

Marcela Ogo
Leandro Godoy

#contato Biologia

Ensino Médio
Componente
curricular
Biologia

Manual do Professor



Quinteto

#contato Biologia

Ensino Médio
Componente
curricular
Biologia

Marcela Yaemi Ogo

Licenciada em Ciências Biológicas pela Universidade Estadual de Londrina (UEL-PR).

Especialista em Biologia Aplicada à Saúde pela Universidade Estadual de Londrina (UEL-PR).

Especialista em Análise e Educação Ambiental em Ciências da Terra pela Universidade Estadual de Londrina (UEL-PR).

Mestre em Ensino de Ciências e Educação Matemática pela Universidade Estadual de Londrina (UEL-PR).

Atuou como professora da rede pública no Ensino Médio no estado do Paraná.

Atua como professora da rede pública no Ensino Fundamental no estado do Paraná.

Realiza palestras e assessorias para professores em escolas particulares e públicas.

Autora de livros didáticos para o Ensino Fundamental.

Leandro Pereira de Godoy

Licenciado e bacharel em Ciências Biológicas pela Universidade Estadual de Londrina (UEL-PR).

Mestre em Microbiologia pela Universidade Estadual de Londrina (UEL-PR).

Atuou como professor na rede particular de Ensino Superior.

Atua como professor no ensino técnico profissionalizante.

Ministrou aulas na rede estadual de ensino do Paraná para o Ensino Fundamental, Ensino Médio e Ensino Técnico.

Realiza palestras e assessorias para professores em escolas públicas e particulares.

Autor de livros didáticos para o Ensino Fundamental

Diretor editorial	Lauri Cericato
Gerente editorial	Flávia Renata P. A. Fugita
Editora	Valquiria Baddini Tronolone
Editora assistente	Juliana Bardi
Gerente de produção editorial	Mariana Milani
Coordenador de produção editorial	Marcelo Henrique Ferreira Fontes
Coordenadora de arte	Daniela Máximo
Coordenadora de preparação e revisão	Lilian Semenichin
Supervisora de preparação e revisão	Izabel Rodrigues
Revisão	Carolina Manley
Coordenador de iconografia e licenciamento de textos	Exedito Arantes
Supervisora de licenciamento de textos	Elaine Bueno
Iconografia	Gabriela Araújo, Izilda Canosa
Coordenadora de ilustrações e cartografia	Marcia Berne
Diretor de operações e produção gráfica	Reginaldo Soares Damasceno
Produção editorial	Scriba Projetos Editoriais
Edição	Luciana Cadioli Panchoni
Assistência editorial	Kelly Cristina dos Santos, Ana Carolina N. S. Ferraro, Felipe Casasanta Mostaço, Priscila Boneventi
Assessoria	Juliana Almeida
Projeto gráfico	Laís Garbelini e Hatadani
Capa	Marcela Pialarissi
Imagem de capa	Kidsada Manchinda/Getty Images
Edição de imagens	Maira Renata Dias Balestri
Edição de ilustrações	Rogério Casagrande
Diagramação	Ana Rosa Cordeiro de Oliveira
Tratamento de imagens	José Vitor Elorza Costa
Ilustrações	A7 Estudio, Angelo Shuman, Camila Ferreira, Daniel Zeppo, Desenhorama Estúdio, Eber Evangelista, Eduardo C. S., Guilherme Casagrandi, Luciane Mori, Mauricio Loyola, N. Akira, Paula Diazzi, Rafael Luís Gaion, Renan Fonseca, Rogério Casagrande, Somma Studio, Studio Caparroz
Revisão	Ana Lúcia Alves Vidal
Assistência de produção	Luis Rogério M. Andrade, Daiana Melo e Tamires Azevedo
Autorização de recursos	Erick L. Almeida
Pesquisa iconográfica	Alaíde França
Editoração eletrônica	Luiz Roberto L. Correa (Beto)

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

Ogo, Marcela Yaemi
#Contato biologia, 2º ano / Marcela Yaemi Ogo,
Leandro Pereira de Godoy. – 1. ed. – São Paulo : Quinteto
Editorial, 2016. – (Coleção #contato biologia)

"Componente curricular: biologia"
ISBN 978-85-8392-077-9 (aluno)
ISBN 978-85-8392-078-6 (professor)

1. Biologia (Ensino médio) I. Godoy, Leandro Pereira de.
II. Título. III. Série.

16-02499

CDD-574.07

Índices para catálogo sistemático:

1. Biologia : Ensino médio 574.07

Reprodução proibida: Art. 184 do Código Penal e Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.
Todos os direitos reservados à

QUINTETO EDITORIAL LTDA.
Rua Rui Barbosa, 156 – Bela Vista – São Paulo-SP
CEP 01326-010 – Tel. (11) 3598-6000
Caixa Postal 65149 – CEP da Caixa Postal 01390-970

Em respeito ao meio ambiente, as folhas
deste livro foram produzidas com fibras
obtidas de árvores de florestas plantadas,
com origem certificada.

Impresso no Parque Gráfico da Editora FTD S.A.
CNPJ 61.186.490/0016-33
Avenida Antonio Bardella, 300
Guarulhos-SP – CEP 07220-020
Tel. (11) 3545-8600 e Fax (11) 2412-5375

Para conhecer seu livro

Quantas notícias você ouviu ultimamente que envolvem o ambiente, animais, plantas, genética, microrganismos, doenças e suas possíveis curas? E quantas vezes, em seu cotidiano, você se deparou com a necessidade de entender e até mesmo de opinar sobre estes e outros assuntos relacionados à Biologia?

Nesta coleção você estudará os aspectos biológicos da vida, bem como as relações que os seres vivos mantêm entre si e como eles evoluem. Com isto, perceberá o quanto somos responsáveis pelo planeta e descobrirá o que podemos fazer para conservá-lo. Você também terá oportunidades de analisar criticamente as pesquisas científicas e como elas impactam cada ser vivo e o ambiente que nos cerca.

Todo o estudo é proposto utilizando uma linguagem simples, permeado de imagens e textos autênticos próximos à sua realidade, abordando temas relevantes em nossa sociedade. Assim, você verá que a Biologia está relacionada à cultura e à sociedade, além de ter sua importância histórica e científica.

Veja a seguir como esta coleção é organizada e como ela pode ajudá-lo no estudo da Biologia.

Os autores.

A unidade é iniciada com base em uma fotografia e em um texto, os quais permitirão que você conheça o tema geral a ser trabalhado nos capítulos seguintes.

Abertura de unidade



Abertura de capítulo



6

Fisiologia vegetal

A fotossíntese realizada pelas plantas é um processo que, há muito tempo, é alvo de diversas pesquisas. Essa tem sido uma das atividades mais importantes da biologia vegetal, pois é a principal fonte de energia para a maioria dos seres vivos.

Procedimentos da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG) e da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE) foram utilizados para a realização desta pesquisa. Os dados foram coletados em um período de 12 meses, com a participação de 10 pesquisadores.

As pesquisas realizadas a respeito da fotossíntese artificial são relevantes para a produção de energia limpa e renovável. É importante entender como esse processo funciona e como podemos aplicá-lo na prática.

Quais são as possíveis vantagens de desenvolver a fotossíntese artificial para a produção de energia?

- A O que é fotossíntese?
- B Qual é a importância da clorofila na fotossíntese?
- C Qual é a principal diferença entre a fotossíntese natural e a fotossíntese artificial?
- D Quais são as possíveis vantagens de desenvolver a fotossíntese artificial para a produção de energia?

O capítulo possui uma abertura para contextualizar o assunto que será abordado. Com uma imagem, um texto e algumas **questões**, é possível que você se familiarize e explore o assunto, verificando o que já sabe sobre ele.



Na seção **Oficina de Biologia** você terá a oportunidade de colocar em prática atividades referentes ao assunto estudado. O roteiro de procedimentos tem o objetivo de levá-lo a desenvolver as atividades com autonomia e segurança. No final, as questões o ajudarão a refletir sobre os resultados encontrados.

Este boxe apresenta o significado das palavras destacadas no texto.

Patogênico: pode provocar, direta ou indiretamente, uma doença.



Na seção **Encontro com...** você encontra textos que formam conexões com outras áreas do saber. Você perceberá como no nosso dia a dia a Biologia está conectada a outros conhecimentos.

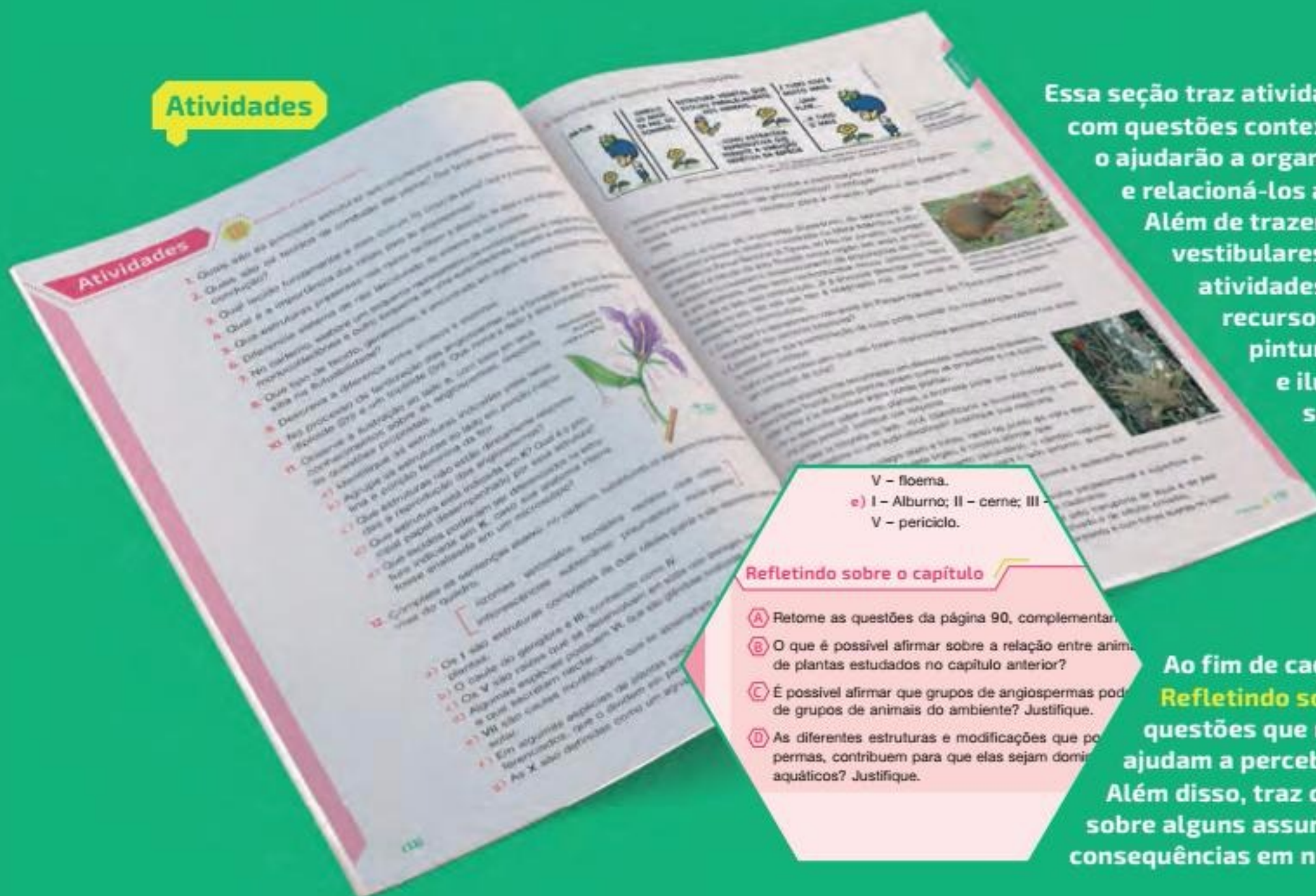
Glioxissomos

Você já estudou que os peroxissomos são organelas que atuam na neutralização do peróxido de hidrogênio produzido nas células. Especificamente nas plantas, são importantes na realização da fotoperoxidação, processo pelo qual se consome gás oxigênio e libera dióxido de carbono. Uma importante adaptação em plantas com semente (gimnospermas e angiospermas) é a presença de um organelo específico de peroxissomo, conhecido como glioxissomo, essencial no processo de germinação da semente. Essa estrutura faz a conversão dos lipídios armazenados nos dosos nutritivos da semente em sacarose. Esta é uma importante adaptação que garante que a semente, mesmo em estado de dormência, possa produzir seu próprio alimento por meio da fotossíntese.

Nesse boxe, você verá informações que complementam o assunto abordado no capítulo, aprofundando-o com curiosidades e novidades.



A seção **Biologia e...** possibilita que você conheça a aplicação da Biologia na **Tecnologia**, na **Saúde**, no **Ambiente**, na **Cultura** e na **Sociedade**. Nela, são apresentados temas variados, como inovações da ciência, a importância dos hábitos diários para a saúde, temas ambientais, a valorização das diferentes culturas e o impacto da Biologia na nossa sociedade.



Refletindo sobre o capítulo

- Retome as questões da página 90, complementando-as com as respostas das questões 12 e 13.
- O que é possível afirmar sobre a relação entre animais e plantas estudados no capítulo anterior?
- É possível afirmar que grupos de angiospermas podem ser considerados mais evoluídos que grupos de animais do ambiente? Justifique.
- As diferentes estruturas e modificações que possuem as plantas contribuem para que elas sejam dominantes em ambientes aquáticos? Justifique.

Essa seção traz atividades diversificadas, com questões contextualizadas e desafiadoras que o ajudarão a organizar os conceitos estudados e relacioná-los a outras áreas do conhecimento. Além de trazer também questões de vestibulares e do Enem, você vai encontrar atividades enriquecidas com diferentes recursos, como tirinhas, reportagens, pinturas, manchetes, fotografias e ilustrações, que visam facilitar seu aprendizado, tornando-o mais prazeroso.

Ao fim de cada capítulo, a seção **Refletindo sobre o capítulo** apresenta questões que retomam o conteúdo e o ajudam a perceber como vai seu aprendizado. Além disso, traz questões para você refletir sobre alguns assuntos estudados e suas consequências em nossa sociedade.

Trocando ideias

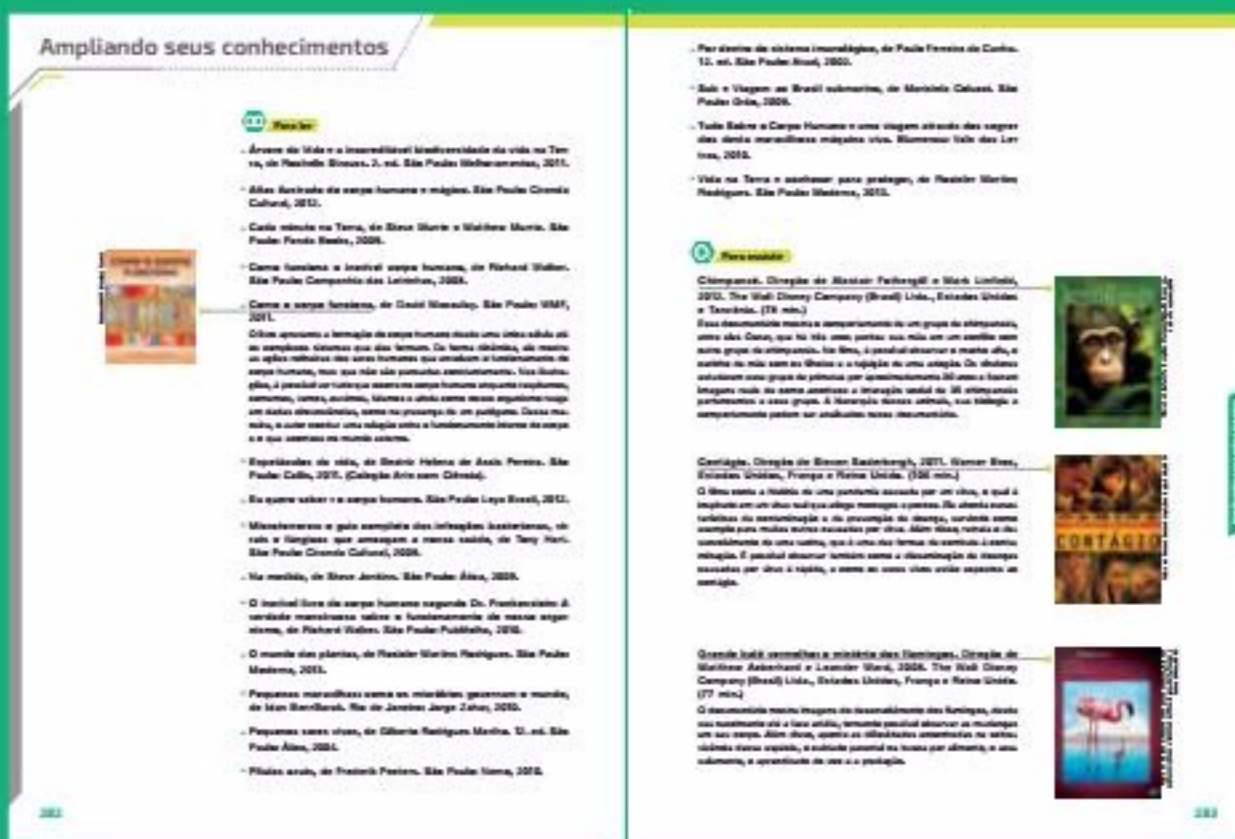


Essa seção aparece no final de alguns capítulos e é composta de textos que abordam temáticas de relevância científica, social, histórica ou cultural fundamentais ao exercício da cidadania. Além de textos, você encontrará diferentes recursos, como cartazes, fotografias e ilustrações, e questionamentos que oportunizam a argumentação e o olhar crítico sobre a ciência.

Explorando o tema



Você encontrará essa seção no final de cada unidade, com textos informativos relacionados a temas atuais, em conjunto com diversos recursos, como ilustrações, fotografias, infográficos, entre outros. As questões o ajudarão a interpretar o texto, levantar pontos de discussão e trocar ideias com seus colegas. Além de ampliar seus conhecimentos sobre Biologia, você também vai investigar sua presença e influência em nosso cotidiano e na sociedade.



- Esse ícone indica que você deve responder à questão oralmente.
- Esse ícone indica que você deve responder à questão no caderno.
- Esse ícone indica que as cores das ilustrações não correspondem às reais.
- Esse ícone indica que as imagens apresentadas na página não possuem proporção de tamanho entre si.
- Esse ícone indica algumas dicas para facilitar as atividades práticas.
- Esse ícone indica os cuidados necessários na realização das atividades práticas, a fim de evitar acidentes.
- Esse ícone indica sugestões de sites nos quais você pode encontrar diferentes recursos e ampliar os conteúdos abordados no capítulo.

A seção **Ampliando seus conhecimentos**, presente no final do livro, traz sugestões de leitura para que você possa se aprofundar nos assuntos abordados no volume. Além disso, também são sugeridos filmes que abordam temáticas de Biologia em diferentes contextos. Tanto a literatura quanto o cinema podem contribuir para que sua aprendizagem de Biologia se torne mais prazerosa e dinâmica.

Classificação dos seres vivos e Microbiologia 10

Capítulo 1

Classificação e nomenclatura dos seres vivos 12

Por que classificar os seres vivos? 13

Primeiras classificações dos seres vivos 13

Classificações orientais 14

Lineu e a classificação dos seres vivos 14

Nomenclatura binomial 14

Conceito de espécie 15

Organização dos seres vivos 16

Animais híbridos 18

Sistemática 20

Sistemática filogenética 20

Propostas de classificação dos seres vivos 23

A proposta de classificação dos seres vivos em cinco reinos 24

A proposta de classificação dos seres vivos em três domínios 25

A proposta de classificação dos seres vivos em seis reinos e dois domínios 25

Atividades 27

Capítulo 2

Vírus e bactérias 29

Vírus 30

Estrutura dos vírus 30

Replicação viral 31

Os vírus e o ambiente 32

Os vírus e a saúde humana 32

Encontro com... História

• Gripe espanhola 33

Bactérias 38

As bactérias e o ambiente 38

Estrutura das bactérias 38

Metabolismo bacteriano 40

Reprodução bacteriana 41

Encontro com... Matemática

• Multiplicação celular 42

Oficina de Biologia 44

As bactérias e a saúde humana 45

Atividades 47

Capítulo 3

Protozoários, algas e fungos 50

Protocistas 51

Protozoários 51

Os protozoários e o ser humano 54

Algas 57

Encontro com... Física

• Algas marinhas e luz 59

As algas e o ser humano 60

Fungos 61

Classificação dos fungos 63

Reprodução dos fungos 64

Oficina de Biologia 65

Os fungos e o ser humano 66

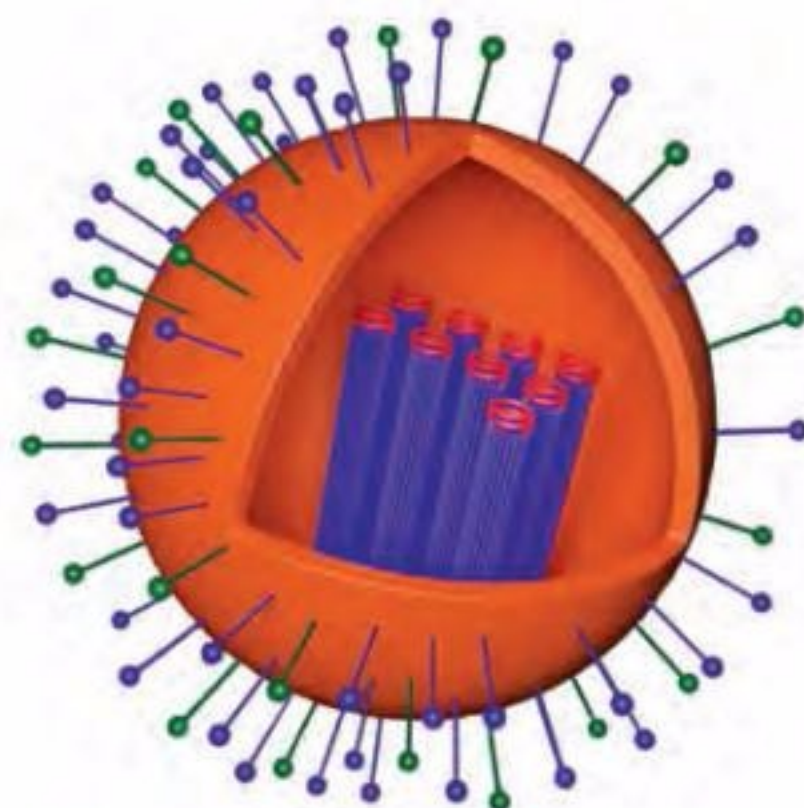
Atividades 67

Explorando o tema 70

A descoberta da penicilina e a evolução dos antibióticos atuais



Ilustrações: A7 Estúdio



Capítulo 4

Briófitas, pteridófitas e gimnospermas 74

Origem e evolução das plantas 75

Características das plantas 75

Classificação das plantas 76

Briófitas 78

Pteridófitas 80

Gimnospermas 82

Atividades 85

Trocando ideias 88

- A reprodução das gimnospermas e a ameaça de extinção

Capítulo 5

Angiospermas 90

Evolução das angiospermas 91

Características das angiospermas 91

Flor 92

Polinização 95

Tipos de polinização 96

Classificação das angiospermas 97

Morfologia e tecidos vegetais 98

Órgãos vegetativos 101

Raiz 101

Plantas parasitas 104

Plantas epífitas 105

Caule 105

Encontro com... História

- Ciclo da borracha e o extrativismo vegetal na Amazônia 108
- Crescimento secundário 109
- Folhas 110
- Modificações das plantas 112
- Plantas carnívoras 113
- Estruturas anexas das plantas 114

Reprodução a partir de raiz, caule e folha 115

Semente 115

Dispersão de sementes 116

Frutos 116

Estrutura dos frutos 116

Tipos de frutos 117

Atividades 118

Trocando ideias 121

- Ameaças aos polinizadores e dispersores de sementes

Capítulo 6

Fisiologia vegetal 122

Absorção e transporte de água nas angiospermas 123

Condução de seiva do floema nas angiospermas 124

Transpiração nas angiospermas 124

Regulação da transpiração pelos estômatos 125

Gutação 125

Nutrição nas angiospermas 126

Fertilização 126

Fotossíntese e respiração 127

Oficina de Biologia 128

Hormônios vegetais 129

Auxina 129

Ácido abscísico 130

Giberelinas 130

Etileno 130

Citocininas 130

Movimentos vegetais 131

Fototropismo 131

Gravitropismo 131

Tigmotropismo 131

Fotoperiodismo e fitocromos 132

Atividades 133

Explorando o tema 136

Desmatamento da Amazônia

Animais

138

Capítulo 7

Poríferos e cnidários 140

Origem dos animais	141
Características gerais dos animais	141
Poríferos	143
Fisiologia dos poríferos	143
Reprodução dos poríferos	144
Cnidários	144
Classificação dos cnidários	145
Fisiologia dos cnidários	145
Reprodução dos cnidários	146

Atividades 147

Capítulo 8

Platelmintos, nematódeos e moluscos 149

Platelmintos	150
Turbelários	150
Trematódeos	151
Cestódeos	152
Nematódeos	154
Ascariíase	154
Ancilostomose	155
Filariose	156
Oxiurose	156
Moluscos	158
Reprodução dos moluscos	159
Gastrópodes	160
Bivalves	160
Cefalópodes	161

Atividades 163

Capítulo 9

Anelídeos, artrópodes e equinodermos 165

Anelídeos	166
Classificação dos anelídeos	166
Fisiologia dos anelídeos	167
Reprodução dos anelídeos	168
Artrópodes	168
Classificação dos artrópodes	169

Fisiologia dos artrópodes	171
Reprodução dos artrópodes	173

Equinodermos	176
Classificação dos equinodermos	176
Fisiologia dos equinodermos	178
Reprodução dos equinodermos	178

Atividades 179

Trocando ideias 181

- Insetos como indicadores biológicos

Capítulo 10

Cordados: peixes e anfíbios 182

Cordados	183
Urocordados	183
Cefalocordados	184
Craniados ou vertebrados	185
Classificação dos vertebrados	185

Encontro com... Física

- Vesícula gasosa e flutuação dos peixes 192

Origem e evolução dos tetrápodes 195

Anfíbios	196
Fisiologia dos anfíbios	197
Reprodução dos anfíbios	199

Atividades 201

Capítulo 11

Cordados: répteis, aves e mamíferos 204

Répteis	205
Características dos répteis	205
Classificação dos répteis	206
Fisiologia dos répteis	209
Reprodução dos répteis	210

Aves 211

Características gerais das aves	211
Classificação das aves	213
Fisiologia das aves	214
Reprodução das aves	216

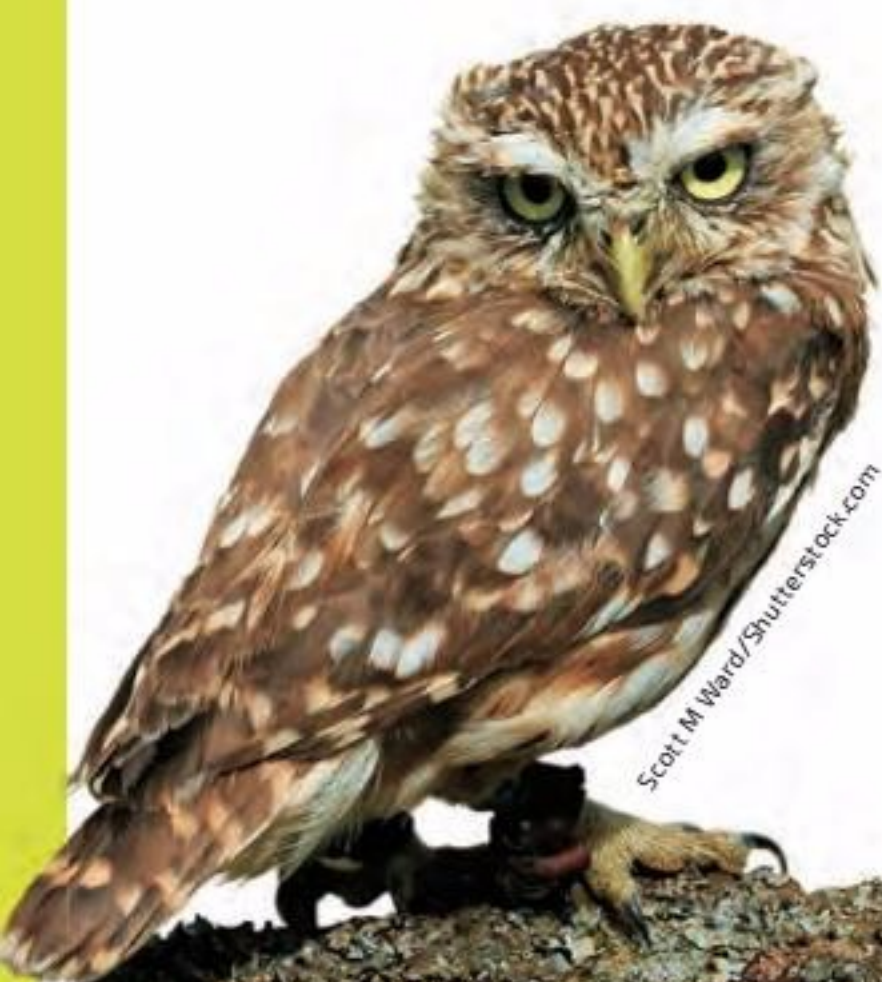
Mamíferos 217

Características gerais dos mamíferos	217
Classificação dos mamíferos	218
Fisiologia dos mamíferos	219
Reprodução dos mamíferos	221

Atividades 222

Explorando o tema 224

Tráfico de animais silvestres



Scott M Ward/Shutterstock.com



unidade
4

Corpo humano 226

Capítulo 12

Corpo humano: digestão e respiração 228

Organização estrutural do corpo humano 229

Digestão 230

Sistema digestório 230

Respiração 234

Sistema respiratório 234

Atividades 237

Trocando ideias

- Transtornos alimentares 239

Capítulo 13

Corpo humano: circulação, imunidade e excreção 240

Circulação 241

Sistema circulatório 241

Sistema linfático 244

Imunidade 245

Excreção 247

Sistema urinário 248

Formação e transporte de urina 248

Atividades 250

Trocando ideias 253

- Transplante de órgãos

Capítulo 14

Corpo humano: coordenação e sentidos 254

A coordenação do corpo humano 255

Sistema nervoso 255

Sentidos do corpo humano 260

Audição 260

Visão 261

Tato 264

Olfato 264

Paladar 265

Glândulas endócrinas 266

Atividades 268

Capítulo 15

Corpo humano: revestimento e movimentação 270

Revestimento do corpo humano 271

Movimentação do corpo humano 272

Sistema esquelético 272

Sistema muscular 276

Estruturas responsáveis pela movimentação do corpo humano 277

Atividades 278

Explorando o tema 280

Drogas

Ampliando seus conhecimentos 282

Espaços não formais de ensino-aprendizagem 285

Bibliografia 288

Lista de siglas 288

Classificação dos seres vivos e Microbiologia



Para os povos indígenas, as doenças são consideradas espíritos maus que entram no corpo das pessoas. Acreditam que elas devem ser tratadas com elementos retirados da natureza ou que são próprios da sua cultura, como óleos, ervas, fumaças, amuletos, cantos e danças.

Por essas e outras razões, os indígenas desenvolveram um grande conhecimento das espécies animais e vegetais que os cercam. Esses conhecimentos os auxiliam, por exemplo, a partir da identificação da enfermidade, a verificar qual planta utilizar em sua cura. Além disso, permitem-lhes identificar, nomear, descrever e classificar os seres vivos da natureza de acordo com determinados critérios, como se são venenosos, comestíveis, medicinais ou alucinógenos, por exemplo.

Nesta unidade, estudaremos a classificação biológica atualmente aceita e os critérios que são utilizados para agrupar os diferentes seres vivos. Também veremos a importância dos microrganismos para o ambiente e o ser humano.

Indígena pataxó, da Aldeia Velha, no município de Porto Seguro, Bahia, em 2014.



Selos com o tema Criança e cidadania, lançados pelos Correios em 1997, abordando os direitos da criança e do adolescente no Brasil.

capítulo 1

Classificação e nomenclatura dos seres vivos

c. 1840. Selo postal. Coleção particular. Foto: Dector Jodis/Shutterstock.com



Primeiro selo do mundo, conhecido como Penny Black, lançado em 1840 na Inglaterra.

Selos são pequenas estampas adesivas, geralmente feitas de papel, usadas em correspondências, com o objetivo de comprovar os serviços postais.

A criação do selo foi fundamental para o estabelecimento da comunicação entre pessoas de todo o mundo, muito tempo antes da criação e popularização da internet. Até alguns anos atrás, as pessoas comunicavam-se por meio de cartas, no entanto, essa prática vem diminuindo cada vez mais, graças aos avanços da comunicação a distância.

Os selos brasileiros são classificados em comemorativos, especiais, promocionais e personalizados. Eles podem ser vendidos individualmente ou em lotes, como os que vemos acima.

- A** Você já recebeu uma carta com selo? Conte aos colegas.
Resposta pessoal.
- B** O que você entende por classificar? *Resposta pessoal. Espera-se que os alunos expliquem que classificar é organizar algo seguindo determinados critérios.*
- C** Que critérios você utilizaria para classificar uma coleção de selos além dos apresentados acima? *Resposta pessoal. É possível que os selos também sejam classificados segundo o padrão de cor, o país, o ano de veiculação, as datas comemorativas, entre outros padrões.*
- D** Os critérios de classificação de um conjunto de selos como os citados no terceiro parágrafo do texto acima são os mesmos que os utilizados para classificar os seres vivos? *Não, pois são elementos diferentes e seguem critérios distintos.*

► Por que classificar os seres vivos?

Classificar significa distribuir determinados objetos ou seres em grupos, seguindo um critério ou método. Por exemplo, para classificar os seres vivos, devem ser utilizados critérios diferentes dos usados para agrupar os selos da página anterior.

Em todo o planeta, há uma grande quantidade de seres vivos com semelhanças e diferenças entre si. Segundo um estudo* divulgado em 2011 pelo Programa Ambiental das Nações Unidas (Unep), estima-se que existam 8,7 milhões de organismos eucariontes. Acredita-se, também, que 86% das espécies terrestres e 91% das espécies oceânicas ainda precisam ser descobertas, descritas e catalogadas.

Para facilitar o estudo dos seres vivos, eles são agrupados ou separados de acordo com determinados critérios. Nesse sentido, a **taxonomia**, que possivelmente é a área mais antiga da Biologia, é a responsável por descrever, nomear e classificar todos os animais e plantas.

Essa classificação auxilia a compreender o mundo natural e sua diversidade, pois possibilita o estabelecimento de relações entre os organismos.

► Primeiras classificações dos seres vivos

Desde os tempos mais remotos, o ser humano busca classificar os elementos da natureza, visando criar uma ordem. Isso resultou em diferentes sistemas de classificação que surgiram tanto no Ocidente quanto no Oriente.

Um desses sistemas de classificação foi o desenvolvido pelo filósofo e naturalista Aristóteles, nascido em 384 a.C., na cidade de Estagira, na Grécia. Entre outros estudos, ele se dedicou a classificar e a comparar os seres vivos e os elementos inanimados.

A classificação criada por Aristóteles era conhecida como **Escala da natureza** e organizava os seres vivos de acordo com a complexidade de sua "alma". No nível mais baixo dessa escala, estaria a matéria inanimada, depois viriam os seres vivos divididos em plantas e animais. As plantas seriam dotadas de capacidade de nutrição e reprodução, enquanto os animais, além das capacidades inerentes às plantas, podiam se locomover e apresentavam a capacidade de responder a estímulos. No nível mais elevado da escala, encontrava-se o ser humano, que tinha as mesmas características dos outros animais, além de ser dotado de razão.

Outro sistema de classificação foi desenvolvido pelo filósofo Teofrasto, que nasceu por volta de 371 a.C., em Ereso, na Grécia. Teofrasto trabalhou com Aristóteles por mais de vinte anos. Seu sistema consistia, principalmente, em classificar as plantas em árvores, arbustos, vegetação rasteira e ervas. Ele também foi responsável por fazer a primeira distinção entre angiospermas e gimnospermas e entre monocotiledôneas e dicotiledôneas.

Pinheiro.



Cão doméstico.



Azaleias.



*Veja mais informações sobre esse estudo nas **Orientações para o professor**.

1. As azaleias (B) e o pinheiro (C) são plantas, pois são capazes de nutrir-se e reproduzir-se. O cachorro (A) é um animal, pois pode nutrir-se, reproduzir-se, locomover-se e responder a estímulos.

2. As azaleias formam arbustos, enquanto o pinheiro é uma árvore. Além disso, o pinheiro pode ser classificado como gimnosperma, e as azaleias podem ser classificadas como angiospermas, pois têm flores e frutos.



Ser vivo adulto

Azaleia: pode atingir de 1 m a 2 m de altura.

Cachorro: pode atingir de 18 cm a 86 cm de altura.

Pinheiro (*Pinus* sp.): pode atingir de 30 m a 50 m de altura.

1. Classifique os seres vivos ao lado de acordo com a classificação proposta por Aristóteles.

2. Classifique os seres vivos das fotografias B e C de acordo com a proposta de Teofrasto.

Classificações orientais

Desde o século III a.C., os chineses já classificavam as plantas com nomes científicos compostos por duas palavras, o que os auxiliava na classificação e no reconhecimento de plantas. O maior de todos os autores botânicos chineses foi Li Shih-Chen (1518-1593), autor da obra *A Grande farmacopeia*, na qual apresenta diversas plantas com seus respectivos nomes científicos.

Os hindus, que viveram aproximadamente no século II a.C., reuniram considerável coleção de fatos sobre a forma, a estrutura e a disposição interna das plantas. Eles as organizaram em três grandes grupos: árvores, ervas e plantas rasteiras. Também atribuíram nomes a mais de 260 mamíferos, aves, répteis, peixes e insetos e diferenciaram espécies que causavam doenças no gado das que afetavam o ser humano.

Os povos mesopotâmicos também criaram um sistema de classificação dos seres vivos, no século II a.C. Nesse sistema, os animais eram separados em peixes e outros seres vivos aquáticos e também havia uma diferenciação entre serpentes, aves e animais quadrúpedes. As plantas eram classificadas em árvores, cereais, ervas, especiarias e drogas.

No século X, os árabes fizeram uma classificação dos animais, dividindo-os em quatro categorias, com base em sua movimentação. Essa classificação foi substituída no século XIII, e os animais passaram a ser classificados de acordo com seus meios de defesa.

▶ Lineu e a classificação dos seres vivos

Como vimos, durante vários séculos, a classificação dos seres vivos foi dividida em plantas e animais. No entanto, com o crescente aumento da quantidade de espécies descobertas, descritas e nomeadas, os cientistas começaram a enfrentar dificuldades para classificá-los em apenas dois grupos. Então, criaram um sistema mais elaborado de classificação.

Em 1735, o médico e botânico sueco Carl von Linnaeus (1707-1778) publicou um documento chamado *Systema Naturae* (Sistema da Natureza), no qual dividia os elementos da natureza em minerais, plantas e animais. Além dessa divisão, propôs um sistema hierárquico para classificar o mundo natural.

Nesse novo sistema de classificação, os seres vivos seriam agrupados em categorias progressivamente mais inclusivas, como espécie, gênero, ordem, classe e reino, de acordo com as estruturas visíveis (internas e externas) desses organismos*.

Nomenclatura binomial

Quando os seres vivos começaram a ser classificados, eram nomeados com termos comuns ou com frases descritivas. No entanto, além de criar nomes muito extensos, essa forma ocasionava a repetição e a confusão de nomenclaturas e também dificultava o fluxo de informações ao redor do mundo.



No Brasil, a espécie *Equus asinus* é conhecida popularmente por diferentes nomes, dependendo da região em que se encontra: jegue, asno e jumento. Como vemos, há certa dificuldade em se estabelecer uma única nomenclatura para um animal em um mesmo país. Agora, imagine como seria fazer a padronização da nomenclatura de um determinado elemento nos diversos lugares e idiomas do planeta.

Jumentos.

*Essa é a regra geral, mas nos casos de animais, que possuem outras categorias de classificação, como sub ou supercategorias, são acrescentados mais termos.

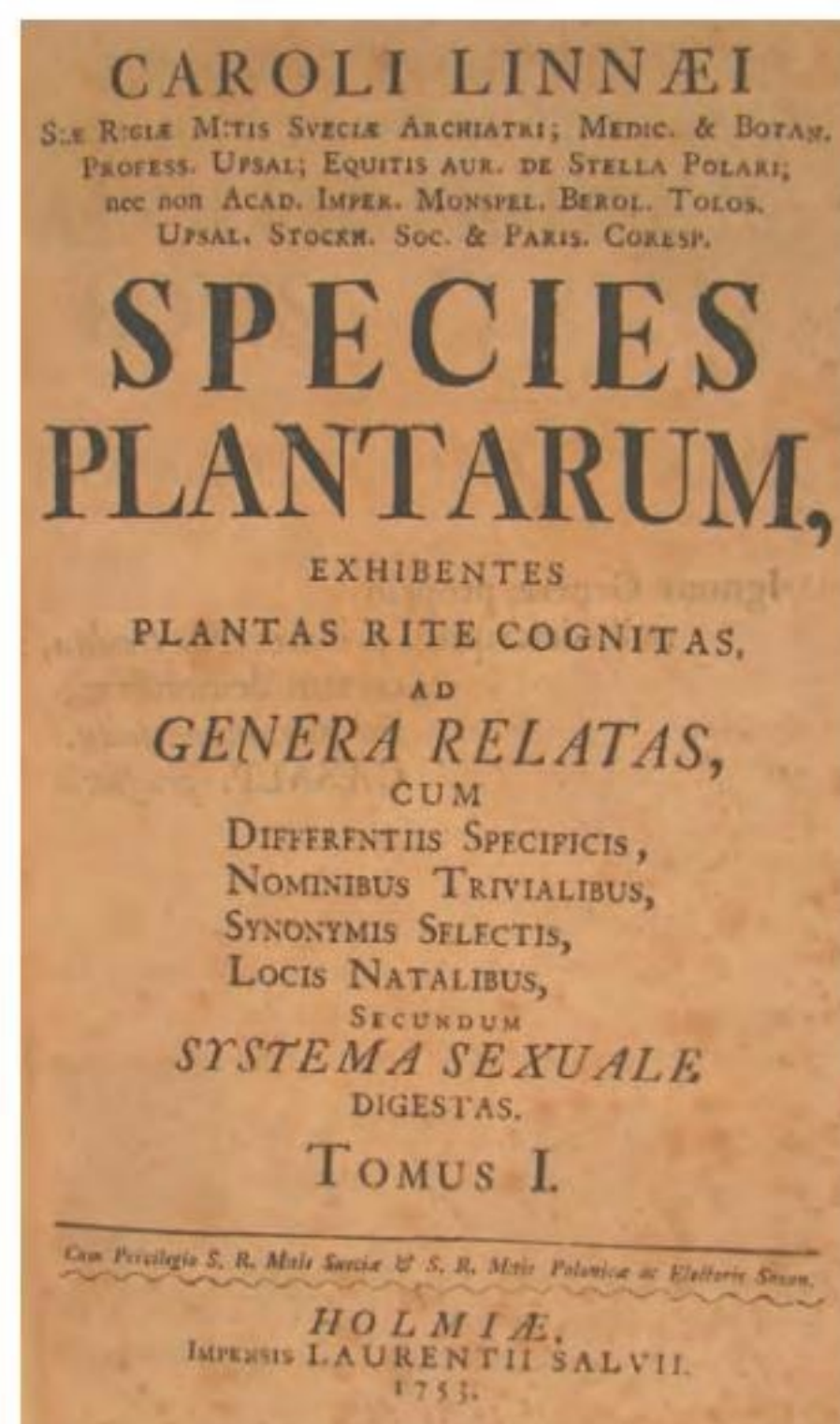
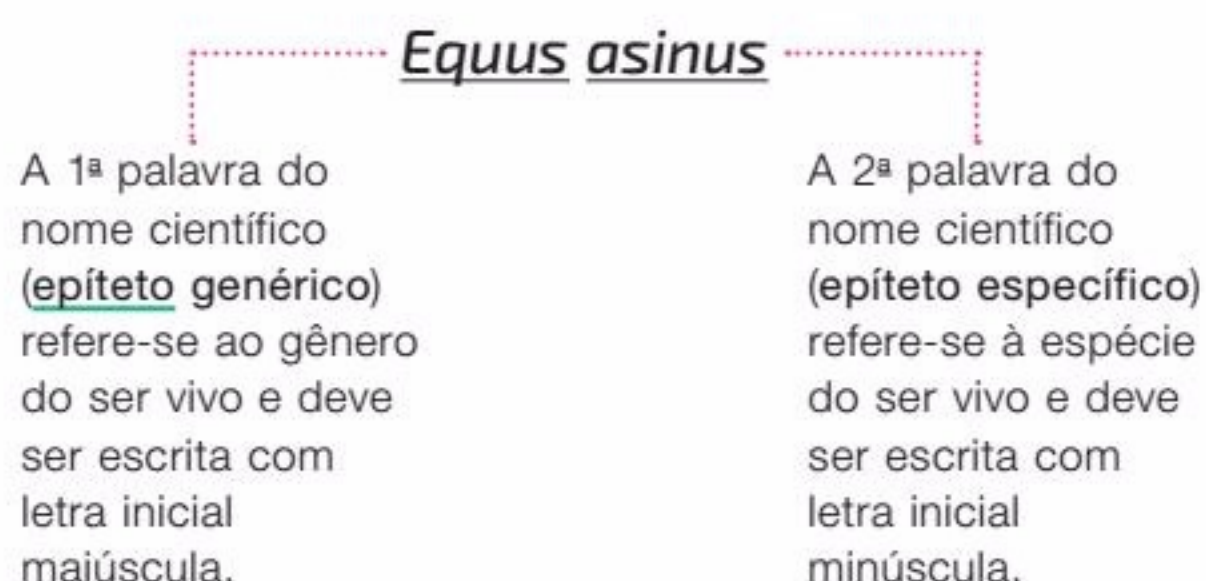
Ser vivo adulto

Jumento (*Equus asinus*): pode atingir 2,45 m de comprimento.

Em 1753, Lineu produziu uma obra intitulada *Species Plantarum*, similar ao *Systema Naturae*, no entanto, voltada apenas para plantas*. A criação desse sistema tinha como objetivo facilitar o reconhecimento das espécies e criar uma ordem, sem demonstrar relações de parentesco e descendência entre elas**.

Esse novo trabalho estabeleceu padrões que, posteriormente, deram origem ao **sistema binomial** de nomenclatura, empregado tanto para plantas quanto para animais.

De acordo com esse sistema, cada espécie recebe um nome único composto por duas palavras. Esses nomes devem ser escritos em latim e destacados no texto em itálico (*Equus asinus*), em negrito (**Equus asinus**), ou sublinhados separadamente (Equus asinus). Observe a seguir.



Capa da obra *Species Plantarum*, de Lineu, lançada em 1753.

Cada nome científico é único e pode conter informações como o descobridor da espécie, o local em que ela foi encontrada, as características do ser vivo, entre outras informações***. Esse tipo de nomenclatura possibilita que os animais sejam identificados em todo o mundo e permite que o conhecimento seja compartilhado de maneira exata e eficiente.

Epíteto: palavra ou frase que qualifica uma pessoa ou um objeto.

Ao ser mencionado pela primeira vez em um texto escrito, o nome científico deve ser grafado na sua forma completa. Da segunda menção em diante, pode ser abreviado. Essa abreviação é composta pela primeira letra maiúscula do epíteto genérico com ponto final, seguido do epíteto específico, o qual não deve ser abreviado. Exemplo: *E. asinus*.

Esse sistema hierárquico criado por Lineu no século XVIII é a base da classificação atual dos seres vivos.

