
- Organize-os em grupos e estipule um tempo para que eles analisem as imagens e anotem suas conclusões no caderno. Ao fim do tempo estipulado, peça a cada grupo que apresente as conclusões a que chegou. Por fim, discuta com a turma as questões propostas.
- A atividade desenvolve a competência geral **CGEB4** e a habilidade **EM13CNT301**.

FONTES COMPLEMENTARES

- Conservação para Ensino Médio. Laboratório de Ecologia da Paisagem e Conservação (Lepac). Disponível em: https://ecologia.ib.usp.br/lepac/conservacao/ensino/desenvolvimento.htm. Acesso em: 22 out. 2024.

  Nesse *site*, há várias informações sobre temas como conservação ambiental, biodiversidade, biomas brasileiros, legislação ambiental.

- Diegues, A. C. (org.). *Etnoconservação da natureza*: enfoques alternativos. São Paulo: Annablume; Nupaub-USP; Hucitec, 2000. Disponível em: https://nupaub.fflch.usp.br/sites/nupaub.fflch.usp.br/files/Etnoconservacao%20livro%20completo.pdf. Acesso em: 22 out. 2024.

  Coletânea de artigos que discutem modelos de conservação de acordo com a realidade dos países tropicais, como o Brasil.

- Instituto Socioambiental. *Almanaque Brasil socioambiental*. São Paulo: ISA, 2008. Disponível em: https://almanaque.socioambiental.org/. Acesso em: 31 out. 2024.

  A publicação traz um panorama das grandes questões socioambientais contemporâneas.

- Nações Unidas Brasil. Transformando nosso mundo: a Agenda 2030 para o desenvolvimento sustentável. Disponível em: https://brasil.un.org/pt-br/91863-agenda-2030-para-o-desenvolvimento-sustent%C3%A1vel. Acesso em: 31 out. 2024.

  No *site*, encontram-se o documento completo e os objetivos da Agenda 2030 e *links* para todos os 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS).

ATIVIDADE COMPLEMENTAR

Atividade de educação ambiental

Os estudantes devem ser organizados em grupos. Cada grupo vai fazer um levantamento de problemas ambientais na escola

onde estudam. Sugestões: a questão do lixo; o descarte de material eletrônico; a conservação das áreas comuns, como jardins e quadras abertas; a limpeza das salas de aula e dos banheiros; a manutenção dos equipamentos escolares; entre outros.

Depois de listar os problemas, cada grupo escolherá um problema para o qual terá de desenvolver um programa de educação ambiental para orientar a comunidade escolar, seja sobre a forma correta de descartar lixo, seja como implementar um programa de horta comunitária a fim de preservar as áreas verdes da escola.

Oriente os estudantes durante o desenvolvimento do programa. Entre em contato com a direção da escola para conseguir as permissões necessárias para as intervenções que serão feitas.

Os projetos devem ser apresentados à comunidade escolar. Verifique a possibilidade de implementar um ou mais projetos na escola com a participação dos estudantes.

SUGESTÕES DE AVALIAÇÃO

- Os temas propostos neste capítulo favorecem discussões baseadas em artigos e matérias, portanto, utilize esse recurso nas aulas e analise como os estudantes formulam e expõem suas opiniões.
- Se houver possibilidade para a realização da atividade de educação ambiental sugerida na *Atividade complementar* (p. 539 deste Manual), considere utilizar os projetos produzidos pelos estudantes como mais um instrumento de avaliação, para diagnosticar o aprendizado de conceitos trabalhados, além de habilidades e competências.

RESPOSTAS E COMENTÁRIOS

Ação e cidadania – Agenda 2030, racismo ambiental e ativismo (página 402)

1. Comunidades formadas em grande parte por pessoas negras, indígenas e pobres são as que mais sofrem com os impactos negativos decorrentes da crise climática e com a falta de acesso a recursos naturais e serviços ambientais, enquanto as populações mais privilegiadas usufruem de maior proteção ambiental e de melhores condições de vida. Essa forma de desigualdade socioambiental que afeta em grande parte as comunidades marginalizadas é conhecida por racismo ambiental.

Ciência, tecnologia, sociedade e ambiente – Inovação e urgência no combate à emergência climática global (página 404)

1. O formato adotado é o da competição entre equipes, na qual cada uma deve enfrentar desafios práticos em diferentes etapas. Esse formato é semelhante aos *realities shows*, programas televisivos que se baseiam na filmagem da vida de pessoas ou grupos, em situações específicas ou controladas e que geralmente envolvem competições, convivência e cooperação em grupo, entre outros aspectos.
2. Aprimorar o monitoramento da biodiversidade é crucial porque vivemos uma emergência climática global, que requer a ação rápida e conjunta para conter o aquecimento global, implementar estratégias de conservação e tornar as condições ambientais do planeta menos hostis. A equipe brasileira utilizou diferentes ferramentas, como análise de DNA de plantas e animais presente no solo das florestas, *drones* para obter fotos aéreas e sensores de temperatura e de som para conseguir dados combinados. Essas estratégias dispensam a presença de pesquisadores especialistas na floresta, acelerando o processo de monitoramento.

Atividades (página 411)

2. Devem estar presentes no texto referências à associação histórica entre crescimento econômico e manutenção de desigualdades entre parcelas da população, e entre crescimento econômico e degradação do meio ambiente. O desenvolvimento sustentável deve ser apontado como um esforço de superar a pobreza e fazer uso responsável dos recursos naturais disponíveis, de modo que a natureza seja conservada e haja paz e liberdade universais.
3. Unidades de Conservação (UCs) são áreas com características naturais relevantes, criadas e protegidas pelo poder público. No Brasil, existem as Unidades de Conservação de Proteção Integral e de Uso Sustentável. As UCs são importantes, pois garantem a preservação de espécies animais e vegetais, além de preservar a cultura e o modo de vida das populações tradicionais.
5. As Unidades de Conservação de Uso Sustentável permitem a presença de populações humanas que utilizem de forma sustentável os recursos daquela área. As populações que podem viver dentro das UCs de Uso Sustentável devem ter seu modo de vida e cultura intimamente ligados ao ambiente em que vivem. Dessa forma, essas populações atuam como guardiões da floresta, protegendo a biodiversidade.
6. Os tratados internacionais são documentos que estipulam compromissos entre os países acordantes, os quais devem criar legislações locais com o intuito de preservar o meio ambiente.
7. **a)** Resposta variável. Os estudantes podem citar: manter o animal doméstico em casa, preferencialmente sob os cuidados do tutor; evitar sair para passear no horário em que outros animais (como as aves) estão mais vulneráveis e, ao sair, sempre usar coleira; visitar o veterinário regularmente; evitar levar animais domésticos a unidades de conservação; entre outras. Observe que muitos animais domésticos não possuem tutor e vivem em ruas, parques e até mesmo em Unidades de Conservação. Nesses casos, é importante reivindicar atividades regulares de manejo para capturar, castrar e redirecionar esses animais.

FECHAMENTO DA UNIDADE (PÁGINAS 412 A 415)

Estudo de caso – Mico-leão-dourado: um símbolo de luta pela conservação da diversidade biológica (páginas 412 e 413)

- Nesta seção, os estudantes vão analisar o projeto de conservação do mico-leão-dourado. Para isso, organize-os em grupos. Eles devem ler o texto e responder às questões, verificando de que forma é feito um projeto de conservação animal. Pode-se complementar a atividade com outros exemplos de conservação animal, como o da arara-azul-de-lear.
- A atividade favorece o desenvolvimento das habilidades **EM13CNT203**, **EM13CNT206** e **EM13CNT301** e das competências gerais **CGEB2**, **CGEB7** e **CGEB10**.

RESPOSTAS E COMENTÁRIOS

Estudo de caso – Mico-leão-dourado: um símbolo de luta pela conservação da diversidade biológica (páginas 412 e 413)

3. A capacidade adaptativa de uma espécie a um ambiente mutável depende da sua variabilidade genética, ou seja, quanto

maior a variabilidade, maior sua capacidade adaptativa, e, portanto, maior o sucesso evolutivo da espécie. As populações isoladas não são viáveis por causa do problema da consanguinidade, abordado na questão anterior. Com os corredores ligando as diferentes áreas, os micos podem se deslocar de uma área para outra e se reproduzir, o que garante a troca gênica e o aumento da variabilidade genética. Além disso, com a presença de corredores, se um grupo em um fragmento for extinto, pode ser recolonizado por animais de um fragmento próximo.