Conceito de espécie

De um modo geral, o conceito biológico de espécie formulado pelo ucraniano Theodosius Dobzhansky (1900-1975) e pelo alemão Ernst Mayr (1904-2005), sob influência da teoria evolutiva do inglês Charles Darwin (1809-1882), é o mais amplamente utilizado. Segundo esse conceito, **espécie** é um grupo de organismos semelhantes entre si e capazes de intercruzar em condições naturais, produzindo descendentes férteis. Assim, as espécies são grupos de organismos que possuem compatibilidade reprodutiva entre si, mas que são isolados reprodutivamente de outros grupos.

Embora esse conceito seja amplamente utilizado, ele possui algumas limitações e não se aplica a fósseis ou espécies de reprodução assexuada. Nesses casos, a identificação das espécies é feita, principalmente, com base em análises morfológicas. Estas, no entanto, não devem ser as únicas consideradas na definição de uma espécie, pois, muitas vezes, indivíduos da mesma espécie podem apresentar alterações nas suas características visíveis diante de mudanças nas condições ambientais.

*As primeiras edições dessa obra apresentaram a nomenclatura binomial voltada para as plantas. Somente na edição de 1958 é que essas regras de nomenclatura foram estendidas aos animais.

**Até aquele momento, ainda não havia sido desenvolvida a ideia de evolução e, para Lineu, as espécies eram fixas e imutáveis.

***Veja exemplos de nomes científicos que trazem essas informações nas **Orientações para o professor**.

Veja outros conceitos de espécie nas **Orientações para o professor**.

REINO

O reino é o maior nível hierárquico do sistema taxonômico. Ele é formado por filos.

Exemplo:
reino Animalia.



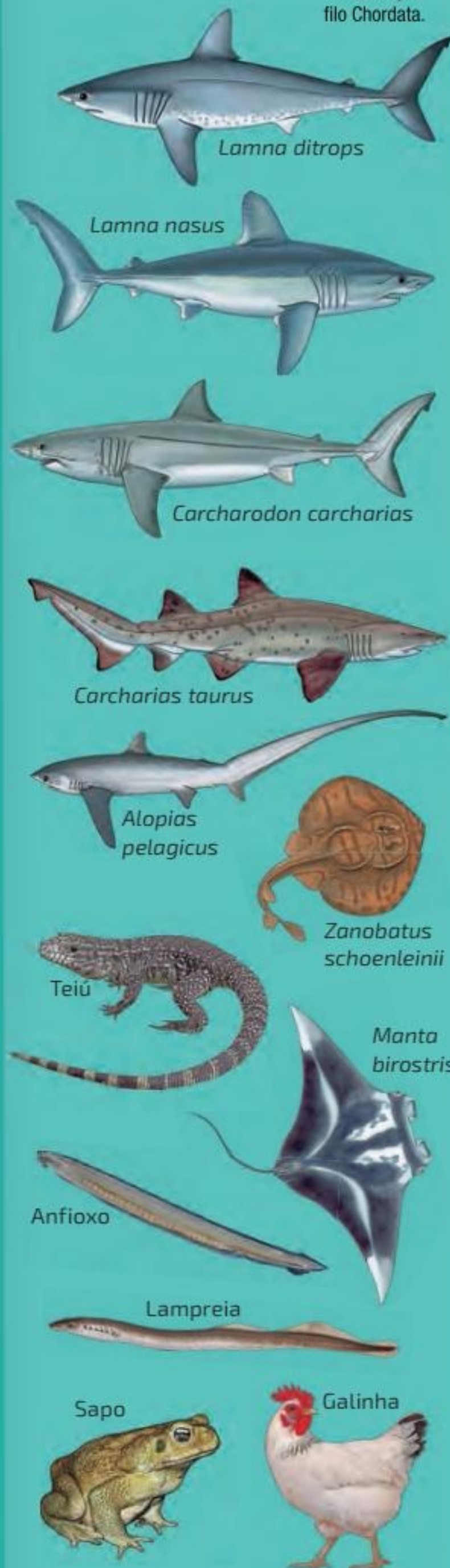
Organização dos seres vivos

Após a classificação proposta por Lineu, foram criadas outras categorias, denominadas **táxons**, para classificar os seres vivos. Atualmente, eles são classificados em táxons denominados reino, filo, classe, ordem, família, gênero e espécie. Veja a seguir como ocorre essa classificação.

FILO

O filo é composto de diferentes classes.

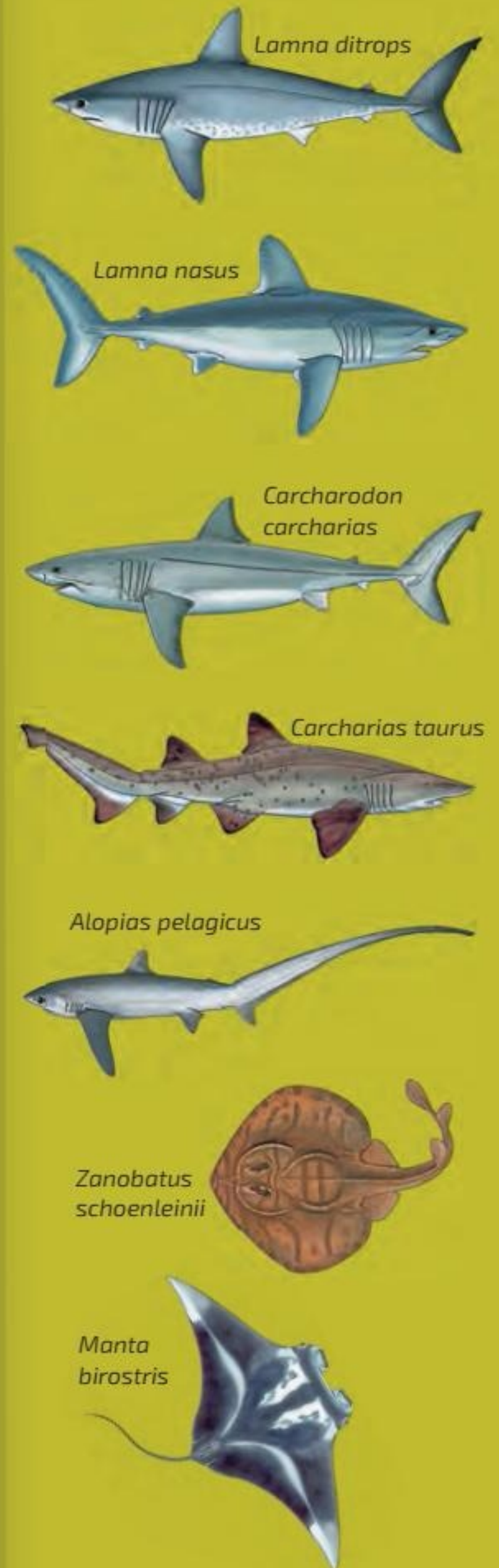
Exemplo:
filo Chordata.



CLASSE

A classe é uma categoria formada por ordens.

Exemplo:
classe Chondrichthyes.



Cada táxon (categoria) engloba um grupo de seres vivos, que possuem características semelhantes entre si. Além dessas divisões básicas, os cientistas têm expandido esse sistema de classificação, adicionando níveis e subdividindo outros já existentes para acomodar o conhecimento crescente sobre os diferentes seres vivos. São exemplos: super-reino e subclasse.

Para agrupar os seres vivos, os biólogos analisam diferentes critérios, como a morfologia, o local e as condições em que cada ser vive, o metabolismo, o padrão de desenvolvimento, o comportamento e, mais recentemente, as características genéticas.

3. Sim, porque todos são animais que evoluíram a partir de um ancestral comum e, por isso, compartilham caracteres semelhantes.

4. Não, pois ele pertence ao gênero *Cetorhinus*, que é diferente de *Carcharodon*.

5. Sim, pois todos pertencem à classe Chondrichthyes, que são peixes cartilagosos.

ORDEM

A ordem engloba diferentes famílias.

Exemplo: ordem Lamniformes.



FAMÍLIA

A família é a categoria taxonômica formada por diferentes gêneros.

Exemplo: família Lamnidae.



GÊNERO

O gênero é formado por diferentes espécies.

Exemplo: gênero *Lamna*.



ESPÉCIE

A espécie é a unidade básica do sistema taxonômico e o nível mais baixo de organização dos seres vivos.

Exemplo: espécie *Lamna ditrops*, conhecido popularmente como tubarão-salmão.



3. É possível afirmar que todos os integrantes do reino animal possuem um ancestral comum?
4. O tubarão *Cetorhinus maximus* é classificado na ordem Lamniformes. Ele pode ser classificado no mesmo gênero que *Carcharodon carcharias*?
5. É possível afirmar que todos os tubarões apresentados no esquema compartilham características comuns?



Animais híbridos

Seres vivos de espécies diferentes geralmente não inter cruzam na natureza. Entretanto, há casos de espécies diferentes que inter cruzam, pois apresentam algumas semelhanças taxonômicas entre si. O cruzamento entre indivíduos de espécies diferentes recebe o nome de **hibridação**, e a prole resultante é chamada **híbrida**.

Na natureza, o cruzamento entre diferentes espécies é evitado por meio de mecanismos variados, os quais podem atuar antes ou após o cruzamento. Na maioria das vezes, quando o cruzamento ocorre, os híbridos morrem precocemente ou nascem estéreis, ou seja, são incapazes de originar descendentes ou originam poucas gerações também estéreis. Esses mecanismos dificultam a existência de híbridos na natureza e previnem que o patrimônio genético de uma espécie, isto é, o conjunto de genes que a define, seja compartilhado com outra. Assim, as espécies são mantidas e continuam a evoluir ao longo do tempo.



Ser vivo adulto

Burro/mula: pode atingir de 1,2 m a 1,6 m de comprimento.



Mula.

Um caso de hibridação comum entre os animais é o cruzamento entre o/a cavalo/égua (*Equus caballus*) e o/a jumento/jumenta (*Equus asinus*). O cruzamento dessas duas espécies resulta no burro (macho) ou na mula (fêmea).

Tanto o burro quanto a mula, normalmente, são estéreis por causa da falha na produção de gametas viáveis. Os cromossomos provenientes de *E. asinus* e de *E. caballus* não pareiam corretamente durante a meiose, resultando em gametas com alterações cromossômicas e tornando inviável a formação de zigotos e o desenvolvimento de embriões.

6. Além da mula e do burro, você conhece outro exemplo de animal híbrido? Qual?

Resposta pessoal.

Outros casos de hibridação

Além do cruzamento entre as espécies *E. asinus* e *E. caballus*, a hibridação pode ocorrer entre outras espécies aparentadas, como cachorros e lobos, coelhos e lebres, búfalos e bovinos, galináceos e perus, ovelhas e cabras, javalis e porcos, tigres e leões, entre outros. Veja uma curiosidade sobre isso, na manchete a seguir.

Guinness elege “ligre” de 418 kg e 3 m de comprimento o maior felino no mundo



Filho de um leão e uma tigresa, animal vive em reserva na Carolina do Sul, nos EUA

GUINNESS elege “ligre” de 418 kg e 3 m de comprimento o maior felino no mundo. *Globo Rural*, São Paulo, 17 set. 2013. Disponível em: <<http://revistagloborural.globo.com/Revista/Common/0,,EMI342672-18071,00-GUINNESS+ELEGE+LIGRE+DE+KG+E+M+DE+COMPRIMENTO+O+MAIOR+FELINO+DO+MUNDO.html>>. Acesso em: 24 mar. 2016.



Ligre, nome popular dado ao híbrido resultante do cruzamento entre um leão e uma tigresa.

*Diga aos alunos que o cruzamento entre leões e tigres não ocorre naturalmente, pois as espécies habitam diferentes territórios. O cruzamento desses animais e o desenvolvimento dos ligres só é possível por meio da ação humana.

A hibridação é um processo utilizado no melhoramento genético de plantas. Nesse processo, são selecionadas plantas não híbridas com alelos favoráveis, que são inter cruzadas com plantas de espécies diferentes. Com isso, as características de uma espécie complementam as da outra, chegando a um híbrido de valor comercial. A cana-de-açúcar, por exemplo, é um híbrido resultante do cruzamento das espécies *Saccharum officinarum* e *Saccharum spontaneum*.



A influência dos indígenas na nomenclatura popular dos seres vivos

Em 1500, quando os portugueses chegaram ao Brasil, encontraram um território habitado por diversos povos indígenas com cultura e civilização próprias. Cerca de 50 anos após a colonização, o governador-geral Tomé de Souza (1503-1579) foi enviado para o Brasil acompanhado de padres jesuítas, a fim de garantir a posse do território. Com a permanência desse grupo no Brasil, o tupi, uma das línguas indígenas, foi disseminado e iniciou-se a catequese desses grupos.

O tupi foi a língua de uso corrente neste território até meados do século XVIII. Primeiro, ela foi usada como língua de comunicação entre os europeus e os Tupinambás da costa brasileira. Depois, foi empregada como língua materna dos **mamelucos** da Bahia, de Pernambuco, de Maranhão e de São Paulo. Por isso, inúmeros elementos, como rios, localidades, utensílios e seres vivos, têm seus nomes originários nesse idioma.

Após determinado período da colonização, com receio de que a língua nativa predominasse no país, as autoridades portuguesas exigiram o uso exclusivo do idioma português. Apesar do impedimento do uso do tupi, as denominações dadas pelos indígenas aos diferentes elementos são usadas até hoje.

O jenipapo é utilizado para produzir um pigmento usado em diversos rituais indígenas. Ele é chamado pelos indígenas de *nhandipab* e significa fruta de esfregar ou que serve para pintar.

Menino indígena kadiwéu com pintura corporal à base de jenipapo, na aldeia Alves de Barros, em Porto Murtinho, Mato Grosso do Sul.



Luciola Zvarick/Pulsar

7. Resposta pessoal. Possíveis respostas: caçara, caju, capoeira, cipó, cuia, cupim, igarapé, jacaré, jararaca, mangaba, manjuba, marimondo, pitanga, pitomba, pitu, preá, sabiá, samambaia, siri, surubim, sururu, tatu, traíra, entre outros.

8. A cultura indígena influenciou a higiene, a culinária, a agricultura, a medicina, a música e os costumes do povo brasileiro. Possíveis respostas: na higiene, com o hábito de tomar banho diariamente; no consumo de diversos alimentos, como a mandioca e o milho; na agricultura, com o plantio de milho, feijão, mandioca, batata, amendoim, cará, entre outros; no conhecimento das plantas nativas para a cura de diversas doenças; na música, pela elaboração de instrumentos musicais como flautas e chocalhos; entre outras heranças culturais.

Os jesuítas organizaram uma gramática da língua tupi. Isso favoreceu a aprendizagem dos portugueses que vinham para este território e dos demais padres que tinham o objetivo de catequizar os indígenas.

Mameluco: mestiço de branco com índio.

Veja alguns nomes de seres vivos de origem indígena. Depois, leia o trecho de uma reportagem sobre a influência dos povos indígenas na sociedade brasileira.

Nome	Nomenclatura indígena	Significado indígena
Abacaxi	<i>iuaka-ti</i>	Fruta que emite cheiro agradável.
Araçá	<i>ya-reçá</i>	Fruto que tem olho.
Baiacu	<i>mbaé-açú</i>	Aquele que é quente.
Cajá	<i>acã-yá</i>	Fruto de caroço cheio.
Capim	<i>cáa-piyn</i>	Mato fino.
Capivara	<i>kapii'üara</i>	Comedor de capim.
Curió	<i>curi-ú</i>	O come ligeiro.
Cutia	<i>a-coti</i>	O que se senta.
Jabuticaba	<i>iapoticaba</i>	Frutas em botão.

Cultura indígena influencia sociedade brasileira

◆ ◆ ◆

[...] A identidade cultural do nosso povo demonstra uma integração notória dos hábitos miscigenados. Dos índios herdamos alimentos básicos da culinária, como a mandioca e o milho, e instrumentos musicais, como flautas e chocalhos. [...]

CULTURA indígena influencia sociedade brasileira. Católica digital, Goiânia, 2 abr. 2008. Disponível em: <www.ucg.br/ucg/agencia/home/secao.asp?id_secao=1344>. Acesso em: 24 mar. 2016.

7. Você conhece outra palavra de origem indígena, além das apresentadas no quadro? Qual(is)?

8. Além da influência da língua, que outros traços culturais indígenas podemos perceber até os dias de hoje no povo brasileiro? Cite um exemplo.



Acesse o site a seguir e verifique algumas relações existentes entre a taxonomia e a sistemática.

• <<http://tub.im/py8o8w>>.

Acesso em: 19 fev. 2016.

Sistemática

Assim como parte da taxonomia, a sistemática também é responsável pela descrição dos organismos vivos. Além disso, ela busca compreender as relações evolutivas que eles possuem entre si. Dessa maneira, o maior objetivo da sistemática é reconstruir a relação evolutiva entre todas as espécies, inclusive as já extintas.

A relação evolutiva, ou a história evolutiva, de um grupo de seres vivos é chamada **filogenia**.

Sistemática filogenética

A sistemática filogenética, ou filogenia, surgiu nos anos 1950, baseada nos estudos do entomologista alemão Willi Henning (1913-1976). Esses estudos tinham como objetivo classificar os seres vivos de modo a reconstruir a história do grupo e como ocorreu a evolução de suas características.

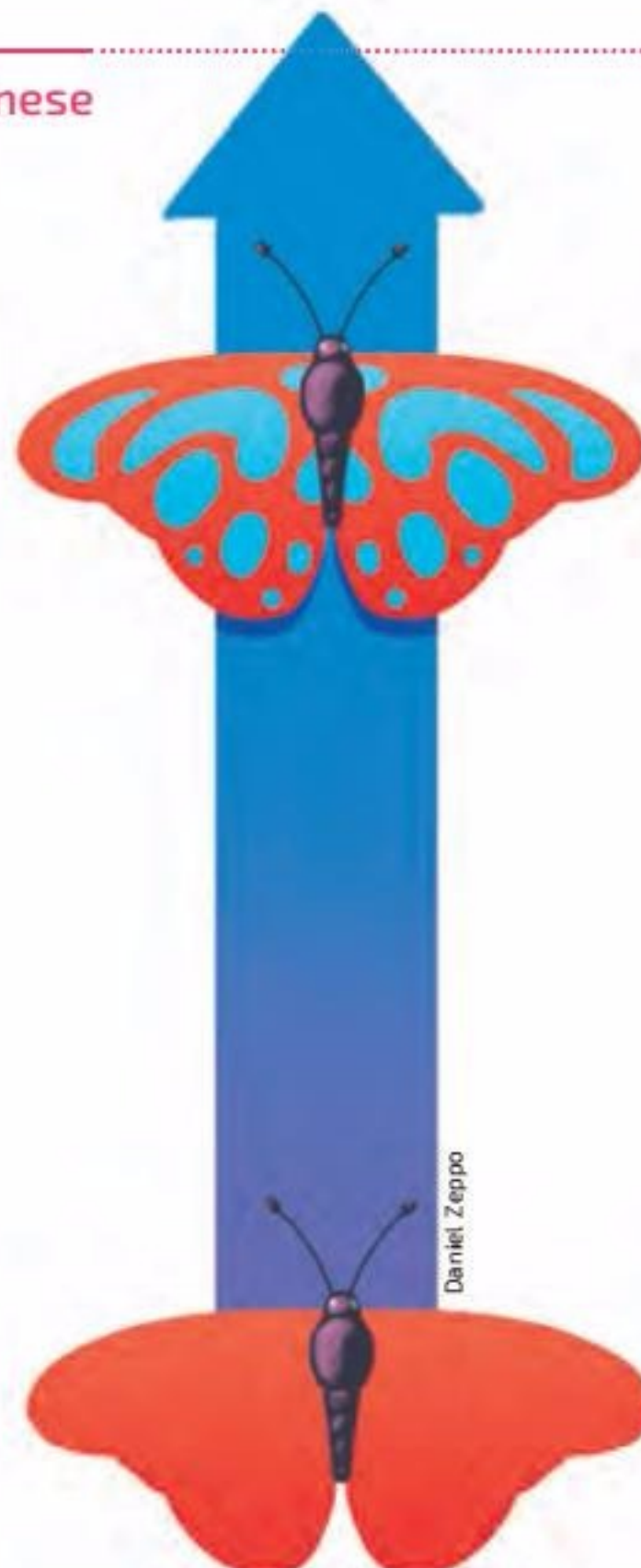
A filogenia está estritamente relacionada à evolução, que, por sua vez, possui ligação com a diversidade dos seres vivos. Por isso, é importante compreender alguns processos que geram essa diversidade, como a anagênese e a cladogênese.

Entende-se por **anagênese** a alteração ou o surgimento de uma ou mais características, que ocorrem dentro de uma mesma população, ao longo do tempo, e que se tornam parte dela.

Exemplo de anagênese



(B) borboleta com asa avermelhada e manchas azuis



Determinada população de borboletas apresenta apenas asas de cor avermelhada (A). Com o passar do tempo, alguns indivíduos dessa população nascem com manchas azuis nas asas. Esse padrão de cor continua a aparecer nas gerações seguintes, em frequências cada vez maiores, até que, em determinado momento, todos os indivíduos dessa população passam a apresentar asas avermelhadas com manchas azuis (B).

9. Resposta esperada: não, pois as borboletas apresentam somente uma variação da característica cor dentro da mesma população, ou seja, elas ainda podem se reproduzir e, por isso, são da mesma espécie.

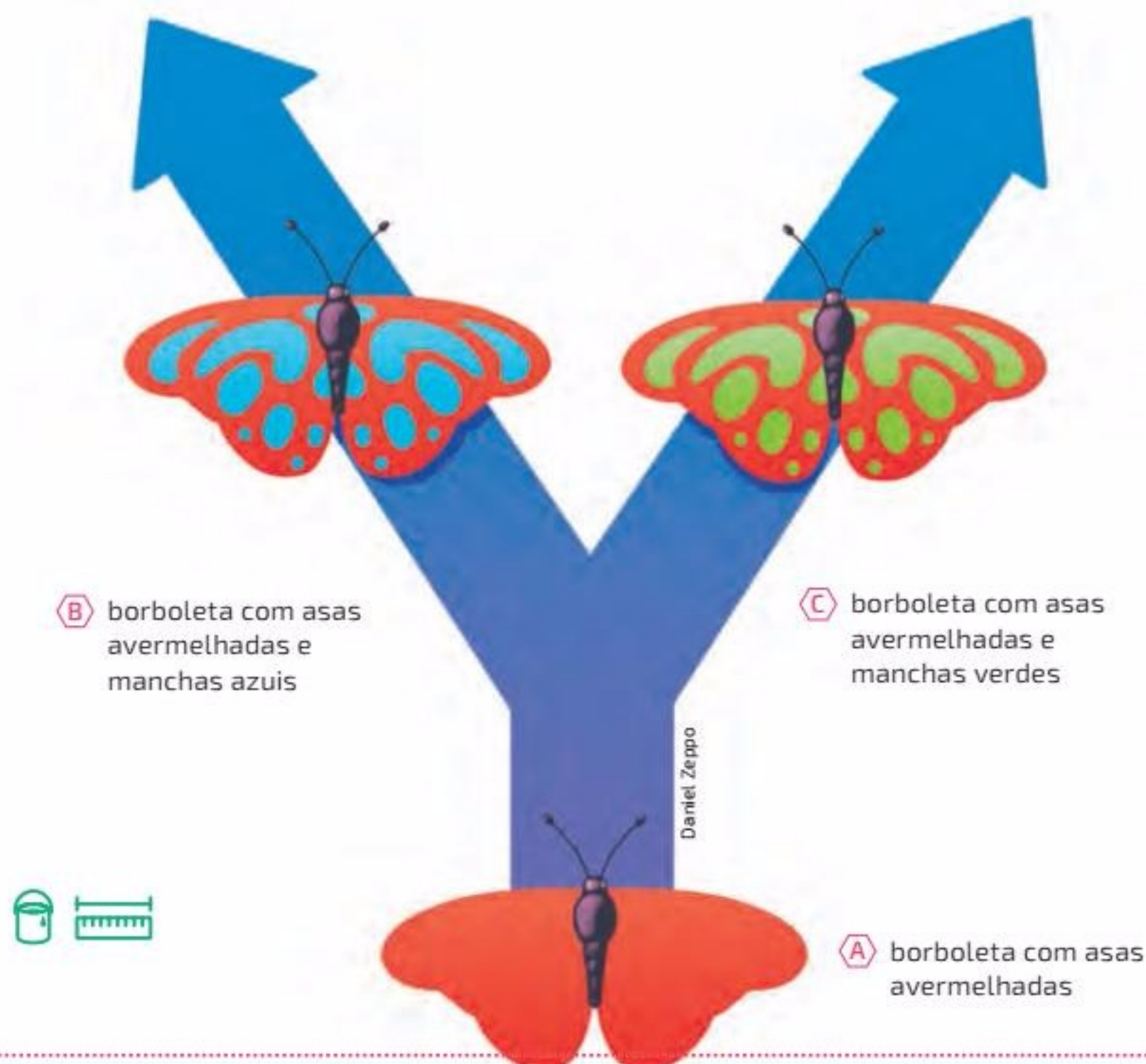
9. Observe o esquema ao lado. Durante o processo de anagênese, ocorre a formação de uma nova espécie?

(A) borboleta com asa avermelhada

Já a **cladogênese** é um processo evolutivo de ruptura de uma população e formação de duas ou mais populações independentes, que não trocam mais material genético entre si. Dessa forma, duas novas espécies são formadas.

Esse processo está relacionado a algum evento que provoque a separação de populações, como uma barreira geográfica. Observe o esquema na página a seguir.

Exemplo de cladogênese



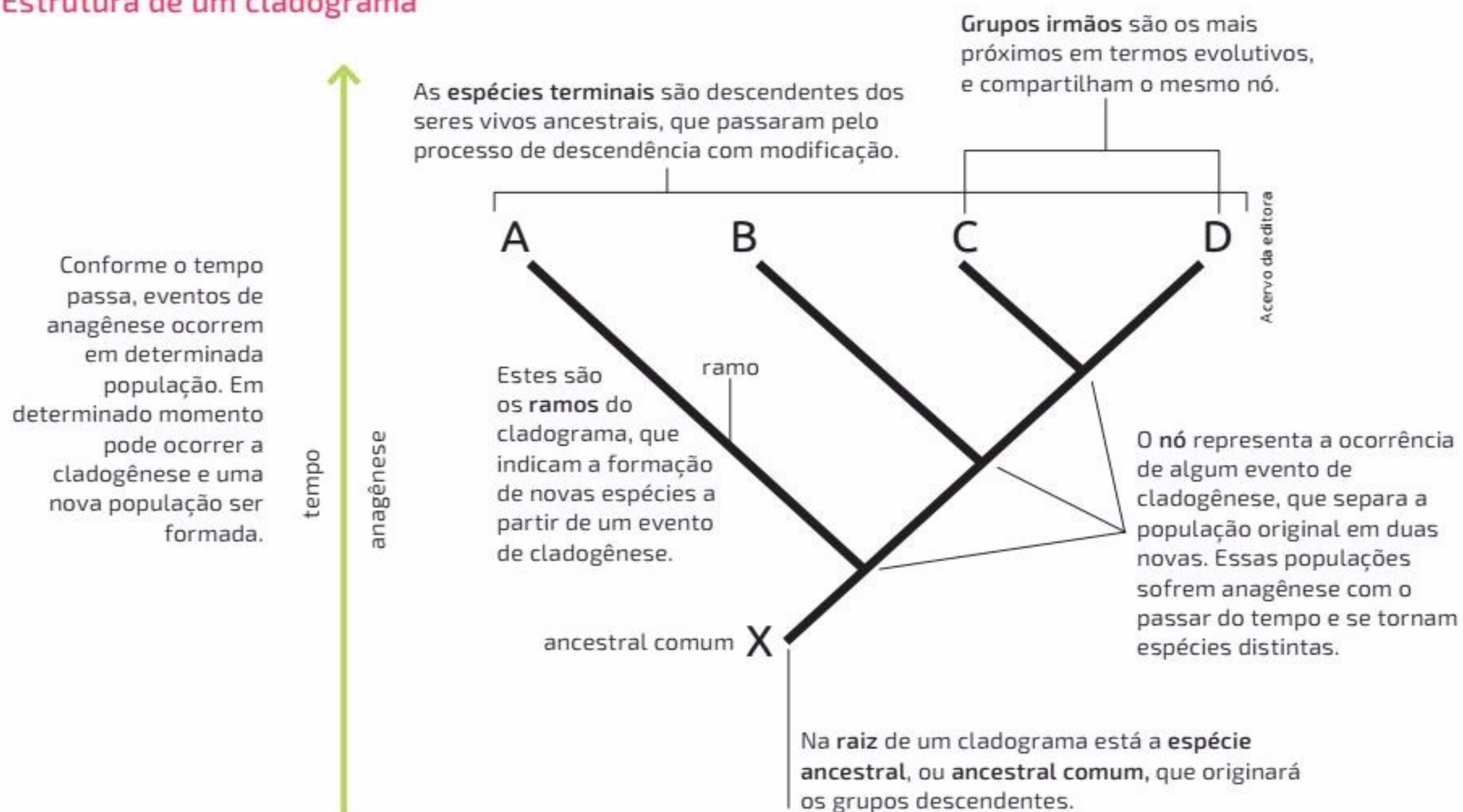
Determinada população de borboletas **A** tem seu hábitat dividido pela formação de um rio muito largo (barreira geográfica), impedindo-a de atravessá-lo. Com isso, são formadas duas populações – uma em cada lado do rio. Com o passar do tempo, o isolamento dessas populações e o surgimento de novas características (anagênese) acabam formando duas novas espécies de borboletas (**B** e **C**), diferentes da original **A**.

10. Se uma borboleta da população **B** cruzasse com outra da população **C**, surgiriam descendentes férteis? Por quê?

Não, pois são espécies diferentes.

Na sistemática, as relações entre os seres vivos podem ser apresentadas por meio de diagramas chamados **cladogramas**. Um cladograma é construído de maneira a identificar o parentesco entre as espécies, ou seja, quanto uma determinada população está geneticamente próxima ou distante de outra. Dessa forma, o cladograma caracteriza-se como um resumo da história evolutiva de um ou vários grupos de seres vivos.

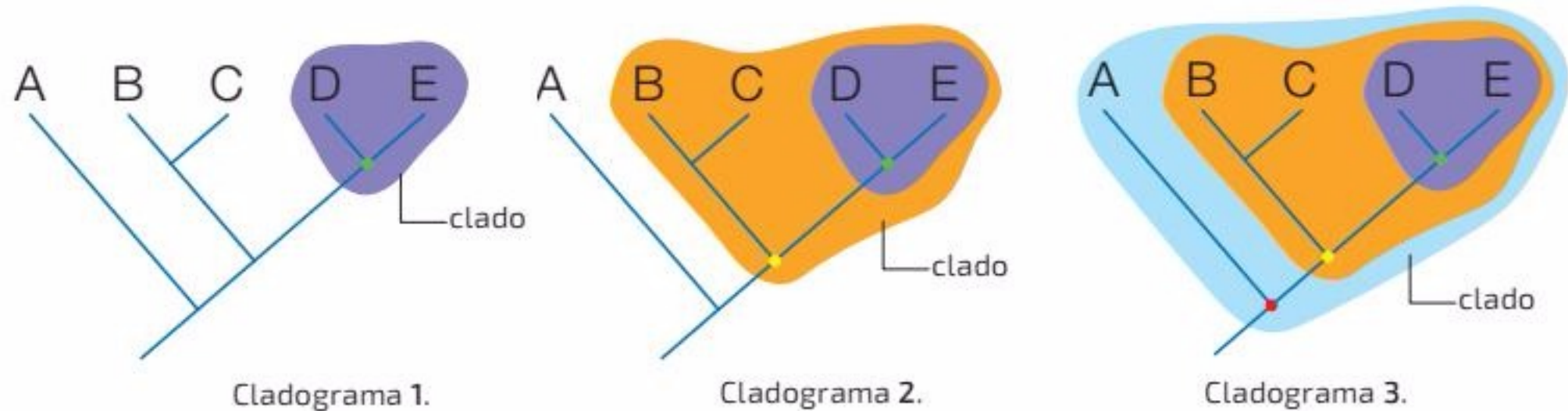
Estrutura de um cladograma



Os grupos de seres vivos que apresentam um ancestral comum formam um **clado** e são chamados **monofiléticos**.

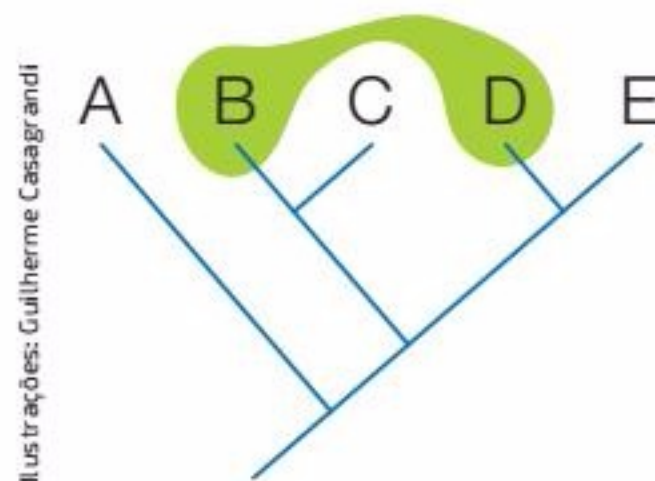
Grupos monofiléticos

Observe que, no cladograma 1, os grupos D e E, em destaque, possuem o mesmo ancestral, portanto são monofiléticos. No cladograma 2, ampliando essa relação para os grupos B, C, D e E, observa-se que eles também possuem um mesmo ancestral comum. Também no cladograma 3, ao ampliar a relação, observa-se o mesmo ancestral comum para os grupos A, B, C, D e E.



No exemplo acima, os grupos monofiléticos seguem uma hierarquia, apresentando um grupo monofilético menor no interior de um maior, sucessivamente. Assim, um clado pode incluir milhares de espécies ou só algumas. Entretanto, cada grupo possui sua própria história evolutiva, que é compartilhada com outro grupo a partir do seu ancestral em comum.

Por outro lado, alguns grupos não possuem um ancestral em comum e, portanto, não são considerados monofiléticos. Observe o exemplo abaixo.



Grupo não monofilético

Nesse cladograma os grupos B e D não formam um clado. Consequentemente, os grupos destacados não são monofiléticos.



Répteis, um grupo não monofilético

Tartarugas, crocodilos, cobras, lagartos e, até mesmo, os extintos dinossauros são répteis que evoluíram a partir de um ancestral comum e, por isso, seriam um grupo monofilético. Apesar disso, alguns estudos demonstraram que as aves possuem parentesco evolutivo com esses animais, especialmente com os dinossauros e, em virtude disso, estariam no mesmo grupo Reptilia. Apesar dessas considerações, ainda é comum, no estudo dos répteis, manter as aves em um grupo separado, o que torna Reptilia um grupo não monofilético.

Ser vivo adulto

Bem-te-vi (*Pitangus sulphuratus*): pode atingir de 20 cm a 20,5 cm de comprimento.

Lagarto (*Tropidurus oreadicus*): pode atingir 25 cm de comprimento.



Na fotografia A, observa-se um bem-te-vi e, na B, um lagarto. Apesar de esses animais possuírem o mesmo ancestral, eles são estudados em grupos separados.

Propostas de classificação dos seres vivos

Como você estudou no início deste capítulo, desde a Antiguidade, alguns estudiosos e cientistas classificavam os seres vivos em dois grandes reinos: o **Animal** e o **Vegetal**. Essa classificação levava em conta características básicas, como a locomoção e o tipo de nutrição. As plantas não se locomovem e produzem seu próprio alimento a partir de substâncias inorgânicas – são autótrofas – e os animais locomovem-se e conseguem seus nutrientes a partir de substâncias orgânicas – são heterótrofos.

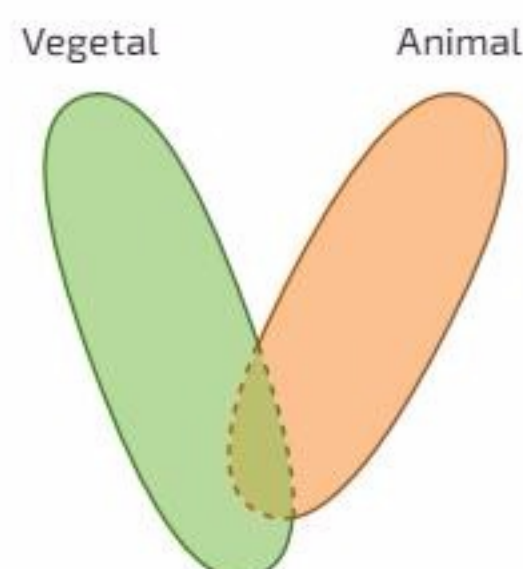
Por meio de novos estudos, os cientistas perceberam que bactérias e fungos não se enquadravam nessa classificação. Assim, em 1866, o naturalista alemão Ernst Haeckel (1834-1919) propôs uma classificação apresentando um novo reino, o **Protista**, que englobava as bactérias, as algas, os fungos e os protozoários.

A possibilidade dessa nova classificação foi altamente influenciada pelo desenvolvimento do microscópio. A criação desse instrumento propiciou a observação de uma enorme quantidade de seres vivos com características diferentes dos vegetais e dos animais, por exemplo, os fungos, que não se locomovem e têm nutrição heterotrófica.

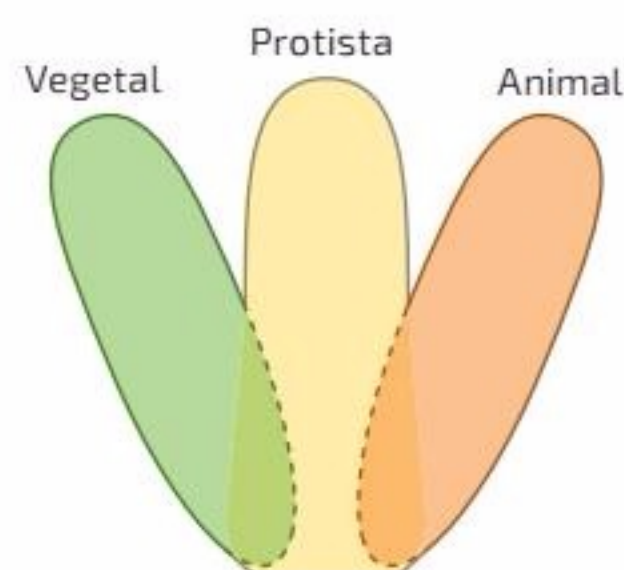
Em 1938, e posteriormente em 1956, o biólogo estadunidense Herbert Copeland (1902-1968) propôs a classificação dos organismos em quatro reinos – **Monera**, reino ao qual pertenciam organismos procariontes, como as bactérias; **Protoctista**, antigo reino protista, que abrange os protozoários, os fungos, as algas vermelhas e algas marrons; **Vegetal**, no qual se encaixavam os seres vivos que produziam amido e celulose e possuíam clorofila, como as plantas e as algas verdes*; e o **Animal**, que englobava seres vivos eucariontes e que possuem uma fase de blástula durante seu desenvolvimento.

Na década de 1960, com as novas técnicas bioquímicas e o desenvolvimento da microscopia eletrônica, surgiram novas propostas de classificação sobre os reinos existentes. As análises revelaram diferenças e semelhanças em níveis de organelas citoplasmáticas, e os cientistas perceberam que as bactérias tinham características bem diferentes dos protozoários e fungos. Isso fez surgir uma nova forma de classificação.

Representação simplificada da classificação dos seres vivos em dois reinos. Somente os maiores grupos são mostrados nessa representação.



Representação simplificada da classificação dos seres vivos em três reinos, segundo Ernst Haeckel. Somente os maiores grupos são mostrados nessa representação.



*As algas marrons e vermelhas também possuem pigmentos fotossintetizantes, mas foram separadas das algas verdes por causa de um ancestral diferente. Veja, nas **Orientações para o professor**, mais informações sobre a história da classificação dos seres vivos.

Representação simplificada da classificação dos seres vivos em quatro reinos, segundo Herbert Copeland. Somente os maiores grupos são mostrados nessa representação.

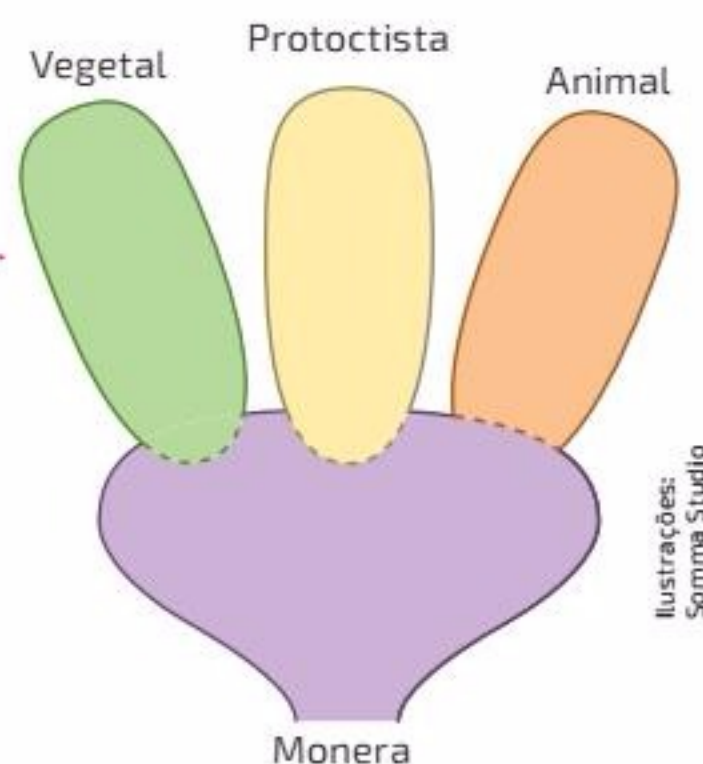


Ilustração produzida com base em: HAGEN, J. Robert Whittaker and the Classification of Kingdoms (Robert Whittaker e a Classificação dos Reinos). Disponível em: <www1.umn.edu/ships/db/whittaker.pdf>. Acesso em: 20 maio 2016.

Ilustrações:
Somma Studio

A proposta de classificação dos seres vivos em cinco reinos

No ano de 1957, o biólogo estadunidense Robert H. Whittaker (1924-1980) propôs uma nova classificação, baseada em duas principais características: o tipo de nutrição dos seres vivos, que pode ser por absorção (fungos), digestão (animais, protozoários e bactérias) e autotrofia (algas e vegetais); e a sua formação unicelular ou pluricelular.

Whittaker utilizou essas características e baseou-se na classificação em quatro reinos, proposta por Copeland, para criar o reino dos fungos e renomear o reino Protoctista para Protista. Assim, criou uma nova classificação, agora com cinco reinos: **Monera**, dos **protistas**, dos **fungos**, dos **vegetais** e dos **animais**.

No entanto, em 1968, a bióloga estadunidense Lynn Margulis (1938-2011) propôs uma nova organização para os cinco reinos de Whittaker. Nessa organização, as algas verdes, marrons e vermelhas, que estavam classificadas em reinos diferentes, foram todas transferidas para os protistas, que teve seu nome novamente alterado para protoctista, e, somente as bactérias permaneceram no reino Monera, cujo nome foi alterado para reino das bactérias.

Em 2001, Margulis e a bióloga estadunidense Karlene V. Schwartz (1936-) remodelaram essa classificação, utilizando, além das características anatômicas e fisiológicas, a história evolutiva das espécies. Depois disso, outras propostas de classificação foram utilizadas para completar esse modelo de classificação, como a utilização dos termos **eubactéria** (bactérias verdadeiras) e **arqueobactéria** (bactérias antigas), formando, assim, dois sub-reinos dentro do reino das bactérias.

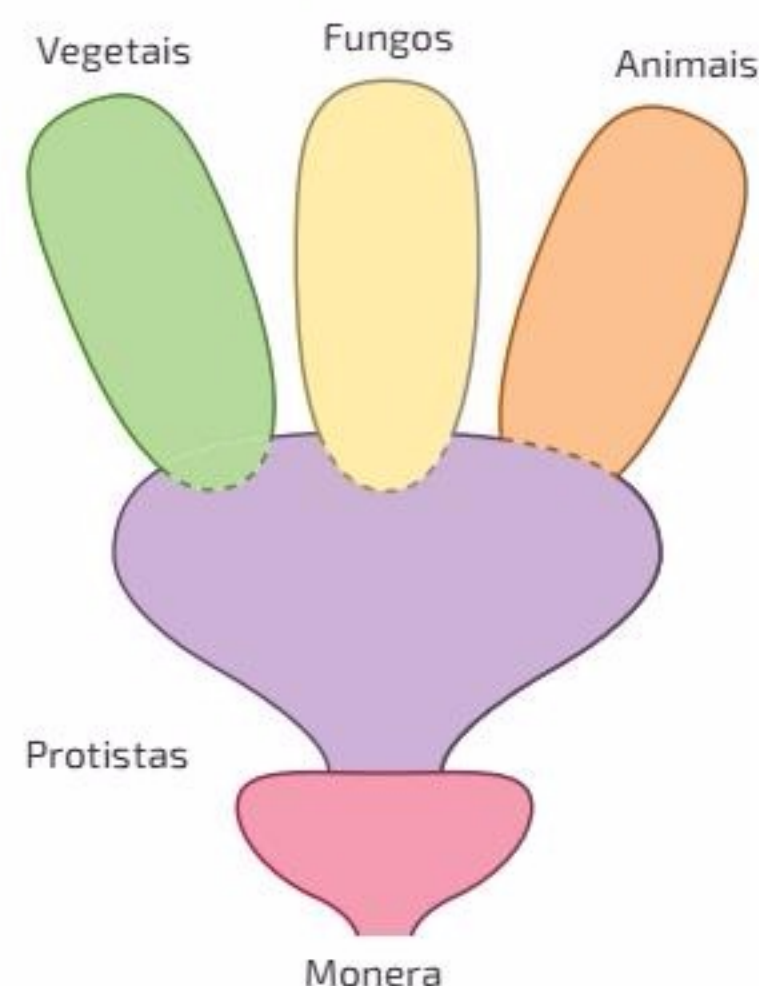
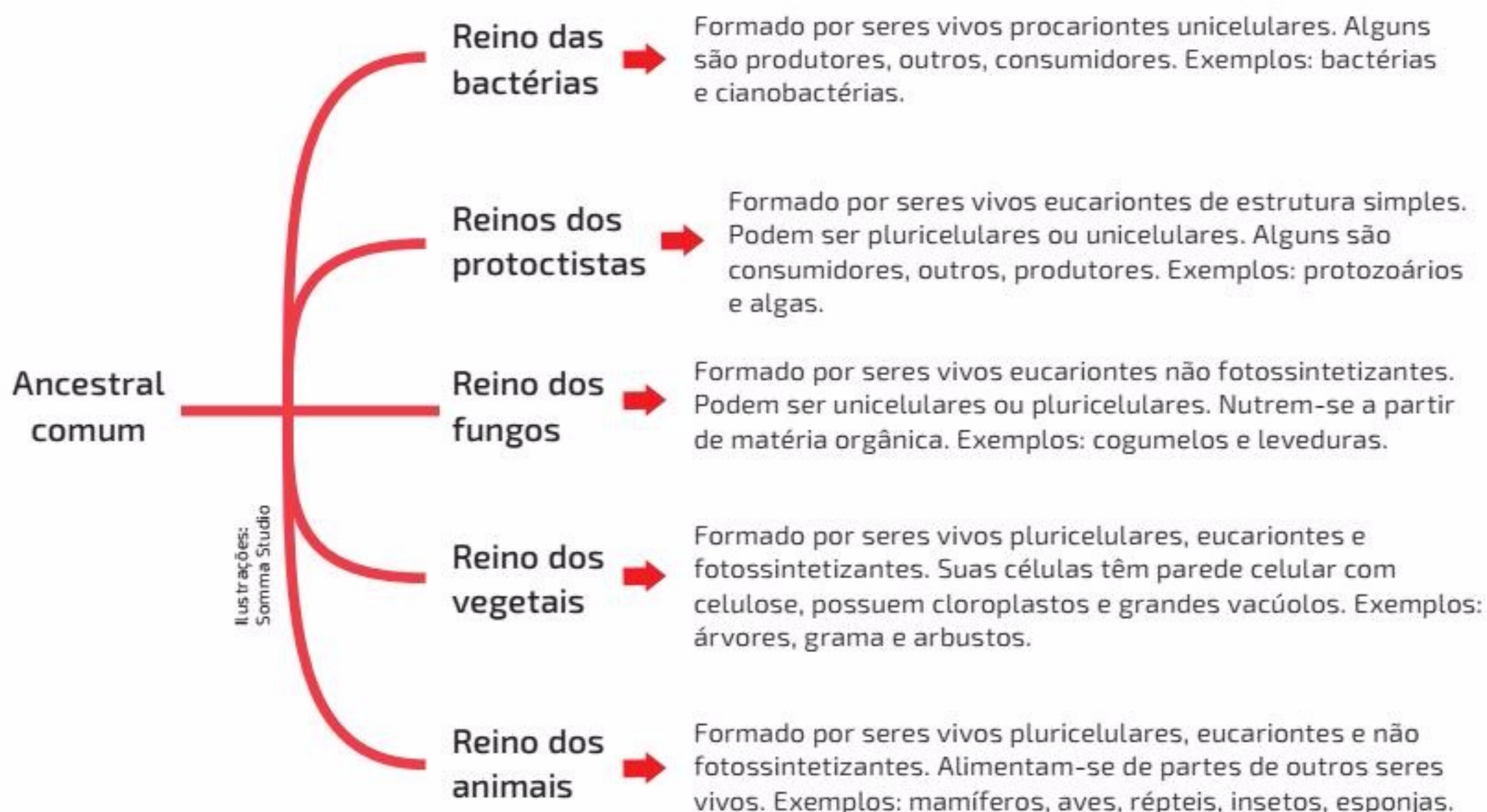


Ilustração produzida com base em: HAGEN, J. Robert Whittaker and the Classification of Kingdoms (Robert Whittaker e a Classificação dos Reinos). Disponível em: <www1.umn.edu/ships/db/whittaker.pdf>. Acesso em: 20 maio 2016.