5. A espécie-bandeira é, de modo geral, um animal vertebrado, com algum grau de ameaça de extinção, que é selecionado como símbolo para despertar a atenção da população para a causa da conservação da biodiversidade. O objetivo é chamar a atenção da população para o perigo da extinção da espécie-bandeira em questão ou de seu ecossistema, mobilizando as pessoas para a causa da conservação. Em geral, a espécie-bandeira apresenta características que atraem o público, como carisma, beleza e popularidade. O uso de uma espécie-bandeira também traz benefícios para outras espécies pouco conhecidas e seus ecossistemas, e para o conservacionismo de modo geral.

6. O principal desafio para atingir essa meta é a ampliação da área de Mata Atlântica sob proteção. Portanto, a principal ação a ser tomada é a ampliação da área das Unidades de Conservação já existentes, e também para a criação de novas Unidades de Conservação. A criação de novas Reservas Particulares de Patrimônio Natural (RPPN), que são propriedades privadas com áreas de mata, tem se mostrado uma boa alternativa. Outras medidas tomadas pelo programa incluem: estudos de ecologia e conservação; recuperação das matas degradadas; e programas de educação ambiental para que as comunidades locais sustentem o programa.

ATIVIDADES DE PREPARAÇÃO

1. (**Fuvest-SP**) A combinação entre baixa biodiversidade, altas concentrações de poluentes e baixas concentrações de oxigênio dissolvido, que é verificada nos rios que passam por grandes centros urbanos no Brasil, deve-se principalmente à(ao)

a) descarte de garrafas PET e sacolas plásticas, aumentando a cadeia de produção de microplásticos.

b) aumento de intervenções de engenharia, como a construção de pontes e dragagens.

c) aquecimento da água do rio devido ao aumento da temperatura média nas metrópoles.

d) descarte de esgoto doméstico e industrial sem tratamento.

e) ocorrência mais frequente de longos períodos de estiagem, aumentando a evaporação.

Alternativa **d.** O descarte de poluentes gera o processo de eutrofização, resultando na diminuição de oxigênio dissolvido na água, o que impede o desenvolvimento de organismos que contribuem para o aumento da biodiversidade.

2. (**Urca-CE**) As Savanas correspondem a um tipo de cobertura vegetal, formada predominantemente por vegetação rasteira, onde se destacam as gramíneas, ervas, arbustos e árvores esparsas. As Savanas são biomas geralmente planos, encontrados em quase todo o planeta: no continente africano, americano e da Oceania. No Brasil, podem ser consideradas Savanas

a) Cerrado e Caatinga.

b) Amazônia e Cerrado.

c) Caatinga e Pampa.

d) Mata Atlântica e Pantanal.

e) Pantanal e Pampa.

Alternativa **a.** O Cerrado e a Caatinga apresentam as características citadas no enunciado da questão.

3. (**UFSC**) As chamadas Unidades de Conservação são fundamentais para a proteção da fauna e da flora no Brasil e para o desenvolvimento sustentável do país. Sobre essa afirmação e a definição legal abaixo, é correto afirmar: (A resposta corresponde à soma das alternativas corretas).

> Unidade de Conservação: espaço territorial e seus recursos ambientais, incluindo as águas jurisdicionais, com características naturais relevantes, legalmente instituído pelo Poder Público, com objetivos de conservação e limites definidos, sob regime especial de administração, ao qual se aplicam garantias adequadas de proteção.
>
> (Lei Federal n. 9985, de 18 de julho de 2000)

1) nas áreas das chamadas Unidades de Conservação, não é permitido nenhum tipo de exploração dos recursos naturais, nem mesmo o turismo.