Proposta de classificação dos seres vivos em cinco reinos – Margulis e Schwartz



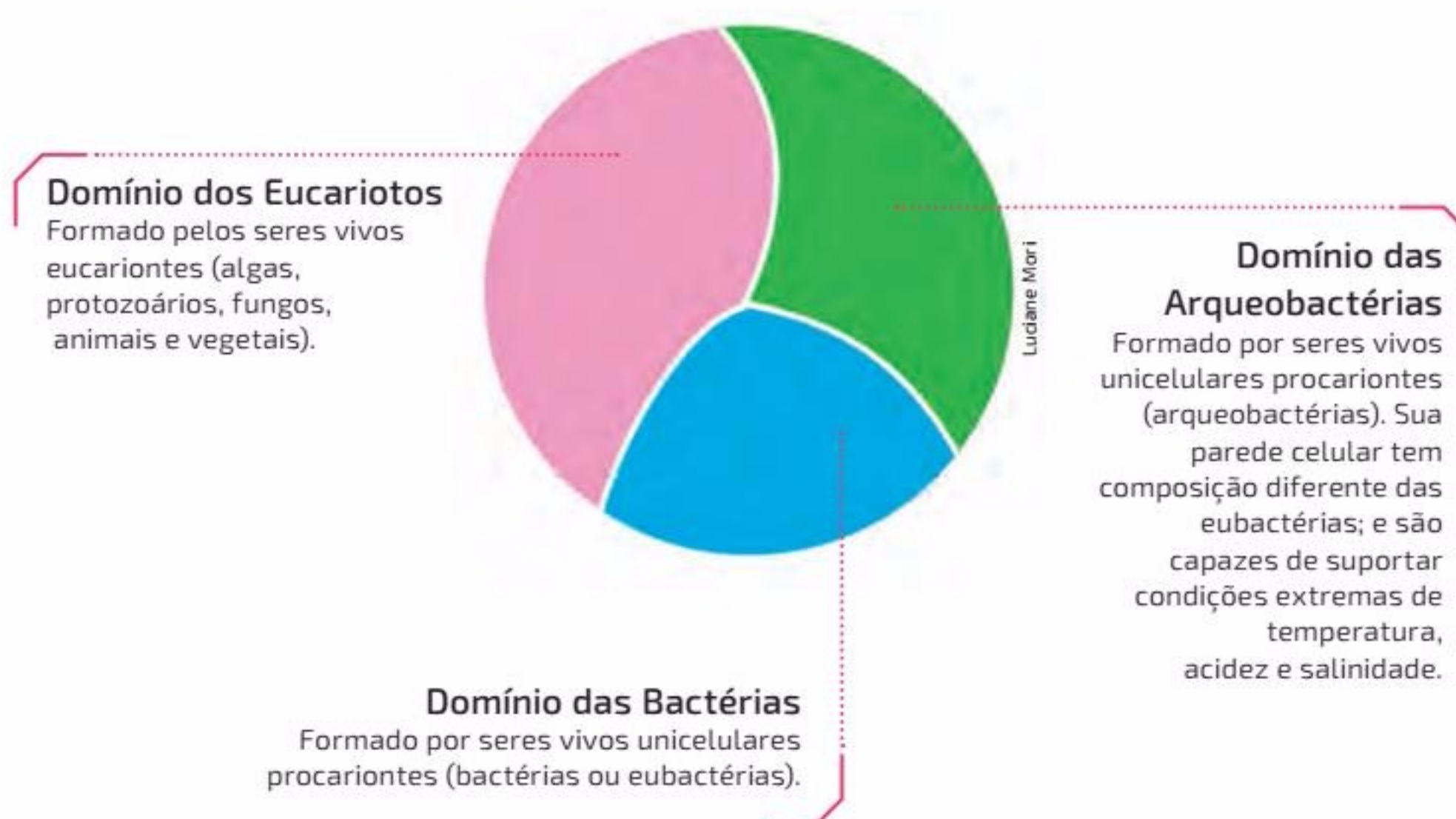
A proposta de classificação dos seres vivos em três domínios

Com o avanço da Biologia Molecular e o estudo das moléculas que formam os seres vivos, outros pesquisadores começaram a buscar novos métodos de comparação e classificação dos seres vivos. Um deles, foi o microbiologista estadunidense Carl Woese (1928-2012), que, em 1990, propôs uma classificação baseada na análise e na comparação entre moléculas de RNA que formam os ribossomos. Woese utilizou esse parâmetro baseado nas características dos ribossomos, organelas presentes em todos os seres vivos e que possuem sua sequência genética altamente conservada.

Os resultados obtidos por Carl Woese evidenciaram a proximidade existente entre os seres vivos eucariontes. Além disso, mostraram que os procariontes poderiam ser divididos em dois grupos principais, as arqueobactérias e as eubactérias, utilizadas posteriormente por Lynn Margulis. Isso permitiu a ele estabelecer uma categoria taxonômica superior ao reino – o domínio.

Woese considerou que, pelas características moleculares, os eucariontes poderiam ser colocados em um único grupo, o qual denominou domínio dos **Eucariotos**. Já os procariontes apresentavam muitas diferenças, e, por isso, foi preciso agrupá-los em dois domínios: o domínio das **Arqueobactérias** (formado pelas arqueobactérias) e o domínio das **Eubactérias** (formado pelas bactérias).

Proposta de classificação dos seres vivos em três domínios – Carl Woese



A proposta de classificação dos seres vivos em seis reinos e dois domínios

O biólogo inglês Thomas Cavalier-Smith (1942-) propôs a inclusão de um novo grupo de seres vivos na classificação dos cinco reinos. Esse seria o reino dos **chromistas**, seres vivos que apresentam como característica comum a presença de determinadas moléculas e pigmentos. Desse grupo fazem parte alguns seres vivos que realizam fotossíntese, como certas algas, e outros que não a realizam, como determinados protozoários e fungos, classificados em outros grupos, nas propostas anteriores.

Nessa classificação, os seres vivos estão agrupados em dois grandes domínios: os procariotos, no qual está o reino das bactérias, e os eucariotos, que abrange todos os outros reinos – protocistas, fungos, vegetais, chromistas e animais.



Ao observar as diferentes propostas de classificação, é possível perceber que o desenvolvimento de novas técnicas proporciona descobertas que dão suporte a novos critérios e, conseqüentemente, a outras propostas de classificação. Dessa maneira, nenhuma proposta pode ser tomada como verdadeira, pois elas sempre se complementam.

Em nosso estudo sobre os seres vivos, adotaremos a classificação de cinco reinos de Lynn Margulis*.

*Veja mais informações sobre esse assunto nos comentários do capítulo 3 deste volume, nas Orientações para o professor.



Biologia e Tecnologia

Filogenia molecular

Vimos que a filogenia se baseia na análise da anatomia dos seres vivos, a fim de descobrir os eventos evolutivos e construir árvores filogenéticas para melhor ilustrar a relação entre as espécies e sua evolução ao longo do tempo. Outra importante área de estudo, nesse sentido, é a filogenia molecular, que se baseia em análises moleculares para reconstruir o processo evolutivo das espécies.

Em 1904, um estudo realizado pelo biólogo e físico estadunidense George Henry Falkinir Nuttall (1862-1937) mostrou que era possível usar dados moleculares para determinar as relações filogenéticas entre várias espécies. No entanto, em razão da limitação de técnicas moleculares, a filogenia molecular só passou a ser amplamente utilizada a partir de 1980, quando análises de DNA, RNA e proteínas tornaram-se possíveis.

Atualmente, as análises filogenéticas são realizadas por meio do sequenciamento das estruturas macromoleculares (DNA, RNA e proteínas). Entretanto, os critérios tradicionais da Anatomia, da Morfologia, da Fisiologia e da Paleontologia continuam sendo importantes para os estudos das relações filogenéticas entre populações ou espécies.

A filogenia molecular trouxe vantagens que facilitam a compreensão dos eventos evolutivos e a construção de árvores filogenéticas. Isso foi possível porque os dados moleculares obtidos a partir do sequenciamento de DNA, RNA e proteínas podem ser transformados em números, favorecendo a análise matemática e estatística.

Esses dados moleculares são novamente transformados, organizados e comparados por meio de computadores algorítmicos sofisticados e de alta velocidade, os quais são adequadamente programados para realizar essas funções.



Veja as respostas das questões desta seção nas **Orientações para o professor**.

1. Qual é a importância de classificar os seres vivos?
2. Explique o que é taxonomia, sistemática e filogenia.
3. Qual é o conceito biológico de espécie?
4. Defina com suas palavras anagênese e cladogênese.
5. Diferencie grupos monofiléticos de grupos não monofiléticos.
6. Em que se baseia a classificação dos seres vivos na proposta dos três domínios?
7. Carmem Miranda (1909-1955) foi uma cantora e atriz luso-brasileira que ficou conhecida por seu visual exuberante, que incluía chapéus com diferentes ornamentos. Um exemplo é o de frutos tropicais. Veja, no quadro abaixo, alguns exemplos de frutos que apareciam no chapéu dela.

Frutos	
Nome científico	Nome popular
<i>Citrus sinensis</i>	Laranja
<i>Ananas comosus</i>	Abacaxi
<i>Citrus limon</i>	Limão
<i>Fragaria vesca</i>	Morango
<i>Mangifera indica</i>	Manga
<i>Vitis vinifera</i>	Uva
<i>Musa sp.</i>	Banana



2011. Selo postal. Coleção particular. Foto: catwalk/Shutterstock.com

Selo estadunidense em homenagem a Carmem Miranda.

- a) Quantas espécies de frutos aparecem no quadro acima?
 - b) Quantos gêneros de frutos são listados acima?
 - c) A quantidade de gêneros e de espécies é a mesma? Explique.
8. Leia os nomes científicos abaixo. Corrija os incorretos no caderno, justificando cada correção. Por fim, realize uma pesquisa e identifique os organismos citados.

a) <i>saccharomyces cerevisiae</i>	b) <i>Panthera leo</i>
c) <i>Araucaria Angustifolia</i>	d) <i>Oreochromis Niloticus</i>
e) <i>Escherichia Coli</i>	f) <i>Drosophila melanogaster</i>
g) <i>pan Troglodytes</i>	h) <i>zea Mays</i>
i) <i>Coffea arabica</i>	j) <i>amanita muscaria</i>
 9. Ao visitar uma praça, João observou que as árvores tinham placas de identificação, como a representada ao lado. Essa placa segue o modelo de nomenclatura binomial de Lineu? Explique.

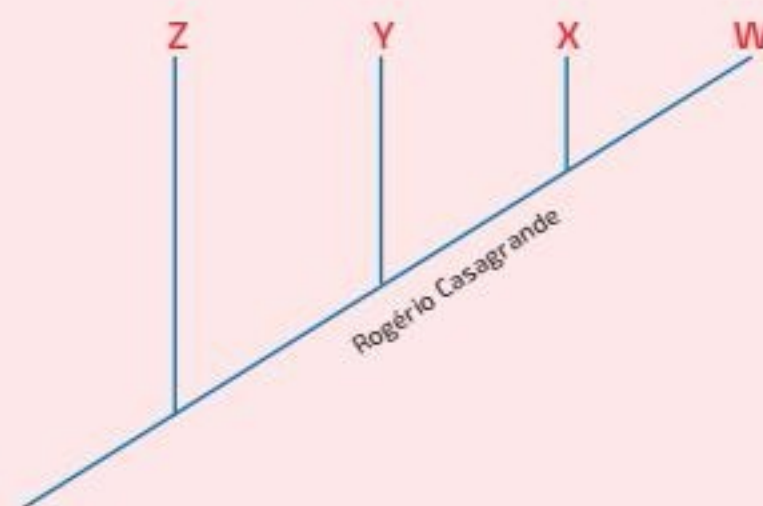
Peroba-rosa
 Nome científico: *Aspidosperma*
Polineuron
 Família Apocynaceae
 10. Reescreva as frases abaixo no caderno, corrigindo-as se necessário.
 - a) *Felis silvestris* e *Felis catus* pertencem à mesma espécie.
 - b) *Citrus reticulata* e *Citrullus lanatus* pertencem ao mesmo gênero.
 - c) Espécies que são da mesma ordem obrigatoriamente pertencem à mesma classe.
 - d) Espécies que são da mesma família obrigatoriamente pertencem ao mesmo gênero.
 - e) Espécie é uma denominação para organismos semelhantes que não se reproduzem nem geram descendentes férteis.

Orientar os alunos a resolverem as questões de vestibular, cujas alternativas são numeradas. Os valores das alternativas que respondem corretamente à questão devem ser somados, e a resposta é o resultado do somatório.

11. Observe o cladograma ao lado e, com base em seus conhecimentos, responda às questões propostas.

- O grupo X é grupo-irmão de W? Justifique sua resposta.
- O grupo Z é ancestral do grupo Y, X e W? Justifique sua resposta.

Fonte: BRUSCA, Richard C. Invertebrados. 2. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2007. p. 36.



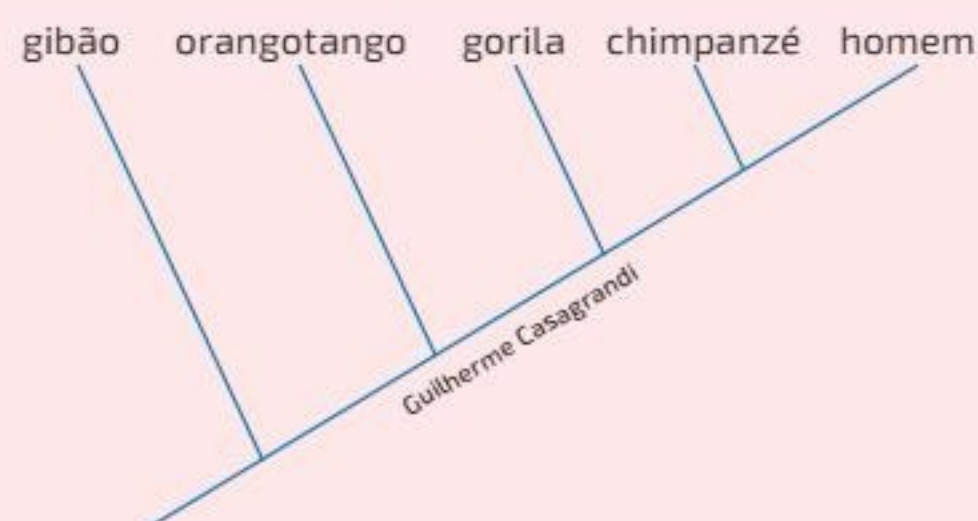
12. (UEM) Com base na sistemática e na classificação biológica, é correto afirmar que:

- o leão (*Panthera leo*) e o tigre (*Panthera tigris*) pertencem à mesma ordem.
- na natureza, ocorre cruzamento com produção de descendentes férteis entre membros de duas populações pertencentes a gêneros diferentes de uma mesma família.
- o sistema de nomenclatura dos seres vivos, originalmente proposto por Lineu, é chamado de categoria taxonômica.
- a cladística é uma regra de nomenclatura biológica que tem como foco a evolução.
- a divisão dos seres vivos em grupos, de acordo com suas semelhanças, é chamada taxonomia.

13. (UFG) Analise o cladograma ao lado.

Pelo cladograma, o:

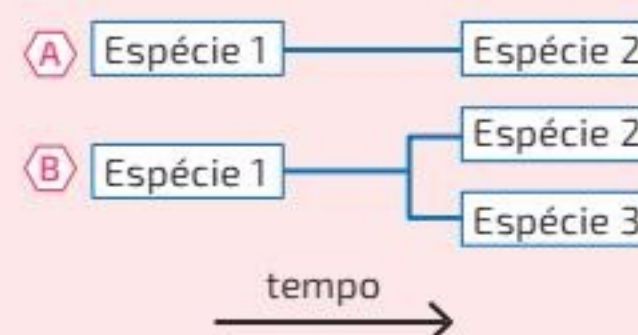
- chimpanzé pertence à família do homem.
- gorila evoluiu a partir do orangotango.
- gibão convergiu evolutivamente com o gorila.
- homem compartilha o mesmo ancestral do gibão.
- orangotango é ancestral do chimpanzé.



14. (UFES) O esquema ao lado se refere a dois modelos de especiação (A e B).

Considere as afirmações abaixo relacionadas ao esquema.

- O modelo A representa um exemplo de especiação filética, que pressupõe a ocorrência de isolamento geográfico.
- O modelo A representa especiação por anagênese, que envolve seleção natural e adaptação a modificações graduais nas condições ambientais.
- O modelo B representa especiação por cladogênese, que envolve isolamento de populações, adaptações a diferentes ambientes e isolamento reprodutivo.



Qual(is) está(ão) correta(s)?

- Apenas I.
- Apenas II.
- Apenas III.
- Apenas I e III.
- Apenas II e III.

Refletindo sobre o capítulo

Veja as respostas das questões desta seção nas Orientações para o professor.

- A zebra tem nome científico *Equus zebra*. É possível afirmar que ela tem parentesco taxonômico com o jumento e o cavalo (página 18)? Explique.
- Observe as propostas de classificação dos seres vivos apresentadas nas páginas 23 a 26. Elas foram desenvolvidas de maneira isolada, sem considerar outras propostas de classificação? Justifique sua resposta por meio de um exemplo.



Charge **O malho**, de Leônidas, feita em 1904, satirizando a vacinação obrigatória contra a varíola no Brasil.

capítulo 2 Vírus e bactérias

Em meados de 1900, a cidade do Rio de Janeiro era conhecida mundialmente como “túmulo de estrangeiros”, pois muitos turistas de outros países que visitavam essa cidade ficavam doentes por causa de diversas doenças que assolavam o lugar e, muitas delas, morriam.

Para resolver esse problema, em 1903, o médico sanitarista Oswaldo Cruz (1872-1917) foi nomeado para tentar acabar com diversas epidemias instaladas na cidade. Entre essas epidemias estavam a peste bubônica, a febre amarela, a varíola, o sarampo, a tuberculose, a escarlatina, a difteria, a coqueluche e o tifo.

Em 1904, o governo brasileiro aprovou uma lei determinando a obrigatoriedade da vacinação contra a varíola. Essa vacina ainda era desconhecida da população brasileira, que se mostrou duvidosa em relação à sua eficácia. Em razão dessa resistência à vacina, as autoridades e os agentes de saúde passaram a obrigar as pessoas a se vacinarem, inclusive invadindo suas residências, se fosse necessário.

Esse evento ocasionou uma revolta na população, que saiu às ruas para protestar. Nesse episódio, que ficou conhecido como “A revolta da vacina”, muitas pessoas foram presas, ficaram feridas ou morreram.

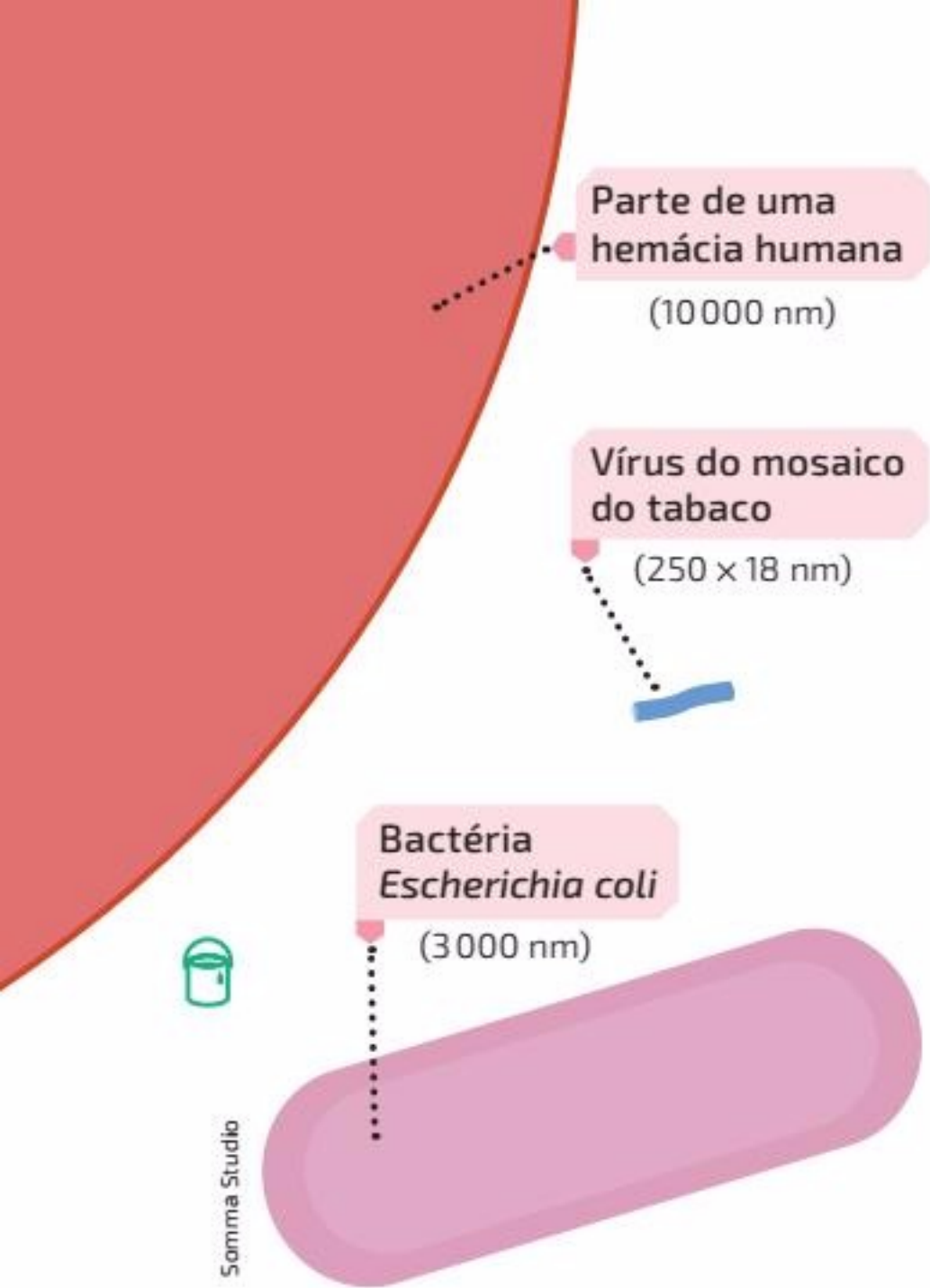
Apesar da oposição, a campanha de vacinação foi levada adiante e conseguiu erradicar a varíola no Rio de Janeiro. As medidas tomadas por Oswaldo Cruz foram responsáveis por erradicar a maior parte das epidemias que infestavam o Rio de Janeiro.

- A** Qual é a importância das campanhas de vacinação atuais?
- B** Normalmente, as vacinas são produzidas para a proteção contra agentes infecciosos como alguns vírus e toxinas de bactérias. Quais são as principais diferenças na reprodução desses organismos?
- C** Você sabe quais das doenças citadas no texto são causadas por bactérias? E por vírus?

A) As campanhas de vacinação têm o objetivo de informar a população sobre a importância desse procedimento e convencer a grande maioria das pessoas a ser vacinada e reduzir a incidência de doenças.

B) Os vírus não têm metabolismo e se replicam somente no interior de outras células. Já as bactérias são seres vivos procariontes, dotados de metabolismo, e podem se reproduzir tanto no interior como no exterior de outras células e também no ambiente.

C) Bactérias: tifo, difteria, coqueluche, tuberculose, peste bubônica e escarlatina. Vírus: febre amarela, sarampo e varíola.



Comparação entre um vírus, uma bactéria e uma hemácia humana.

Ilustração produzida com base em: TRABULSI, L. R; ALTERTHUM, F. Microbiologia. 5. ed. São Paulo: Atheneu, 2008. p. 538.

Vírus

Os vírus possuem entre 12 e 400 nanômetros e, por isso, não podem ser observados por microscópios ópticos. Essa condição fez sua visualização ser possível somente após o desenvolvimento do microscópio eletrônico.

Antes do século XX, várias doenças virais eram conhecidas, mas não se sabia o que as causava. Por exemplo, em 1886, o químico holandês Adolf Mayer (1839-1907) detectou que uma doença observada nas folhas do tabaco era transmitida de uma planta para outra, mas seu agente causador não era conhecido. Essa doença era chamada de doença do mosaico do tabaco.

No entanto, em 1892, o bacteriologista russo Dmitri Iwanowski (1864-1920) realizou um experimento na tentativa de isolar o agente causador da doença do tabaco. Para isso, coletou algumas folhas doentes da planta e amassou-as até obter um líquido. Em seguida, passou esse líquido por um filtro capaz de reter até mesmo as bactérias. Iwanowski colocou, então, o líquido filtrado em contato com plantas de tabaco saudáveis e observou que essas plantas adoeceram, ou seja, adquiriram a doença do mosaico.

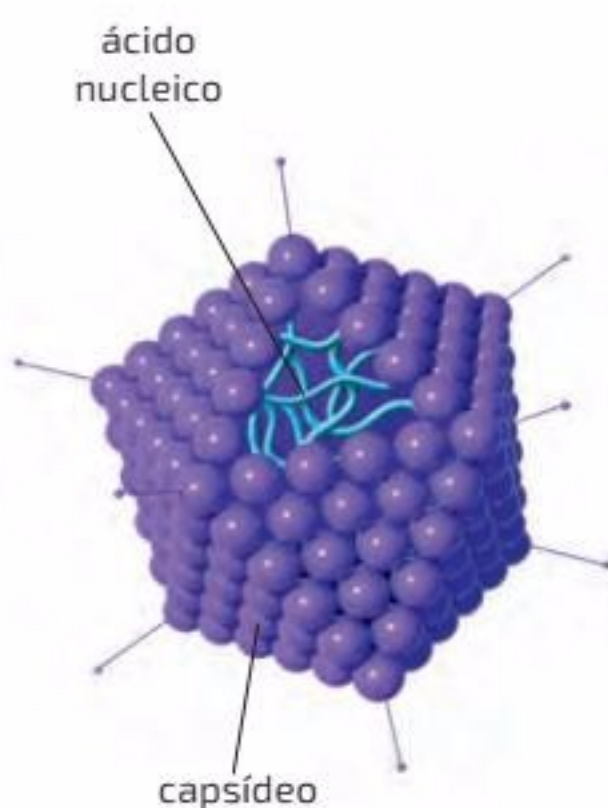
A partir desses resultados, surgiram algumas teorias, entre elas a do microbiologista holandês Martinus Beijerinck (1851-1931), indicando que o agente causador da doença não era um ser vivo, mas um tipo de fluido não filtrável. Essa teoria deu origem ao termo vírus, do latim *veneno*, que começou a ser empregado por volta de 1930. Entretanto, por volta de 1935, o cientista estadunidense Wendell Meredith Stanley (1904-1971) realizou novos experimentos e, pela primeira vez, conseguiu isolar o vírus do tabaco.

Estrutura dos vírus

A estrutura dos vírus é simples. Eles são formados de um ácido nucleico (DNA ou RNA), que constitui o genoma viral envolvido por uma capa proteica denominada **capsídeo**. Alguns vírus possuem um envoltório lipoproteico conhecido como **envelope viral** e são chamados de vírus envelopados. Uma parte desses vírus pode apresentar estruturas denominadas **espículas**, que são utilizadas para ancorá-los nas células.

*Em 2000, foi descoberto que o citomegalovírus, um herpesvírus com genoma de DNA que possui também pequenas quantidades de RNA.

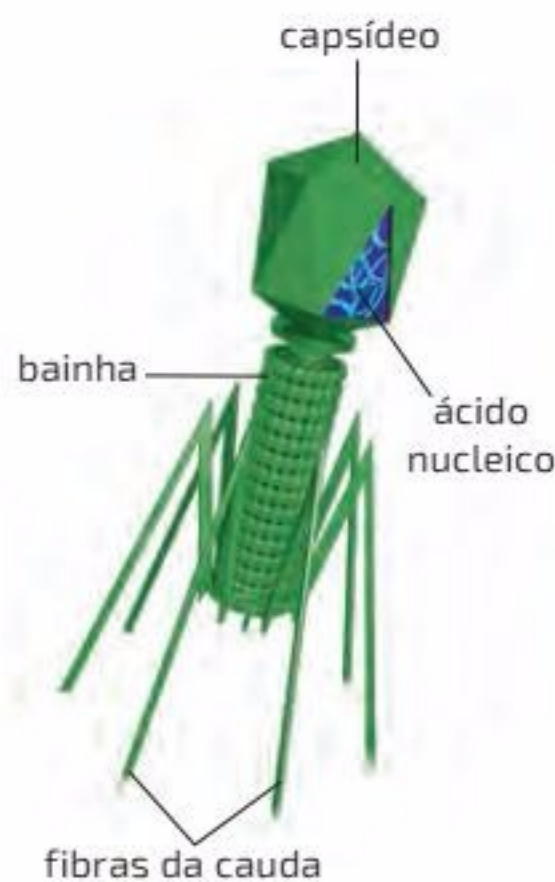
Exemplos de vírus não envelopados



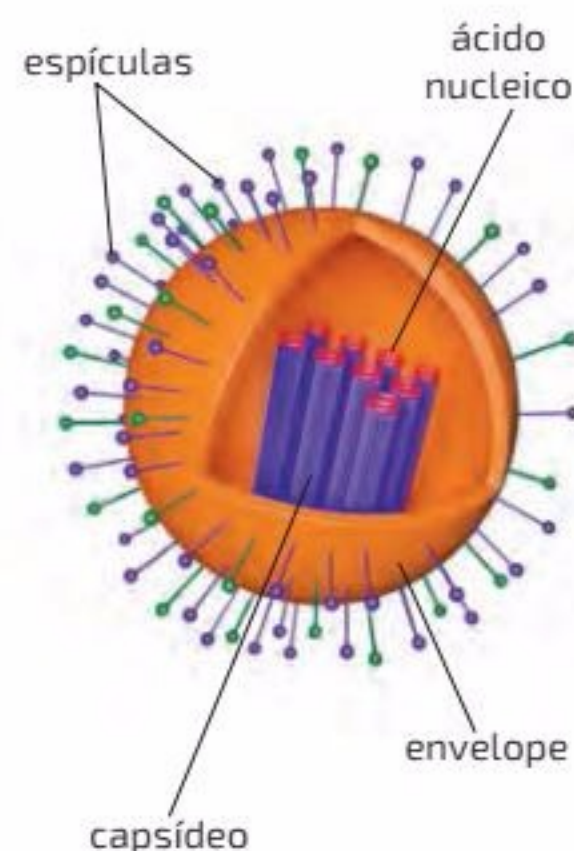
Estrutura do papilomavírus, causador de tumores em animais.

Ilustração produzida com base em: CAMPBELL, N. A. et al. Biology. 8. ed. San Francisco: Pearson Benjamin Cummings, 2009. p. 383.

Exemplo de vírus envelopado



Estrutura do bacteriófago T-pares, parasita de bactérias.



Estrutura do herpesvírus, causador da herpes em seres humano.

Ilustrações: A7 Estúdio

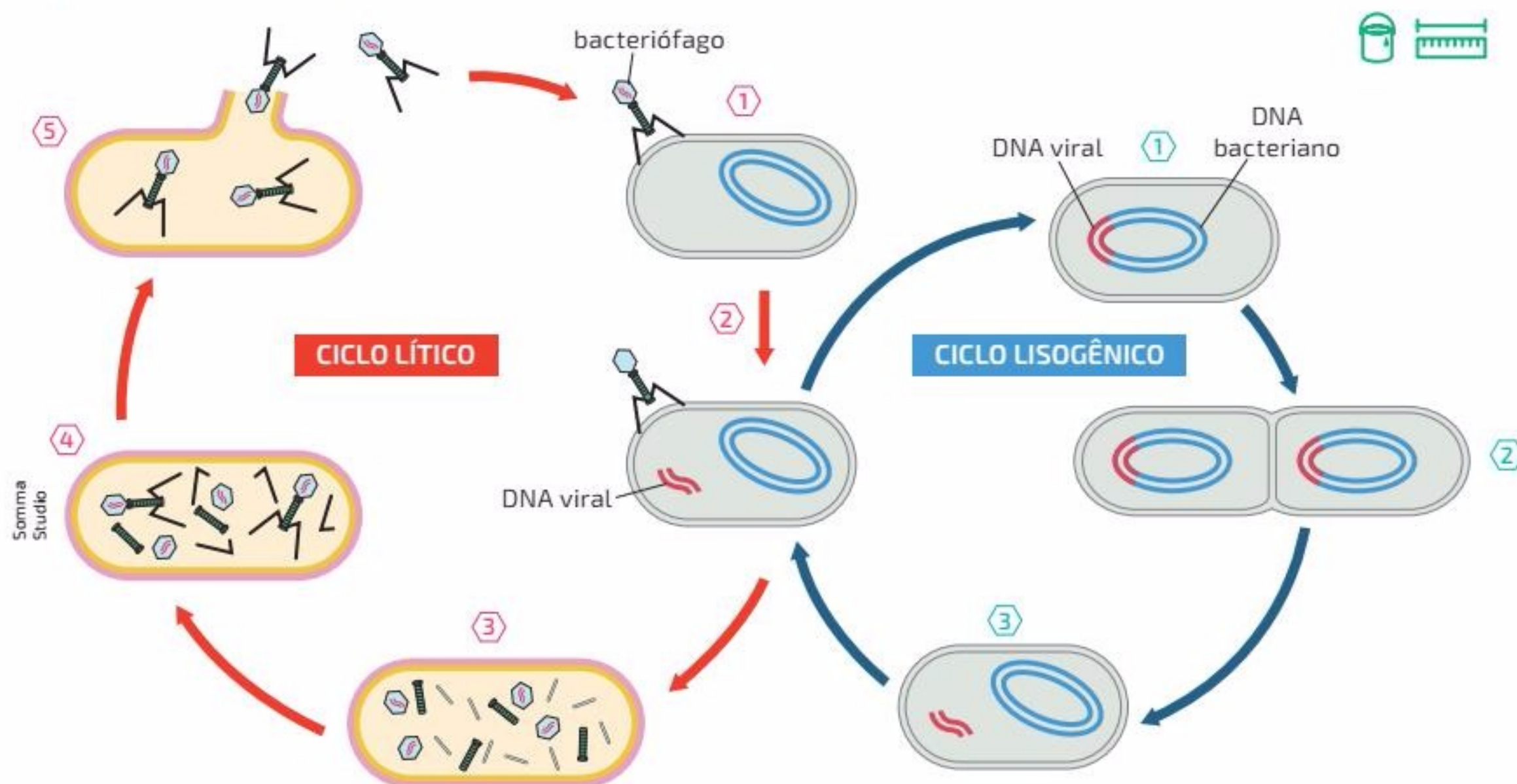
Replicação viral

Os vírus são **parasitas intracelulares obrigatórios**, ou seja, eles precisam utilizar a maquinaria das células para realizar sua replicação. Dessa forma, somente conseguem se reproduzir quando estão no interior de uma célula viva.

A replicação dos vírus acontece em algumas etapas denominadas **aderência, penetração, síntese, maturação e liberação**. Essas etapas ocorrem em um ciclo denominado **ciclo lítico**, no qual várias partículas virais são produzidas, e a célula é destruída.

Dependendo do estímulo recebido do meio, alguns vírus, por exemplo, o bacteriófago, que parasita bactérias, podem realizar o **ciclo lisogênico**. Trata-se de um tipo de replicação no qual o DNA viral é replicado sem que exista a destruição da célula hospedeira.

Replicação do bacteriófago λ



Ciclo lítico

- ① **Aderência** – o vírus adere à célula hospedeira, nesse caso, uma bactéria.
- ② **Penetração** – o bacteriófago injeta o DNA no interior da célula hospedeira.
- ③ **Síntese** – o DNA viral é replicado pela célula hospedeira, que também é induzida a sintetizar as proteínas virais.
- ④ **Maturação** – ocorre a formação dos componentes virais e a formação dos novos vírus.
- ⑤ **Liberação** – a célula hospedeira rompe-se e morre, liberando os vírus.

Ciclo lisogênico

- ① Após a aderência e a penetração, o DNA viral integra-se ao cromossomo bacteriano.
- ② A bactéria reproduz-se normalmente, replicando também o DNA viral.
- ③ Após diversas divisões celulares, o DNA viral pode ser liberado do cromossomo bacteriano, entrando novamente no ciclo lítico.

Ilustrações produzidas com base em: TORTORA, G. J.; FUNKE, B. R.; CASE, C. L. Microbiologia. 8. ed. Porto Alegre: Artmed, 2005. p. 387.



Biologia e Tecnologia

Terapia gênica

Em termos gerais, a terapia gênica consiste no tratamento de doenças por meio da inserção de genes saudáveis em substituição aos genes defeituosos. Uma das maneiras de transportar e inserir o novo gene é utilizando um vírus modificado, que não causa a doença.

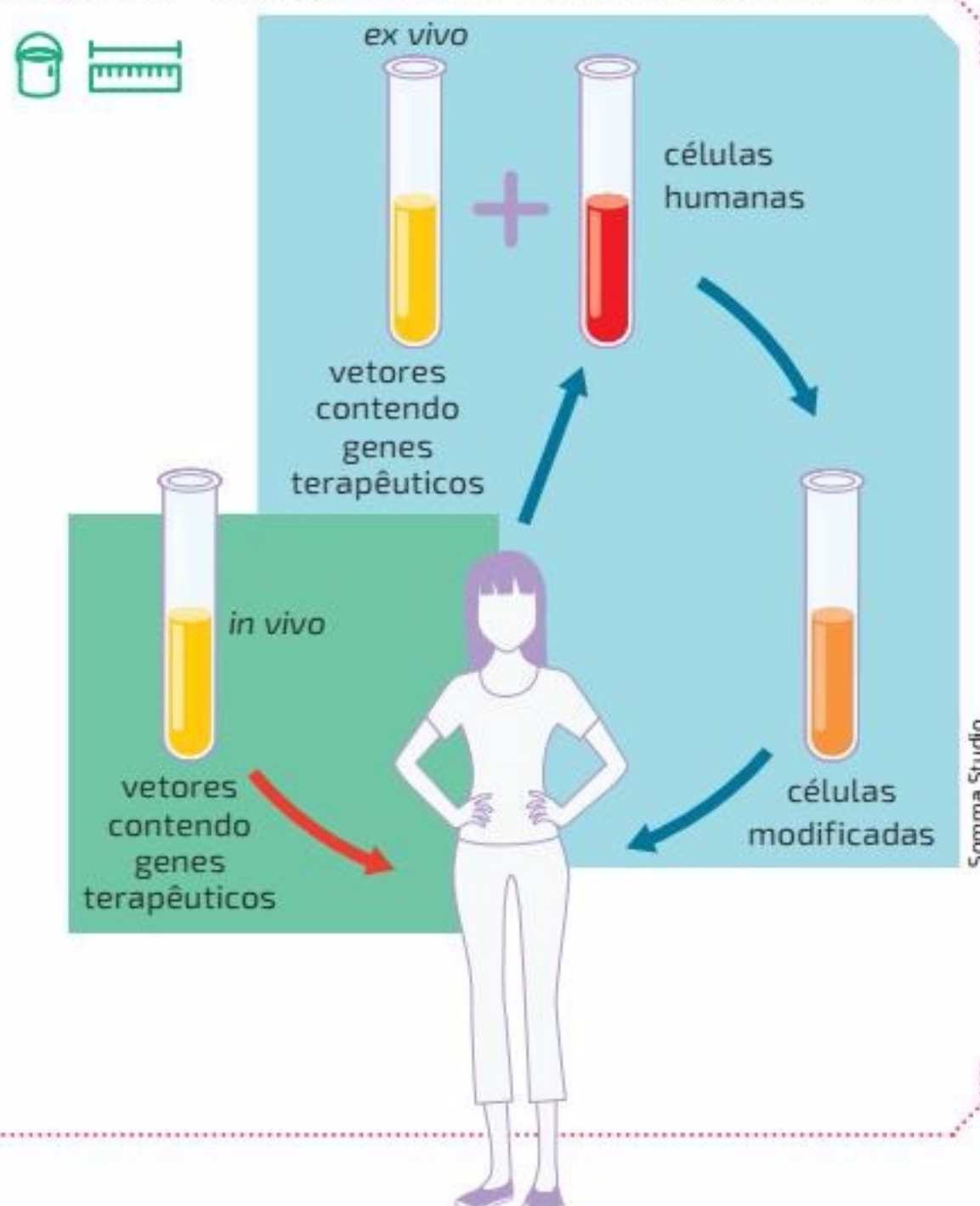
Há dois métodos de terapia gênica: *in vivo* (diretamente no tecido-alvo) e *ex vivo* (quando são extraídas células do próprio paciente e depois recolocadas). Observe, a seguir, um esquema que ilustra os mecanismos de ação da terapia gênica.

*A terapia gênica já vem sendo utilizada em humanos para tratamentos de deficiências que afetam a imunidade.

Terapia gênica*

No método *in vivo*, os vírus contendo o gene terapêutico em seu material genético são inoculados diretamente em um tecido-alvo no corpo humano. Os vírus inserem o gene terapêutico nas células desse tecido onde será expresso normalmente.

No método *ex vivo*, é feito um cultivo *in vitro* com as células do paciente, que recebem os vírus contendo o gene terapêutico. Nessas células, o novo gene contido no DNA viral é replicado, expressando as proteínas que não eram produzidas normalmente pelas células do paciente. Essas células são, então, reinseridas no corpo do paciente.



Os vírus e o ambiente

Os vírus podem ser encontrados no ambiente, no interior dos seres vivos, como animais, vegetais e bactérias, e conseguem manter-se por determinado tempo em soluções aquosas. Estudos atuais afirmam que sua presença nos oceanos colabora com a reciclagem de elementos químicos presentes na água do mar, pois, ao destruírem células, principalmente bactérias, realizam um trabalho de reciclagem de nutrientes.

Eles podem atuar como agentes naturais no controle biológico de organismos, impedindo que se tornem pragas. Além disso, sua alta capacidade de replicação, associada à grande capacidade de transportar material genético entre as células, auxilia no aumento da taxa de mutação entre espécies, ampliando a diversidade genética.

Os vírus e a saúde humana

Além de sua importância ambiental, os vírus destacam-se pela sua capacidade de causar doenças, ou seja, por sua **virulência**. A partir de agora, estudaremos algumas doenças causadas por vírus nos seres humanos.**

Gripe e resfriado

A gripe é causada pelo vírus Influenza, e os sintomas geralmente são mais fortes, se comparados aos dos resfriados, tais como febre mais alta, fraqueza, coriza e dores no corpo. Esses sintomas normalmente se estendem entre três e sete dias. No entanto, a gripe pode desenvolver problemas pulmonares, como a pneumonia em crianças, idosos e pessoas com imunidade debilitada.

Os resfriados podem ser provocados pelo rinovírus, parainfluenza ou vírus sincicial respiratório (VSR). Eles podem apresentar os mesmos sintomas de uma gripe, entretanto, com menor intensidade.

A transmissão dos vírus responsáveis pela gripe e pelo resfriado pode ocorrer por contato com objetos contaminados, pelo ar ou por meio de gotículas de saliva derivadas de espirros ou tosse de pessoas infectadas. Dessa maneira, manter os ambientes sempre arejados e lavar as mãos com habitual frequência, principalmente antes das refeições, são algumas atitudes básicas para prevenir essas doenças.

**De acordo com alguns estudos, determinados vírus podem viver no interior dos seres humanos, sem causar prejuízos ao seu organismo.

Gripe espanhola

Em diferentes períodos, a humanidade sofreu com diversas epidemias. Entende-se por **epidemia** a ocorrência de uma grande quantidade de casos de uma determinada doença, por um curto período de tempo e em lugares específicos. Quando a epidemia atinge diversos continentes, espalhando-se pelo mundo, é chamada **pandemia**. Um exemplo de pandemia foi a gripe espanhola, que ocorreu no início do século XX.

Existem basicamente três tipos de vírus Influenza: A, B e C. O tipo A é historicamente o maior causador de epidemias e pandemias. Ele possui alguns subtipos, como o H1N1, que pode afetar mamíferos e aves. O Influenza é altamente propenso a mutações, e quando elas ocorrem, esse vírus tende a causar epidemias.

Hoje em dia, é fácil diagnosticar e estudar as gripes, pois se tem conhecimento dos vírus e de como combatê-los. Entretanto, no período da Primeira Guerra Mundial (1914-1918), não havia recursos nem conhecimento sobre esses seres microscópicos. Em razão disso, a gripe espanhola atingiu proporções mundiais.

Acredita-se que a transmissão do vírus da gripe espanhola à espécie humana tenha ocorrido por meio de uma mutação do vírus H1N1, presente em criações de aves e porcos. De acordo com relatos, os primeiros casos da doença apareceram em soldados do exército estadunidense, em março de 1918. Depois, ela espalhou-se entre os militares, que a disseminaram pela Europa durante a guerra e, em seguida, por todos os continentes conforme retornavam para seus países. Outro fator que contribuiu na dispersão do vírus causador da gripe espanhola foi o intenso fluxo marítimo comercial da época.

Estima-se que, até metade de 1919, a gripe espanhola tenha causado a morte de mais de 20 milhões de pessoas no mundo todo, gerando mais mortes do que a guerra.

Underwood Archives/Getty Images



Pessoas acometidas pela gripe espanhola na Califórnia, Estados Unidos, em 1918. Alguns historiadores acreditam que a gripe espanhola tenha causado mais de 20 milhões de mortes em todo o mundo.

A gripe espanhola chegou ao Brasil, em setembro de 1918, por meio de navios do serviço militar que ancoravam em cidades portuárias. A tripulação infectada pela doença transmitiu-a rapidamente à população local e a gripe espalhou-se por diversas regiões do país. Dessa forma, em menos de dois meses, muitos brasileiros infectados já haviam morrido.

1. Cite uma medida para evitar a proliferação do mosquito transmissor da dengue, da chikungunya e do zika vírus?

Combater os focos de reprodução do mosquito, eliminando recipientes que armazenam água parada.

Dengue, chikungunya e zika

Algumas doenças virais são transmitidas por meio de vetores, ou seja, os vírus não são transmitidos diretamente de uma pessoa para outra, mas por meio de outro animal, como um inseto, por exemplo. Os vírus causadores da dengue, da chikungunya e da zika são chamados de arbovírus e são transmitidos aos seres humanos por meio da picada da fêmea do mosquito *Aedes aegypti* infectada, ou do *Aedes albopictus*.*

Os sintomas dessas doenças são semelhantes: febre alta, dor no fundo dos olhos, vermelhidão na pele, coceira e distúrbios gástricos. Em uma das formas mais agressivas da dengue, conhecida como dengue hemorrágica, a pessoa infectada pode ter sangramentos em várias partes do corpo, como gengivas, nariz e intestino, e, caso não seja tratada, pode ir a óbito.