2) o objetivo principal das Unidades de Conservação no país é a proteção da fauna e da flora; no entanto, ao impedir a destruição desses elementos, também protege a geologia e o relevo de ações de degradação do ambiente.

4) há exemplos de comunidades ribeirinhas na Amazônia que sobrevivem dentro de uma Unidade de Conservação utilizando de forma equilibrada os recursos naturais e ainda recebendo visitantes para práticas de ecoturismo.

8) no Brasil, a primeira Unidade de Conservação surgiu no bioma Mata Atlântica, próximo ao litoral e às grandes cidades, mas hoje tem crescido a preocupação em criar Unidades de Conservação no bioma Amazônia, dada a sua extensão e a fragilidade do ambiente em face do avanço da agropecuária e do desmatamento para a retirada de madeira.

16) como em outros países, o Brasil conta com uma bem estruturada rede de proteção à fauna e à flora, com infraestrutura organizada para educação ambiental e ecoturismo, na qual todas as Unidades de Conservação federais – que são espaços fundamentais para a observação da natureza – estão incluídas.

Alternativas corretas: **2**, **4** e **8.** Alternativas incorretas: **1)** É permitido o turismo em Unidades de Conservação; **16)** A rede de proteção no Brasil da fauna e da flora não é bem estruturada e, mesmo com as leis de proteção à biodiversidade, a fiscalização é muito pouco eficiente.

2 JOGOS DE TEMÁTICA SOCIOAMBIENTAL: O LÚDICO COMO FORMA DE CONSCIENTIZAÇÃO

INTRODUÇÃO

O uso de jogos é uma ferramenta favorável quando se pensa em ações colaborativas e coordenadas. Os jogos de temática socioambiental informam aos usuários os problemas sociais e ambientais da atualidade, além de promover práticas sustentáveis.

Os jogos também podem instigar a curiosidade dos estudantes e ser um facilitador para o desenvolvimento de habilidades relacionadas à iniciativa e à proatividade, para o desenvolvimento de linguagens específicas e para a aquisição e consolidação de conhecimentos.

Por seu caráter coletivo, a atividade lúdica pode também promover atitudes cooperativas, consciência acerca de regras e de normas e o senso de responsabilidade. Como se trata de uma atividade corriqueira para a maioria dos estudantes, não será difícil incentivá-los a conhecer, a jogar e a criar um jogo com temática ecológica e ambiental.

Sugestão de planejamento

Este projeto foi pensado para ser executado ao longo de um semestre, com a utilização de um total de dez aulas específicas para sua realização. Contudo, avalie se essa periodização e a quantidade de aulas para a execução do projeto são a melhor opção para sua turma, fazendo as adaptações que julgar necessárias.

MAPA DO PROJETO

ETAPA	OBJETIVOS	COMPETÊNCIAS	HABILIDADES	TEMAS CONTEMPORÂNEOS TRANSVERSAIS
Preparação	• Compreender a importância dos jogos de temática socioambiental para promover práticas sustentáveis. • Identificar situações-problema no bairro ou na comunidade relacionadas à conservação da biodiversidade e à sustentabilidade ambiental. • Selecionar e esboçar os jogos. • Planejar a organização do evento de apresentação dos jogos.	CGEB5 CECNTEM1 CECNTEM3	EM13CNT101	Educação ambiental
Desenvolvimento	• Construir e testar os jogos. • Produzir o material de divulgação do evento e organizá-lo.	CGEB2 CECNTEM1 CECNTEM3	EM13CNT101 EM13CNT302	
Conclusão	• Apresentar os jogos para as comunidades escolar e local. • Avaliar quais objetivos foram alcançados.	CGEB4 CECNTEM3	EM13CNT302	

ORIENTAÇÕES DIDÁTICAS

PREPARAÇÃO (PÁGINAS 416 A 418)

Aprendendo um novo jogo (página 417)

- Depois de apresentar o projeto aos estudantes, peça-lhes que joguem algumas partidas do jogo Biota: o jogo da biodiversidade. Nesse jogo, eles identificarão características morfológicas, fisiológicas, comportamentais e ecológicas de animais, plantas, fungos, algas e microrganismos.
- Leia o Manual do Professor desse jogo, disponível em: http://www.icb.usp.br/bmm/jogos/Biota_manual.pdf (acesso em: 23 ago. 2024). Imprima as cartas, disponíveis em: http://www.icb.usp.br/bmm/jogos/intro_biota.html (acesso em: 23 ago. 2024), e, antes de distribuí-las às equipes, explique as regras do jogo.
- Além das cartas impressas, você precisará de um dado de seis faces e, opcionalmente, de uma ampulheta ou de um cronômetro.
- Caso seja consenso entre professores e estudantes, neste projeto, o jogo Biota pode ser substituído por outro jogo com temática semelhante.
- Nesta etapa do projeto, avalie utilizar o jogo de tabuleiro Caminhada ecológica (*Educação Ambiental em Ação*, n. 68, jun./ago. 2019. Disponível em: http://www.revistaea.org/artigo.php?idartigo=3684. Acesso em: 23 ago. 2024). O objetivo é promover o pensamento crítico dos participantes acerca da conservação dos ecossistemas, usando os mamíferos e os ambientes de Ilha Grande (RJ).
- Após os estudantes terem jogado e discutido o tema em questão, converse com eles sobre a eficácia do jogo para a difusão do conhecimento científico. O ideal é que eles próprios percebam as eventuais vantagens e desvantagens dos jogos no processo de ensino-aprendizagem. Desse modo, eles estarão mais aptos a criar jogos que alcancem bom desempenho na conscientização a respeito do tema proposto.
- Avalie iniciar uma breve discussão para aprofundar o conceito de sustentabilidade. O texto "A tal da sustentabilidade", sugerido na seção *Fontes complementares*, evidencia que

devemos ter cautela ao utilizar esse termo, principalmente quando nos referimos às atividades que envolvem a exploração de populações biológicas. Esse trabalho promove a competência específica **CECNTEM3**, ao desenvolver nos estudantes a capacidade de discernir informações e de avaliar a aplicação do conhecimento científico e tecnológico com ética e responsabilidade, utilizando linguagens próprias das Ciências da Natureza.

Pesquisa de jogos na internet (página 417)

- A pesquisa de jogos didáticos na internet e a entrevista com pessoas das comunidades escolar e local têm como objetivo auxiliar os estudantes na seleção de temas para os jogos, favorecendo, assim, o desenvolvimento da competência geral **CGEB5**.
- Durante a pesquisa de jogos, oriente-os a utilizar fontes de referência confiáveis, como jornais de grande circulação, revistas científicas e *sites* de universidades. Você pode sugerir, por exemplo, a pesquisa de ecojogos, jogos sustentáveis ou jogos didáticos – físicos ou digitais – que abordem temas relacionados à biodiversidade, às mudanças climáticas, ao uso sustentável de recursos ou a qualquer outra questão socioambiental.

Temas socioambientais de interesse da comunidade escolar e do bairro (página 417)

- Durante a elaboração do conteúdo da entrevista, observe se os estudantes incluíram temas ecológicos e socioambientais que estejam alinhados com as causas da comunidade, como recuperação de hábitats, conservação dos solos, conservação de populações biológicas, despoluição da água, processos produtivos sustentáveis.
- Auxilie os estudantes na elaboração e na revisão do conteúdo da entrevista, tendo em vista a clareza e a objetividade das perguntas.
- Após a aplicação das entrevistas, os estudantes deverão sistematizar e analisar os dados obtidos pelos três grupos de entrevistadores. Auxilie-os na organização dos dados na forma de tabelas.
- Nesta etapa, a competência específica **CECNTEM3** é mobilizada, ao possibilitar que os estudantes levantem situações-problema relacionadas à conservação da biodiversidade e ao uso responsável dos recursos naturais. A competência específica **CECNTEM1** e a habilidade **EM13CNT101** também são desenvolvidas em situações em que os estudantes devem analisar fenômenos naturais e propor ações que minimizem impactos ambientais, e fazer previsões em situações cotidianas e em processos produtivos que priorizem a sustentabilidade socioambiental. Também é favorecido o trabalho com o tema contemporâneo transversal **Educação ambiental**, da área Meio Ambiente.