Pesquisas realizadas pelo Instituto Oswaldo Cruz revelaram indícios de que o zika vírus possa estar relacionado ao nascimento de bebês com microcefalia. Essa relação foi estabelecida após detectarem a presença de partes do material genético do zika no líquido amniótico de mulheres que tiveram contato com o mosquito e que tiveram bebês com microcefalia, cujo tamanho do crânio** é menor do que o esperado.

A prevenção dessas doenças tem como alvo principal a eliminação do vetor *Aedes aegypti*. Esse mosquito possui hábitos diurnos e se reproduz com extrema facilidade, colocando seus ovos, que originam larvas em qualquer local com água parada. Dessa maneira, é muito importante eliminar os possíveis locais onde ele possa se desenvolver, tais como garrafas, sacos plásticos e pneus velhos que ficam expostos à chuva. Também é necessário tampar recipientes que acumulam água, como caixas d'água e piscinas***.

*Explique aos alunos que *A. albopictus* é um transmissor da dengue na Ásia, mas no Brasil, até o ano de 2016, não haviam sido relatados casos de dengue transmitidos por mosquitos desta espécie. Todavia, ele é um potencial transmissor e é encontrado no país.

Febre amarela

Doença causada por um arbovírus e que também tem como vetor o mosquito *Aedes aegypti*, em ambientes urbanos. Já em ambientes silvestres, o mosquito transmissor pertence ao gênero *Haemagogus*. Alguns dos sintomas da febre amarela são febre, calafrios, dores de cabeça, náuseas e vômitos. A esses sintomas se associa a icterícia, condição em que a pele da pessoa se torna amarelada por causa do mau funcionamento do fígado, o que dá origem ao nome da doença. Em alguns casos, podem ocorrer sangramentos nas gengivas, no nariz, no estômago e no intestino. A prevenção da febre amarela é realizada por meio da vacinação.

Raiva

O vírus causador da raiva é da família Rabdovírus. Essa doença é transmitida ao ser humano por meio da mordida ou lambedura de algum mamífero infectado, sendo o cachorro e o morcego os animais com maior índice registrado de transmissão do rabdovírus.

Esse vírus age na parte central do sistema nervoso, causando encefalomielite (doença inflamatória que produz lesões no cérebro e na medula espinal) fatal. Os sintomas no ser humano iniciam-se com febre, dor de cabeça e mal-estar geral. À medida que a doença progride, surgem sintomas neurológicos, que incluem insônia, ansiedade, confusão, paralisia, excitação, alucinação, agitação, salivação excessiva, dificuldade de engolir e medo de água (hidrofobia). Após o início desses sintomas, a morte ocorre em poucos dias. A prevenção da raiva é feita por meio da vacinação de animais domésticos. Atualmente, existe a vacina profilática que é aplicada em seres humanos que estão em situação de risco.



Aedes aegypti, mosquito vetor de várias doenças virais.

Ser vivo adulto

Mosquito (*Aedes aegypti*): pode atingir até 1 cm de comprimento.

**Ainda que pesquisas adicionais sejam necessárias para comprovar a ligação definitiva entre o vírus zika e a microcefalia, os dados disponíveis indicam um aparente risco e foram suficientes para a Organização Mundial da Saúde declarar situação de emergência em algumas regiões do Brasil, em fevereiro de 2016, a fim de promover o combate à transmissão do vírus.

***Outra forma de prevenir essas doenças seria por meio de vacinas. Existe uma vacina contra a dengue que está sendo desenvolvida pelo Instituto Butantan em São Paulo.



Observe o trecho da história em quadrinhos a seguir.



A vacinação é uma medida que ajuda na prevenção de doenças, a partir da estimulação das defesas do corpo humano. A vacina é produzida a partir de toxinas bacterianas ou de vírus atenuados ou mortos, ou seja, que não são capazes de causar doença, mas induzem o corpo a produzir anticorpos específicos. Esse processo é denominado imunização.

Quando uma pessoa é imunizada, seu corpo passa a produzir anticorpos para o agente contra o qual foi vacinada. Ao ser exposta novamente a ele, o organismo já tem anticorpos capazes de reconhecê-lo, iniciando sua eliminação. Assim, o corpo humano fica protegido, evitando o desenvolvimento desta doença.

A primeira vacina foi descoberta em 1796, pelo médico inglês Edward Jenner (1749-1823). Na ocasião, ele imunizou um menino com um líquido retirado da ferida de uma pessoa que havia contraído a varíola bovina. Edward observou que o menino havia desenvolvido a doença de forma leve e, após vários meses, quando foi colocado em contato com o vírus da varíola humana, o menino não ficou doente, permanecendo protegido contra a ação do vírus. Esse é considerado o princípio da vacinação.

No Brasil, em 1973, foi criado o Programa Nacional de Imunizações (PNI), que disponibiliza pelo Sistema Único de Saúde (SUS) mais de 300 milhões de doses de vacina ao ano. Desde então, várias doenças passaram a ser controladas e até mesmo erradicadas, entre elas a varíola e a poliomielite.

Atualmente, existe uma série de vacinas disponibilizadas gratuitamente pelo Ministério da Saúde contra doenças virais, como a poliomielite, o sarampo, a caxumba, a rubéola, a varicela, a hepatite B, o rotavírus humano, o HPV, a meningite viral e a febre amarela entre outras. Também há vacinas contra doenças bacterianas, como a tuberculose, a difteria, o tétano, a coqueluche, a meningite bacteriana e a doença pneumocócica.

2. Por que o personagem Lúcio afirma que se todos tomarem a vacina, um dia a doença acaba?
3. O que são os anticorpos citados no quarto quadrinho?
4. Você tem medo de tomar vacina?
Resposta pessoal.

2. Porque a vacinação promove a formação de anticorpos contra os vírus ou toxinas bacterianas presentes na vacina. Com isso, reduz-se a probabilidade de transmissão do agente causador da doença. Com o tempo, é possível erradicar a doença como citado por Lúcio.

3. Os anticorpos são proteínas especiais, capazes de reconhecer agentes estranhos e sinalizar às defesas do corpo humano que devem combatê-los.

Acesse o site a seguir para ver o calendário de vacinação do adolescente. Aproveite para conferir sua carteira de vacinação e verificar se as suas vacinas estão em dia.

• <<http://tub.im/6jhzq5>>.

Acesso em: 21 jan. 2016.

Hepatite viral

A hepatite é uma inflamação no fígado que pode ser causada por vírus ou outros fatores, como o uso contínuo de alguns remédios, a ingestão de álcool e por doenças genéticas.

Cirrose: doença do fígado que leva à formação de nódulos e ao aumento da formação de fibras no tecido do órgão, causando seu mau funcionamento.

A hepatite viral pode ser causada por vários tipos de vírus, mas os tipos A, B e C são mais comumente encontrados no Brasil. Cada tipo de hepatite apresenta sintomas característicos. A do tipo A apresenta sintomas leves, como a presença de urina escura, fezes claras e pele com coloração amarelada. A hepatite tipo B e a C são caracterizadas por sintomas como fadiga, mal-estar geral e desconfortos digestivos. No entanto, nas formas mais severas da doença, podem evoluir para câncer de fígado ou **cirrose**, cujos sintomas são o aparecimento de icterícia, inchaço, acúmulo de líquido no interior do abdome, veias dilatadas no esôfago e alterações do sangue.

A prevenção da hepatite A é realizada basicamente com medidas educacionais de higiene e saneamento básico. A hepatite B pode ser prevenida por meio do uso de preservativos nas relações sexuais e pelo não compartilhamento de objetos pessoais. Já para a prevenção da hepatite C, devem ser feitas avaliações dos bancos de doação de sangue, bem como o controle de infecções nos ambientes hospitalares ou laboratoriais e nos consultórios dentários. Além dessas formas de prevenção, já existem vacinas contra as hepatites virais do tipo A e B.

HPV

O HPV é uma doença sexualmente transmissível, causada pelo papiloma vírus humano, que pertence à família Papillomaviridae. O vírus do HPV é responsável por causar verrugas nas regiões genitais e, em alguns casos, levar ao desenvolvimento do câncer de colo de útero.

O sintoma mais característico do papiloma vírus, quando presente, é o aparecimento de condiloma acuminado (verruga), na região genital de homens e mulheres. Essas lesões também podem surgir na boca e na garganta, em ambos os sexos.

Alguns estudos relacionam a incidência de câncer no colo do útero feminino com a presença de alguns tipos de vírus HPV. Esse tipo de câncer é caracterizado por um tumor que se desenvolve a partir de alterações no colo do útero, localizado no fundo da vagina. Essas alterações, quando detectadas no início, podem ser curáveis, mas quando não são tratadas, podem dar origem a um câncer mais agressivo. Os principais sintomas do avanço da doença são corrimento, dor e sangramento vaginal.

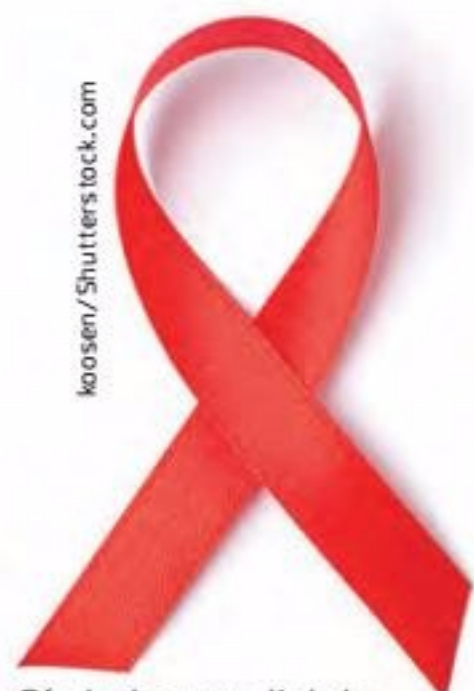
Aids

A síndrome da imunodeficiência adquirida ou Aids é causada pelo vírus HIV. Esse vírus ataca as células de defesa do corpo humano, deixando-o vulnerável a diversas doenças e dificultando o seu tratamento.

As células mais atingidas são os linfócitos T, glóbulos brancos que organizam e comandam a resposta imunológica do corpo humano. A destruição dessas células faz o organismo perder, gradualmente, a capacidade de se defender até chegar a uma condição em que qualquer doença, como um simples resfriado, ocasiona complicações sérias e até mesmo pode levar o portador à morte.

Os portadores do vírus HIV são chamados soropositivos, mas podem não desenvolver a Aids, pois o vírus pode permanecer no organismo por um longo período sem manifestar sintomas.

O HIV pode ser transmitido pelo ato sexual sem o uso de preservativos. Além disso, o compartilhamento de seringas ou a utilização de materiais cortantes não esterilizados são fontes de transmissão do vírus, caso estejam contaminados com o HIV.



Símbolo mundial de solidariedade e de comprometimento na luta contra a aids.

Esse vírus também pode ser transmitido por meio de transfusões de sangue contaminado. Mães infectadas podem transmitir o HIV para o filho durante a gestação, o parto ou na amamentação.

Atualmente, existem medicamentos chamados de antirretrovirais que combatem a reprodução do vírus, mas não eliminam o HIV. A cura ainda não existe, por isso é muito importante a contínua prevenção.

Por falta de informação, a Aids ainda hoje é motivo de preconceito nas sociedades. O trecho da reportagem a seguir trata sobre isso. Leia-o.

Ação contra o preconceito causa reações diversas no centro de Lages, Serra de SC

Estudantes fazem teste para ver como as pessoas agem diante de portadora do vírus da Aids

◆ ◆ ◆

Uma cena chamou a atenção de quem passou pelo calçadão central de Lages, na Serra Catarinense, na manhã desta terça-feira. Uma garota, sentada sozinha em um dos bancos, exibiu um cartaz com a frase: “Eu tenho Aids. Quem não tem preconceito me abrace”.

[...]

Por aproximadamente 30 minutos, ela recebeu 15 abraços, a maioria de homens de mais idade. Um deles chegou a oferecer um lanche, suco e dinheiro, mas ela recusou. Por outro lado, uma mulher balançou negativamente a cabeça como forma de reprovação, e duas garotas olharam para a estudante com expressão de deboche.

[...]

— A grande maioria das pessoas me ignorou. Algumas chegaram a se amontoar no banco ao lado só para não dividir espaço comigo, e eu fiquei sentada sozinha. Aids não se transmite pelo beijo, abraço ou um simples aperto de mão. É muito triste ver a falta de informação e a discriminação —, disse a estudante, para quem a experiência vai servir de lição para toda a vida.

[...]

GOMES, Pablo. Ação contra o preconceito causa reações diversas no centro de Lages, Serra de SC. Zero Hora, Santa Catarina, 7 out. 2014. Disponível em: <<http://zh.clicrbs.com.br/rs/noticia/2014/10/acao-contra-o-preconceito-causa-reacoes-diversas-no-centro-de-lages-serra-de-sc-4615898.html>>. Acesso em: 21 jan. 2016.

5. Porque o HIV é transmitido por meio de relações sexuais sem proteção e pelo contato com sangue e objetos contaminados com esse vírus e não pelo contato físico ou pela saliva.

6. Resposta pessoal.



Biologia e Tecnologia

Como agem os antirretrovirais

O HIV é um retrovírus formado por RNA que ao entrar na célula, é transcrito para DNA por meio de uma enzima chamada transcriptase reversa. Essa molécula de DNA (pró-vírus) insere-se no genoma da célula hospedeira e inicia a produção do vírus.

Alguns medicamentos já foram desenvolvidos para inibir essas enzimas e impedir a reprodução do vírus — são os chamados antirretrovirais. Esses medicamentos também podem atuar em enzimas essenciais para a capacidade de infecção dos vírus.

No tratamento, é comum que pessoas com HIV utilizem dois ou mais antirretrovirais simultaneamente, a fim de aumentar a sua eficiência e diminuir a resistência dos vírus.

5. Por que demonstrações de afeto, como beijos e abraços, não levam à transmissão do vírus HIV?

6. Qual é a importância de combater o preconceito contra pessoas com HIV? Converse sobre isso com os colegas.

Bactérias

Segundo a proposta de classificação dos seres vivos por Carl Woese, e que foi incluída na adaptação dos cinco reinos por Lynn Margulis, as bactérias são divididas em dois grupos – as eubactérias e as arqueobactérias. Esses grupos de bactérias apresentam similaridades em sua morfologia, mas diferem em alguns pontos, tais como na composição da parede celular e no metabolismo.

A maioria das **arqueobactérias** são extremófilas, ou seja, possuem adaptações para viver em ambientes com condições extremas de temperatura, pressão, salinidade e pH. Fontes termais, beiras de vulcões, fundos de oceanos e lagos salgados são alguns dos locais onde as arqueobactérias podem ser encontradas.

No grupo das **eubactérias**, estão inclusas todas as bactérias **patogênicas**, e muitas não patogênicas, que habitam o solo e a água.

Patogênico: pode provocar, direta ou indiretamente, uma doença.

As bactérias e o ambiente

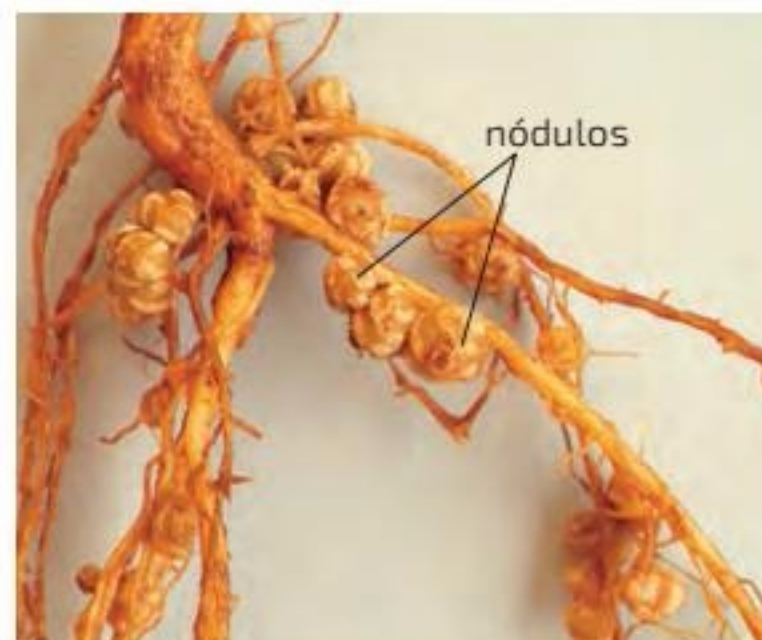
As bactérias estão presentes em diversos ambientes da Terra: no solo, na água, no ar e no interior dos seres vivos. Elas são fundamentais em diversos processos que auxiliam na manutenção de um grande número de outros seres vivos. Entre esses processos estão a produção de gás oxigênio, a decomposição da matéria orgânica, a manutenção da fertilidade do solo, a saúde do sistema digestório de diversos animais, a absorção de nutrientes pelas plantas e a produção de matéria orgânica.



Lago localizado no Parque Yellowstone, nos Estados Unidos, registrado em 2013.



A temperatura da água desse lago pode passar dos 87°C. A maioria dos seres vivos não sobrevive quando expostos a temperaturas tão elevadas, com exceção de algumas bactérias. Cada cor presente nas bordas do lago deve-se à presença de um tipo diferente de bactéria.



Nódulos na raiz de feijoeiro.

Esses nódulos são formados por bactérias que auxiliam as plantas a capturar o gás nitrogênio presente no ar e a se desenvolver melhor. Em troca, as bactérias recebem nutrientes e proteção.

Estrutura das bactérias

As bactérias são seres vivos unicelulares procariontes de tamanho microscópico e com formatos variados. Podem ser observados alguns agrupamentos de bactérias com arranjos específicos, sendo os mais comuns os diplococos, os estafilococos, os estreptococos e as sarcinas. Veja a seguir.



Principais formas de bactérias.

coco



vibrião



espirilo



espiroqueta



cocobacilo

Tipos de agrupamentos de bactérias.



diplococo



estafilococo



estreptococo



sarcina

Ilustrações:
Somma Studio

As bactérias são compostas por uma parede celular formada de uma substância denominada **peptidoglicano** ou **glicopeptídeo**, que confere rigidez e proteção à célula bacteriana. Abaixo da parede há a membrana plasmática, semelhante à membrana das células eucarióticas.

Algumas espécies são revestidas externamente por substâncias que podem formar uma cápsula ou uma camada mucosa, também conhecida como **glicocálice**, que permanece ligada à parede celular. Apesar de não serem fundamentais para a sobrevivência da bactéria, essas estruturas desempenham papéis importantes, tais como:

- reservatório de água e nutrientes;
- aumento da capacidade de evasão (fuga) das bactérias diante de células de defesa, elevando sua capacidade invasiva;
- auxílio na aderência das bactérias a diferentes superfícies;
- aumento da resistência bacteriana a diversos agentes antibacterianos, incluindo os antibióticos.

Algumas bactérias possuem **flagelo**, que confere movimento à célula. Sua quantidade e posição variam entre as espécies. Outras bactérias possuem estruturas que também auxiliam em sua fixação chamadas de **fímbrias**.

O citoplasma bacteriano apresenta ribossomos e uma molécula circular de DNA. Pode também apresentar moléculas circulares menores de DNA chamadas **plasmídeos**. Os genes presentes no DNA plasmidial não são essenciais para a sobrevivência da bactéria, mas podem trazer algumas vantagens competitivas, por exemplo, a presença de genes de resistência a antibióticos.

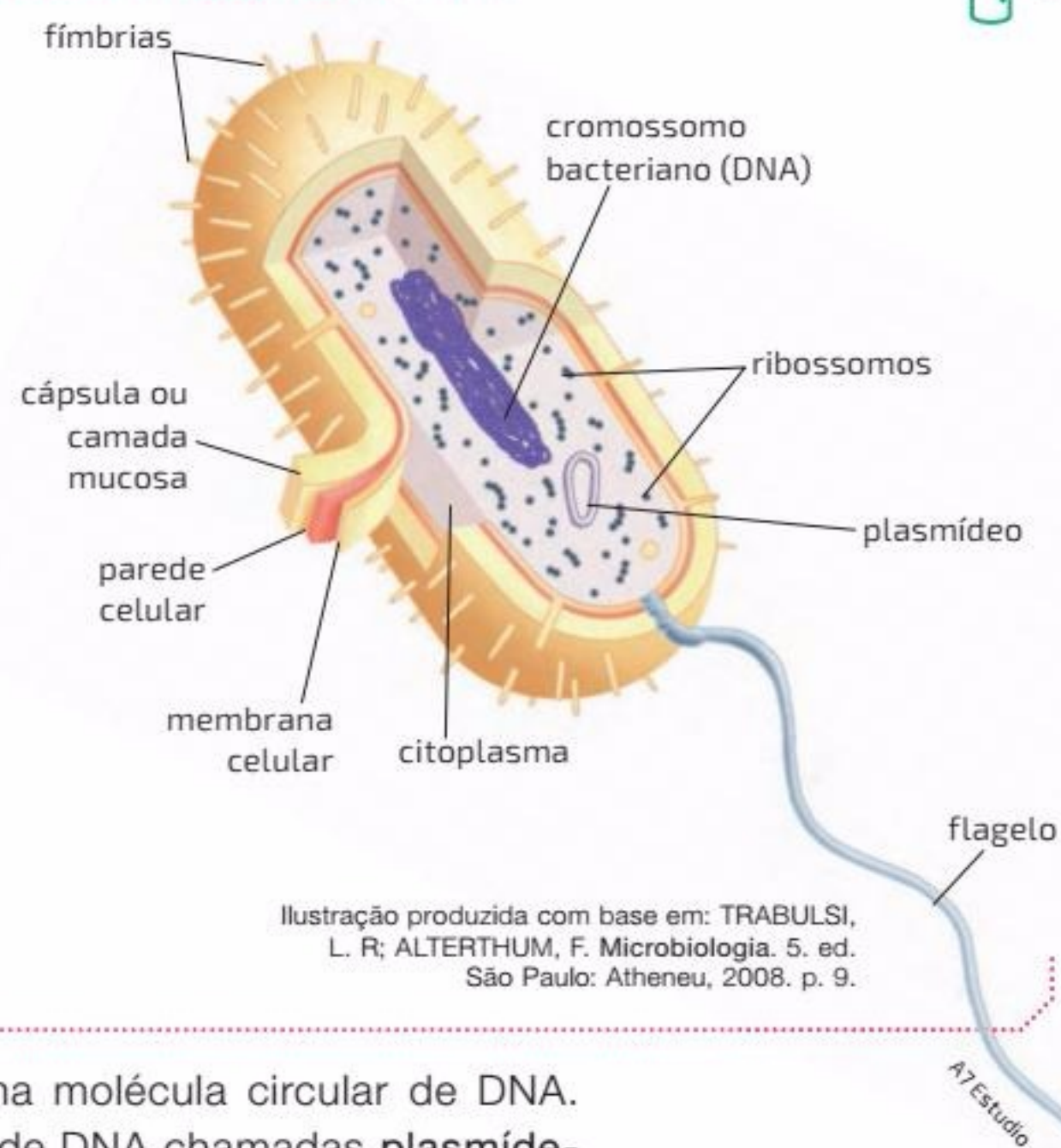
Algumas bactérias realizam um tipo de movimento chamado **taxia**. Esse movimento ocorre em resposta a determinados estímulos químicos ou físicos presentes no meio. Caso esse estímulo seja benéfico, por exemplo, um nutriente, a bactéria vai movimentar seus flagelos na direção dele. Se o estímulo for prejudicial, a bactéria afasta-se.

A **taxia** ocorre por meio de diferentes estímulos: se forem químicos, ela é chamada de **quimiotaxia**; se for a luz, por exemplo, é denominada **fototaxia**.

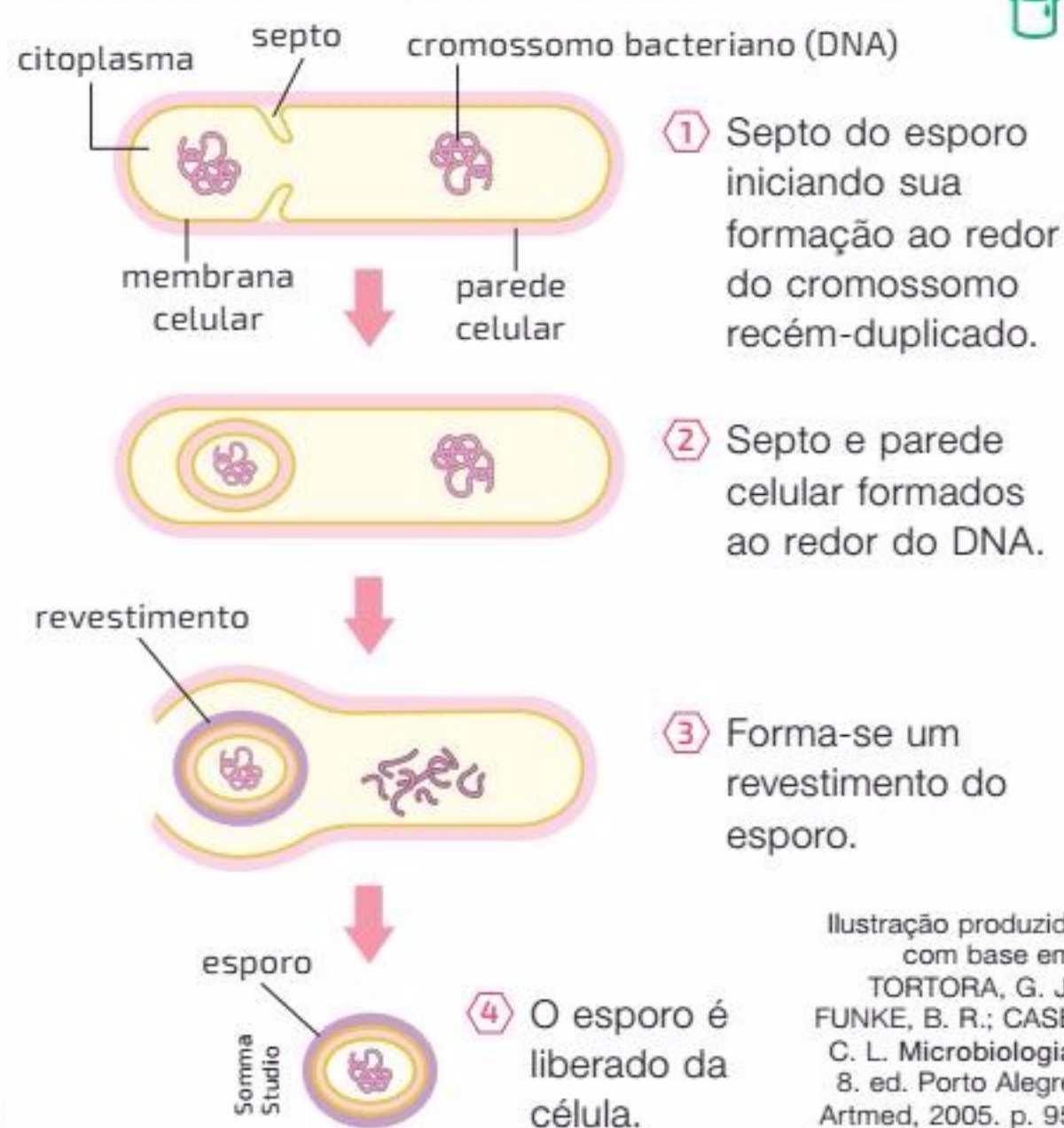
Quando algumas bactérias se encontram em condições de escassez de determinados nutrientes, elas podem formar **endósporos**, por meio de um processo de **esporulação**. Nesse processo, os endósporos são liberados do interior das bactérias para o meio externo, e são altamente resistentes à falta de água e a altas temperaturas, podendo permanecer no ambiente durante um longo período. No entanto, estímulos externos podem fazer o endósporo germinar e retornar como uma bactéria ativa.

As bactérias que realizam a esporulação são uma constante preocupação para a indústria de alimentos. Por causa da resistência dos esporos, processos especiais de esterilização precisam ser realizados para evitar a contaminação e o desenvolvimento de doenças.

Estrutura de uma bactéria



Formação de endósporo em uma bactéria





Metabolismo bacteriano

Quanto ao tipo de nutrição e à forma de obtenção de energia, o reino das bactérias apresenta uma grande variação metabólica. Vamos estudar alguns exemplos dessas variações.

Algumas bactérias são **fotoautotróficas**. Essas bactérias utilizam a luz como fonte de energia e dióxido de carbono (CO_2) como fonte de carbono. As cianobactérias são exemplos de bactérias fotoautotróficas. Elas possuem clorofila como os vegetais, realizam fotossíntese, utilizam a água como doador de elétrons e liberam gás oxigênio. Algas e vegetais também são exemplos de organismos fotoautotróficos.

Outras bactérias fotossintetizantes possuem um pigmento semelhante à clorofila chamado bacterioclorofila. No entanto, essas bactérias não utilizam a água como doadora de elétrons, mas compostos inorgânicos e, por isso, não liberam gás oxigênio.

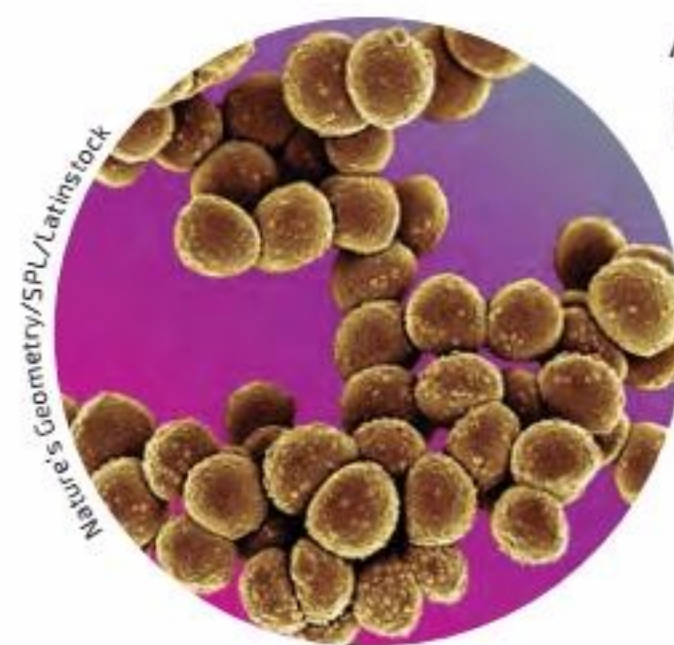
A grande maioria das bactérias depende da oxirredução de compostos orgânicos para obter energia e também como fonte de carbono. Essas bactérias são chamadas **quimioheterotróficas**.

Uma das fontes de carbono mais comuns utilizadas por essas bactérias é a glicose, que pode ser reduzida na presença ou ausência de gás oxigênio, dependendo da sensibilidade da bactéria diante da presença desse gás no ambiente.

Staphylococcus aureus, bactérias naturalmente encontradas sobre a pele humana (aumento aproximado de 8 150 vezes).



Cianobactérias da espécie *Nostoc pruniforme* (aumento aproximado de 360 vezes).



As bactérias **quimioautotróficas** têm como fonte de energia a oxirredução de compostos inorgânicos e utilizam o gás carbônico (CO_2) como principal fonte de carbono. Existem diferentes compostos inorgânicos que são utilizados por essas bactérias, entre eles o sulfeto de hidrogênio (H_2S), originário de processos geológicos, como emissões vulcânicas e campos de petróleo. Locais como os mangues, os pântanos e as fontes subterrâneas também são ricos nesse composto.

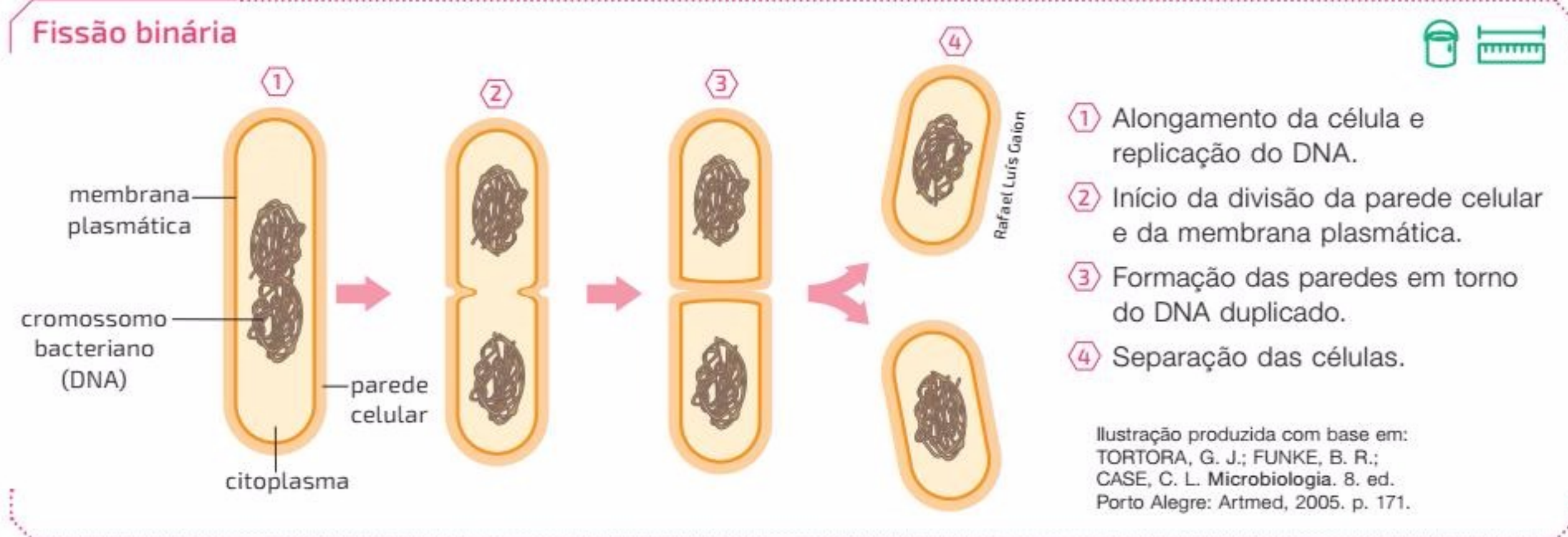
Manguezal em Trancoso, na Bahia, em 2015. Por ser uma área alagável e que recebe grande quantidade de matéria orgânica de rios e do mar, esse ambiente é propício à intensa ciclagem de nutrientes, que, em grande parte, é realizada pelas bactérias.

Em geral, as bactérias apresentam diferenças quanto à tolerância da presença do gás oxigênio; além disso, podem ou não utilizá-lo em sua respiração. Com base nessas características, elas podem ser classificadas como **aeróbias**, **microaerófilas**, **anaeróbias facultativas**, **anaeróbias não restritas** ou **anaeróbias restritas**. Observe no quadro a seguir.

Classificação das bactérias quanto à presença ou à ausência de gás oxigênio	
Aeróbias	Exigem a presença de gás oxigênio, pois o utilizam em sua respiração.
Microaerófilas	Exigem a presença de pequenas quantidades de gás oxigênio.
Anaeróbias facultativas	Desenvolvem-se tanto na presença como na ausência de gás oxigênio.
Anaeróbias não restritas	Não utilizam o oxigênio em sua respiração, mas podem sobreviver em sua presença.
Anaeróbias restritas	Não utilizam o gás oxigênio em sua respiração e morrem em sua presença.

Reprodução bacteriana

A maioria das bactérias reproduz-se assexuadamente por meio de um processo chamado **fissão binária**. Observe.



No entanto, algumas bactérias podem realizar **brotamento**, que ocorre quando um tipo de broto surge na parede celular, aumenta de tamanho e depois se destaca.

O tempo necessário para uma célula se dividir é chamado de **tempo de geração**. Esse tempo pode ser influenciado diretamente por algumas condições ambientais, como a temperatura, o pH, a quantidade de nutrientes, a presença ou a ausência de gás oxigênio.

Como exemplo, vamos utilizar a bactéria *Escherichia coli*. Em condições ideais, o tempo de geração dessa bactéria é de 20 minutos. Isso significa que, após esse tempo, duas bactérias são formadas; ao final de 40 minutos, quatro bactérias; ao final de 80 minutos, oito bactérias; ao final de 160 minutos, 16 bactérias; e assim sucessivamente. Dessa forma, após 20 gerações existirão aproximadamente 1 000 000 de células.

A observação do tempo de geração de uma bactéria, geralmente, é feita em condições controladas, dentro de um laboratório. Nessas condições, as bactérias são colocadas em meios de cultura sólidos ou líquidos, que oferecem os nutrientes que elas precisam.

O crescimento de uma população bacteriana pode ser medido por meio de um gráfico chamado **curva de crescimento**. Esse gráfico é construído após a contagem de uma população bacteriana em intervalos de tempo. Por meio dele, é possível observar que existem quatro etapas da fase de crescimento: **fase lag**, **fase log**, **fase estacionária** e **fase de declínio** ou **morte celular**. Observe-as a seguir.

7. Quanto tempo uma célula *Escherichia coli* leva para se multiplicar até atingir 1 000 000 de células? Considere as condições ambientais como ideais.

40 minutos.

Resolução.

Se, em 20 gerações, existem aproximadamente 1 000 000 de células e se cada geração leva 20 minutos, então:
 $20 \cdot 20 = 400 \text{ min} \Rightarrow$
 $\Rightarrow 6 \text{ h} = 40 \text{ min}$

Fonte: TORTORA, G. J.; FUNKE, B. R.; CASE, C. L. Microbiologia. 8. ed. Porto Alegre: Artmed, 2005. p. 172.

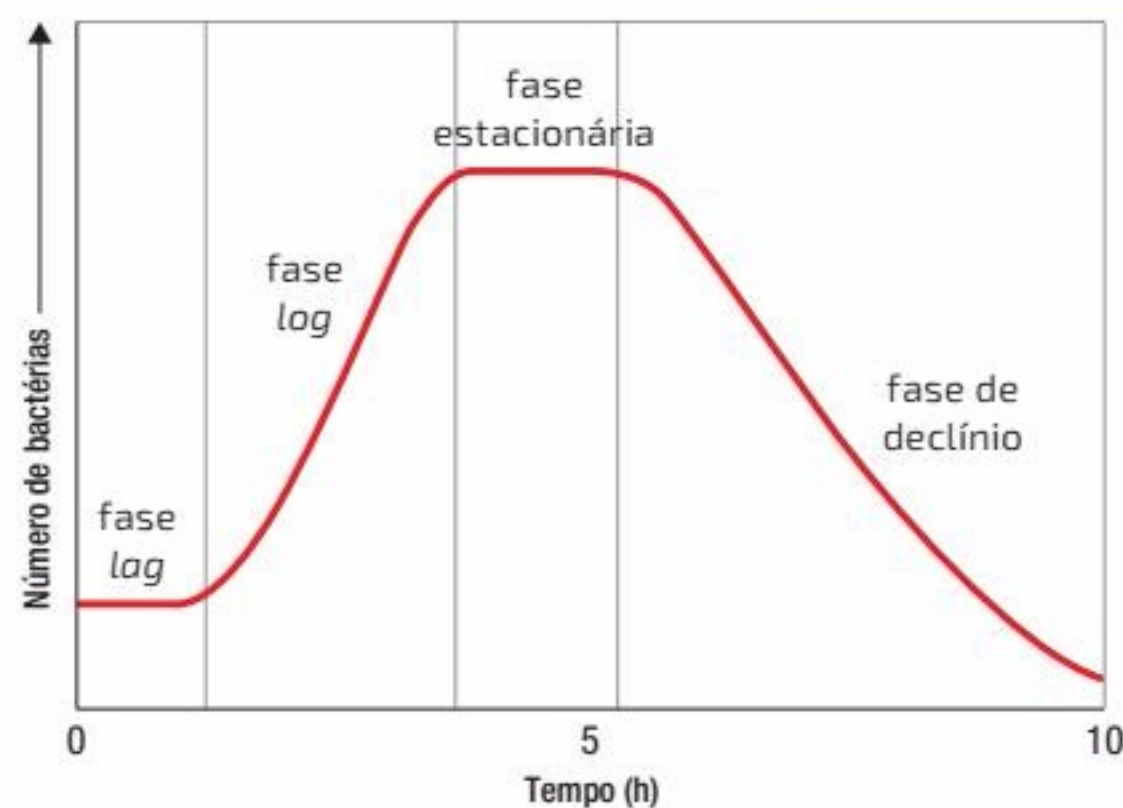
Fase lag – as células possuem intensa atividade metabólica, mas ainda não se reproduzem. Isso ocorre no início do cultivo.

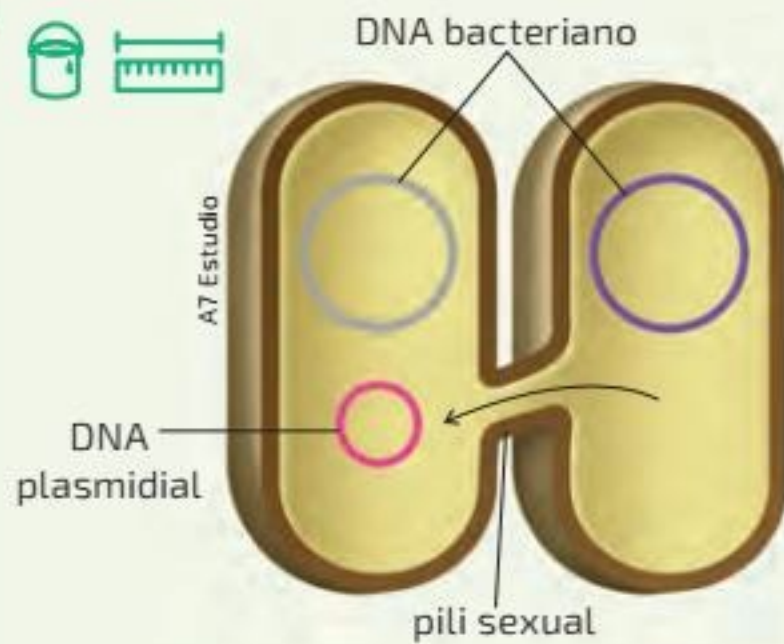
Fase log – as células iniciam o processo de divisão, e o aumento do número de células ocorre exponencialmente.

Fase estacionária – nessa fase, os nutrientes do meio de cultura foram amplamente consumidos, e ocorreu um aumento no valor do pH ocasionado pelos produtos do metabolismo bacteriano. Esses e outros fatores inibem a reprodução bacteriana até o momento em que a taxa de reprodução se iguala à taxa de morte das bactérias, deixando a população em número estável.

Fase de declínio ou **morte celular** – o número de bactérias mortas ultrapassa o número de células vivas.

Curva de crescimento bacteriano





Conjugação bacteriana.

Ilustração produzida com base em: TRABULSI, L. R; ALTERTHUM, F. Microbiologia. 5. ed. São Paulo: Atheneu, 2008. p. 42.

Recombinação genética bacteriana

A inserção ou perda de fragmentos de DNA nas bactérias ocorre de maneira frequente. Este processo está diretamente relacionado à aquisição de resistência a antibióticos. Estas alterações no material genético ocorrem por meio de alguns mecanismos, e entre eles está o da **conjugação** bacteriana. Nele, algumas bactérias, que possuem uma estrutura chamada pili sexual, trocam material genético entre si, principalmente plasmídeos. Como a grande maioria dos genes que conferem resistência aos antibióticos está presente nos plasmídeos, a conjugação é um dos principais processos pelos quais bactérias sensíveis a antibióticos adquirem resistência contra eles.

Matemática

Encontro com...

Multiplicação celular

Durante a fissão binária, a população bacteriana cresce de forma exponencial, multiplicando-se em uma progressão geométrica de razão 2, ou seja, 1: 2: 4: 8: 16: 32: 64 ou 2^0 : 2^1 : 2^2 : 2^3 : 2^4 : 2^5 : 2^6 , e assim por diante.

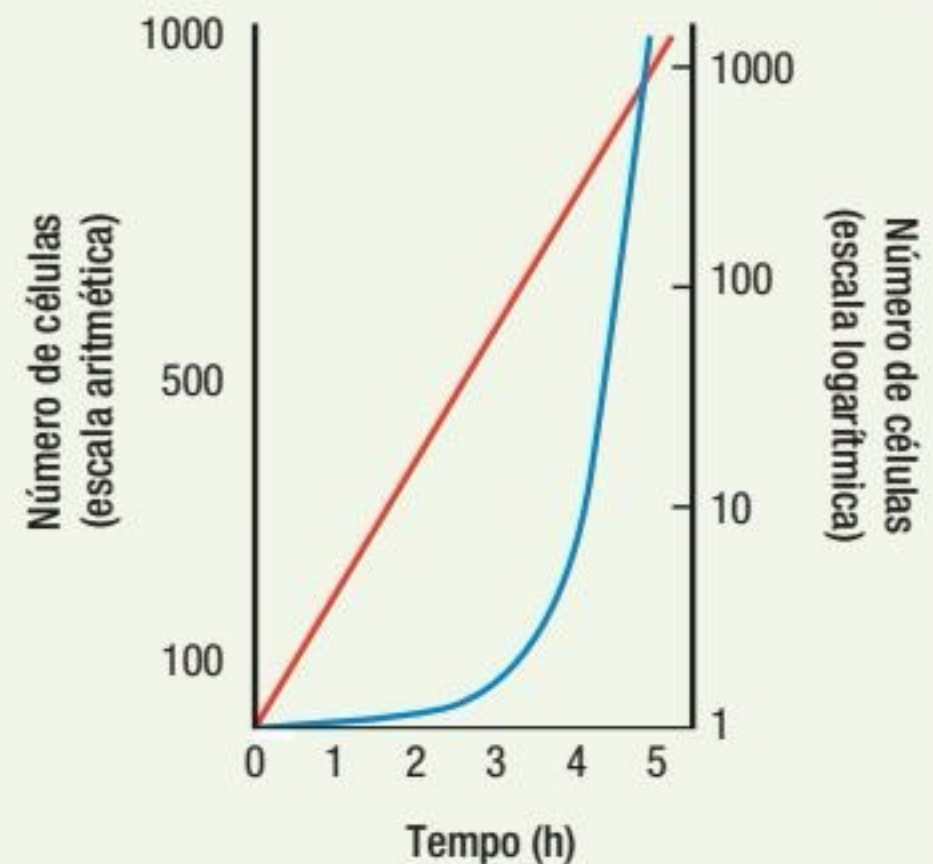
Assim, em uma cultura bacteriana, a relação entre a quantidade de células iniciais e a de células após o crescimento exponencial pode ser expressa pela seguinte equação matemática:

$$N = N_0 \times 2^n$$

Nessa equação, N é a quantidade de bactérias após determinado tempo (t), N_0 é o número de bactérias iniciais na cultura, e n é a quantidade de gerações com o passar do tempo.

Fonte: MADIGAN, Michael T.; MARTINHO, John M.; PARKER, Jack. Brock: Biología de los microorganismos. 10. ed. Madrid: Pearson, 2010. p. 163.

Gráfico da velocidade de crescimento de um cultivo bacteriano



Rafael Luís Galton

No entanto, essa equação aritmética não permite criar um gráfico em que seja possível observar as alterações nas gerações iniciais do crescimento bacteriano. Por essa razão, a equação logarítmica é a melhor opção para ser usada em gráficos, como pode ser observado no exemplo acima.

Agora, veja a equação logarítmica a seguir.

$$n \text{ (nº de gerações)} = \frac{\log N - \log N_0}{\log 2}$$

Com base nessa equação, é possível obter o número de gerações (n) da população bacteriana em crescimento exponencial. Observe um exemplo a seguir.

Em uma cultura bacteriana há $1 \cdot 10^5$ células, as quais crescem exponencialmente até $1 \cdot 10^9$ em 16 horas. Aplicando esses dados na equação,

$$n = \frac{\log(10^9) - \log(10^5)}{0,301}$$

veremos que a quantidade de gerações dessa população bacteriana em crescimento será de 13 gerações.