Apresentando a ideia do jogo à turma (página 418)

- Reúna a turma em círculo e escolham os temas dos jogos. Em seguida, os estudantes deverão se organizar em equipes. As equipes vão trabalhar, individualmente, na criação de um jogo. Para começar, cada equipe fará um resumo com as principais informações sobre o jogo: tema, objetivo, contexto, informações pertinentes ao tema. Os estudantes deverão pensar o jogo como um produto educacional do projeto.
- Organize uma roda de conversa para promover a troca de ideias, possibilitando que cada equipe apresente a ideia do jogo para a turma.

Planejando os próximos passos (página 418)

- Além da construção do jogo, será necessário elaborar e produzir o material de divulgação do jogo para o evento. Oriente os estudantes na elaboração do cronograma, estabelecendo datas para as diferentes tarefas de cada etapa que envolve a criação e a divulgação dos jogos.

DESENVOLVIMENTO (PÁGINAS 418 E 419)

- Em cada equipe, oriente a divisão das tarefas conforme as habilidades de cada estudante. Por exemplo: no pensamento lógico necessário para a definição das regras do jogo, na elaboração de textos, na produção de imagens, etc.
- Oriente as equipes a aprofundar a pesquisa de informações relevantes ao tema do jogo escolhido. Por exemplo, se um dos temas for a conservação de recursos pesqueiros do mar e o objetivo do jogo é proteger populações de peixes marinhos, informações sobre a posição da espécie na cadeia alimentar e os fatores que afetam sua sobrevivência, crescimento e reprodução serão importantes. O conhecimento de populações tradicionais também pode fazer parte do contexto do jogo.
- Se julgar oportuno, lembre os estudantes de recuperarem as respostas da atividade 3 da etapa "Preparação" (p. 417), que podem ser úteis durante a criação dos jogos. Nesse momento, verifique se os estudantes compreendem as limitações, os desafios e as particularidades do jogo.
- Auxilie cada grupo na abordagem dos conteúdos de Ciências da Natureza durante o desenvolvimento do projeto e estimule os estudantes a refletir sobre os aspectos socioambientais relacionados a esses conteúdos. Você pode propor aos estudantes que elaborem e apliquem questionários antes e depois dos jogos, para avaliar a aprendizagem de conteúdos.
- A elaboração dos jogos contribui para o desenvolvimento da habilidade **EM13CNT101**, ao levar os estudantes a analisar e representar as transformações e conservações nos sistemas naturais e antrópicos para realizar previsões sobre seus comportamentos em situações cotidianas e em processos que priorizem a sustentabilidade, o uso consciente dos recursos naturais e a conservação das populações biológicas. A competência específica **CECNTEM1** é mobilizada ao estimular o estudo de temas relacionados aos ciclos biogeoquímicos, à poluição, ao desmatamento, etc. Esta etapa favorece também o desenvolvimento da competência geral **CGEB2**, ao promover a curiosidade intelectual e ao utilizar a abordagem própria das ciências com criatividade.
- Permita aos estudantes que testem os jogos criados por eles o máximo de vezes possível e façam alterações e adaptações nas regras, possibilitando, assim, o aprimoramento de cada jogo. Se algo não der certo durante as etapas de produção e de testes, valorize o processo de reformulação. Esse trabalho desenvolve a competência específica **CECNTEM3** e a habilidade **EM13CNT302**, ao levar os estudantes a comunicar suas descobertas e os resultados de análises e pesquisas para os colegas da turma por meio de jogos.

CONCLUSÃO (PÁGINA 419)

- Após o evento, volte às perguntas motivadoras levantadas no início do projeto e peça aos estudantes que respondam às perguntas de acordo com os novos aprendizados.
- Dedique um tempo para sistematizar os resultados do questionário aplicado durante o evento e utilizá-los nesta etapa de reflexão sobre o que deu certo e o que pode ser melhorado.
- Esta etapa promove a habilidade **EM13CNT302**, a competência específica **CECNTEM3** e a competência geral **CGEB4**, ao levar os estudantes a compartilhar os jogos com diferentes interlocutores e a comunicar temas científicos de relevância socioambiental, por meio de jogos, como forma de conscientização ambiental.