Grande parte dos produtos que consumimos em nosso dia a dia é elaborado com a participação de bactérias. Na indústria, compostos provenientes do metabolismo bacteriano são fundamentais para a produção de alimentos, cosméticos e medicamentos, além de permitirem avanços na ciência e na Medicina.

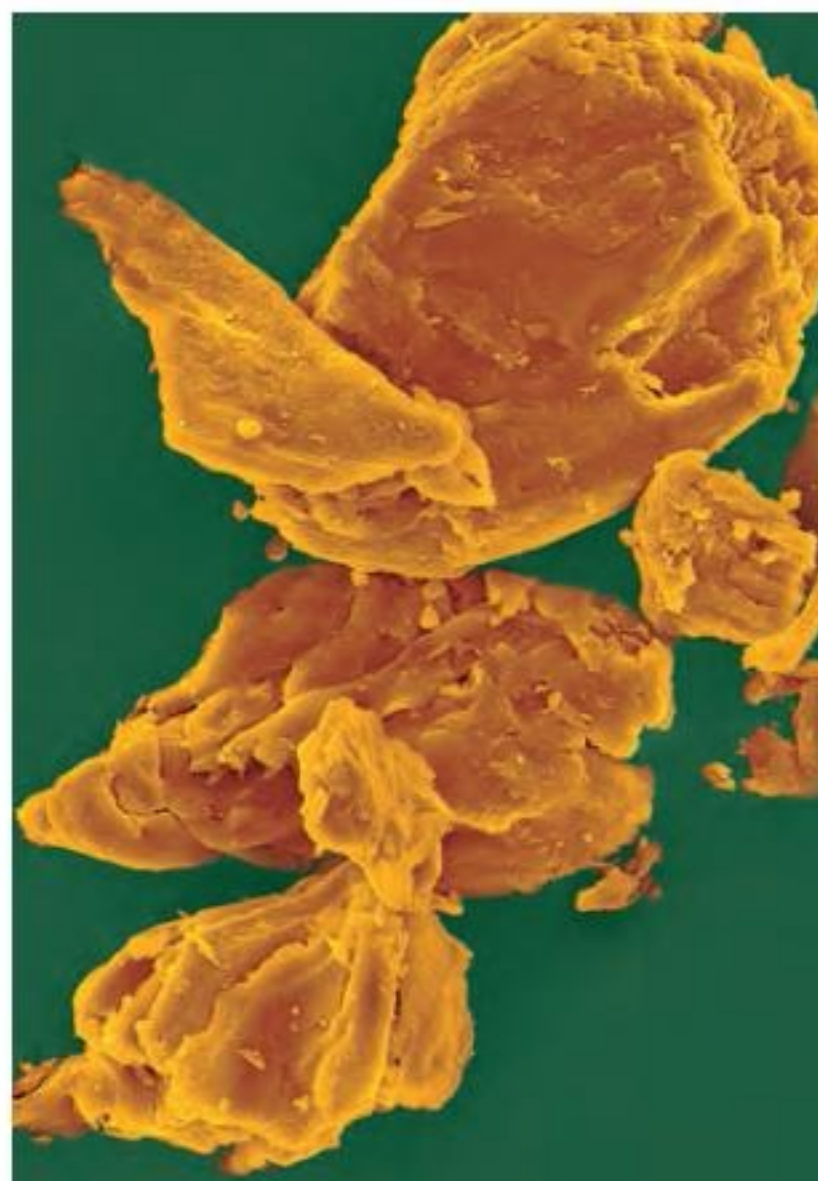
Na indústria alimentícia, por exemplo, o processo de fermentação de algumas espécies de *Lactobacillus* e *Streptococcus* é empregado na fabricação de queijos e iogurtes. Outro exemplo é a bactéria *Xanthomonas campestris*, que, a partir da glicose, produz a goma xantana, utilizada como espessante (substância que aumenta a viscosidade) em laticínios, sorvetes e molhos e também é empregada na indústria de cosméticos, principalmente na produção de cremes e xampus.

Na agricultura, a bactéria *Bacillus thuringiensis* é usada no controle de pragas em lavouras e pomares, pois produz cristais proteicos que são tóxicos ao sistema digestório dos insetos. Dessa maneira, ela é utilizada na produção de um bioinseticida (inseticida produzido com base em um ser vivo), que é aplicado em plantações para realizar o controle biológico, principalmente de lagartas jovens.

A indústria farmacêutica utiliza bactérias na fabricação de antibióticos, hormônios sintéticos e vitaminas. As bactérias do gênero *Streptomyces*, por exemplo, são empregadas na produção do antibiótico neomicina, usado no tratamento de infecções de pele, intestino e fígado.

Outra bactéria usada por essa indústria é a *Escherichia coli*. Após ser modificada geneticamente, ela é empregada na produção da insulina sintética, que é utilizada por diabéticos que necessitam aplicar insulina diariamente a fim de controlar o nível de glicose no sangue.

A partir da celulose bacteriana de *Acetobacter xylinum*, bactéria encontrada em frutas em decomposição, são produzidas películas de celulose compatíveis com tecidos humanos. Essas películas são utilizadas na recuperação da pele após lesões e antes de transplantes.



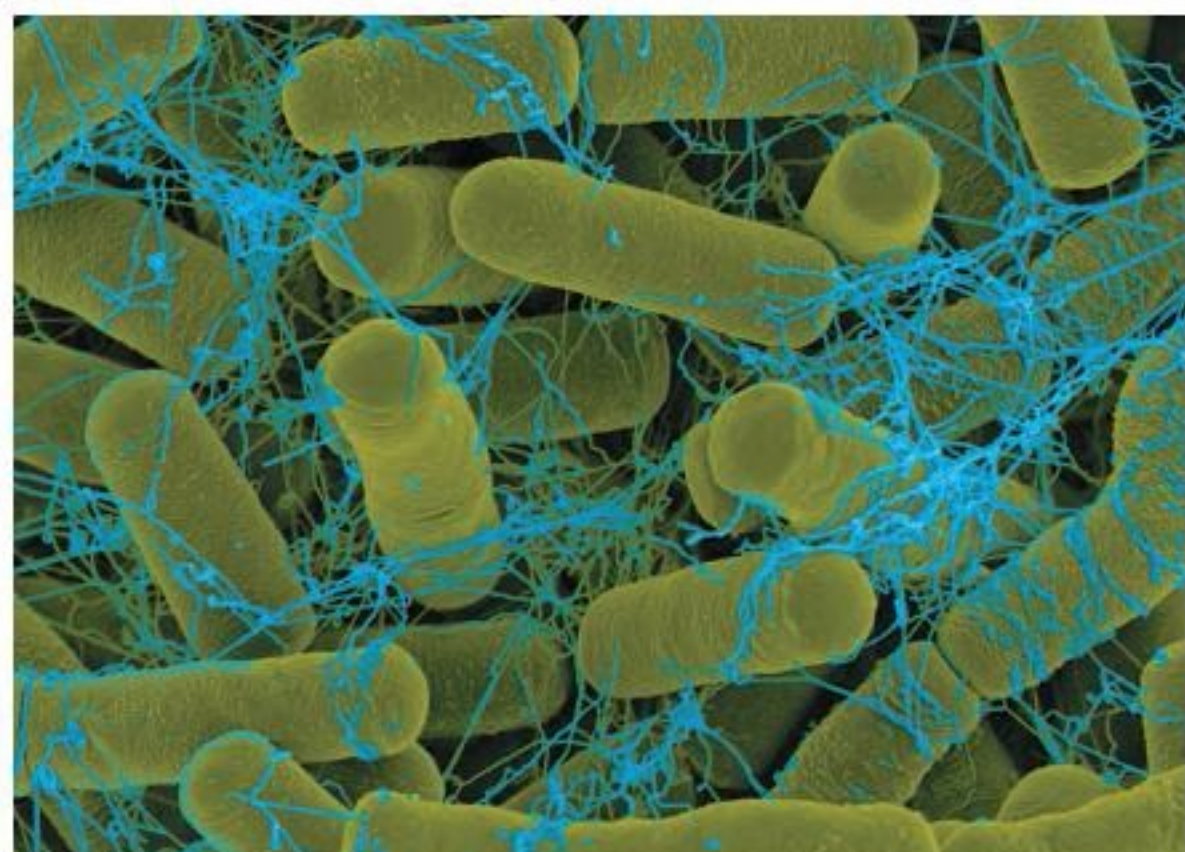
Goma xantana produzida pela bactéria *Xanthomonas campestris* (aumento aproximado de 160 vezes).

Dennis Kunkel/PhotoTake/EasyPix



Escherichia coli (aumento aproximado de 12000 vezes).

Dr. Martin Oeggerli/Visuals Unlimited, Inc./Glow Images



Bacillus thuringiensis (aumento aproximado de 4000 vezes).

Dennis Kunkel Microscopy, Inc./Phototake/Glow Images





Oficina de Biologia

O metabolismo bacteriano é amplamente variado. Alguns dos compostos originários desse metabolismo são utilizados no consumo humano, como o iogurte, produto derivado da ação de bactérias sobre o leite.



Materiais

- 1 caneca de alumínio com capacidade de 2 L
- 1 pote de iogurte natural industrializado
- pote plástico com capacidade de 1,5 L
- termômetro
- 1 L de leite
- colher
- fogão



Somente um adulto deve manipular o fogão para evitar acidentes.



Mãos à obra

- Coloque o leite na caneca e leve-o ao fogo para ferver.
- Após a fervura, deixe o leite resfriar. Com o termômetro meça a temperatura do leite. Quando o leite estiver entre 45 °C e 50 °C, adicione o iogurte natural e mexa com a colher.
- Coloque a tampa sobre o pote sem vedá-lo. Deixe a mistura repousar por cerca de 12 horas em local arejado.
- Depois desse tempo, o iogurte formado deve ser colocado na geladeira com o pote tampado. Se preferir, bata o iogurte em um liquidificador com pedaços de frutos e consuma-o.



Utilize frutos da época (morango, abacaxi, banana, entre outros) para bater com o iogurte.



Desenhos Estúdio



Para pensar

Veja as respostas das questões desta seção nas **Orientações para o professor**.

- Qual é o papel do iogurte natural nessa atividade? Explique.
- O que poderia acontecer se o iogurte natural fosse adicionado ao leite imediatamente após a fervura? Explique.
- As bactérias utilizadas nessa atividade degradam a lactose e o açúcar presente no leite para obter energia. O produto formado é o ácido lático, responsável pela fermentação das proteínas do leite. Com base nessa informação, como as bactérias do iogurte são classificadas quanto ao metabolismo? Justifique sua resposta.

As bactérias e a saúde humana

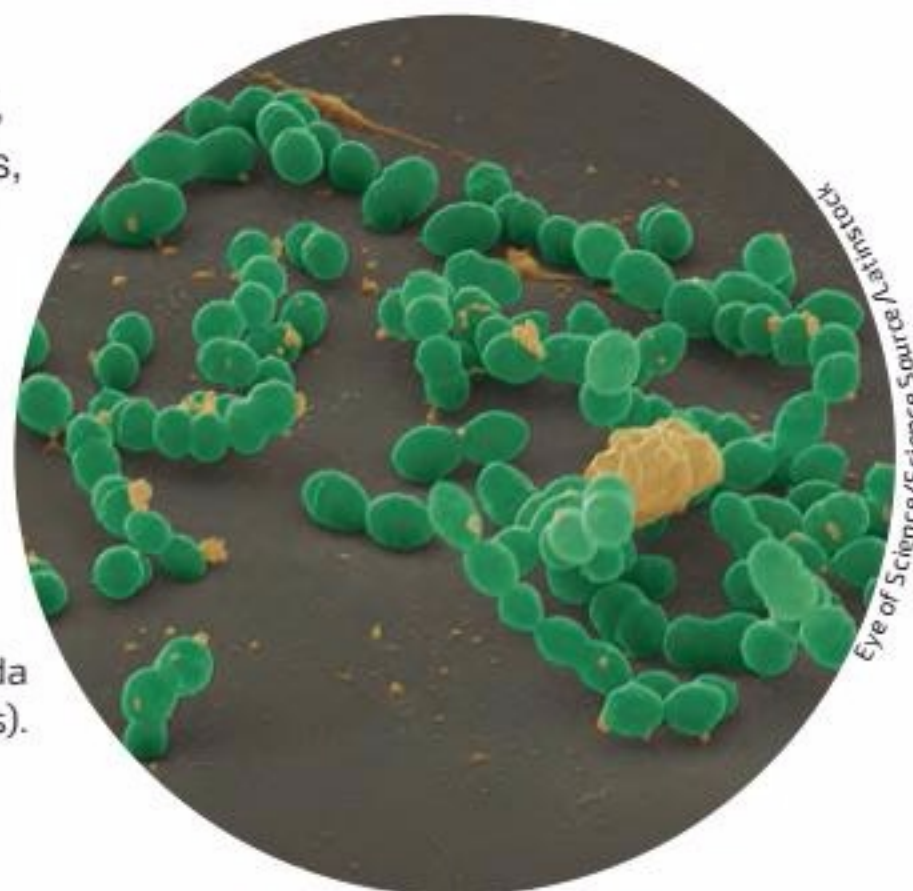
Existem bactérias que podem causar doenças infecciosas ao ser humano. Algumas bactérias podem ser evitadas por meio de atitudes como escovar os dentes após as refeições e antes de dormir, lavar as mãos após utilizar o banheiro, beber somente água tratada e fervida, utilizar preservativos nas relações sexuais, entre outras atitudes. Além disso, é necessário procurar um médico sempre que houver suspeita de infecção. Conheça a seguir algumas bactérias que podem causar doenças ao ser humano.

Veja, a seguir, algumas das bactérias que podem prejudicar a saúde humana.

Cárie

Uma das principais bactérias causadoras da cárie é a *Streptococcus mutans*, que habita naturalmente a cavidade oral do ser humano. Em condições ideais, essas bactérias se multiplicam e produzem compostos ácidos, que reduzem bruscamente o pH da boca, levando à desmineralização do dente e formação de orifícios da cárie. Caso não haja tratamento, esses orifícios podem se aprofundar e atingir a polpa do dente, causando dor aguda. Para prevenir a cárie é preciso escovar os dentes após as refeições, ao acordar e antes de dormir; usar creme dental com flúor; utilizar fio dental; trocar a escova dental regularmente e ir ao dentista a cada seis meses.

Streptococcus mutans, principal bactéria causadora da cárie (aumento aproximado de 8 800 vezes).



Tétano

O tétano é uma doença grave causada pela bactéria anaeróbia restrita *Clostridium tetani*. Essa bactéria produz endósporos que permanecem presentes em amostras de solo e são altamente resistentes às condições ambientais. Após entrar em contato com alguma lesão na pele e germinar, o *C. tetani* produz toxinas que causam o tétano. Os principais sintomas dessa doença são a paralisia de músculos, espasmos e rigidez da mandíbula. O tratamento é feito por meio do uso de antibióticos e a prevenção ocorre pela vacinação.

Hanseníase

A hanseníase, enfermidade antigamente conhecida como lepra, é causada pelo bacilo *Mycobacterium leprae*, que pode ser transmitido por meio de gotículas expelidas pelo nariz ou pela boca. Seus principais sintomas iniciais são o aparecimento de manchas pardas na pele e lesões avermelhadas na face, no tronco e nas extremidades, além da perda da sensibilidade nas áreas afetadas.

O tratamento é realizado pela ingestão de antibióticos durante, no mínimo, seis meses.

Tuberculose

A tuberculose é uma doença causada pelo bacilo aeróbio *Mycobacterium tuberculosis*. Sua transmissão acontece pela inalação ou ingestão de bactérias e esporos, espalhados no ar por meio da tosse ou de espirros emitidos por um indivíduo infectado.

Os principais sintomas são perda de peso, suor excessivo noturno, febre, tosse com catarro e sangue. O tratamento é feito por meio de uma combinação de antibióticos por um período de pelo menos seis meses. A prevenção ocorre pela vacinação BCG.

Adolescente tendo atitude correta no momento de espirrar. A ação de colocar o braço sobre o rosto evita que parte das gotículas de saliva se espalhem pelo ar ou que contaminem as mãos, que poderiam disseminar o vírus mais facilmente para outras pessoas pelo contato.



*A meningite bacteriana em crianças, frequentemente deixa sequelas, como surdez, dificuldade de aprendizagem e comprometimento cerebral. O tratamento, portanto, deve ser iniciado imediatamente.

Meningite

A meningite é uma inflamação das meninges, membranas que envolvem o cérebro, e pode ser causada por diferentes agentes infecciosos, incluindo bactérias, vírus e fungos. Entre eles, a bactéria *Neisseria meningitidis* é o principal agente causador da meningite bacteriana* (forma mais grave da doença).

Essa enfermidade pode ser transmitida por meio de gotículas e secreções do nariz e da garganta de pessoas infectadas. Entre os principais sintomas dessa doença estão: febre alta, dor de cabeça intensa e contínua, rigidez na nuca, náuseas e vômitos, manchas pelo corpo em alguns casos, falta de apetite e dores musculares.

Gonorreia, sífilis e clamídia

A gonorreia, a sífilis e a clamídia são doenças sexualmente transmissíveis (DST). A gonorreia é causada pela bactéria aeróbia *Neisseria gonorrhoeae*; a sífilis é uma infecção causada pela bactéria *Treponema pallidum*; a clamídia possui como agente causador a bactéria *Chlamydia trachomatis*.

A transmissão dessas doenças ocorre por meio do ato sexual com indivíduos infectados, sem o uso de preservativos. Elas também podem ser transmitidas através da mãe infectada para o bebê durante a gestação, parto ou no período pós-parto. No caso da sífilis, a transmissão pode ocorrer pela transfusão do sangue infectado, e se ela ocorrer durante a gestação, pode causar aborto, malformação fetal e até a morte do bebê.

Os principais sintomas dessas doenças são:

- gonorreia e clamídia: inflamação e infecção dos órgãos genitais, corrimento na uretra masculina e na vagina da mulher e dor ao urinar;
- sífilis: ocorrência de feridas nos órgãos sexuais, caroços nas virilhas, febre, aumento nos gânglios linfáticos, manchas na pele, especialmente solas dos pés e palmas das mãos e queda dos cabelos.

O tratamento para essas doenças é realizado por meio de antibióticos, e a prevenção é feita pelo uso de preservativos durante o ato sexual.



Biologia e Saúde

Água e infecções bacterianas: cólera e leptospirose

A contaminação de rios e reservas que abastecem cidades e irrigam plantas ocorre muitas vezes em razão da ausência de saneamento básico. Isso leva ao desenvolvimento de doenças como a cólera e a leptospirose, que são transmitidas pela água contaminada com microrganismos causadores dessas doenças.

A cólera é causada por uma toxina liberada pela bactéria *Vibrio cholerae* que se instala no intestino delgado e pode ser transmitida pela ingestão de água contaminada. Seus principais sintomas são: diarreia, dor abdominal, vômitos, câibras e desidratação.

Já a leptospirose é causada por bactérias do gênero *Leptospira* e pode ser transmitida pelo contato com a água contaminada por urina de ratos. Isso explica porque há um aumento no número de casos após alagamentos e inundações. Os principais sintomas são: febre, dor de cabeça, dores pelo corpo, pele e mucosas amareladas, sangramentos nos nariz e na gengiva e problemas renais.



O tratamento dessas doenças é feito pelo uso de antibióticos indicados pelo médico. No caso da cólera, também é feita a reidratação por meio do soro, que garante a reposição de sais minerais e água, perdidos na diarreia.

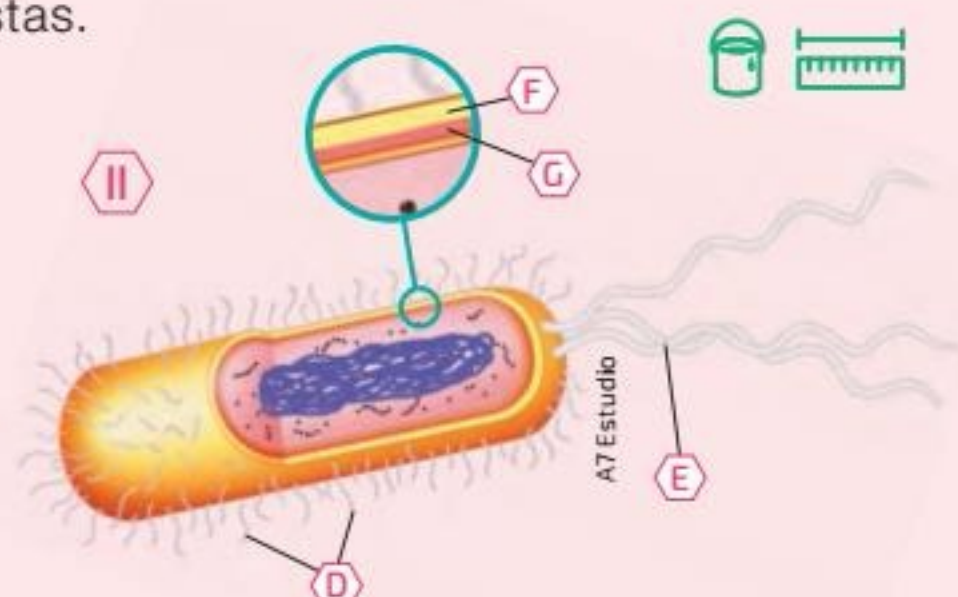
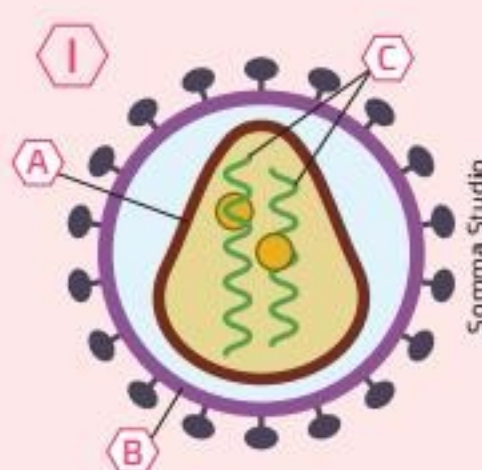
Em locais onde não há água tratada, é necessário ferver a água para eliminar possíveis agentes infecciosos, incluindo bactérias causadoras da cólera e da leptospirose.



Veja as respostas das questões desta seção nas **Orientações para o professor**.

1. Em que local ocorre a replicação dos vírus? Por quê?
2. Explique a principal diferença entre o ciclo lítico e o ciclo lisogênico.
3. Qual é a importância dos vírus para o ambiente e para os seres vivos? E das bactérias?
4. Qual é a importância dos esporos para as bactérias que os produzem?
5. O que é fissão binária?
6. A conjugação bacteriana contribui para o aumento da resistência das bactérias aos antibióticos? Justifique.
7. O que é um ser vivo quimioheterotrófico?
8. O que é uma bactéria anaeróbia restrita?
9. Quais cuidados com a saúde auxiliam na prevenção de doenças causadas por vírus e bactérias?
10. Observe as ilustrações abaixo e responda às questões propostas.

- a) Quais microrganismos estão representados nas ilustrações I e II?
- b) Quais são as estruturas indicadas pelas letras nas ilustrações I e II?
- c) Qual é a importância das estruturas F e G para o microrganismo II?



Ilustrações produzidas com base em:
CAMPBELL, N. A. et al. *Biology*. 8. ed.
San Francisco: Pearson Benjamin
Cummings, 2009. p. 98, 389.

11. Copie as frases a seguir, no caderno, corrigindo se necessário.
 - a) A maioria das bactérias extremófilas é classificada como eubactéria.
 - b) Os vírus possuem metabolismo e podem se replicar fora das células.
 - c) As bactérias anaeróbias facultativas se desenvolvem melhor na presença do gás oxigênio.
 - d) A conjugação é um processo em que uma bactéria se divide em duas.
12. Leia, ao lado, o trecho da letra de música *O pulso*, composta por Arnaldo Antunes, no ano de 1989, e gravada pela banda Titãs. Em seguida, faça as atividades propostas e, se necessário, realize uma pesquisa para respondê-las.

[...] O pulso ainda pulsa
Peste bubônica, câncer, pneumonia,
Raiva, rubéola, tuberculose, anemia
Rancor, cisticercose, caxumba, difteria [...].

TITÃS. *O pulso*. Rio de Janeiro: WEA, 1989. 1 disco sonoro.

- a) Reescreva, no caderno, o trecho da música acima e identifique quais doenças são causadas por vírus e quais são causadas por bactérias.
- b) Escolha duas doenças citadas no trecho da letra de música que sejam causadas por vírus ou bactérias e descreva como ocorre a sua transmissão, quais são os principais sintomas e qual é o modo de prevenção.
- c) Em nenhuma parte da letra completa da música, a dengue é citada. Na época em que ela foi gravada, o Brasil já registrava muitos casos de dengue, mas essa doença ainda não era considerada uma epidemia. Atualmente, o Ministério da Saúde, em conjunto com estados e municípios, tem aplicado o Levantamento Rápido do Índice de Infestação por *Aedes aegypti* (LIRAa) para detectar os riscos de epidemia de dengue, em capitais e regiões metropolitanas com grande fluxo de pessoas. Em 2015, o LIRAa apontou que 340 cidades brasileiras estavam em situação de risco epidêmico, e mais 877 estavam em estado de alerta. Quais fatores podem ter contribuído para o aumento dos casos de dengue? Se achar necessário, realize uma pesquisa.

13. Leia o texto abaixo e responda às questões propostas.

Alguns vírus que infectam plantas podem gerar uma importante perda econômica para os países produtores de determinadas espécies. Um exemplo é o vírus do mosaico da cana-de-açúcar (SCMV–*Sugar cane mosaic virus*), pertencente ao grupo dos Potyvirus. Além da cana-de-açúcar, outras espécies como o sorgo, o milho, a cevada, o trigo, o centeio e o arroz também podem hospedar o vírus SCMV. Transmisso por meio de pulgões contaminados, esse vírus pode atacar os tecidos fotossintéticos, prejudicando o desenvolvimento da planta. Em consequência disso, as plantas infectadas morrem e a produção da cana-de-açúcar sofre redução.

- a) Os vírus que infectam plantas se utilizam dos mesmos mecanismos do que aqueles que infectam animais? Quais são esses mecanismos?
 - b) Qual é a importância de conhecer a biologia dos vírus para a agricultura? E para a saúde?
 - c) Onde os vírus podem ser encontrados no ambiente?
14. A charge a seguir faz referência à dengue, uma doença que, segundo a Organização Mundial da Saúde (OMS), é um dos mais importantes problemas de saúde pública mundial e que pode infectar 390 milhões de pessoas por ano. Com base na charge e em seus conhecimentos responda às questões propostas.

- a) Que ser microscópico causa a dengue?
- b) Qual é o vetor da dengue?
- c) Explique, com suas palavras, qual crítica o autor quis fazer com a charge.
- d) A charge poderia ser utilizada para representar a situação relacionada à chikungunya e à zika? Por quê?
- e) No caderno, produza uma charge sobre a dengue e mostre-a aos seus colegas.



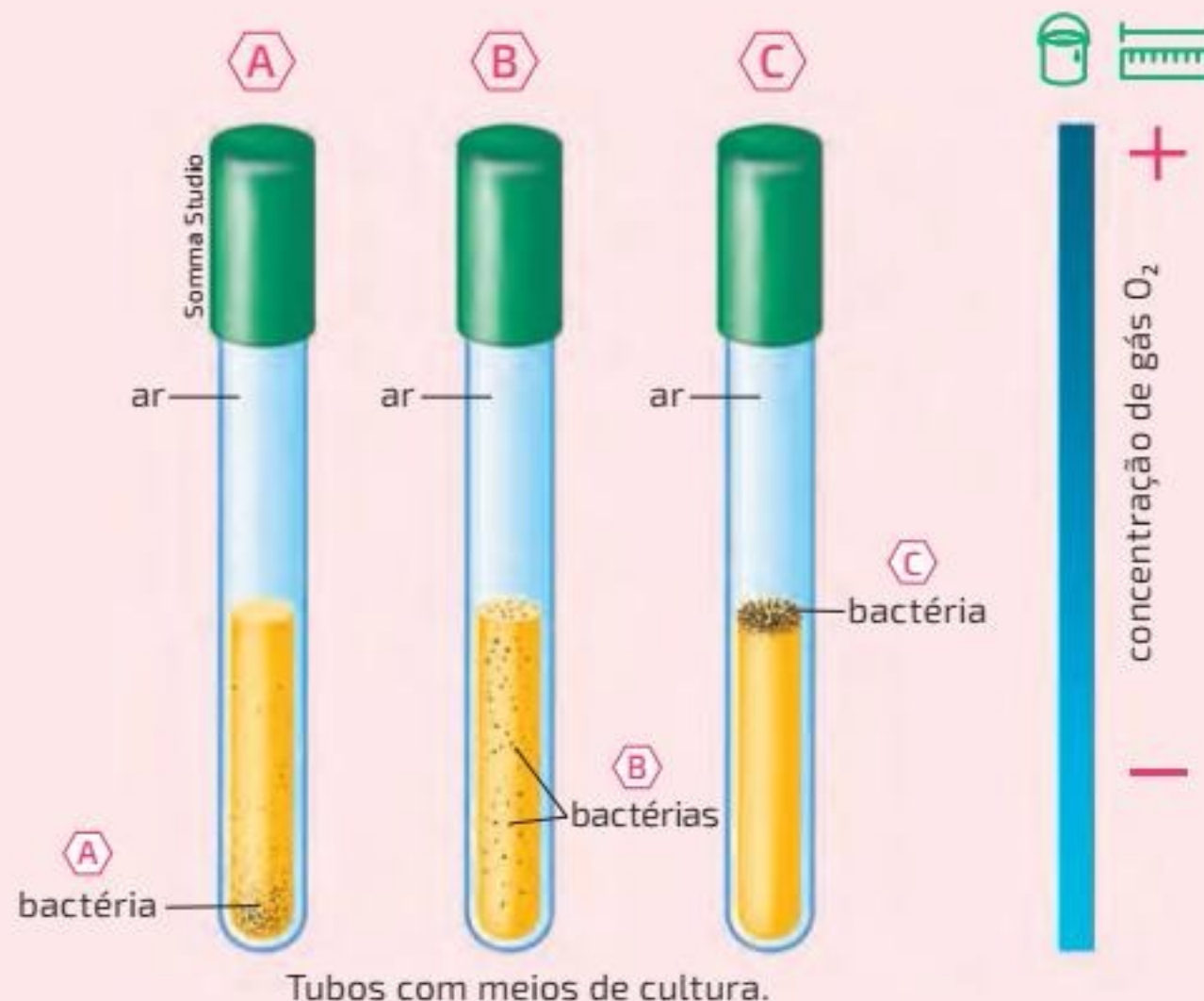
CABRAL, Ivan. Sorriso pensante. 12 maio 2008. Disponível em: <www.ivancabral.com/2008/05/grfico-grandeza-diretamente.html>. Acesso em: 27 jan. 2016.

15. Leia o texto abaixo e responda às questões.

A mineração é um processo de extração de minerais presentes nas rochas e no solo. Essa atividade comumente envolve a queima de minérios, liberando gases poluentes no ar. Uma alternativa interessante e contrária a esse processo é a biomineração. Nessa técnica, bactérias extremófilas são utilizadas para consumir enxofre e ferro, presentes no solo e nas rochas. Um dos produtos do metabolismo dessas bactérias é o ácido sulfúrico, que torna os minérios das rochas mais solúveis. Essas bactérias já existem no solo e nas rochas e são estimuladas a crescer por meio da irrigação de água e sais. A biomineração não envolve a liberação de gases poluentes e é fácil de ser aplicada, o que a torna mais econômica.

- a) O que são bactérias extremófilas?
 - b) A que grupo pertence a grande maioria das bactérias extremófilas?
 - c) As bactérias utilizadas na biomineração utilizam o CO_2 como fonte de carbono. Qual é a classificação dessas bactérias segundo o tipo de metabolismo que elas realizam?
 - d) Ainda em relação ao metabolismo, como são classificadas as bactérias que também se utilizam do CO_2 como fonte de carbono, mas utilizam a luz como fonte de energia?
 - e) Como as bactérias patogênicas são classificadas quanto ao seu metabolismo? Por quê?
16. (UFV-MG) Sobre os vírus, é incorreto afirmar que:
- a) são inativos fora do ambiente celular, porém tornam-se ativos após entrarem em células hospedeiras específicas.
 - b) utilizam o seu próprio material genético para se multiplicarem, porém dependem da maquinaria de biossíntese da célula hospedeira.
 - c) podem ser portadores de RNA, sendo denominados de retrovírus; ou de DNA, neste caso, denominados de adenovírus.
 - d) para se multiplicarem, não dependem de ribossomos, enzimas e RNAs transportadores da célula hospedeira.

17. Em cada um dos tubos de ensaio ao lado foi colocado um tipo de bactéria (A, B e C), que se desenvolveu de maneira diferente no meio de cultura. A quantidade de gás oxigênio em cada tubo é igual, mas sua concentração ao longo de cada tubo é variada, como mostra a barra azul.



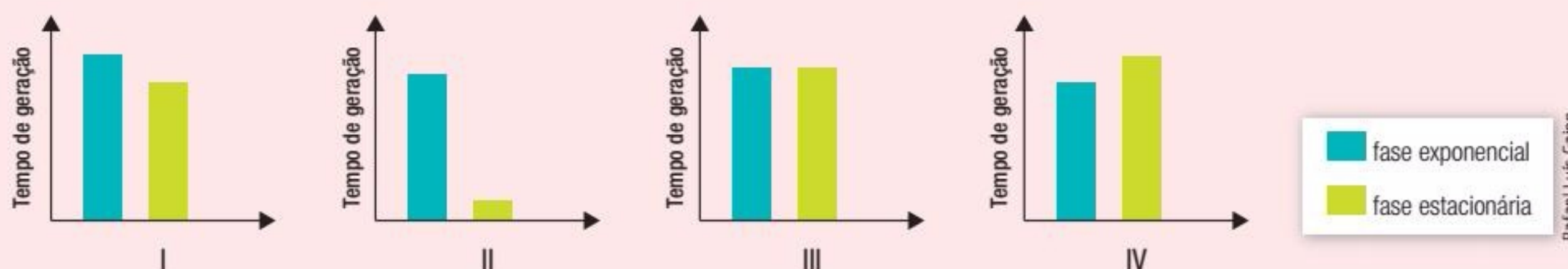
Ilustrações produzidas com base em: MADIGAN, M. T.; MARTINHO, J. M.; PARKER, J. Brock: Biología de los microorganismos. 10. ed. Madrid: Pearson, 2003. p. 162.

18. (Mackenzie-SP) Atualmente, um dos grandes problemas enfrentados pela medicina é a resistência das bactérias aos antibióticos, graças à sua variabilidade genética. Dos processos reprodutivos a seguir, assinale aquele que é o principal responsável pelas taxas de mutação desses seres vivos.

- a) Esporulação. b) Regeneração.
c) Brotamento. d) Bipartição.
e) Conjugação.

19. (Uerj) A influência de fatores ambientais, como a disponibilidade de alimentos, sobre o crescimento dos seres vivos pode ser avaliada experimentalmente. Considere, por exemplo, um inóculo da bactéria *E. coli* que foi introduzido em um meio nutritivo adequado. O tempo de geração, ou seja, o intervalo de tempo necessário para que uma célula se duplique, foi medido durante a fase de crescimento exponencial e durante a fase estacionária.

Agora, observe os gráficos abaixo:



O resultado desse experimento, em relação à influência de fatores ambientais no crescimento bacteriano, está representado pelo gráfico de número:

- a) I b) II c) III d) IV

Refletindo sobre o capítulo

Veja as respostas das questões desta seção nas Orientações para o professor.

- A Retome a resposta que você deu às questões da página 29 e complemente-as caso seja necessário.
B Observe as bactérias apresentadas nas duas primeiras fotografias da página 40. Quais são as principais diferenças que elas apresentam em relação ao seu metabolismo?
C Em sua opinião, qual é a importância de estudar vírus e bactérias?



Algas diatomáceas
(aumento aproximado
de 402 vezes).

capítulo 3

Protozoários, algas e fungos

As plantas são os produtores das cadeias alimentares terrestres e, no ambiente marinho, essa função é de um conjunto de microalgas denominado fitoplâncton. A maioria dessas algas é capaz de realizar fotossíntese, e, por isso, o fitoplâncton é considerado a base da cadeia alimentar marinha.

Entre as algas que compõem esse conjunto é possível citar as diatomáceas (na fotografia acima) e os dinoflagelados (fotografia ao lado).

As algas que compõem o fitoplâncton são consideradas indicadoras de qualidade ambiental, pois respondem rapidamente às alterações ambientais. Por exemplo, há estudos que indicam que as mudanças climáticas têm afetado o fitoplâncton, modificando os oceanos física e quimicamente. Como os oceanos são fundamentais na manutenção do clima e fazem parte dos ciclos biogeoquímicos, como o ciclo do carbono e o ciclo da água, acredita-se que o aumento da temperatura global tem provocado a redução das populações de fitoplâncton marinho.

Dinoflagelado *Ceratium tripos* (aumento aproximado de 400 vezes).



- A** É possível afirmar que o fitoplâncton também é importante para o ser humano? Explique. *Sim, pois ele forma a base da cadeia alimentar marinha. Como dependemos direta ou indiretamente dos recursos marinhos, o equilíbrio nas populações desses seres vivos é fundamental para o ambiente e a economia.*
- B** Explique como a redução nas populações de fitoplâncton afeta a cadeia alimentar marinha. *Como o fitoplâncton é a base da cadeia alimentar marinha, sua redução afetaria todos os seres vivos, o que desencadearia um desequilíbrio na cadeia alimentar.*

► Protocistas

Na página anterior, você conheceu algumas informações sobre as algas. Esses seres vivos fazem parte de um reino denominado **protocista***, que é composto de seres bastante diversificados em hábitos e formas.

O reino Protocista é representado por seres vivos eucariontes que não são classificados como fungos, animais ou plantas. Além das algas, que variam de espécies microscópicas formadas por uma única célula até as algas marinhas macroscópicas multicelulares, os protozoários também fazem parte desse grupo.

Protozoários

Os protozoários** são protocistas unicelulares, encontrados no solo, na água ou no interior de outros seres vivos. A maioria das espécies é aeróbia e heterotrófica, com exceção dos protozoários intestinais, que são capazes de crescer em ambiente anaeróbio. Muitas espécies são de vida livre, mas algumas são parasitas de animais e plantas.

Entre as espécies de protozoários, há algumas que são envoltas somente por membrana plasmática, outras, possuem parede celular, e também há aquelas que apresentam carapaças internas.

Os protozoários se alimentam de bactérias e pequenas partículas de nutrientes. Em alguns, o alimento é transportado por meio da membrana plasmática. Em outros, que possuem uma película ao redor da célula, são necessárias estruturas especializadas na ingestão de alimentos.

A digestão ocorre em vacúolos, no interior das células, e os dejetos são eliminados pelo poro anal ou pela membrana plasmática.

Observe a seguir a estrutura de um protozoário.

Estrutura de um *Paramecium* sp.

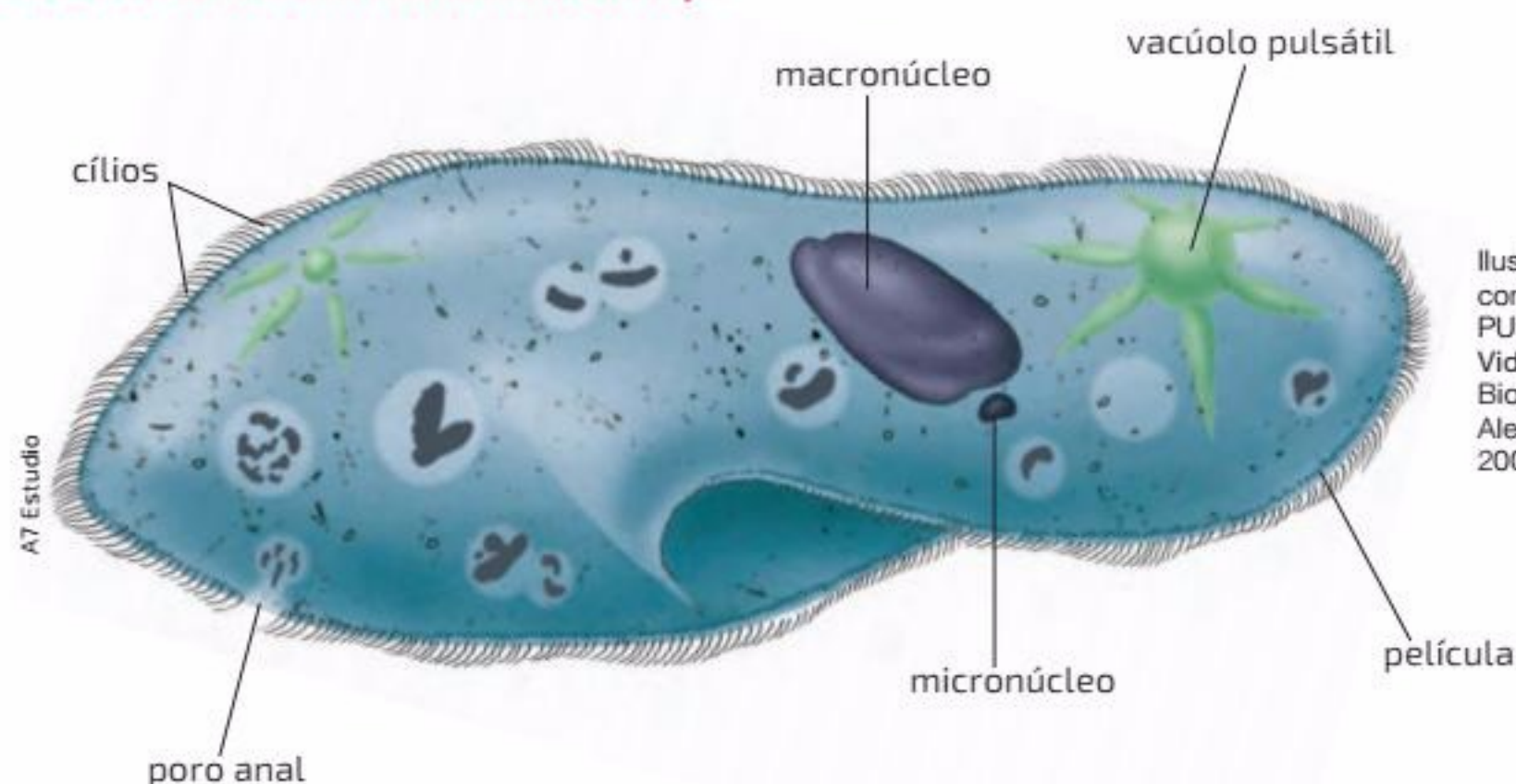
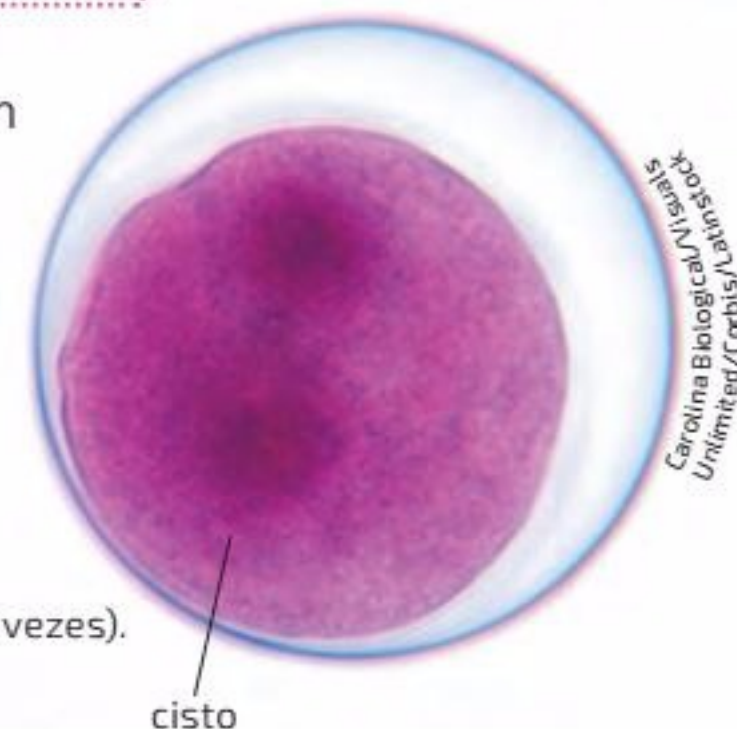


Ilustração produzida com base em: PURVES, W. K. et al. Vida: a ciência da Biologia. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2002. p. 486.

Em condições adversas, alguns protozoários são capazes de produzir um **cisto**, um tipo de capa protetora, que lhes confere condições de sobreviver na ausência de nutrientes, umidade ou gás oxigênio ou quando há presença de compostos tóxicos.

No caso de protozoários parasitas, a forma de cisto permite-lhes sobreviver fora do corpo do hospedeiro, pois, quando são eliminados do seu organismo, devem encontrar um novo para parasitar.

Cisto de protozoário *Balantidium coli* (aumento aproximado de 360 vezes).

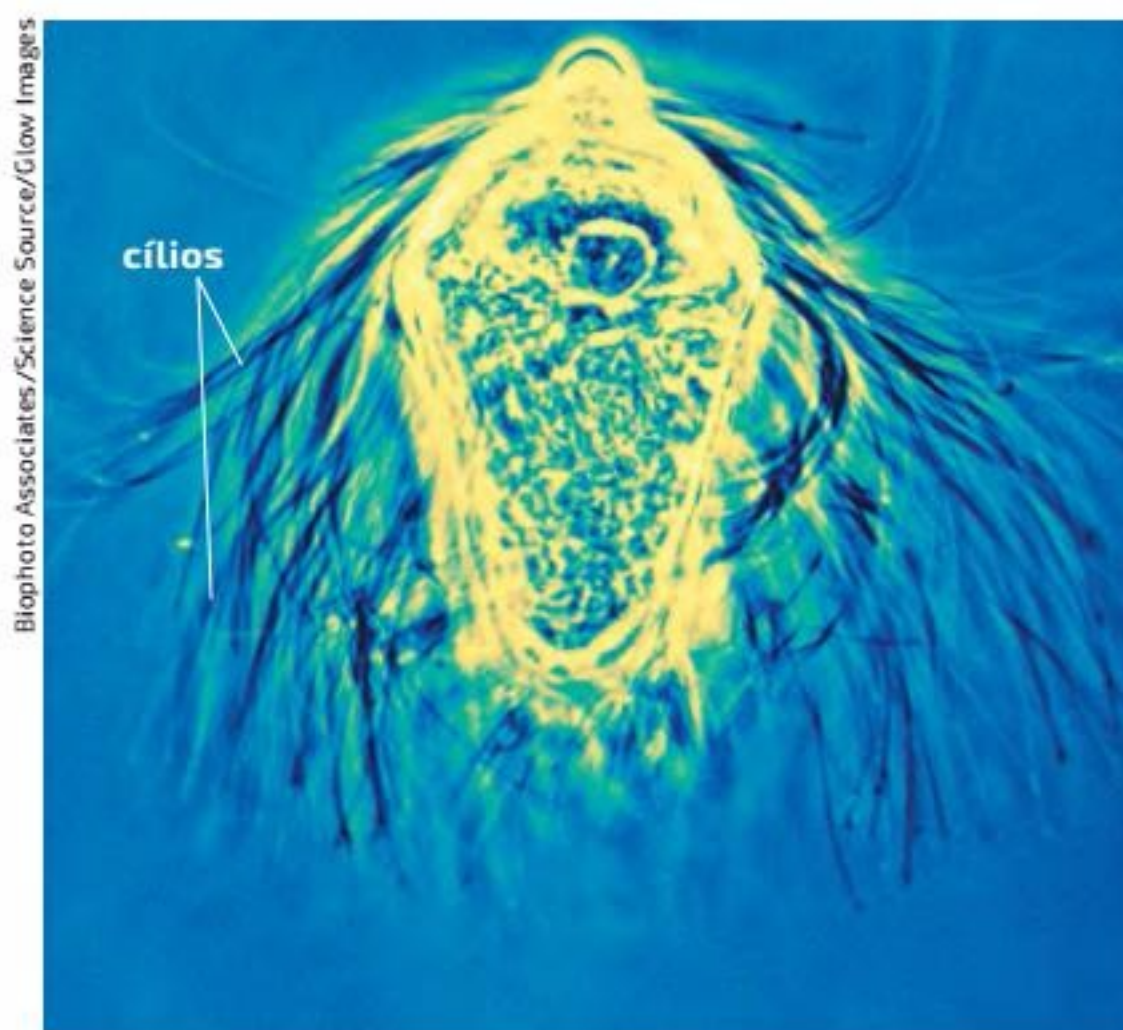


*Os protocistas são espécies de seres vivos com variados hábitos e formas, agrupados em um único reino, mas que não necessariamente compartilham um ancestral comum. Nesta coleção, adotamos o termo "protocista" em vez de protista, classificação de cinco reinos proposta por Margulis e Schwartz (2001). Veja mais informações nas **Orientações para o professor**.

**Explique aos alunos que a classificação dos protozoários ainda é muito debatida entre os taxonomistas, pois os integrantes desse grupo são descendentes de diferentes linhagens ancestrais.

Classificação dos protozoários

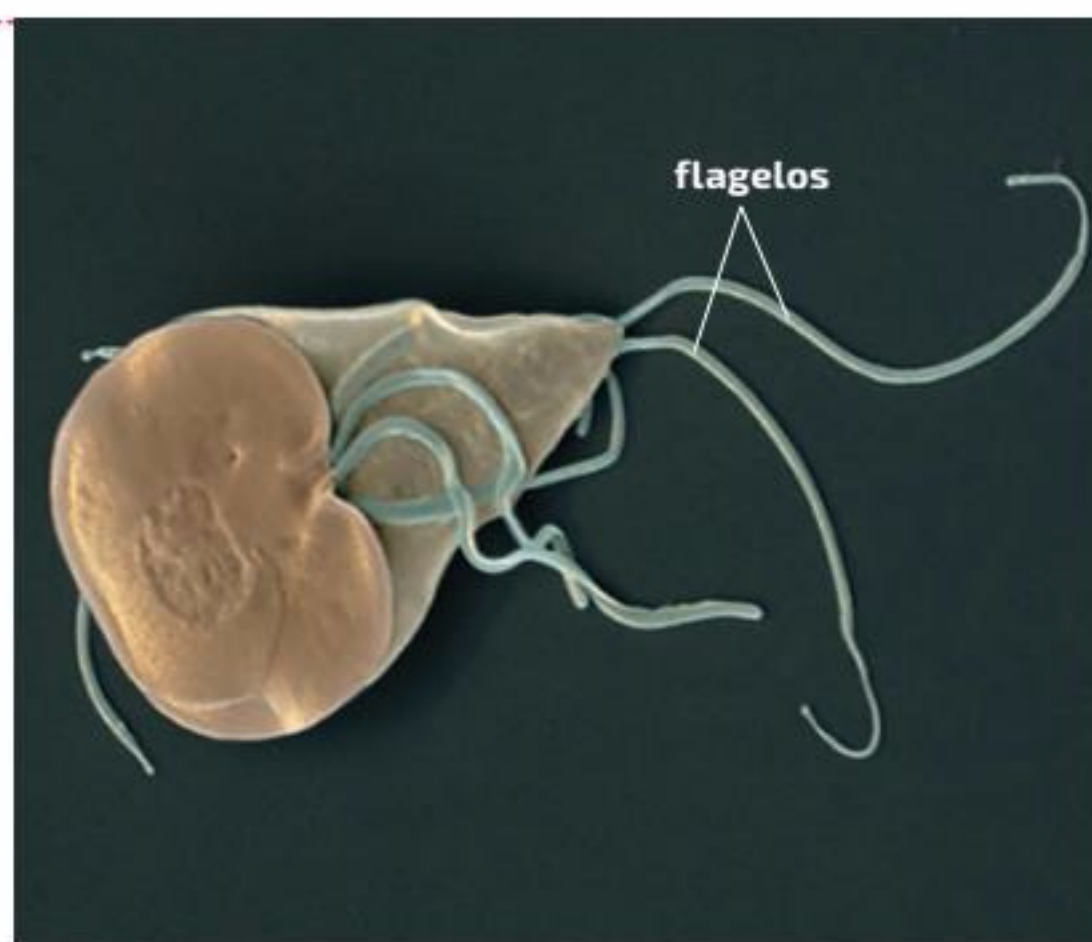
A maioria dos protozoários locomove-se por meio de movimentos do citoplasma ou pela ação de estruturas auxiliares, como os cílios e os flagelos. De acordo com a presença ou a ausência dessas estruturas, os protozoários recebem diferentes classificações.



Os protozoários que apresentam cílios são denominados **ciliados**. Essas estruturas se assemelham a pelos e se movimentam de maneira coordenada, permitindo que o protozoário se locomova no ambiente. Os cílios também auxiliam na alimentação desses seres, encaminhando os nutrientes para o interior das suas células.

Protozoário do gênero *Triconympha* (aumento aproximado de 600 vezes). Esse protozoário vive no sistema digestório de cupins, que ingerem madeira, mas são incapazes de digeri-la.

Alguns protozoários apresentam **flagelos** e, por isso, são chamados **flagelados**. Essas estruturas realizam movimentos ondulatórios, como o de um chicote, fazendo o protozoário locomover-se para a frente ou para trás.



Giardia lamblia (aumento aproximado de 1125 vezes), causadora da giardíase.



Wim Van Egmond/Visuals Unlimited/SPL/Latinstock

pseudópodes

Alguns protozoários chamados **rizópodes**, locomovem-se por meio de **pseudópodes**, do grego, pseudo, que significa falso e podos, que quer dizer pé e, por isso, "falsos pés". Os pseudópodes são projeções do citoplasma que auxiliam na movimentação e na alimentação dos rizópodes.

Amoeba proteus (aumento aproximado de 16 vezes).

Também existem protozoários denominados **foraminíferos**, capazes de secretar uma carapaça formada de carbonato de cálcio que reveste seu corpo. Essa carapaça é constituída de poros, pelos quais passam pseudópodes utilizados na obtenção de alimento.

Foraminífero do gênero *Spirulina* (aumento aproximado de 800 vezes).



Steve Gschmeissner/SPL/Latinstock



Eye of Science/SPL/Latinstock

Há alguns protozoários parasitas obrigatórios, que apresentam uma estrutura bastante elaborada, o complexo apical, localizada no polo apical da célula. Eles são, portanto, denominados **apicomplexos** (antigos esporozoários). Nesses seres, o complexo apical, formado por microtúbulos e vesículas secretoras que liberam enzimas, auxilia o protozoário a penetrar no organismo hospedeiro.

Protozoários do gênero *Plasmodium* (em verde) e hemácias humanas (aumento aproximado de 4 000 vezes). Esse protozoário é um parasita causador da malária no ser humano.



*A conjugação dos protozoários é diferente da conjugação bacteriana.

**Existem protozoários que se reproduzem sexuadamente por meio de gametas denominados gametócitos. Nesse tipo de reprodução, os gametas unem-se e formam um zigoto diploide.

Reprodução dos protozoários

A reprodução dos protozoários pode ocorrer de forma sexuada ou assexuada.

Protozoários ciliados, como o *Paramecium* sp., podem se reproduzir sexuadamente por **conjugação***. Veja a seguir.

Conjugação em protozoários**

- ① Duas células fundem-se, e o micronúcleo (haploide) de cada uma migra para a outra. Com isso, o macronúcleo (diploide) desintegra-se.
- ② No interior de cada célula, os micronúcleos fundem-se, e as células separam-se.
- ③ As células dividem-se. Cada uma delas tem DNA recombinado, isto é, elas são diferentes das células que lhes deram origem.

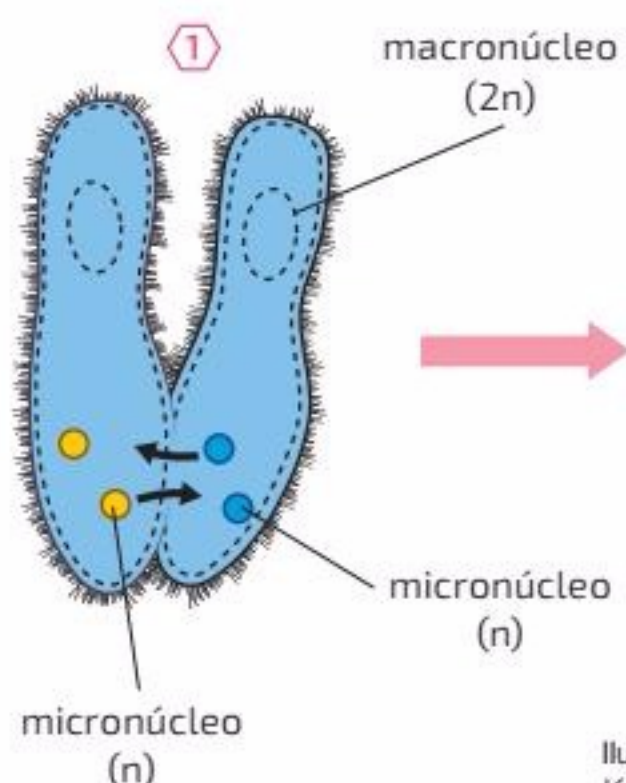
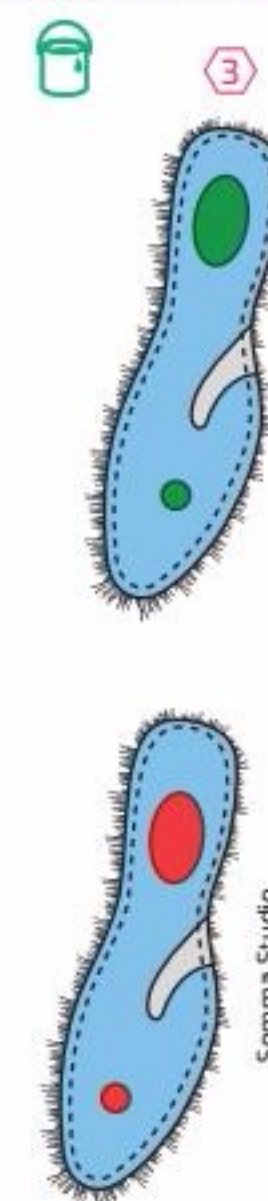


Ilustração produzida com base em: PURVES, W. K. et al. Vida: a ciência da Biologia. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2002. p. 487.



Somma Studio

A reprodução assexuada dos protozoários pode ocorrer por cissiparidade, brotamento ou esquizogonia. Na **cissiparidade**, também conhecida como **bipartição** ou **fissão binária**, o protozoário divide-se por meio da mitose, na qual uma célula origina duas com a mesma quantidade de cromossomos. No **brotamento**, uma nova célula menor é originada a partir da superfície de outra mais madura. Na **esquizogonia**, também conhecida como **fissão múltipla**, o núcleo divide-se várias vezes dando origem a diversas células.

Os protozoários e o ser humano

Como já visto anteriormente, alguns protozoários são parasitas, entre eles há algumas espécies de importância médica, pois podem causar doenças ao ser humano. Entre essas doenças, podemos citar a tricomoníase, a giardíase, a toxoplasmose, a doença de Chagas, a malária e a leishmaniose.

Os seres vivos estabelecem diferentes relações entre si. Uma delas é o **parasitismo**, relação em que um dos seres vivos é beneficiado – o **parasita** – e o outro é prejudicado – o **hospedeiro**, pois é o ser vivo que abriga o parasita.

Durante seu ciclo de vida, os parasitas passam por diferentes fases de desenvolvimento e alguns podem ter mais de um hospedeiro. O hospedeiro que apresenta o parasita na fase larval ou assexuada do ciclo de vida é chamado **hospedeiro intermediário**. O hospedeiro que apresenta o parasita em uma fase madura ou sexuada do ciclo de vida é chamado **hospedeiro definitivo**.



Trichomonas vaginalis (aumento aproximado de 4500 vezes).

A **tricomoníase** é uma doença sexualmente transmissível, causada pelo protozoário flagelado *Trichomonas vaginalis*. Ele é encontrado nos tratos genital e urinário do ser humano e, usualmente, ocasiona infecções.

Esse protozoário é transmitido durante o ato sexual sem proteção e pode sobreviver, por períodos curtos, em roupas e assentos de vasos sanitários.

Na mulher, a infecção pelo *T. vaginalis* pode causar corrimento vaginal de cor amarelo-esverdeada, com odor desagradável, frequentemente após o período menstrual, irritação vaginal, coceira, dor ao urinar ou durante o ato sexual. No homem, a tricomoníase geralmente não apresenta sintomas. Porém, pode causar inflamação na uretra, com formação de fluido leitoso, coceira e dor ao urinar.

A **giardíase** é causada pelo protozoário flagelado *Giardia lamblia*, que apresenta duas formas: trofozoíto (flagelado) e cisto.

O ser humano é o hospedeiro definitivo desse parasita e pode ser contaminado ao ingerir cistos de *G. lamblia*, presentes na água ou em alimentos contaminados com fezes de pessoas ou de animais domésticos. O protozoário também pode ser transmitido pelo ato sexual sem proteção.



Giardia lamblia (aumento aproximado de 1600 vezes).

Os cistos são ingeridos em alimentos contaminados. No estômago e no intestino delgado, o protozoário sofre desencistamento, processo em que perde sua membrana protetora. No intestino do hospedeiro, a giárdia reproduz-se por divisão binária e segue para o intestino grosso, onde sofre encistamento e é eliminado para o meio externo, com as fezes.

Os principais sintomas dessa doença são diarreia, dor e distensão abdominal e má absorção nutricional, que pode ocasionar a perda de massa corpórea. No entanto, a maioria das pessoas infectadas com *G. lamblia* não apresenta esses sintomas.

1. Com base nas formas de contaminação apresentadas, cite duas medidas de prevenção da giardíase.

1. Possíveis respostas: beber água fervida ou filtrada, lavar os alimentos antes de ingeri-los, lavar as mãos após ir ao banheiro e antes das refeições, evitar aglomerações e utilizar preservativo nas relações sexuais.

A **toxoplasmose** é causada pelo protozoário apicomplexo *Toxoplasma gondii*. Na fase assexuada do ciclo, o parasita é encontrado no tecido de animais, como o ser humano, o porco e o carneiro, que correspondem aos hospedeiros intermediários.

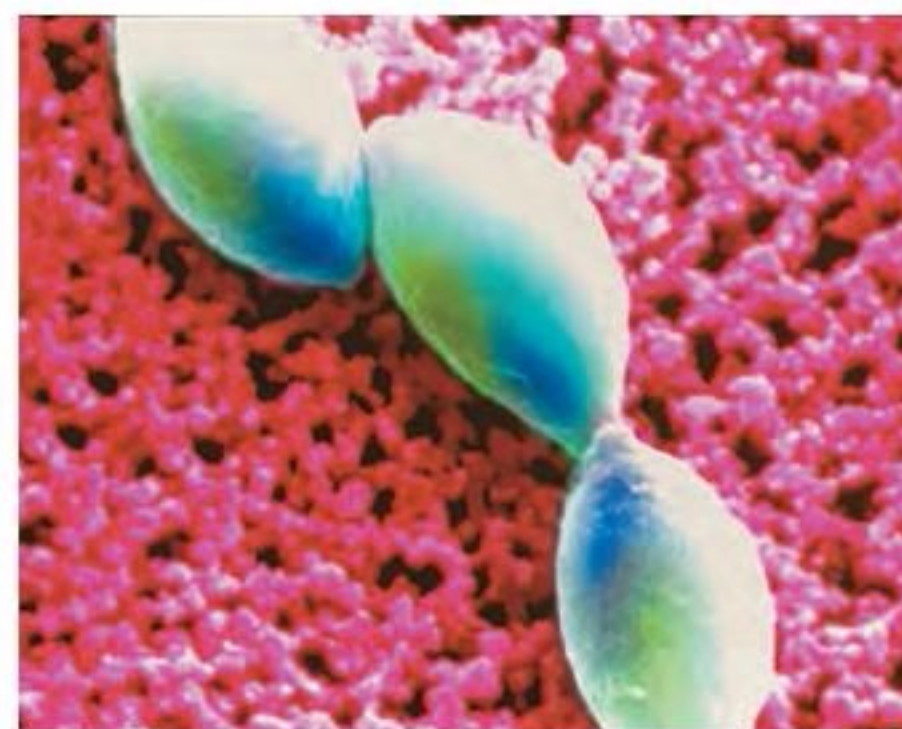
Nessa fase, após a contaminação, que pode ocorrer pela ingestão de água ou de alimentos contaminados, cada uma das formas infectantes (taquizoítos, bradizoítos e oocistos) multiplica-se ao passar pelo epitélio intestinal do hospedeiro intermediário. A partir daí, os protozoários penetram em diferentes células do corpo humano, onde continuam se dividindo e percorrem a linfa e o sangue. Se o quadro evoluir, o paciente pode ir a óbito, como ocorre com os fetos.

Os hospedeiros definitivos do *Toxoplasma gondii*, em geral, são os felinos, entre eles, o gato doméstico. Na fase sexuada, os protozoários estão presentes nas células epiteliais do intestino do gato. Após a fecundação, o zigoto desenvolve-se no epitélio, originando o oocisto. Alguns dias depois, os oocistos são eliminados com as fezes e, após quatro dias, essas formas amadurecem. O gato pode eliminar oocistos por cerca de 30 dias, os quais podem permanecer infectantes por até 18 meses.

No ser humano, a infecção pode ocorrer pelo contato com oocistos presentes no solo, em caixas de areia; pela ingestão de carne de porco ou de carneiro malcozidas e pelo ato sexual sem preservativo. As mães contaminadas por toxoplasmose também podem transmiti-la ao feto, via placenta, durante a gestação, ou após o nascimento, pelo leite materno.

A toxoplasmose pode ocasionar a morte do feto ou prejudicar a formação de diversos órgãos, provocando problemas de visão, malformações cerebrais (por exemplo, microcefalia ou macrocefalia) e atraso no desenvolvimento. Nos adultos, essa doença também pode afetar diferentes órgãos. Os principais sintomas são: aumento dos gânglios linfáticos, febre alta, cegueira parcial ou total e lesões na pele. Em pessoas imunodeficientes, ela pode causar perda de coordenação muscular, convulsões, coma e até a morte.

A **doença de Chagas** é causada pelo protozoário *Trypanosoma cruzi* e o ser humano é o hospedeiro intermediário. Sua transmissão ocorre por meio das fezes contaminadas do inseto conhecido popularmente como barbeiro ou chupança, que é o hospedeiro definitivo. Observe, a seguir, o ciclo de vida do *T. cruzi*.



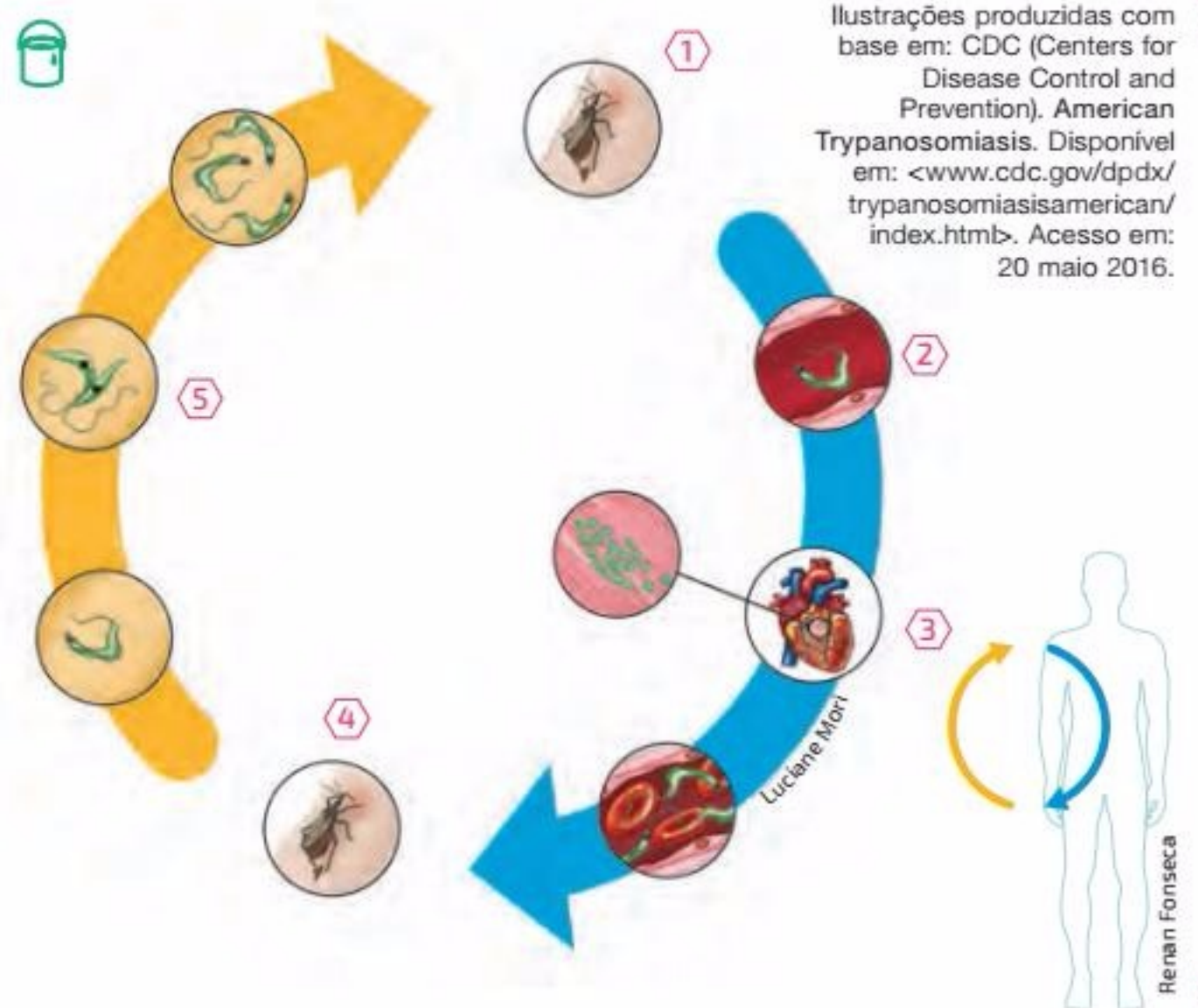
Toxoplasma gondii
(aumento aproximado de 3500 vezes).



Já foram relatados casos de transmissão de *T. cruzi* pela ingestão de alimentos contaminados com as formas infectantes do parasita, que são resistentes ao processo digestivo, o que pode levar ao desenvolvimento da doença de Chagas.

Ciclo de vida do *Trypanosoma cruzi*

- ① Ao se alimentar do sangue de uma pessoa, o barbeiro defeca sobre a pele e, se estiver contaminado, elimina fezes, contendo a forma infecciosa do protozoário, próximo ao ferimento da picada. Ao coçar a pele enquanto dorme, a pessoa espalha as fezes sobre o ferimento, e os protozoários penetram no organismo.
- ② Os protozoários atingem a corrente sanguínea, espalhando-se pelo organismo e atingindo principalmente as células musculares.
- ③ Ao atingir o coração, o *T. cruzi* danifica suas células e, após alguns anos, o órgão aumenta de volume, comprometendo seu funcionamento.
- ④ Quando um barbeiro pica a pele da pessoa infectada, ingere o protozoário e se contamina.
- ⑤ No corpo do barbeiro, os protozoários multiplicam-se. Ao picar outra pessoa, o barbeiro reinicia o ciclo.



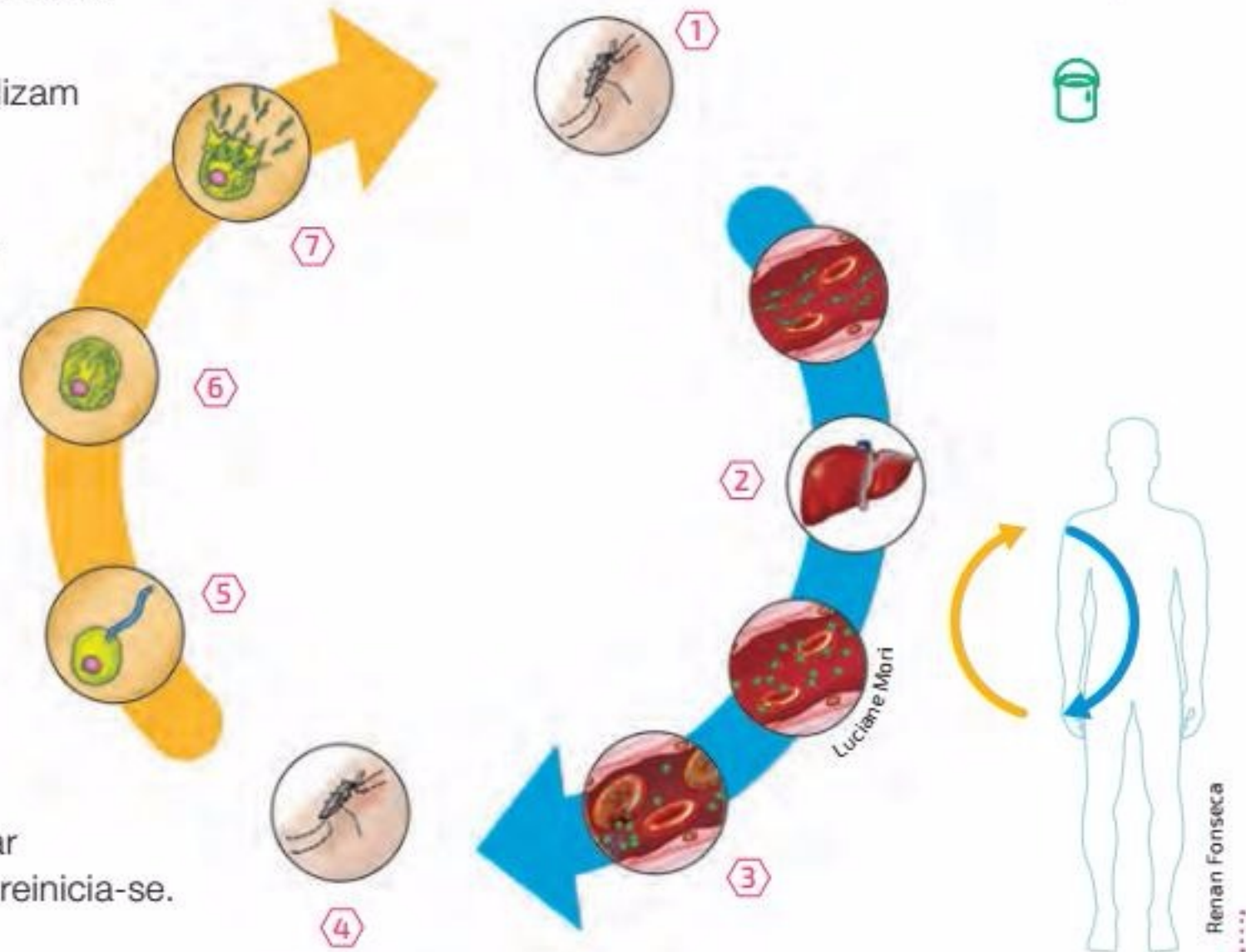
Ilustrações produzidas com base em: CDC (Centers for Disease Control and Prevention). American Trypanosomiasis. Disponível em: <www.cdc.gov/dpdx/trypanosomiasisamerican/index.html>. Acesso em: 20 maio 2016.

A malária é causada por protozoários apicomplexos do gênero *Plasmodium* sp. Seu hospedeiro intermediário é o ser humano, e o hospedeiro definitivo é um inseto conhecido como mosquito-prego, do gênero *Anopheles*. Conheça a seguir o ciclo de vida desse protozoário.

Ciclo de vida do *Plasmodium* sp.

- 1 Ao picar a pessoa para se alimentar do seu sangue, a fêmea do mosquito-prego contaminada pelo protozoário a infecta. Durante a picada, os esporozoítos presentes na saliva do mosquito entram na corrente sanguínea humana.
- 2 Os esporozoítos chegam ao fígado, onde realizam uma reprodução assexuada.
- 3 Os plasmódios são liberados na corrente sanguínea e invadem as hemácias. Ao romper as hemácias, surgem sintomas como febre.
- 4 Ao picar a pessoa contaminada, o mosquito suga o sangue com plasmódios na forma de gametócitos.
- 5 No intestino do mosquito-prego, ocorre a fase sexuada do ciclo de vida. Os gametas masculino e feminino unem-se e formam o zigoto.
- 6 O zigoto desenvolve-se e divide-se assexuadamente, formando esporozoítos.
- 7 Os esporozoítos migram para a glândula salivar do mosquito e, ao picar outra pessoa, o ciclo reinicia-se.

Ilustração produzida com base em: TORTORA, G. J.; FUNKE, B. R.; CASE, C. L. Microbiologia. 8. ed. Porto Alegre: Artmed, 2005. p. 356.



2. É possível afirmar que as formas de prevenção da malária são as mesmas de prevenção da dengue? Explique.

Em parte sim, pois o transmissor da malária é um mosquito, como é o caso do *Aedes aegypti*, que transmite a dengue. Assim, medidas como utilizar telas nas janelas, inseticidas e/ou repelentes e a eliminação de criadouros de larvas dos mosquitos são eficientes na prevenção de ambas as doenças.

A leishmaniose é causada por protozoários flagelados do gênero *Leishmania*. Seus hospedeiros intermediários são o ser humano, o tatu, o tamanduá e a preguiça. Já o hospedeiro definitivo é o inseto conhecido como mosquito-palha ou birigui.

O ciclo de vida acontece da seguinte forma: o mosquito-palha pica uma pessoa e, enquanto ingere o sangue, transmite a forma infectante da *Leishmania*, chamada promastigota. Células de defesa do corpo humano, denominadas macrófagos, envolvem o parasita. No interior do vacúolo digestivo do macrófago, os protozoários transformam-se em formas amastigotas, que resistem à atuação dos lisossomos. A membrana plasmática do macrófago rompe-se e libera os protozoários no tecido.

Quando o mosquito-palha pica a pessoa contaminada, ingere os macrófagos contendo as formas amastigotas. Ao chegarem ao sistema digestório do inseto, os macrófagos rompem-se liberando os protozoários, que sofrem divisão binária, transformando-se em formas chamadas promastigotas. Após alguns dias, elas ficam livres e dirigem-se ao intestino, onde se multiplicam. Depois, transformam-se novamente em promastigotas, que migram até o estômago, à faringe e, em seguida, ao aparelho bucal do inseto. Ao picar uma pessoa, o mosquito-palha reinicia o ciclo.

A leishmaniose causa lesões na pele, e pode atingir mucosas e cartilagens no local da picada.

3. O desmatamento florestal e a expansão agropecuária podem aumentar a probabilidade de ocorrência da leishmaniose, que é comum em áreas florestais no Brasil. Elabore uma hipótese para explicar esse fato.

3. Possível resposta: durante o desmatamento, há redução na população de hospedeiros silvestres. Com isso, ocorre maior aproximação com o ser humano e, consequentemente, há maior probabilidade de que ele seja infectado.



Mosquito-palha.

Ser vivo adulto

Mosquito-palha: pode atingir cerca de 2,5 mm de comprimento.

Algas

O termo **alga**, frequentemente, é utilizado para denominar um grupo formado por diversos filos de protocistas, em que a maioria é capaz de realizar fotossíntese*. As algas podem ser encontradas em rios, lagos e lagoas, nos mares, sobre o tronco de árvores e rochas, nos desertos, nas áreas polares e também em fontes termais.

Existe uma diversidade muito grande de algas, incluindo desde formas microscópicas até exemplares com dezenas de metros de altura. Elas podem ser unicelulares, que são compostas de uma única célula, ou pluricelulares, como as macroalgas.

No passado, esse grupo de protocistas já foi classificado no reino das plantas, mas, após estudos sobre sua estrutura morfológica e molecular, concluiu-se que constituem um grupo diferente.

As algas não são plantas, não possuem tecidos condutores nem estruturas como raiz, caule ou folha. O corpo de uma macroalga recebe o nome de talo, e as células que revestem essa porção são capazes de realizar fotossíntese.

Esses protocistas são os principais produtores nas cadeias alimentares aquáticas. Com as cianobactérias, as algas fotossintetizantes formam o fitoplâncton, responsável pela produção de grande parte do gás oxigênio no planeta.

As algas são capazes de fixar gás carbônico em moléculas orgânicas por meio da fotossíntese, e tais moléculas podem ser consumidas pelos seres heterotróficos. Durante o processo da fotossíntese, no qual as algas convertem a energia luminosa em energia química (carboidratos), ocorre a formação de gás oxigênio. Esse processo é muito importante, pois estima-se que cerca de 80% do gás oxigênio da atmosfera seja proveniente da fotossíntese realizada pelas algas do fitoplâncton.

*Retome com os alunos o conceito de fotossíntese, já abordado no volume de 1º ano desta coleção.



Ser vivo adulto

Caulerpa sertularioides: pode atingir cerca de 4 cm de altura.

Dictyota dichotoma: pode atingir até 30 cm de altura.

Classificação das algas

As algas podem ser agrupadas de acordo com a cor de seus pigmentos ou de acordo com a sua estrutura.

As **algas verdes** são também conhecidas como **clorófitas**; contêm o pigmento clorofila e parede celular composta de celulose e outros polissacarídeos. Assim como as plantas, as algas verdes possuem o amido como carboidrato de reserva.

Grande parte delas é microscópica e pode ser unicelular ou pluricelular. A maioria dessas algas é encontrada em águas continentais, mas há espécies marinhas. Também estão presentes em troncos de árvores, no solo, sobre a neve ou associadas a outros seres vivos.

As **algas marrons** são também conhecidas como **feofíceas** ou **algas pardas**. Sua parede celular é constituída de celulose e alginato, que lhes confere flexibilidade e resistência à dessecação quando a maré está baixa.

Além da clorofila, essas algas possuem em abundância o pigmento fucoxantina, que lhes atribui a cor marrom-escura característica.

Essas algas são macroscópicas e há relatos de exemplares com mais de 50 m de altura. A maioria delas encontra-se em águas costeiras.



Alga verde da espécie *Caulerpa sertularioides*.



Alga marrom da espécie *Dictyota dichotoma*.

Michael Patrick O'Neill/Science Source/Diomedea

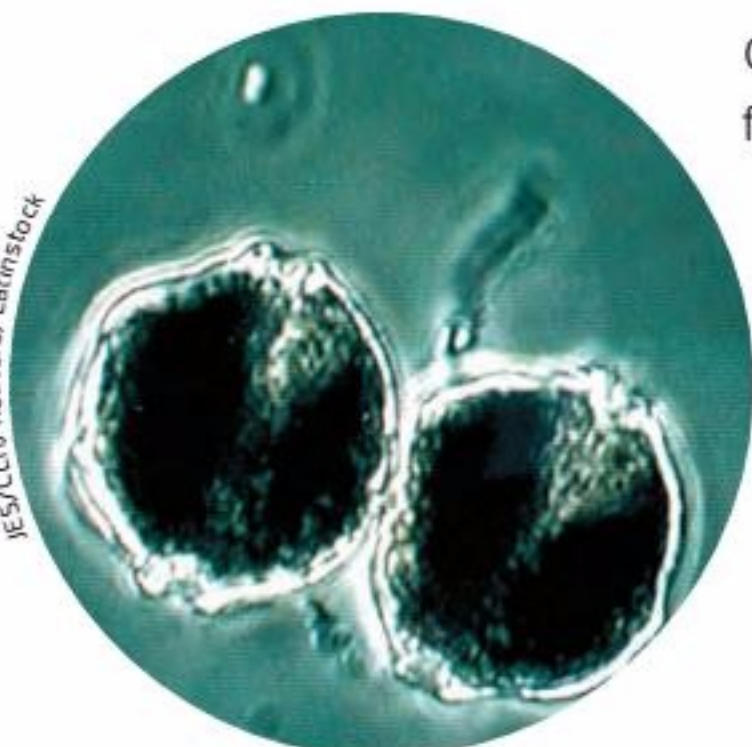
Age/Other Images



As **algas vermelhas**, também conhecidas como rodófitas, possuem parede celular constituída de celulose. Os talos são ramificados e cobrem rochas e conchas. Os cloroplastos das algas vermelhas apresentam pigmentos do tipo ficobilinas, que lhes confere a cor vermelha característica.

Essas algas podem ser encontradas em profundidades maiores que as demais algas.

Alga vermelha da espécie *Rhodymenia palmata*.



AP/CLU/Reuters/Latinstock

Os **dinoflagelados** são algas unicelulares de vida livre, que possuem dois flagelos para locomoção. A maioria das espécies é marinha e compõe o fitoplâncton nos oceanos. Sua membrana plasmática contém celulose, o que lhes confere rigidez.

Essas microalgas são as responsáveis pela maré vermelha.

Alexandrium tamarense (aumento aproximado de 600 vezes). Esse dinoflagelado pode ser encontrado no interior do corpo de moluscos, causando paralisia por envenenamento. Se o ser humano ingerir esses moluscos, também desenvolverá a doença.



Ser vivo adulto

Rhodymenia palmata: pode atingir de 5 cm a 30 cm de altura.



Biologia e Ambiente

Maré vermelha

A maré vermelha é um fenômeno que ocorre em consequência da rápida proliferação das populações de dinoflagelados, em ambientes costeiros. Quando isso ocorre, a água do mar passa a apresentar uma coloração vermelha ou marrom, resultante dos pigmentos característicos dessas algas.

A reprodução dessas microalgas pode ser potencializada, por exemplo, pelo despejo de poluentes como o esgoto doméstico e de resíduos industriais e agrícolas no mar. Essa poluição aumenta as concentrações de nutrientes dissolvidos na água, geralmente compostos químicos contendo fósforo e nitrogênio, que aliados às mudanças na temperatura e salinidade, favorecem a multiplicação dos dinoflagelados e ocasionam a maré vermelha.

Essas algas produzem toxinas que são liberadas no oceano, causando a morte de muitos peixes por intoxicação ou entupimento das brânquias, além de se acumularem nos tecidos do corpo dos mariscos. O consumo de frutos do mar contaminados por essas toxinas também pode afetar a saúde humana, podendo, até mesmo, ocasionar mortes por envenenamento em casos extremos.

Maré vermelha na praia do Leblon, no Rio de Janeiro, em 2008.

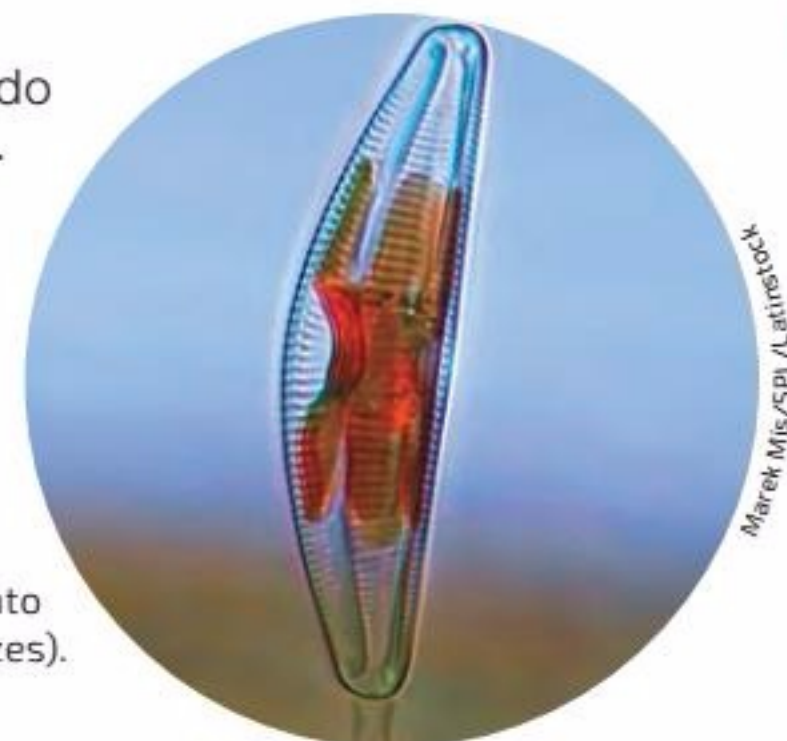


Michel Filho/Agência O Globo

Há também algas conhecidas como **diatomáceas**, que podem ser unicelulares ou filamentosas. Esses organismos habitam ambientes de água doce e marinhos e são importantes componentes do fitoplâncton. Sua parede celular é composta de pectina e sílica e é denominada carapaça.

Essas algas estocam a energia obtida na forma de óleo. Grande parte do petróleo existente foi formado por diatomáceas e outros seres vivos do plâncton, que viveram há milhares de anos. Depois de mortos, esses organismos foram enterrados por sedimentos, e suas moléculas orgânicas foram decompostas e sofreram, então, ação da pressão e do calor, o que ocasionou a eliminação de gás oxigênio e de outros elementos e formaram resíduos de hidrocarbonetos na forma de depósitos de petróleo e de gás natural.

Diatomácea do gênero *Cymbella* (aumento aproximado de 400 vezes).



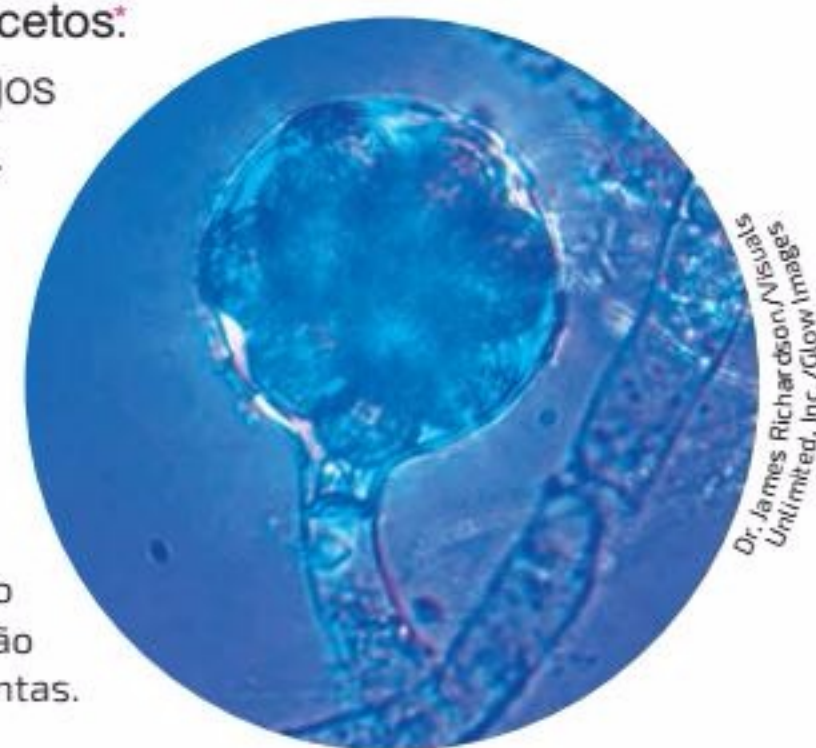
Existe, ainda, um grupo de algas conhecidas como **fungos aquáticos** ou **oomicetos**.* Elas recebem esses nomes porque, no passado, foram classificadas como fungos em razão de sua aparência e pelo fato de terem uma parede celular de celulose.

Estudos mostraram, entretanto, que são algas, mais relacionadas em nível molecular aos dinoflagelados e às diatomáceas do que aos fungos. Outra característica que as difere dos fungos é a presença de dois flagelos.

Os fungos aquáticos são algas decompositoras, encontradas sobre outras algas ou animais mortos.

*Existem classificações que rejeitam os fungos aquáticos como algas, agrupando-os no filo *Stramenopila*, com diatomáceas e feofíceas.

Fungo aquático do gênero *Saprolegnia* (aumento aproximado de 600 vezes). Espécies desse gênero são responsáveis por doenças em plantas.



Física

Encontro com...

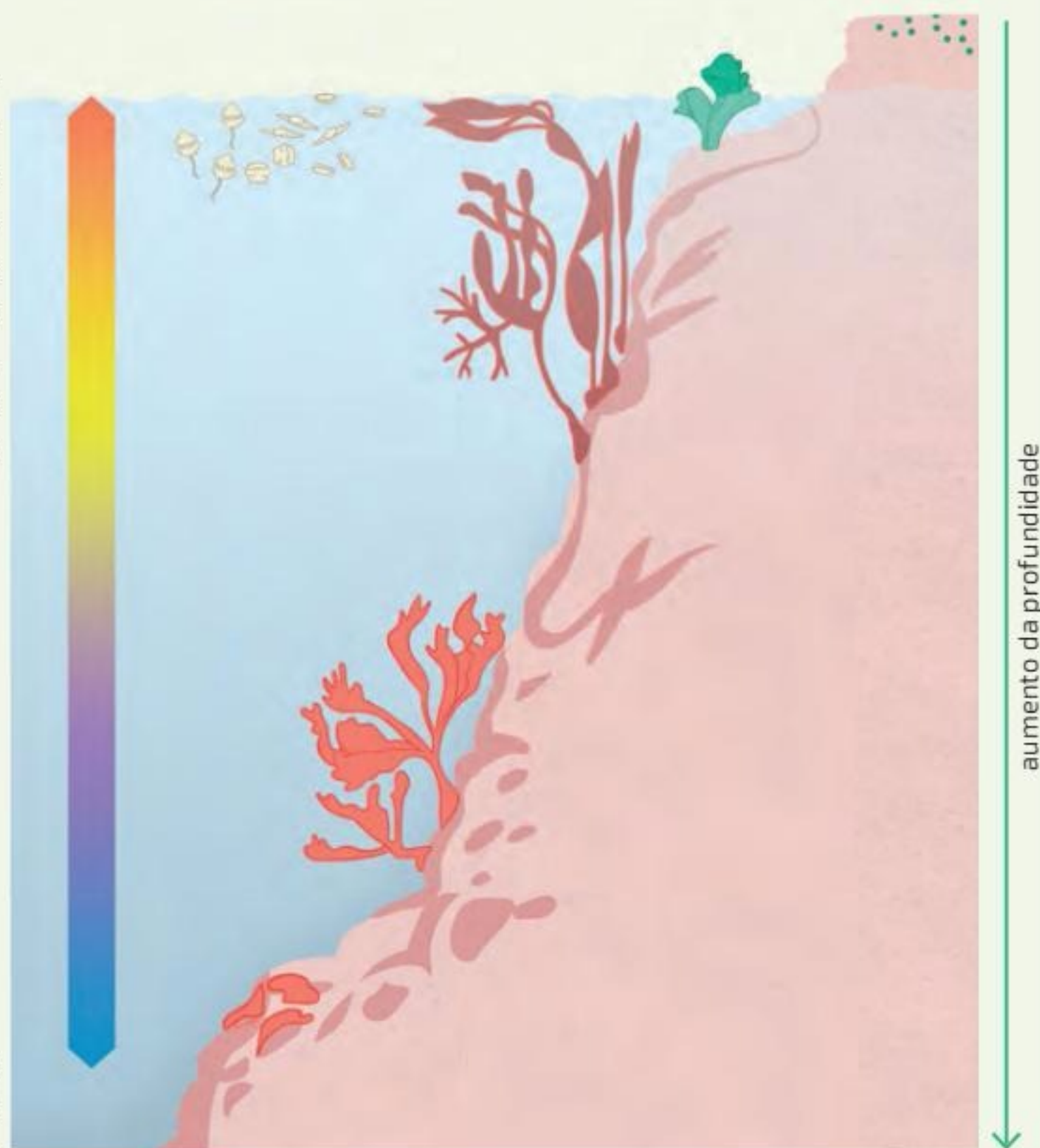
Algas marinhas e luz

As algas possuem pigmentos fotossintetizantes como a clorofila, capazes de absorver luz em determinados comprimentos de onda. Para que a fotossíntese ocorra, é necessário que recebam luz no comprimento de onda adequado. Quanto maior é a profundidade, menos luz penetra na água e menor é o comprimento de onda. Veja ao lado.

4. Quais algas são capazes de absorver menores comprimentos de onda? E quais absorvem maiores?

As algas vermelhas são as que absorvem menor comprimento de onda. As algas verdes, as diatomáceas e os dinoflagelados absorvem comprimentos de onda maiores, pois estão na superfície.