RESPOSTAS E COMENTÁRIOS

Preparação (página 417)

1. Respostas variáveis. Promova uma reflexão sobre a prática do jogo. Aproveite esse momento para averiguar o conhecimento dos estudantes sobre o tema e instigá-los para as etapas seguintes, que envolvem pesquisa e produção de conteúdo.
2. Resposta variável. Observe se os estudantes associam a prática do jogo com eventuais discussões já realizadas acerca das questões socioambientais. Espera-se que eles ressaltem a importância da biodiversidade para o equilíbrio dos ecossistemas.
3. Resposta pessoal. Peça aos estudantes que anotem as sugestões de mudanças e de melhorias no conteúdo e na dinâmica do jogo em si.

FONTES COMPLEMENTARES

- Fadel, L. M. *et al*. (org.). *Gamificação na educação*. São Paulo: Pimenta Cultural, 2014. Disponível em: https://www.pimentacultural.com/livro/gamificacao-na-educacao/. Acesso em: 19 out. 2024.

  O livro reúne capítulos de diferentes autores, apresenta conceitos de gamificação e estratégias para sua aplicação em sala de aula.

- Fernandez, F. A tal da sustentabilidade. *O eco*, 14 nov. 2008. Disponível em: https://www.oeco.org.br/colunas/fernandofernandez/20233-a-tal-da-sustentabilidade/. Acesso em: 23 set. 2024.

  O artigo de opinião discute os limites do conceito de sustentabilidade.

- Gregório, S.; Mendonça, V. L.; Carvalhal, M. L. Biota: o jogo da diversidade. Projeto MicroTodos. *Instituto de Ciências Biomédicas da USP*, São Paulo, [200-]. Disponível em: http://www.icb.usp.br/bmm/jogos/intro_biota.html. Acesso em: 23 set. 2024.

  O jogo "Biota", do tipo senha, apresenta de maneira lúdica a biodiversidade do planeta Terra.

- Instituto Sociedade, População e Natureza – ISPN. Publicações. Disponível em: https://ispn.org.br/biblioteca/publicacoes/. Acesso em: 23 set. 2024.

  No *site* do ISPN, é possível acessar publicações sobre temas como uso sustentável da biodiversidade, comunidades tradicionais e desenvolvimento de projetos comunitários.

- McGonigal, J. *A realidade em jogo*: por que os *games* nos tornam melhores e como eles podem mudar o mundo. Rio de Janeiro: BestSeller, 2017.

  O livro sobre jogos de *videogame* e comportamento humano aborda o uso dos jogos não apenas como entretenimento individual, mas como ferramenta que pode nortear mudanças comportamentais.

- Meira, L.; Blikstein, P. *Ludicidade, jogos digitais e gamificação na aprendizagem*: estratégias para transformar as escolas no Brasil. Porto Alegre: Penso, 2019. 190 p.

  A obra apresenta estudos e relatos de experiências inovadoras com o uso de jogos digitais e *games*, desenvolvidas em diferentes contextos e nas diversas regiões do país.

ATIVIDADE COMPLEMENTAR

Você pode propor aos estudantes que adaptem os jogos para o Ensino Fundamental. Cada equipe deverá pensar nas adaptações necessárias a esse segmento do ensino, adequando, por exemplo, a linguagem utilizada, os aspectos que envolvem sorte e estratégia, etc.

SUGESTÕES DE AVALIAÇÃO

- O momento dedicado ao aprimoramento dos jogos pode ser utilizado como avaliação do aprendizado. Além de valorizar o processo de revisão do que não funcionou e o de reformulação, essa prática possibilita identificar deficiências no aprendizado dos estudantes e fazer os ajustes necessários.
- Se considerar oportuno, utilize as atividades propostas no final do projeto como instrumento de avaliação para identificar se cada estudante atingiu os objetivos propostos e desenvolveu as habilidades planejadas.

2 2 3 3 8 5

ISBN 978-85-418-3553-4

2 900002 233858