Ilustração produzida com base em: TORTORA, G. J.; FUNKE, B. R.; CASE, C. L. Microbiologia. 8. ed. Porto Alegre: Artmed, 2005. p. 348.



Somma Studio

As algas e o ser humano

Muitas substâncias obtidas a partir de algas são utilizadas na indústria alimentícia em virtude de suas propriedades estabilizantes e espessantes. Esses produtos estão presentes na fabricação de sorvetes, laticínios, geleias, misturas para bolo, entre outros.

O ágar, por exemplo, é uma substância produzida por algas vermelhas e que atua como espessante e gelificante de alimentos, sem alterar seu sabor. Outra substância extraída de algas vermelhas é a carragena, utilizada como gelificante, capaz de reter partículas de água e possibilitar a obtenção de diferentes texturas em alimentos.

Das algas também é obtido o alginato, substância naturalmente encontrada na parede celular de algumas algas marrons. Ele é utilizado como espessante e estabilizante na indústria alimentícia.

As algas são bastante apreciadas na culinária oriental, compondo diversos pratos asiáticos típicos. Veja um exemplo ao lado.



Sushi, prato oriental em que arroz e outros alimentos são envoltos por uma lâmina feita de algas vermelhas trituradas do gênero *Porphyra*.

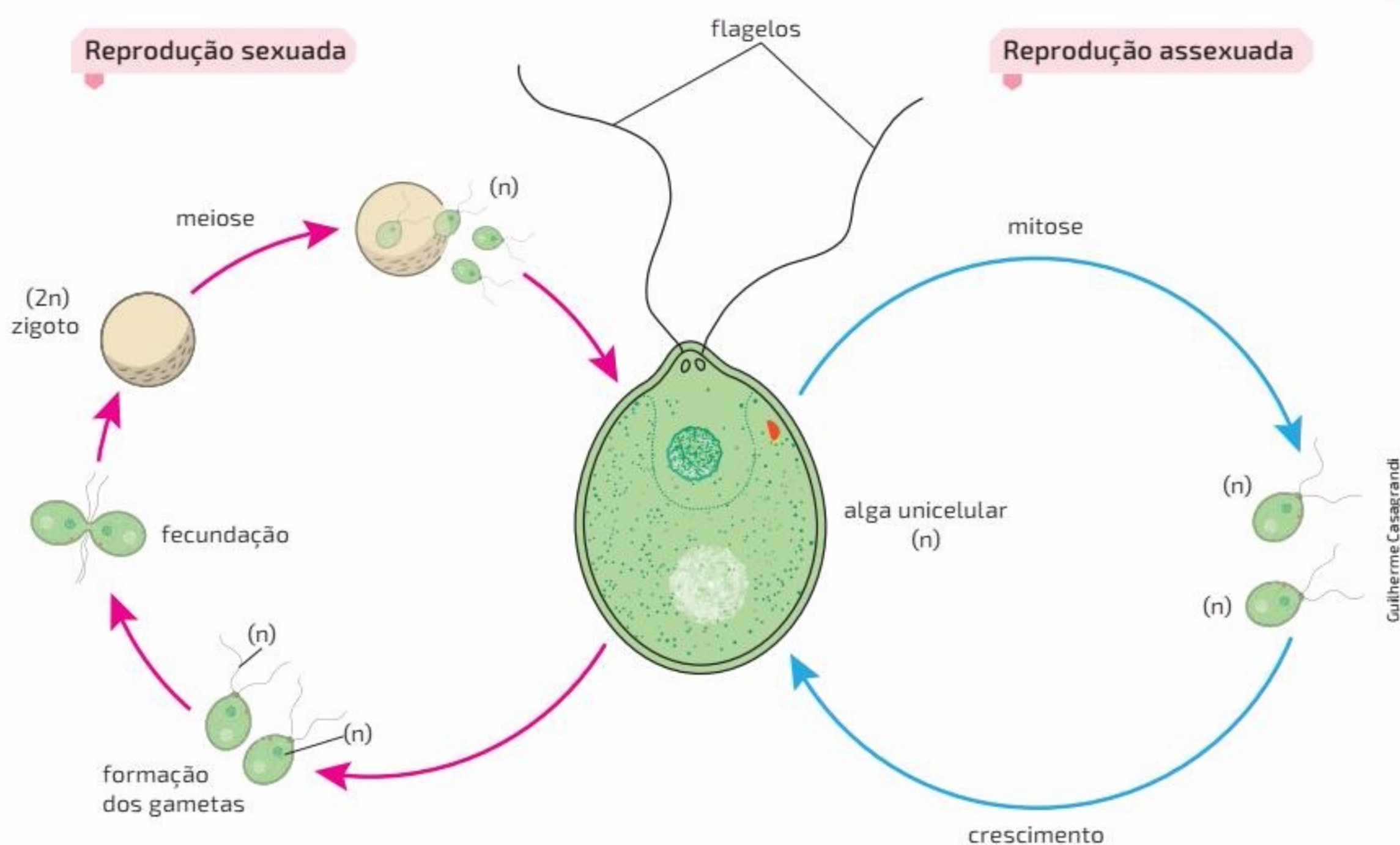
Reprodução das algas

Apenas algumas espécies de algas realizam reprodução sexuada, no entanto, todas as algas podem realizar reprodução assexuada. Por exemplo, as algas que apresentam talos e as filamentosas podem se fragmentar, e, assim, cada parte é capaz de formar um novo talo ou um novo filamento por reprodução assexuada.

Há espécies que realizam alternância de gerações. Veja a seguir.



Reprodução em alga verde *Chlamydomonas* sp.



Na reprodução assexuada, a alga unicelular divide-se, segmentando o núcleo. Os núcleos formados movem-se para extremidades opostas da célula e ela sofre citocinese, dividindo-se em duas, semelhantes à que lhes originou. Na reprodução sexuada, após a fecundação, ocorre a meiose, que originará novamente algas unicelulares.

Ilustração produzida com base em: TORTORA, G. J.; FUNKE, B. R.; CASE, C. L. Microbiologia. 8. ed. Porto Alegre: Artmed, 2005. p. 349.

Fungos

Durante muito tempo, os fungos foram considerados vegetais, pois apresentam características como a presença de parede celular, e suas formas macroscópicas (os cogumelos) vivem fixas em um substrato. Entretanto, com os avanços nos estudos e nas técnicas de identificação e classificação dos seres vivos, eles passaram a ser classificados em um reino à parte, por causa de suas peculiaridades.

Esses seres vivos apresentam características que os diferem dos vegetais, como a ausência de celulose na parede celular. Também não sintetizam clorofila nem armazenam amido como substância de reserva. As células fúngicas são revestidas por uma parede celular constituída de uma proteína conhecida como quitina, que confere rigidez e resistência, e, assim como os animais, os fungos armazenam glicogênio como substância de reserva. Outra característica é que não formam tecidos verdadeiros, como ocorre nas plantas.

Os fungos são seres eucariontes heterotróficos. A maioria das espécies é aeróbia, e muitas são capazes de metabolizar carboidratos presentes nas plantas.

Há fungos unicelulares que recebem o nome de **leveduras** (fotografia A), que têm formato esférico ou oval.

Também existem fungos denominados **filamentosos**, compostos de mais de uma célula (fotografia B).

As células dos fungos pluricelulares formam filamentos longos chamados **hifas**.

As hifas podem ter septos que dividem uma célula da outra e recebem o nome de **hifas septadas**. Há espécies que não têm septos, mas possuem citoplasma com vários núcleos. Estas são denominadas **hifas cenocíticas**.

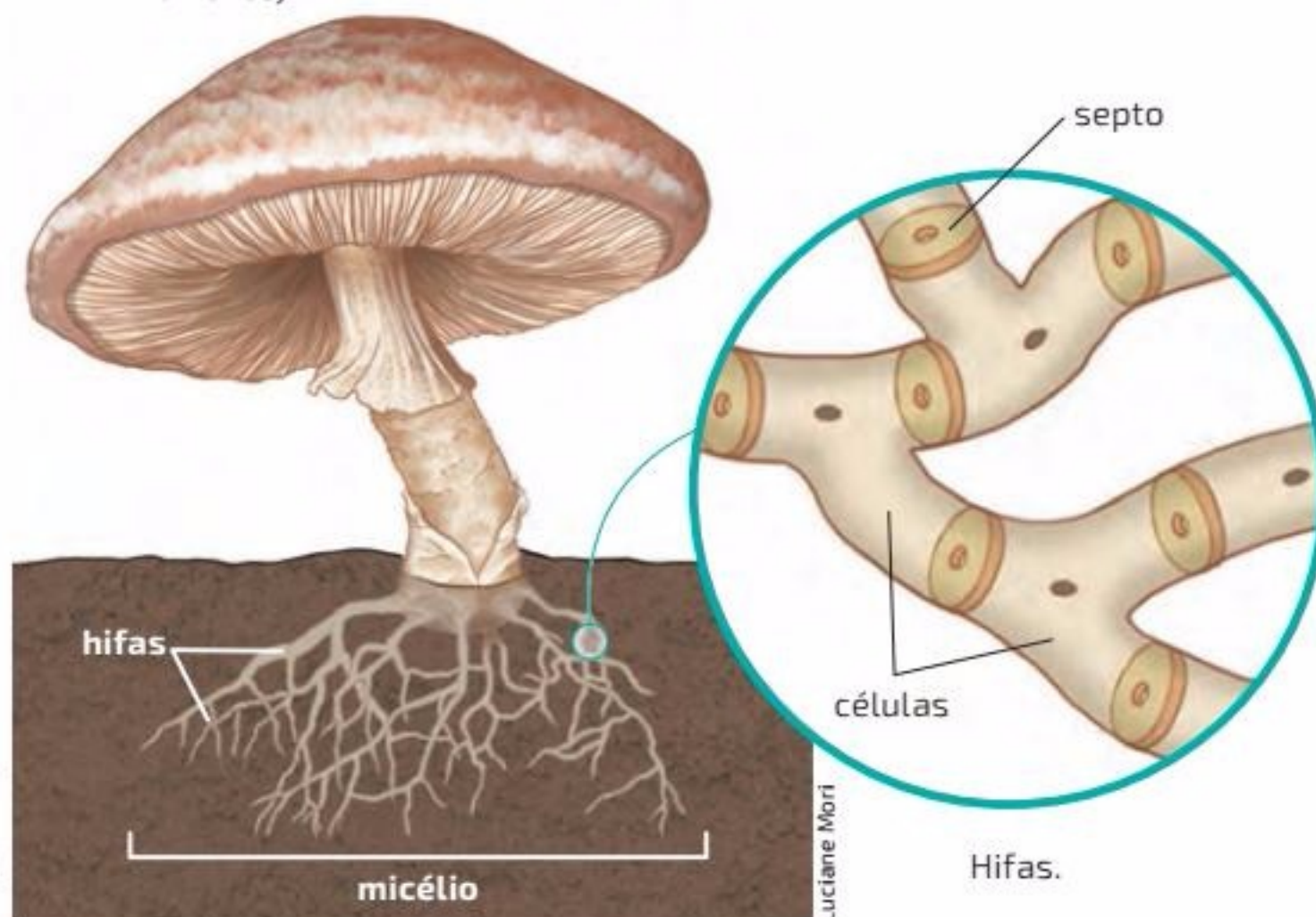
Quando há condições ideais para que as hifas se desenvolvam, elas formam um conjunto denominado **micélio**. Veja ao lado.



Saccharomyces cerevisiae
(aumento aproximado de 2420 vezes).



Aspergillus niger (aumento aproximado de 300 vezes).

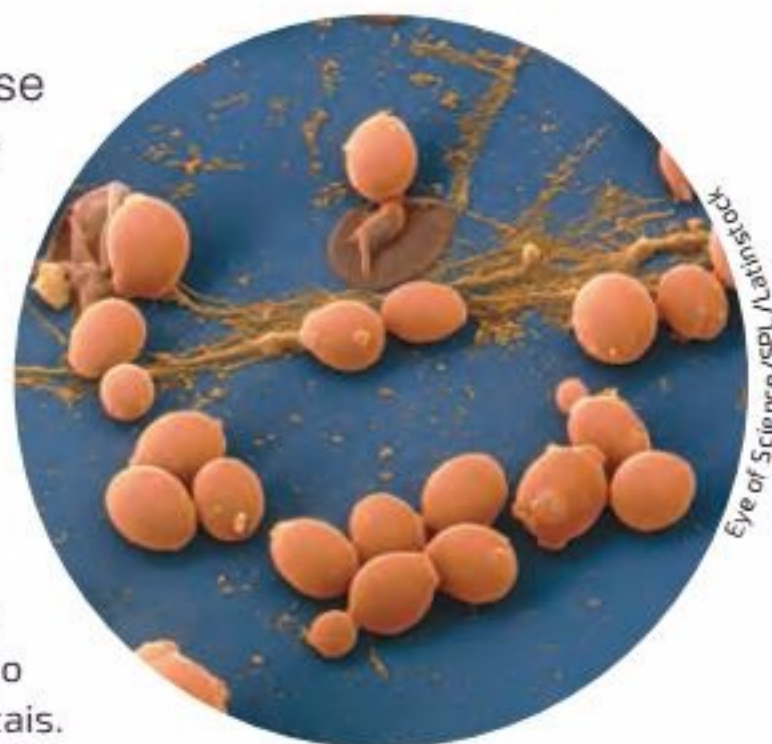


Representação da estrutura de um fungo.

Ilustração produzida com base em: TORTORA, G. J.; FUNKE, B. R.; CASE, C. L. Microbiologia. 8. ed. Porto Alegre: Artmed, 2005. p. 342.

Alguns fungos são dimórficos, isto é, apresentam-se em ambas as formas – de levedura ou de filamentos de hifas. Um exemplo são os fungos patogênicos, que, na temperatura de 25 °C apresentam uma forma, e na temperatura de 37 °C, outra. Veja ao lado.

Candida albicans (aumento aproximado de 2400 vezes) é um exemplo de fungo dimórfico. Ele causa diversas infecções em diferentes partes do corpo humano, como boca, peles, unhas e genitais.



Os fungos são muito importantes para o ambiente e os seres vivos. Veja os exemplos a seguir.



Os fungos se desenvolvem em diversos substratos, vivos ou mortos, e, com algumas bactérias e alguns protozoários, são responsáveis pela **decomposição** de matéria orgânica. Assim, participam da ciclagem de nutrientes no planeta.

Morango em decomposição.

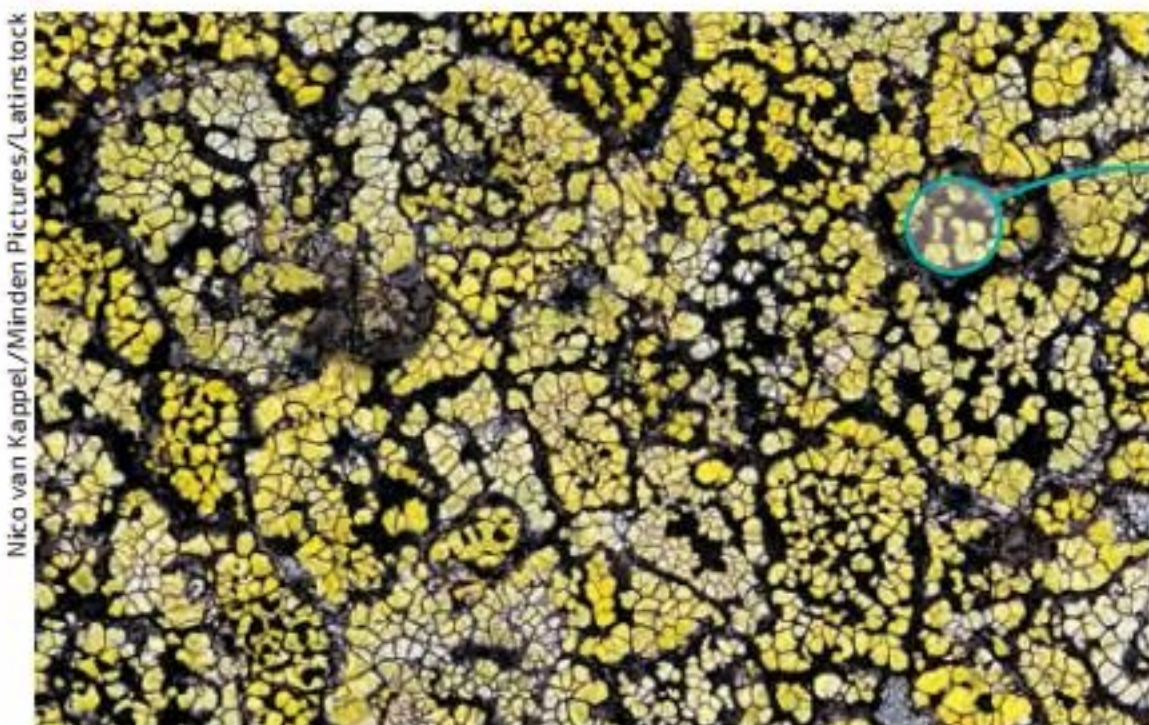
Alguns fungos vivem associados a raízes, em associações ecológicas denominadas **micorrizas**. A planta por meio da fotossíntese, fornece energia e gás carbônico aos fungos. Estes absorvem minerais e água do solo, que ficam disponíveis para as plantas.



Micorrizas em plantas do gênero *Ceanothus*.

Alguns fungos mantêm uma relação de benefício mútuo com algumas espécies de algas unicelulares, formando os **líquens**. Nessa associação, as hifas dos fungos rodeiam as algas, protegendo-as. Veja abaixo.

Nessa relação ecológica, a alga consegue fixar-se em um substrato e é protegida contra a dessecação. Já o fungo é beneficiado com os produtos da fotossíntese realizada pelas algas. Trata-se de uma relação benéfica para ambos, em que um depende do outro para sobreviver.



Líquens no tronco de uma árvore. Os líquens são formados pela associação de uma alga verde com um fungo.

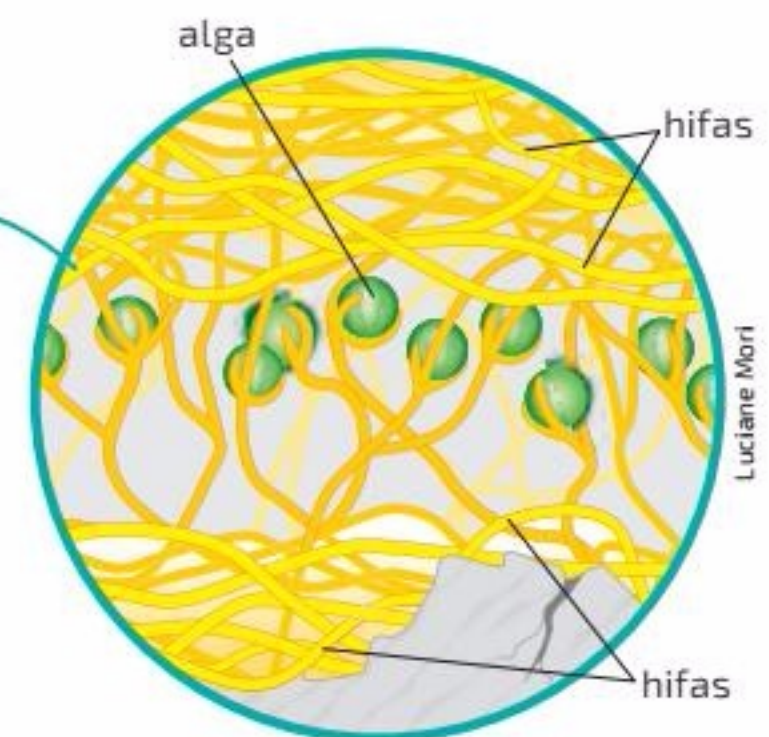


Ilustração produzida com base em: RICKLEFS, R. E. *A economia da natureza*. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2003. p. 9.

Os fungos também participam do processo de produção do etanol, combustível bastante utilizado em veículos no Brasil, e que é produzido a partir da fermentação alcoólica da cana-de-açúcar, processo que depende diretamente da ação de microrganismos, como os fungos. Eles são usados ainda na produção de medicamentos como a penicilina. No entanto, algumas espécies podem causar doenças no ser humano, assunto que será estudado nas próximas páginas.

Classificação dos fungos

Os fungos podem ser classificados de acordo com suas estruturas reprodutivas. Veja essas classificações.

Os **zigomicetos** são fungos filamentosos e decompositores, também chamados **saprófitos**. Apesar de a maioria das espécies ser saprófita, existem algumas que são parasitas e outras, formadoras de micorrizas.

O micélio dos zigomicetos é formado por hifas cenocíticas, e estas podem apresentar septos nos órgãos de reprodução, os quais, por sua vez, não formam corpos de frutificação.

Entre as características desse grupo está a presença de uma estrutura reprodutiva chamada **zigósporo**, capaz de permanecer dormente por longos períodos.

Os **ascomicetos** consistem em um grupo de fungos na forma de leveduras* e de hifas septadas (mofos e bolores). Uma das características desse grupo é a presença de uma estrutura reprodutiva microscópica em forma de saco. Essa estrutura recebe o nome de **asco**, e nela são formados os **ascóporos** (esporos sexuais) após a meiose. Em alguns ascomicetos, o asco está organizado em um corpo de frutificação, o **ascocarpo**.

Outra característica desse grupo é que alguns de seus fungos podem associar-se a algas, formando líquens.

Cogumelo *Morchella esculenta*, um ascomiceto.



John Navajo/Shutterstock.com



Ser vivo adulto

Morchella esculenta: pode atingir de 10 cm a 15 cm de altura.

*Diga aos alunos que a levedura *Sacharomyces cerevisiae*, conhecida como fermento biológico utilizada para fabricação de pães, é um ascomiceto.



Pão embolorado. O bolor preto encontrado no pão em decomposição é um exemplo de zigomiceto.

Premierlight Images/Alamy Stock Photo/Latinstock

Os **basidiomicetos** são cogumelos com hifas septadas. Eles têm uma estrutura reprodutiva em forma de bastão, chamada **basídio**. Em sua grande maioria, são fungos terrestres, mas há algumas espécies parasitas (ferrugens), e outras que estabelecem relações ecológicas com algas, como é o caso dos líquens.

Agustin Esmoris/Shutterstock.com



Cogumelo orelha-de-pau, exemplo de basidiomiceto, comumente encontrado sobre troncos de árvores.

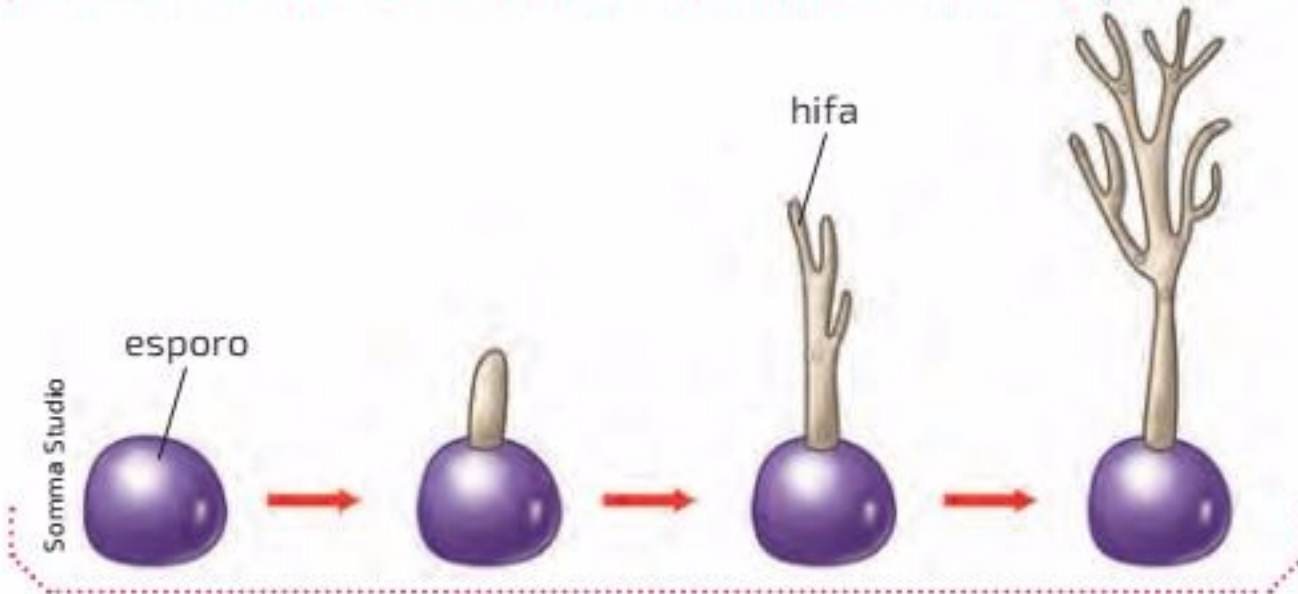
Esses três grupos de fungos apresentam esporos sexuais e assexuais. Há, ainda, um grupo de fungos chamados **deuteromicetos**, também conhecidos como **fungos imperfeitos**, que não têm estruturas sexuais e multiplicam-se somente por reprodução assexuada. Sua classificação ainda está em estudo, pois técnicas moleculares têm mostrado que alguns fungos anteriormente classificados nesse grupo, na realidade, são ascomicetos ou basidiomicetos.

Reprodução dos fungos

Os fungos apresentam uma grande capacidade de dispersão, que está diretamente relacionada a sua alta capacidade de dispersão por esporos.

Os esporos podem ser transportados pelo ar e alcançar diversos ambientes. Após encontrar as condições adequadas, eles germinam e dão origem a uma nova hifa e a um novo indivíduo.

Crescimento de uma hifa a partir de um esporo



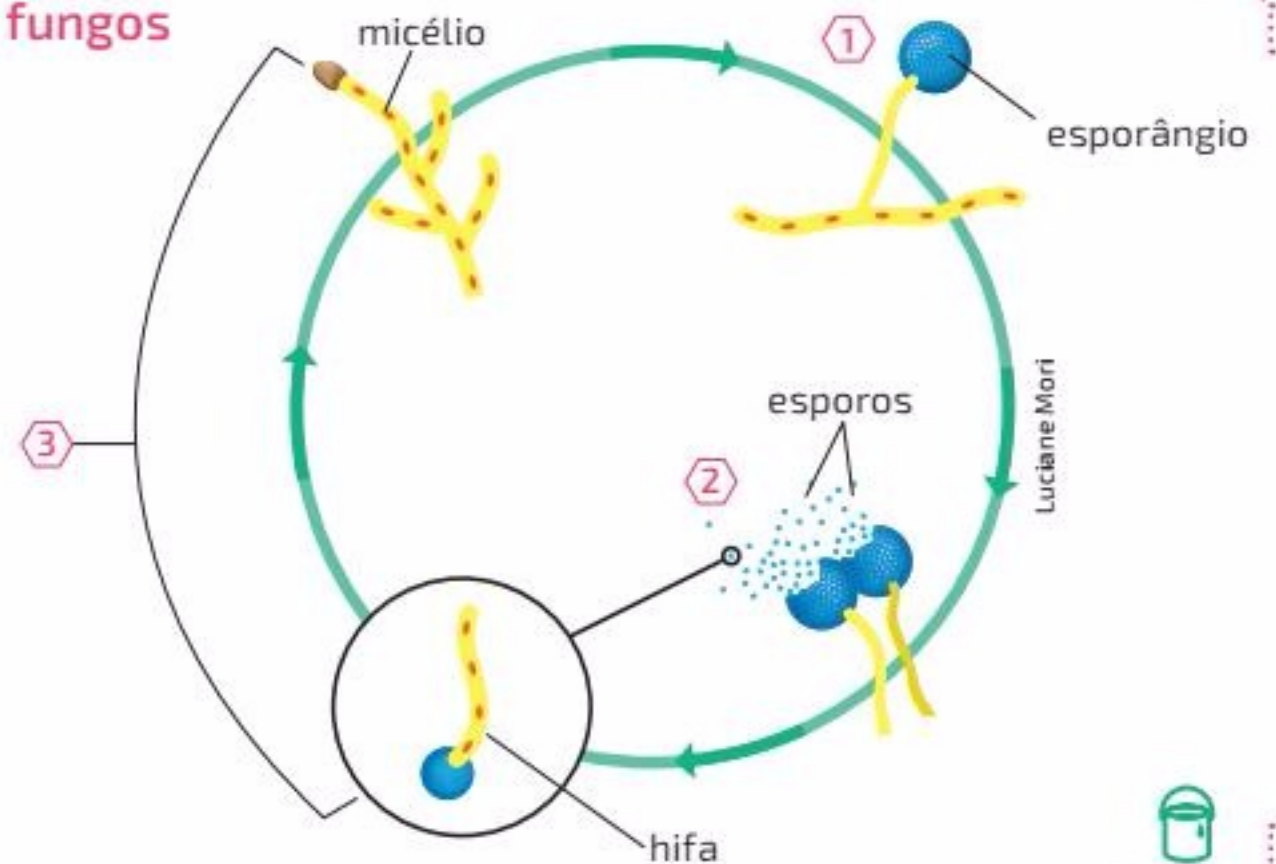
As hifas dos fungos filamentosos crescem a partir de um esporo, alongando-se na extremidade. Cada parte da hifa é capaz de se desenvolver, e, quando há quebra de um fragmento, ele pode crescer novamente, formando uma nova hifa. Veja ao lado.

A reprodução dos fungos pode ser assexuada e sexuada. Observe, a seguir, um esquema exemplificando a reprodução assexuada nos fungos.

Ilustração produzida com base em: TORTORA, G. J.; FUNKE, B. R.; CASE, C. L. Microbiologia. 8. ed. Porto Alegre: Artmed, 2005. p. 336.

Reprodução assexuada nos fungos

- 1 Células específicas das hifas desenvolvem estruturas produtoras de esporos, o esporângio, sem precisar unir-se a outro indivíduo.
- 2 Os esporos produzidos são liberados para o ambiente.
- 3 Ao encontrar um local adequado, os esporos formam hifas e um novo micélio.



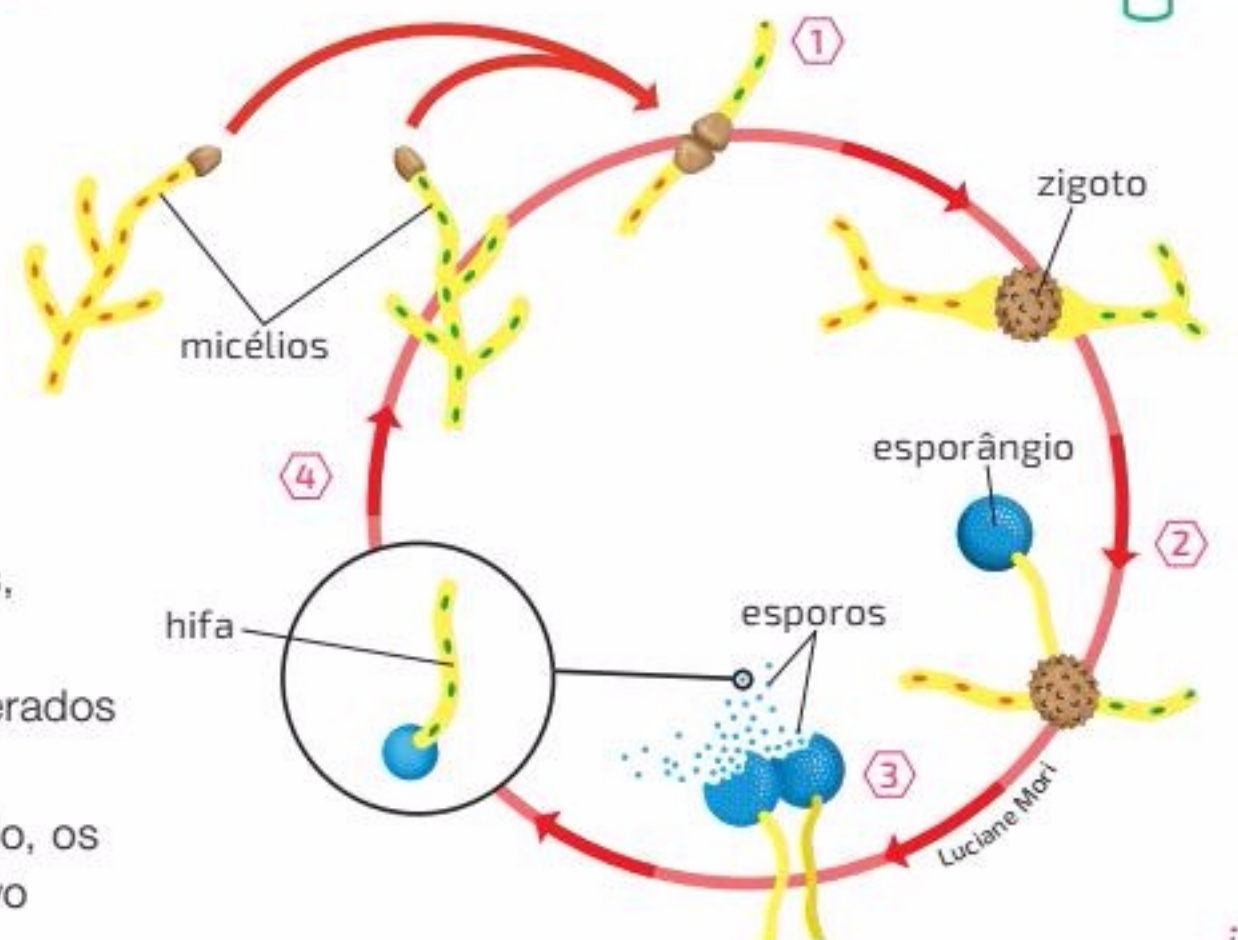
Ilustrações produzidas com base em: TORTORA, G. J.; FUNKE, B. R.; CASE, C. L. Microbiologia. 8. ed. Porto Alegre: Artmed, 2005. p. 340.

Alguns fungos unicelulares na forma de levedura podem reproduzir-se assexuadamente por brotamento.

Veja um esquema que mostra a reprodução sexuada nos fungos.

Reprodução sexuada nos fungos

- 1 Hifas de indivíduos diferentes encontram-se e fundem-se.
- 2 A união das hifas dá origem a uma estrutura formadora de esporos, o esporângio, que, em alguns casos, forma o que chamamos de cogumelo. Em outros casos, como no bolor do pão, tais estruturas são muito pequenas, quase microscópicas.
- 3 Os esporos produzidos são liberados para o ambiente.
- 4 Ao encontrar um local adequado, os esporos formam hifas e um novo micélio.





O ágar é uma substância gelificante de origem asiática, bastante utilizada na indústria alimentícia. Esse composto é extraído de algas e apresenta características que o faz ser amplamente empregado como meio de cultura de plantas, bactérias e fungos, em laboratórios de análises clínicas e em pesquisas microbiológicas.

- É possível comparar a quantidade de fungos, presente em ambientes diferentes, utilizando o ágar ou outro meio de cultura?



Materiais

- 5 g de ágar*
- 16 copos descartáveis de 50 mL de capacidade
- panela
- 500 mL de água
- fogão
- etiquetas



Somente um adulto deve manipular o fogão para evitar acidentes.



Mãos à obra

*O ágar em pó pode ser encontrado em supermercados e lojas de produtos alimentícios. Caso não seja encontrado, veja, nas **Orientações para o professor**, outra sugestão de meio de cultura.

- Na panela, dissolva o ágar na água fria.
- Peça a um adulto que coloque a panela em fogo baixo e espere ferver.
- Deixe a mistura ferver por 3 minutos e retire-a do fogo. Em seguida, coloque-a para esfriar.
- Despeje o ágar nos copos plásticos, até 2/3 de sua capacidade.
- Distribua os copos em diferentes locais do colégio (sala de aula, cozinha, banheiro, entre outros). Etiquete-os, identificando os locais escolhidos. Em cada local, deixe dois copos.
- Durante 14 dias, faça observações diárias e anote os resultados. Elabore uma escala para a quantidade de microrganismos encontrados com sinal "+". Conforme a quantidade observada for aumentando, acrescente mais sinais.



Somma Studio



Escolha lugares com pouco fluxo de pessoas. Lembre-se de deixar avisos explicando que se trata de um experimento e que não deve ser tocado.



Para pensar

Veja as respostas das questões desta seção nas **Orientações para o professor**.

1. Em todos os copos foram encontradas evidências de microrganismos?
2. Houve diferença entre os copos espalhados nos diferentes locais? Como você explicaria esse fato?
3. O que você pode concluir com essa atividade?

Os fungos e o ser humano

Os fungos são seres vivos que podem ser benéficos e também prejudiciais para o ser humano. Veja, a seguir, exemplos em que essas situações podem ocorrer.

Algumas espécies de fungos são bastante apreciadas na culinária.



5. Os pés são partes do corpo humano que podem transpirar bastante e o uso de calçados fechados associado ao suor tornam o ambiente propício ao desenvolvimento de fungos, pois é úmido e quente, ou seja, ideal para a proliferação desses seres vivos.

Os fungos da espécie *Saccharomyces cerevisiae* compõem fermentos biológicos, como o utilizado no crescimento de massas, entre elas, o pão.



Pães.

Ivan Mateev/Shutterstock.com

Vários exemplares de fungos, como o *champignon*, o *shiitake* e o *shimeji*, estão presentes na alimentação humana e são utilizados diretamente em diversos pratos.



Massa em que um dos ingredientes é o *champignon*.

Jacek Chabaszewski/Shutterstock.com

Por outro lado, existem fungos que causam doenças. Veja dois tipos.

5. Um problema comum causado por fungos é o pé-de-atleta, enfermidade que afeta os pés humanos. Explique por que os pés são um ambiente propício ao desenvolvimento desses seres vivos.

As micoses são infecções no corpo humano causadas por fungos.



Voisin/Phanie/Easyphoto

Pele com micose (manchas esbranquiçadas).

Alguns fungos fazem parte da flora natural humana, como a *Candida albicans*. Entretanto, há casos em que esse fungo se prolifera, causando a candidíase.



Dr P. Marazzi/SPL/Latinstock

A candidíase oral é popularmente conhecida como "sapinho".

Ser vivo adulto

Cogumelo (*Amanita muscaria*): pode atingir mais de 20 cm de altura.



Cogumelo *Amanita muscaria*.

Fungos tóxicos

Alguns fungos produzem substâncias tóxicas que, se ingeridas, podem causar várias complicações à saúde humana, podendo até ocasionar a morte por envenenamento.

Os cogumelos dos gêneros *Amanita* e *Psilocibe*, por exemplo, produzem toxinas que causam alucinações e sono profundo. Já o cogumelo chapéu-da-morte (*Amanita phalloides*) produz toxinas cuja alta toxicidade é capaz de matar um indivíduo apenas pela ingestão de um único cogumelo.

Alguns ascomicetos também produzem toxinas ao se multiplicar nos alimentos. É o caso de espécies dos gêneros *Fusarium* e *Claviceps*, que crescem sobre grãos e cereais, como o arroz e o trigo. Durante a Idade Média, a Europa foi acometida por uma doença chamada ergotismo, causada por fungos da espécie *Claviceps purpurea* que infectaram a farinha de centeio utilizada no preparo de pães, envenenando, assim, grande parte da população.

Algar's Reinholds/Shutterstock.com



Veja as respostas das questões desta seção nas **Orientações para o professor**.

- Cite duas características:
 - dos protozoários;
 - das algas;
 - dos fungos.
- Descreva como ocorre a reprodução dos protozoários.
- Relacione as colunas abaixo.

I) Flagelados.	a) Seres unicelulares, de coloração marrom-avermelhada, que possuem dois flagelos e são responsáveis pelo fenômeno da maré vermelha.
II) Clorófitas.	b) Seres unicelulares, de coloração dourada, com parede celular constituída de sílica, que forma uma carapaça.
III) Feofíceas.	c) Seres unicelulares ou pluricelulares que possuem coloração verde.
IV) Dinoflagelados.	d) A maioria das espécies desse grupo é pluricelular e tem coloração avermelhada.
V) Rodófitas.	e) Algas decompositoras que vivem em ambiente aquático e possuem dois flagelos.
VI) Diatomáceas.	f) Seres pluricelulares de coloração parda, que estão entre as maiores algas conhecidas.
- Qual é a importância ecológica dos fungos?
- Cite uma importância econômica:
 - das algas;
 - dos fungos.
- No passado, os fungos eram agrupados no reino Plantae. Hoje, são agrupados no reino Fungi. Que características os distinguem das plantas?
- Por que os fungos deuteromicetos são considerados fungos imperfeitos?
- Sobre os fungos, reescreva as frases abaixo no caderno, substituindo as letras pelas palavras corretas.
 - Os fungos A são representados pelas leveduras, que se reproduzem assexuadamente por B.
 - A maioria dos fungos é C e é formada por longos filamentos de células chamadas D, que podem ser E, quando as células são separadas, ou F, quando não há separação. O conjunto desses filamentos é chamado G.
 - Os H, células reprodutivas dos fungos, são produzidos nos I e liberados no ambiente.
- Observe as fotografias a seguir.

A



Aumento aproximado de 200 vezes.

B



Aumento aproximado de 280 vezes.

C



Aumento aproximado de 160 vezes.

D



Aumento aproximado de 14 vezes.

No caderno, classifique os protozoários apresentados nas fotografias acima e explique a importância das estruturas indicadas.

10. Os protozoários do gênero *Trichonympha* vivem associados a cupins e obtêm energia por meio da digestão de celulose. Observe a tirinha abaixo e, em seguida, responda às questões propostas.

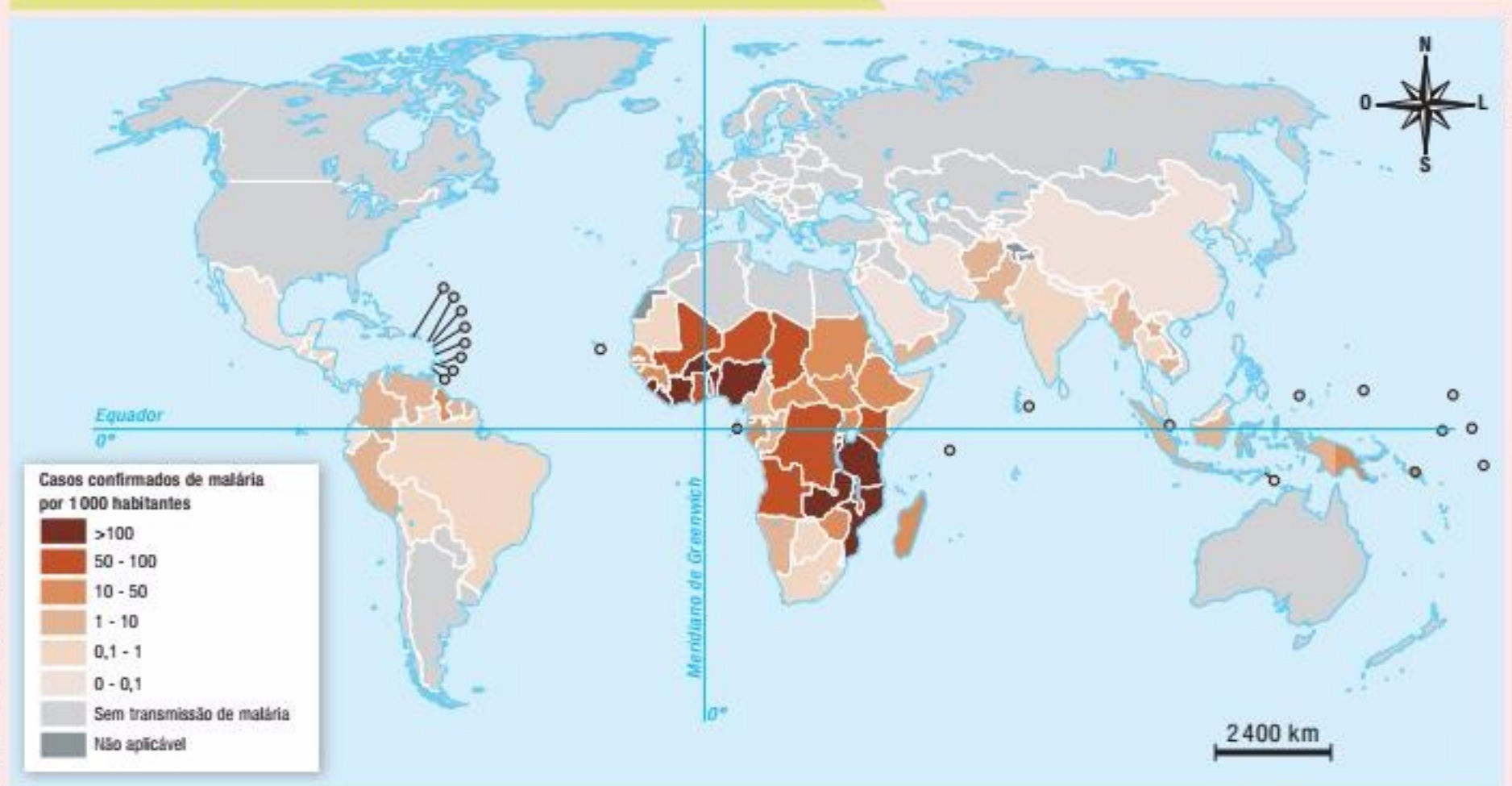


- a) Descreva sobre o que trata essa tirinha.
b) Com base na tirinha, explique a relação entre o cupim e o protozoário.

GONSALES, Fernando. Níquel Náusea: com mil demônios. São Paulo: Devir, 2002. p. 10.

11. A malária é uma doença que provoca milhares de mortes todos os anos. Observe o mapa abaixo e, em seguida, responda às questões.

Países com transmissão de malária em 2013



- a) Em que regiões do planeta a incidência de malária é maior? Elabore uma hipótese para explicar esse fato.
b) De acordo com o mapa, qual é a incidência da malária no Brasil?
c) Como a malária é transmitida?
d) Cite uma medida para prevenir a malária.
e) Cite duas outras doenças causadas por protozoários.

12. Leia o trecho do texto a seguir e responda às questões propostas.

Líquens são usados como biomonitores de poluição em Porto Alegre

Uma equipe de pesquisadoras brasileiras usou duas espécies de líquens como ferramenta para avaliar a qualidade do ar da área urbana de Porto Alegre, no Rio Grande do Sul. O estudo, divulgado em janeiro de 2012, na publicação científica *Environmental Pollution*, avaliou as alterações causadas pela poluição na fisiologia e na morfologia de exemplares de *Parmotrema tinctorum* e de *Teloschistes exilis*. Nesses organismos, [...] foram detectados metais pesados como cádmio, mercúrio, zinco e chumbo, além de enxofre, resultado da queima de combustíveis fósseis e prejudiciais à saúde e ao meio ambiente. Os líquens são usados como biomonitores principalmente em países europeus e nos Estados Unidos. [...]

DINIZ, Ísis Nóbile. Líquens são usados como biomonitores de poluição em Porto Alegre. Pesquisa Fapesp. 29 fev. 2012. Disponível em: <<http://revistapesquisa.fapesp.br/2012/02/29/liquens-s%C3%A3o-usados-como-biomonitores-de-polui%C3%A7%C3%A3o-em-porto-alegre>>. Acesso em: 10 fev. 2016.

- a) O que são líquens?
b) Segundo o texto, qual é o papel dos líquens no monitoramento da poluição urbana?
c) Que outros papéis ecológicos os líquens desempenham?

- 13.** (Udesc-SC) Analise as proposições a respeito dos organismos do reino Protista [Protoctista].*
- I) Os protozoários são eucariontes unicelulares heterótrofos.
 - II) A organela de locomoção dos protozoários é apenas do tipo flagelo.
 - III) O *Trypanosoma cruzi* é o protozoário flagelado causador da doença de Chagas.
 - IV) As diatomáceas são algas do grupo das crisófitas;** têm parede celular rígida por causa da presença de celulose.
 - V) Nos protistas, predomina a reprodução assexuada por cissiparidade, que se inicia com a divisão do núcleo e, depois, com divisão do citoplasma.

[No caderno escreva] a alternativa correta.

- a) Somente as afirmativas I, III e V são verdadeiras.
- b) Somente as afirmativas I, II, III e V são verdadeiras.
- c) Somente as afirmativas II e IV são verdadeiras.
- d) Somente a afirmativa III é verdadeira.
- e) Todas as afirmativas são verdadeiras.

*Relembre aos alunos que, nesta coleção, adotamos a denominação Protoctista em vez de Protista.

**Explique aos alunos que a divisão Cryophyta abrange algumas algas, das quais se destacam as diatomáceas.

- 14.** (UFSC) Os seres humanos desenvolveram uma sociedade baseada na utilização de combustíveis fósseis, entre eles o carvão. O acúmulo de matéria orgânica vegetal, ocorrido no período Carbonífero, há 300 milhões de anos, gerou as reservas de carvão hoje exploradas. Porém, esse processo de acúmulo não mais aconteceu em função do surgimento dos fungos, seres vivos capazes de degradar lignina e celulose.

Considerando o exposto acima, assinale a(s) proposição(ões) correta(s).

- 01) Os fungos são seres heterótrofos que apresentam parede celular composta de quitina, característica compartilhada por algumas espécies de algas unicelulares.
- 02) Juntamente com as bactérias, os fungos compõem um grupo de seres vivos decompositores da matéria orgânica e responsáveis pela ciclagem dos nutrientes na cadeia trófica.
- 04) Alguns fungos podem ser encontrados em associações simbióticas com outros organismos. A associação de fungos com plantas forma as micorrizas e a de fungos com algas, os líquens.
- 08) As leveduras são fungos unicelulares capazes de realizar a fermentação, processo bioquímico utilizado na produção de alimentos como o iogurte.
- 16) A lignina e a celulose são moléculas encontradas principalmente no citoplasma de células vegetais.

- 15.** (Udesc-SC) A Ficologia é o ramo da Biologia que estuda as algas. Analise as proposições abaixo, em relação às algas.

- I) No grupo das algas estão as divisões: algas verdes – clorófitas; algas pardas – feófitas, e algas vermelhas – rodófitas.
- II) As algas apresentam um talo por onde passam os vasos condutores de seiva.
- III) A reprodução assexuada das algas pode ocorrer por fragmentação, ou seja, um filamento da alga desprende-se e origina outro filamento por mitose.
- IV) As algas rodófitas possuem o pigmento hemoglobina, que é o responsável por sua cor vermelha.

[Escreva no caderno] a alternativa correta.

- a) Somente as afirmativas II e III são verdadeiras.
- b) Somente as afirmativas II e IV são verdadeiras.
- c) Somente as afirmativas I e III são verdadeiras.
- d) Somente as afirmativas I, II e III são verdadeiras.
- e) Somente as afirmativas I e IV são verdadeiras.

Refletindo sobre o capítulo

Veja as respostas das questões desta seção nas **Orientações para o professor**.

- A** Muitas pessoas acreditam que as plantas são fontes de gás oxigênio para o planeta já que realizam fotossíntese. De acordo com o que você estudou neste capítulo, essa informação está correta? Explique.
- B** Os gatos domésticos geralmente enterram suas fezes. Explique por que, meses após o gato infectado com *Toxoplasma gondii* ter defecado, ainda há risco de transmissão do protozoário ao ser humano?

Leia o trecho do texto abaixo.

Antibióticos são compostos naturais ou sintéticos capazes de inibir o crescimento ou causar a morte de fungos ou bactérias. Podem ser classificados como bactericidas, quando causam a morte da bactéria, ou bacteriostáticos, quando promovem a inibição do crescimento microbiano. [...]

Os antibióticos de origem natural e seus derivados semissintéticos compreendem a maioria dos antibióticos em uso clínico e podem ser classificados em β -lactâmicos (penicilinas, cefalosporinas, carbapeninas, oxapeninas e monobactamas), tetraciclina, aminoglicosídeos, macrolídeos, peptídicos cíclicos (glicopeptídeos, lipopeptídeos), estreptograminas, entre outros (lincosamidas, cloranfenicol, rifamicinas etc). Os antibióticos de origem sintética são classificados em sulfonamidas, fluoroquinolonas e oxazolidinonas. [...]

GUIMARÃES, Denise Oliveira; MOMESSO Luciano da Silva; PUPO, Mônica Tallarico. Antibióticos: importância terapêutica e perspectivas para a descoberta e desenvolvimento de novos agentes. *Química Nova*, v. 33, n. 3, 2010. p. 667-669. Disponível em: <www.scielo.br/pdf/qn/v33n3/35.pdf>. Acesso em: 3 fev. 2016.



A descoberta dos antibióticos foi fundamental para a saúde humana e de outros seres vivos. Um antibiótico que marcou a história da humanidade foi a penicilina. Ela foi descoberta acidentalmente pelo biólogo britânico Alexander Fleming (1881-1955), quando trabalhava no Hospital St. Mary's em Londres, em 1928.

Fleming estudava bactérias do gênero *Staphylococcus aureus* e deixou suas culturas expostas à atmosfera em seu laboratório, durante um final de semana. Ao retornar, percebeu que suas culturas estavam mofadas. Porém, antes de descartá-las, notou que o fungo havia afetado o crescimento das bactérias. Então, deduziu que o fungo produzia alguma substância capaz de inibir o crescimento bacteriano.

Retrato de Alexander Fleming.

A partir dessa observação, Fleming isolou o fungo e conseguiu comprovar o que havia deduzido. Esse fungo foi identificado como *Penicillium notatum*, e a substância por ele produzida foi denominada penicilina.

Fleming descobriu que a penicilina tinha uma ação antibiótica que inibia o crescimento de diversas espécies de bactérias, até mesmo algumas que afetavam a saúde humana.

Cerca de dez anos após a descoberta do fungo, pesquisadores da Universidade de Oxford investigaram a substância como agente terapêutico. Constatou-se, então, que a penicilina apresentava efeitos relevantes quando administrada em animais experimentalmente infectados com a bactéria *Streptococcus*.



Colônia de fungos *Penicillium notatum*.

Assim, em 1942, houve o relato do primeiro caso de um paciente que se encontrava gravemente doente por ter contraído meningite estreptocócica, que fora tratado com a penicilina e salvo em poucos dias após iniciar o tratamento.

No ano seguinte, já eram mais de 200 pessoas salvas pelo uso da penicilina, que passou a ser utilizada pelas forças armadas dos Estados Unidos e, desde então, tornou-se conhecida e amplamente utilizada. Apesar de a descoberta da substância ter sido acidental, seu emprego para salvar vidas, principalmente durante a Segunda Guerra Mundial, modificou a história da medicina.

A partir da descoberta e dos estudos relacionados à penicilina, doenças consideradas fatais, como tuberculose, pneumonia, meningite, sífilis, entre outras, passaram a ter cura.

Veja, no quadro abaixo, alguns exemplos de microrganismos produtores de antibióticos, além do *Penicillium notatum*.

Microrganismo	Antibiótico
<i>Bacillus subtilis</i> ou <i>Bacillus licheniformis</i>	Bacitracina
<i>Streptomyces nodosus</i>	Anfotericina B
<i>Micromonospora purpurea</i>	Gentamicina
<i>Cephalosporium</i> sp.	Cefalosporina
<i>Streptomyces erythraeus</i>	Eritromicina



Os antibióticos apresentam diferentes mecanismos de ação sobre as bactérias. A penicilina é conhecida como um antibiótico do grupo β -lactâmico, eficaz no controle do crescimento de algumas bactérias. Ela atua inibindo a ação da enzima transpeptidase, causando a ruptura da membrana plasmática e a morte da bactéria.

Outros antibióticos, como os aminoglicosídicos, ligam-se especificamente à subunidade específica (30S) dos ribossomos da bactéria, impedindo a síntese de proteínas. Já os lipopeptídeos promovem a desorganização da membrana celular das bactérias, sendo capazes de penetrá-la.

Atualmente, são conhecidos diversos tipos de antibióticos, mas, de maneira geral, a atuação desses medicamentos nas bactérias pode ocorrer por meio da destruição da membrana plasmática, da parede bacteriana, da desestabilização dos ribossomos, dos ácidos nucleicos e do metabolismo intermediário.

Um problema que tem se tornado alvo de preocupações em relação aos antibióticos é a resistência a esses medicamentos. O uso indiscriminado de antibióticos leva à seleção de microrganismos resistentes, e isso dificulta muito os tratamentos e aumenta os casos de infecção bacteriana. Em virtude da rapidez da multiplicação bacteriana, esses microrganismos sofrem modificações genéticas e têm alta capacidade de adaptação a fatores externos. Por isso, a identificação do tipo de infecção e o antibiótico adequado sempre devem ser feitos por um médico.

Veja as respostas das questões desta seção nas Orientações para o professor.

- Você ou alguém conhecido já utilizou antibiótico? Em caso afirmativo, para o tratamento de qual doença?
- Pesquise uma reportagem sobre o aparecimento de bactérias resistentes em hospitais e apresente-a aos colegas.
- Converse com os colegas sobre as razões que resultaram no aparecimento dessas infecções e as causas de sua resistência.

Filme de Andrew Stanton. Wall-E, EUA, 2008. Foto: Walt Disney Pictures/Photos 12 Cinema/Glow Images

Cena do filme *Wall-E*, direção de Andrew Stanton, lançado em 2008.



No enredo da animação *Wall-E*, o planeta Terra aparece totalmente devastado por causa da poluição, que tornou sua atmosfera tóxica e impossibilitou a sobrevivência de qualquer forma de vida. Por causa disso, os seres humanos deixaram o planeta e passaram a viver em uma estação espacial. Depois de 700 anos, as pessoas ainda esperam o dia em que a Terra se torne habitável novamente.

Para que isso seja possível, o robô Wall-E* passa os dias compactando e empilhando resíduos, que formam torres enormes. Um dia, em meio a isso, ele encontra uma planta e a guarda.

No entanto, Wall-E não permanece sozinho por muito tempo. Uma sonda-robô chamada Eva é enviada à Terra para encontrar uma planta, que seria um indício de que o planeta tornou-se habitável novamente, possibilitando o retorno dos seres humanos.

Wall-E e Eva iniciam, então, uma aventura para trazer os seres humanos de volta ao planeta.

*Waste Allocation Load Lifters - Earth
- levantador de carga para alocação
de resíduos - Terra.





Tim Graham/Getty Images

Turfeira localizada na Escócia, em 2014.

capítulo

4

Briófitas, pteridófitas e gimnospermas

A) Resposta pessoal. Espera-se que os alunos citem locais úmidos.

B) Por pertencer ao reino Plantae é esperado que o *Sphagnum* sp. seja multicelular e autótrofo e realize fotossíntese. Além disso, deve apresentar células eucarióticas dotadas de parede celular, ter plastídios e vacúolos.

C) Organismos decompositores, como fungos e bactérias, pois as turfas são compostas de matéria orgânica parcialmente decomposta.

D) Vantagem: serve como fonte de energia. Desvantagem: assim como outros combustíveis fósseis, a queima da turfa pode liberar, na atmosfera, grande quantidade de poluentes.

Os combustíveis fósseis são fontes de energia formados a partir de organismos mortos. A grande maioria desse tipo de combustível, como o petróleo e o gás natural, é proveniente de restos de plantas de grandes florestas formadas há centenas de milhares de anos.

Em algumas partes do mundo, são utilizadas como combustível as turfeiras, depósitos naturais formados por matéria vegetal parcialmente decomposta (turfa). A queima desse material fornece energia, que é usada, por exemplo, na indústria e no aquecimento doméstico.

A turfa forma-se a partir de camadas de musgos, principalmente do gênero *Sphagnum*, que crescem rapidamente, em conjunto com outras plantas, e comprimem as camadas mais profundas. O musgo *Sphagnum* sp. é uma das plantas mais abundantes da Terra, e, atualmente, as turfeiras cobrem mais de 1% da superfície total da Terra.

- A) Você já viu um musgo? Descreva o local onde você o encontrou e como era essa planta.
- B) O musgo do gênero *Sphagnum* pertence ao reino dos Vegetais. Que características desse grupo você consegue identificar no musgo?
- C) Além dos musgos, que outros organismos são necessários para a formação das turfas? Justifique.
- D) Cite uma vantagem e uma desvantagem do uso das turfas pelos seres humanos.

► Origem e evolução das plantas

Durante a maior parte dos cerca de 4,5 bilhões de anos da Terra, sua superfície foi praticamente desprovida de seres vivos. Apenas nos últimos 500 milhões de anos, formas de vida como plantas, fungos e animais passaram a fazer parte do ambiente terrestre*. No entanto, essas novas formas de vida enfrentaram diversos desafios, principalmente em relação ao acesso à água.

As plantas terrestres evoluíram de um grupo de algas verdes, as carófitas, também conhecidas como carofíceas. De acordo com alguns registros fósseis, esse grupo ancestral de algas teria surgido há cerca de 475 milhões de anos e, provavelmente, vivia nas margens de poças e pântanos, onde ora permaneciam submersas em água, ora ficavam expostas ao ar e à dessecação. Assim, as algas que conseguiam viver permanentemente acima da linha d'água, sobrevivendo aos períodos de seca, deram o primeiro passo do ambiente aquático para o terrestre.

A atividade metabólica das primeiras plantas foi essencial, por exemplo, pois promoveram modificações no solo, na composição do ar atmosférico e no clima. Essas modificações foram necessárias para o estabelecimento de outras formas de vida, como os animais. Nesse ambiente em constante modificação, plantas cada vez maiores evoluíram, e grandes florestas espalharam-se pela superfície terrestre.

► Características das plantas

As plantas são organismos eucariontes, multicelulares, compostos de células dotadas de parede celular, vacúolos e plastídios. Apesar de, ao longo da evolução**, algumas poucas espécies de plantas terem perdido a capacidade de produzir seu próprio alimento, a maioria das espécies possui nutrição autótrofa e dependente da fotossíntese.

Outra característica peculiar das plantas é que todas se formam a partir de um **embrião**, estrutura multicelular diploide envolta por tecidos parentais. A evolução dessa estrutura auxiliou na dispersão das plantas pelo ambiente terrestre, e isso foi possível por causa de sua capacidade de proteger a planta em desenvolvimento de adversidades ambientais, como a escassez de água.

Um aspecto comum dos ciclos de vida das plantas é a **alternância de gerações** ou **metagênese**. Nesse tipo de ciclo, há uma alternância entre organismos multicelulares haploides (gametófito) e diploides (esporófito), como resultado de uma alternância entre a reprodução assexuada e a sexuada.

Nessa forma de reprodução, o gametófito é responsável pela produção dos gametas por mitose, e o esporófito é responsável por produzir esporos por meiose***.

Ao longo da sua evolução, as plantas desenvolveram estruturas protetoras chamadas **esporos**, que são células reprodutivas capazes de formar uma planta madura sem a necessidade de unir-se com outra célula. Eles são envoltos por uma espessa parede resistente à decomposição e a agentes químicos, que auxilia na sobrevivência da planta após a dispersão do esporo no ambiente.

Representação da alternância de gerações nas plantas.

*Durante bilhões de anos, os seres vivos habitavam o ambiente aquático.

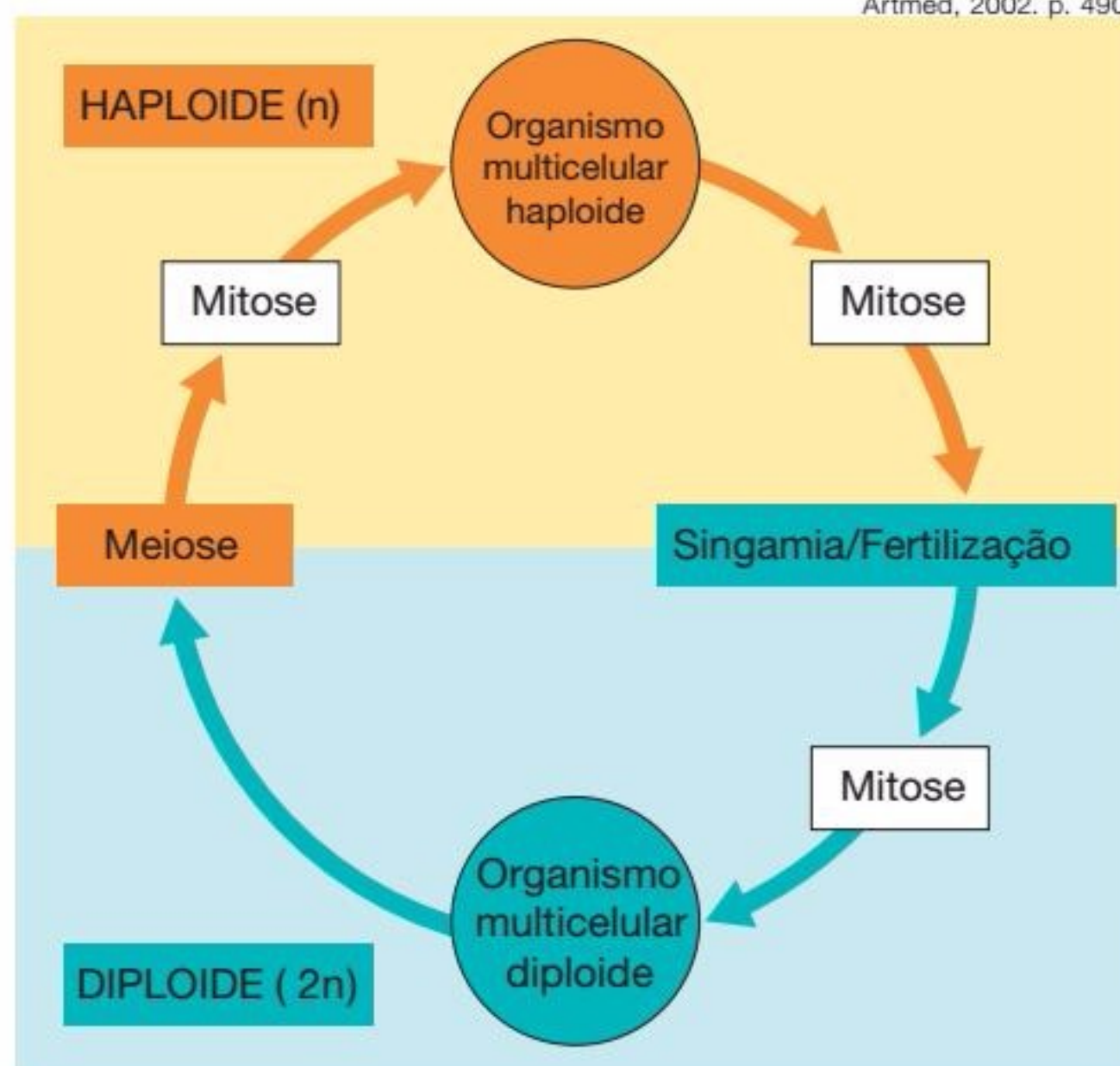
**O cipó-chumbo (*Cuscuta racemosa*) e o cachimbo-indiano (*Monotropa uniflora*) perderam o pigmento fotossintetizante no curso da evolução e tornaram-se parasitas de outros seres vivos.

1. As plantas podem alterar a composição atmosférica de um local? Justifique.

Sim. Isso é possível pela realização da fotossíntese, a qual retira gás carbônico da atmosfera e libera gás oxigênio e água.

***Explique aos alunos que a metagênese das plantas com estágios haploide e diploide não deve ser confundida com outros ciclos de vida. Em humanos, por exemplo, a meiose produz gametas haploides que, unidos, formam o zigoto diploide. Este se divide e forma um indivíduo multicelular. Assim, o estágio haploide é representado por apenas uma célula e, na metagênese, são organismos haploides e diploides.

Ilustração produzida com base em: PURVES, W. K. et al. Vida: a ciência da Biologia. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2002. p. 490.



Classificação das plantas **Alguns autores tratam o grupo das atraqueófitas como plantas avasculares. Optamos por evitar o uso desse termo, pois alguns musgos apresentam células que realizam o transporte de água e nutrientes na planta. Portanto, possuem um sistema de transporte interno simples.

Por serem formadas a partir de um embrião, as plantas também são chamadas **embriófitas** e podem ser divididas em diferentes grupos, de acordo com a presença ou a ausência de determinadas estruturas. Observe a seguir.



EMBRIÓFITAS

Grupo de indivíduos pertencentes ao reino Plantae. Abrange 12 filos* e estima-se que seja composto de cerca de 400 mil espécies de plantas, as quais habitam praticamente todos os ambientes terrestres. Algumas destas, ao longo da evolução, voltaram a ocupar até mesmo o ambiente aquático.

TRAQUEÓFITAS

Conhecidas popularmente como plantas vasculares, esse grupo é formado por indivíduos que possuem sistema vascular composto de xilema e floema. As traqueófitas compreendem nove filos.

ATRAQUEÓFITAS**

Conhecidas popularmente como briófitas, esse grupo é composto de indivíduos desprovidos de sistema vascular. As atraqueófitas compreendem três filos: Hepathophyta, Anthocerophyta e Bryophyta.



Em classificações anteriores, as plantas sem sementes eram chamadas criptógamas, e as com sementes, fanerógamas.

*Dados obtidos segundo levantamento realizado em 2010. Veja informações a respeito desse levantamento nas **Orientações para o professor**.

TRAQUEÓFITAS COM SEMENTE

Os indivíduos pertencentes a esse grupo, além do sistema vascular, possuem sementes. Atualmente, é considerado o grupo dominante das plantas no ambiente terrestre, sendo composto de cinco filos.

GIMNOSPERMAS

Grupo formado de plantas vasculares com semente, mas que não possuem flores e frutos. Atualmente, é composto de quatro filos: Gnetophyta, Ginkgophyta, Coniferophyta e Cycadophyta.

ANGIOSPERMAS

Os indivíduos desse grupo são plantas vasculares com sementes, que desenvolvem flores e frutos. Atualmente, é o grupo de plantas terrestres com maior número de representantes no ambiente. Composto por apenas um filo: Antophyta.

TRAQUEÓFITAS SEM SEMENTE

Também conhecidas como **pteridófitas**, essas plantas são portadoras de sistema vascular (xilema e floema), mas desprovidas de sementes. Esse grupo é composto de quatro filos: Psilotophyta, Lycophyta, Sphenophyta e Pterophyta.

Briófitas

*Diga aos alunos que as espécies de musgos encontradas nesses ambientes secos e polares possuem elevada capacidade de resistir à dessecação, bem como, de recuperar a quantidade de água quando esta se torna disponível.

As briófitas, geralmente, vivem em ambientes úmidos e sombreados. Elas são representadas por hepáticas, antóceros e musgos, plantas de pequeno porte, desprovidas de sistema vascular diferenciado. Esse grupo dominou o ambiente terrestre por mais de 100 milhões de anos.



Musgos da espécie *Brium capillare*.

Atualmente, a maioria das briófitas é terrestre. Elas estão distribuídas em todos os continentes e podem ser encontradas em ambientes secos e desérticos e até mesmo nas regiões polares.*

Essas plantas possuem grande importância ecológica, pois são indicadores ambientais. Elas desempenham o papel de produtores primários em muitos ecossistemas e, com os líquens, são pioneiras na colonização de rochas.

As briófitas também são reservatórios naturais de carbono. Como visto na página 74, as turfas, espécie de musgos, correspondem à matéria vegetal em decomposição, derivada dessas plantas, o que possibilita seu uso como combustível e também na agricultura.

Por serem plantas atraqueófitas, ou seja, desprovidas de sistema vascular, o transporte de nutrientes e água, nessas plantas, é feito por difusão entre as células.** Além da dificuldade de transporte de substâncias a longas distâncias, a ausência desse sistema torna os indivíduos desprovidos de suporte estrutural para crescer em altura. Como resultado, as briófitas apresentam tamanhos reduzidos, geralmente com poucos centímetros de comprimento, formando tapetes sobre as superfícies.

As atraqueófitas não apresentam diferenciação de folhas, raízes e caules, como é observado nas plantas vasculares. Assim, o que se observa nas briófitas são estruturas vegetativas semelhantes a folhas (filóides), caules (caulóides) e raízes (rizóides) que fixam o gametófito no substrato***. Essas estruturas podem ainda estar relacionadas à absorção de água e de nutrientes em algumas espécies.

As briófitas são agrupadas em três filos: hepáticas (filo Hepatophyta), antóceros (filo Anthoceroophyta) e musgos (filo Bryophyta).**** Observe alguns exemplos a seguir.

***O caulóide e o filóide não se caracterizam como órgãos verdadeiros.

2. O transporte de substâncias por difusão entre as células é eficiente para grandes distâncias? Justifique.



Musgo.

2. Não, pois a difusão é um tipo de transporte passivo, que, por atravessar a membrana plasmática das células, é lento. Assim, esse tipo de transporte não consegue mover substâncias rapidamente a longas distâncias.

**Em alguns musgos, os caulóides dos gametófitos e esporófitos possuem canais de condução de nutrientes e água, os quais possivelmente foram os precursores do xilema e do floema das plantas vasculares.

Ser vivo adulto

Anthoceros sp.: pode atingir cerca de 1,5 cm de diâmetro.

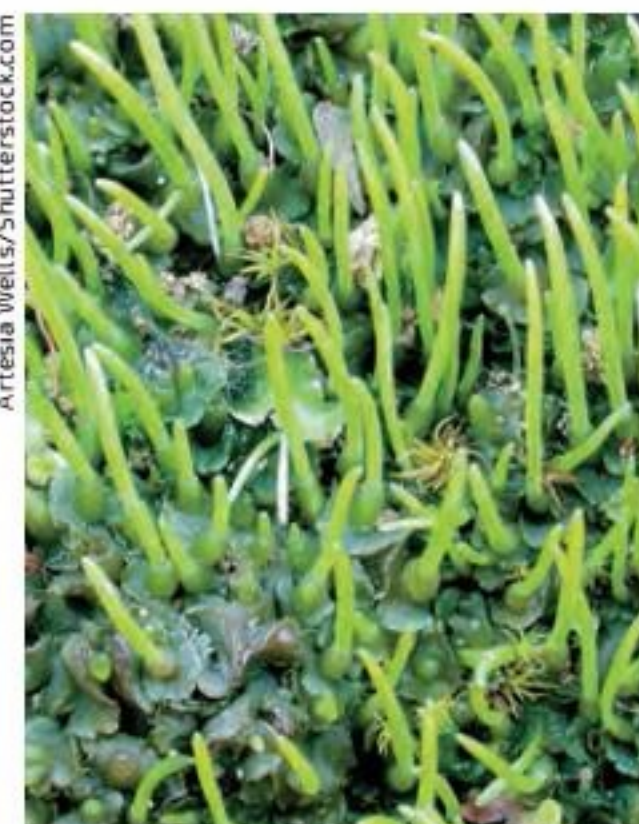
Hepatica nobilis: pode atingir de 10 cm a 15 cm de altura.

Musgo: pode atingir 1,5 cm de altura.

Polytrichum sp.: pode atingir de 4 cm a 30 cm de altura.



Hepatica nobilis, representante do filo Hepatophyta.



Anthoceros sp., representante do filo Anthoceroophyta.



Polytrichum sp., representante do filo Bryophyta.

Atualmente, os musgos (filo Bryophyta) são o grupo mais representativo das briófitas, com pelo menos 9500 espécies. No entanto, novas espécies são descobertas continuamente, principalmente na região dos trópicos.

****Bryophyta é o nome taxonômico do filo formado unicamente por musgos; o termo briófita é usado para se referir a todas as plantas atraqueófitas.

Reprodução das briófitas

As briófitas são organismos que dependem da existência de água no ambiente para sua reprodução, pois os gametas masculinos (anterozoides) são flagelados e precisam nadar em direção ao gameta feminino para que ocorra a fecundação. O gametófito das briófitas corresponde à planta adulta e fotossintetizante, e é o estágio dominante e duradouro do ciclo de vida. O esporófito, por sua vez, localiza-se sobre o gametófito e é dependente nutricionalmente dele. Além disso, está presente apenas em parte do ciclo de vida das briófitas.

Ciclo de vida das briófitas

Assim como os demais grupos de plantas, o ciclo reprodutivo das briófitas apresenta alternância de gerações. Observe, a seguir, o ciclo de vida de um musgo.

Representação do ciclo de vida de um musgo

1 O **esporófito** apresenta, em sua extremidade, o **esporângio**, cujas células em seu interior sofrem meiose e originam os esporos, estruturas unicelulares e haploides.

2 O esporo liberado no ambiente passa por inúmeras mitoses e inicia sua **germinação**, originando uma estrutura filamentosa ramificada, denominada **protonema**, que corresponde ao gametófito jovem.

3 O gametófito, haploide e multicelular, torna-se maduro, fotossintetizante e capaz de formar gametas. Nessa estrutura, os gametângios masculino (**anterídio**) e feminino (**arquegônio**) produzem os **anterozoides** e a **oosfera**, respectivamente.

4 Os anterozoides são liberados no meio externo e, na presença de água, nadam ou são lançados por gotas de chuva em direção ao arquegônio mais próximo para fecundar a oosfera.

5 A fusão dos dois gametas (**fertilização**), no interior do arquegônio, resulta na formação do **zigoto**, uma célula diploide. Este permanece no interior do arquegônio, onde, por meio de inúmeras mitoses, dá origem a um **embrião**, multicelular e diploide.

6 O desenvolvimento do embrião resulta no esporófito, que permanece fixo ao gametófito, absorvendo água e nutrientes. O esporófito maduro produz um esporângio e reinicia o ciclo de vida do musgo.

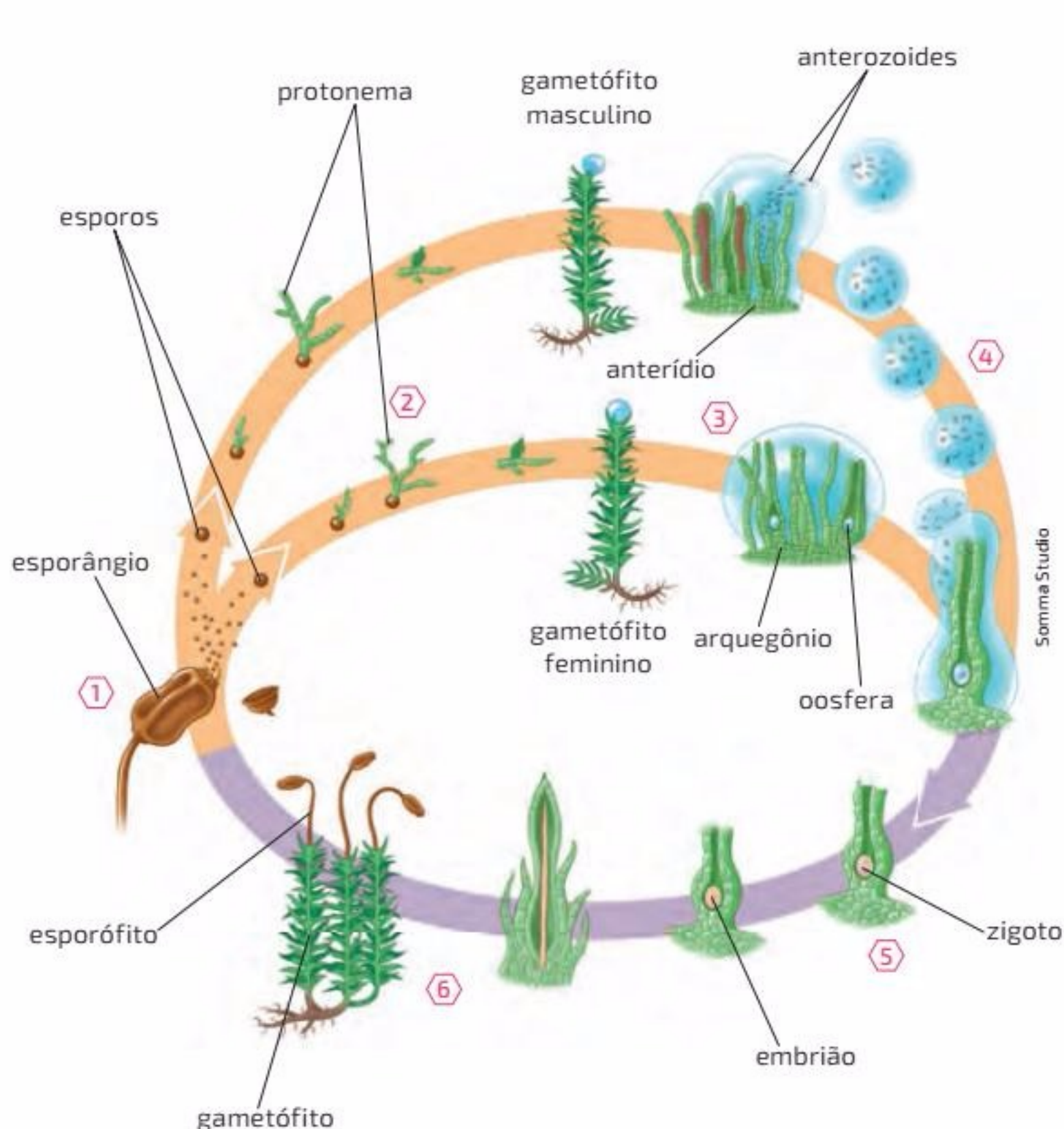


Ilustração produzida com base em: CAMPBELL, N. A. et al. Biology. 8. ed. San Francisco: Pearson Benjamin Cummings, 2009. p. 607.

Muitas briófitas também podem se reproduzir assexuadamente. Isso pode ocorrer por fragmentação, na qual pequenas porções de tecido formam um gametófito completo, ou por gemas, que são corpos multicelulares capazes de formar novos gametófitos.

O gametófito pode ser unissexual, ou seja, possuir arquegônio ou anterídio, ou ser bissexual e apresentar os dois tipos de gametângios.

3. Plantas altas têm mais acesso à captação da luz solar do que plantas mais baixas, as quais podem ser sombreadas por outras. A maior quantidade de luz solar resulta em aumento da taxa fotossintética, que é um processo essencial ao desenvolvimento e à sobrevivência das plantas.

3. Qual é a vantagem de uma planta atingir maiores alturas em um ambiente com incidência de luz solar?

Pteridófitas

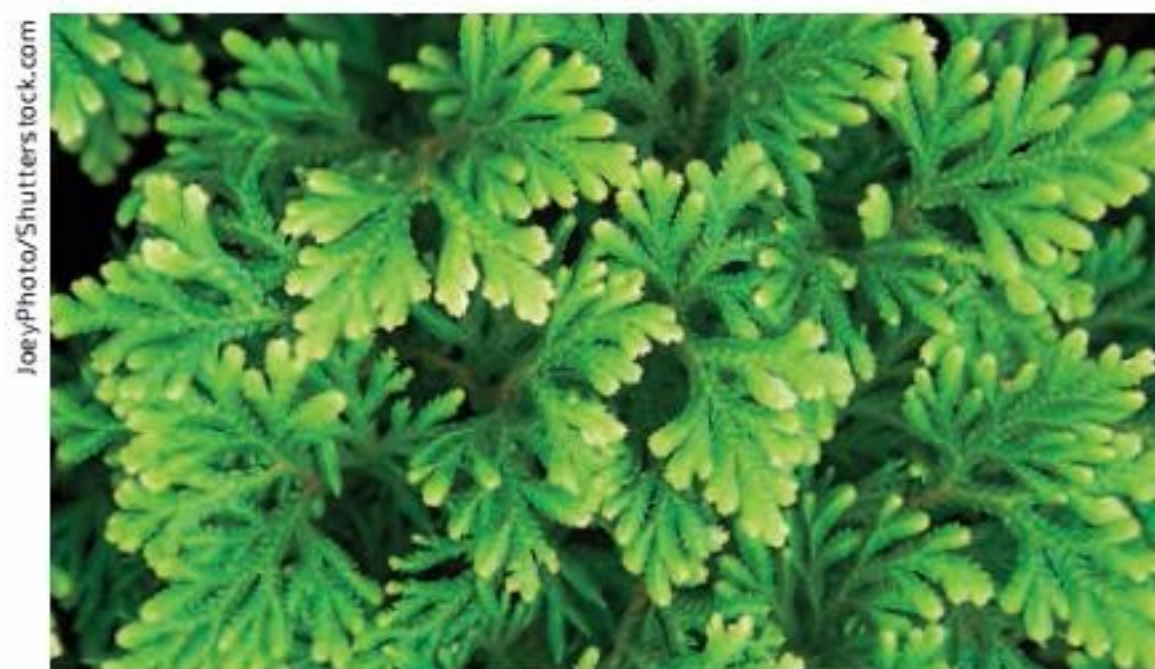
*Esse é o principal elemento condutor de água do xilema nas pteridófitas e gimnospermas. Nas angiospermas, o "elemento de vaso" é o principal componente do xilema.

As pteridófitas são vegetais vasculares que possuem raiz, folha e caule diferenciados e com funções específicas. Elas são o primeiro grupo de plantas vasculares que surgiu na superfície terrestre. Os fósseis dos precursores das traqueófitas atuais datam de 420 milhões de anos atrás. Acredita-se que, em algum momento da Era Paleozoica (entre 542 e 251 milhões de anos atrás), a geração esporófitica de uma atraqueófitas produziu um novo tipo de célula, a **traqueíde***, a qual está presente em todas as traqueófitas e compõe o tecido vascular do xilema.

A existência de um sistema vascular possibilitou que essas plantas atingissem alturas maiores,** como é o caso de algumas samambaias arbóreas do gênero *Cyathea*, que podem atingir mais de 20 metros de altura. Além das samambaias, essas plantas são representadas por licopódios, cavalinhas, psilófitas, entre outras.

Os gametas masculinos das pteridófitas possuem flagelo. Por isso, esse grupo de plantas depende da água para sua reprodução, e esse é, também, um dos motivos pelos quais as plantas vasculares sem sementes são mais comuns em ambientes úmidos, na atualidade.

As plantas vasculares sem sementes incluem quatro filos: as licófitas (filo Lycophyta), as psilófitas (filo Psilotophyta), as esfenófitas (filo Sphenophyta) e as pterófitas (filo Pterophyta).



Selaginella tamariscina, representante do filo Lycophyta.

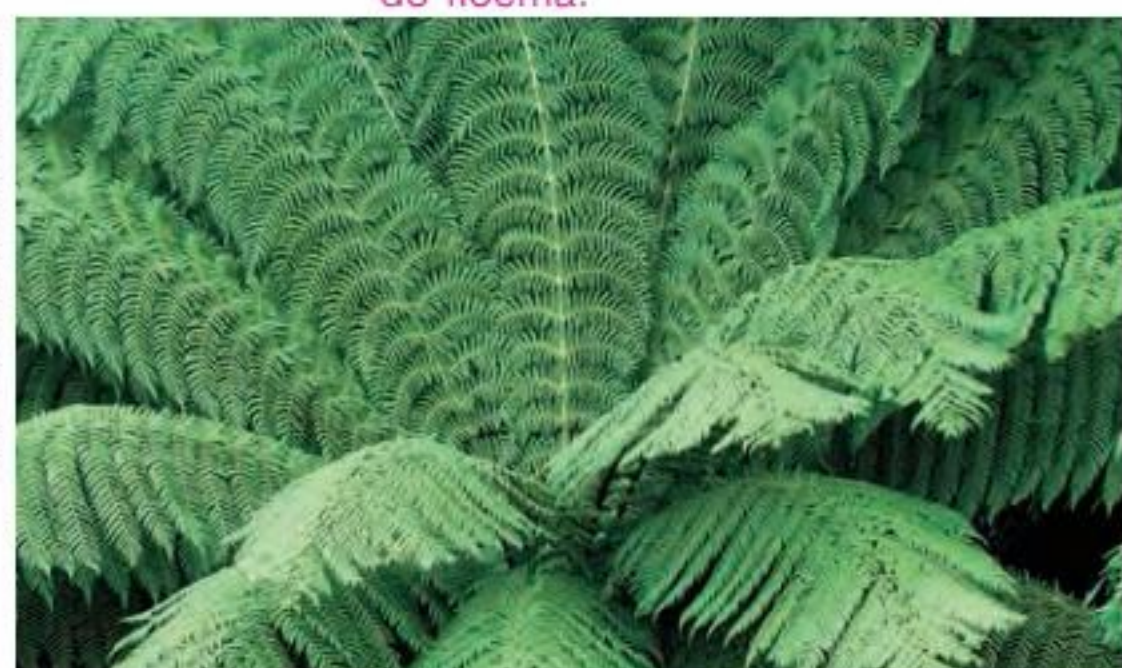
**Informe aos alunos que as traqueídes possuem paredes celulares rígidas em razão da impregnação de lignina, o que auxilia na sustentação da planta. Essa lignificação não ocorre nas células do floema.



Psilotum nudum, representante do filo Psilotophyta.



Equisetum sp., representante do filo Sphenophyta.



Dicksonia antarctica, representante do filo Pterophyta.

Ser vivo adulto

Dicksonia antarctica: pode atingir 6 m de altura.

Equisetum sp.: pode atingir 60 cm de altura.

Psilotum nudum: pode atingir 50 cm de altura.

Selaginella tamariscina: pode atingir 15 cm de altura.

4. O sistema vascular permite a troca eficiente de substâncias entre a parte aérea da planta e suas raízes, garantindo uma distribuição eficiente em todo o corpo da planta.

4. Qual é a vantagem da existência do sistema vascular nas plantas com relação à distribuição de substâncias no ser vivo?

Atualmente, as samambaias (filo Pterophyta) são os representantes mais abundantes e diversificados das traqueófitas sem sementes e possuem mais de 12 mil espécies.

O sistema vascular das pteridófitas é composto por dois tipos de tecido: o xilema e o floema. O xilema transporta as substâncias absorvidas pelas raízes, como água e sais minerais (seiva do xilema***), para as demais partes da planta, onde serão utilizadas, por exemplo, na realização da fotossíntese.

Já o floema é o tecido vascular que transporta os açúcares (seiva do floema****), que são os produtos da fotossíntese das regiões de produção (geralmente as folhas) ou armazenamento para as áreas onde essas substâncias serão utilizadas ou armazenadas, incluindo as raízes.

***A seiva do xilema é também conhecida como seiva bruta ou inorgânica.

****A seiva do floema é também conhecida como seiva elaborada ou orgânica.

Reprodução das pteridófitas

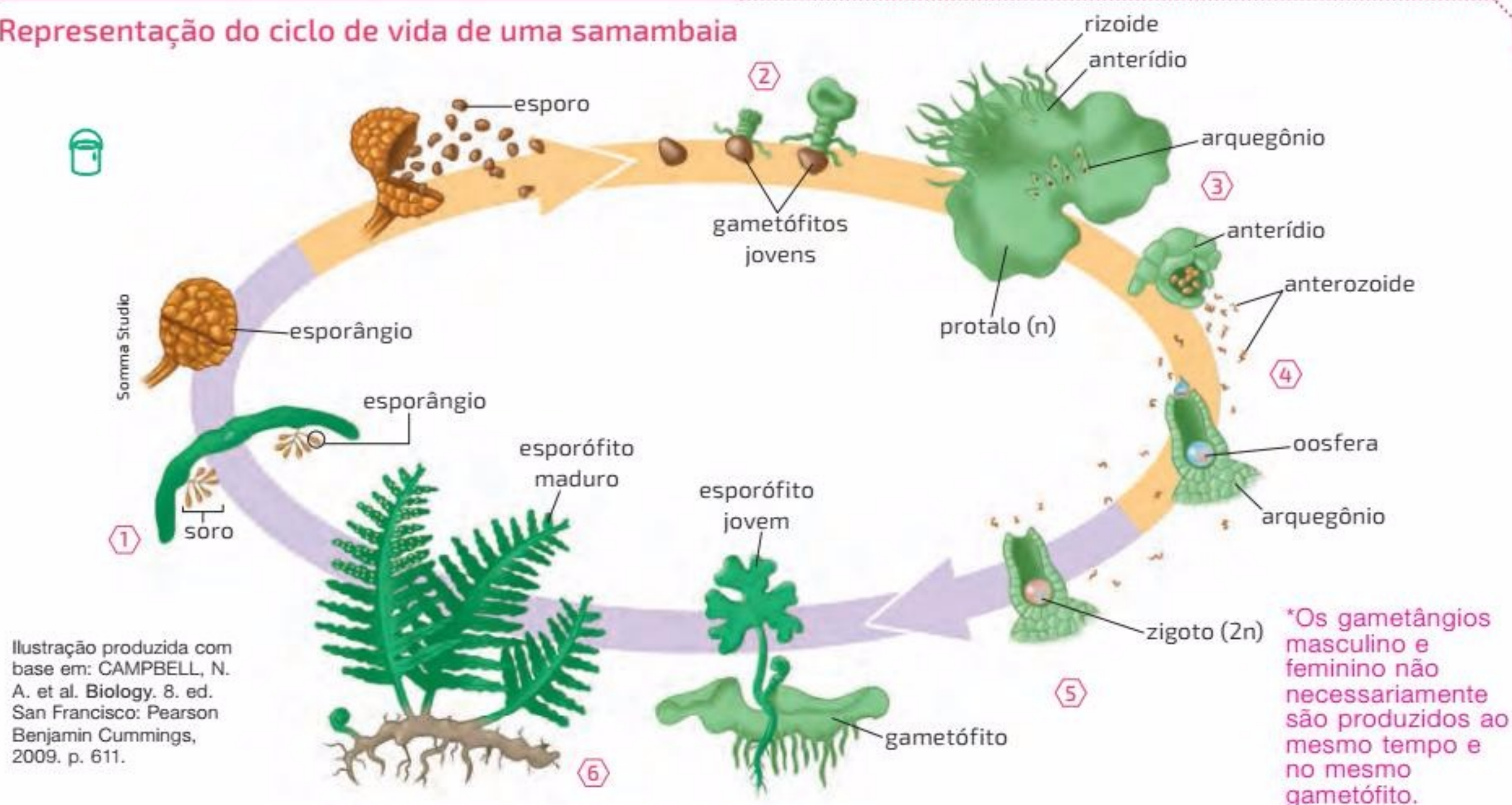
Nas pteridófitas, o esporófito é dominante em relação ao gametófito e não depende dele para sua nutrição. Trata-se de uma estrutura permanente que apresenta grande diferenciação anatômica e morfológica. Já o gametófito é pequeno (raramente apresenta mais de 1 ou 2 cm de altura) e efêmero, ou seja, de pouca duração. Observe, a seguir, o ciclo de vida de uma samambaia.

Ser vivo adulto

Samambaiaçu: pode atingir 10 m de altura.



Representação do ciclo de vida de uma samambaia



① Nas samambaias, o esporófito produz aglomerados de esporângios, conhecidos como **soros**, os quais se localizam na face inferior das folhas ou em suas bordas. Nos soros, os **esporângios** possuem células que sofrem meiose e originam **esporos**, estruturas haploides. ② O esporo é liberado no ambiente e inicia sua **germinação** por meio de inúmeras mitoses, resultando na formação do **gametófito**. Este se desenvolve rapidamente em uma estrutura membranosa achatada, o **protalo**, dotado de rizoides que o fixam no substrato. ③ O gametófito (protalo) é haploide, multicelular e apresenta os **gametângios*** em sua superfície ventral. O **anterídio** origina os **anterozoídeos** multiflagelados e o **arquegônio** origina a **oosfera** imóvel. ④ Os anterozoídeos são liberados no meio externo e, na presença de água, nadam ou são lançados por gotas de chuva em direção ao arquegônio mais próximo, que pode estar na mesma planta ou em uma planta vizinha, para fecundar a oosfera. ⑤ A fusão dos dois gametas no interior do arquegônio resulta na formação do **zigoto**, uma célula diploide que permanece no interior do arquegônio onde, por meio de inúmeras mitoses, dá origem a um **embrião**, multicelular e diploide. ⑥ O embrião é inicialmente nutrido pelo gametófito, mas como seu desenvolvimento é rápido, logo se torna uma planta independente (**esporófito**) com raízes e, então, o gametófito se desintegra.



Biologia e Ambiente

Xaxim: ameaça de extinção

A samambaia *Dicksonia sellowiana*, popularmente conhecida como samambaia-imperial ou samambaiaçu, é uma planta nativa da Mata Atlântica. Do seu caule pode ser extraído o xaxim, que era utilizado na fabricação de vasos e também como substrato para outras plantas ornamentais.

A *D. sellowiana* leva cerca de 60 anos para atingir um tamanho adequado para a produção de xaxim, o que torna inviável a sua comercialização. Além disso, a intensa extração do xaxim contribuiu com a devastação das florestas nativas da Mata Atlântica. Com isso, essa atividade passou a ser proibida e considerada crime ambiental.



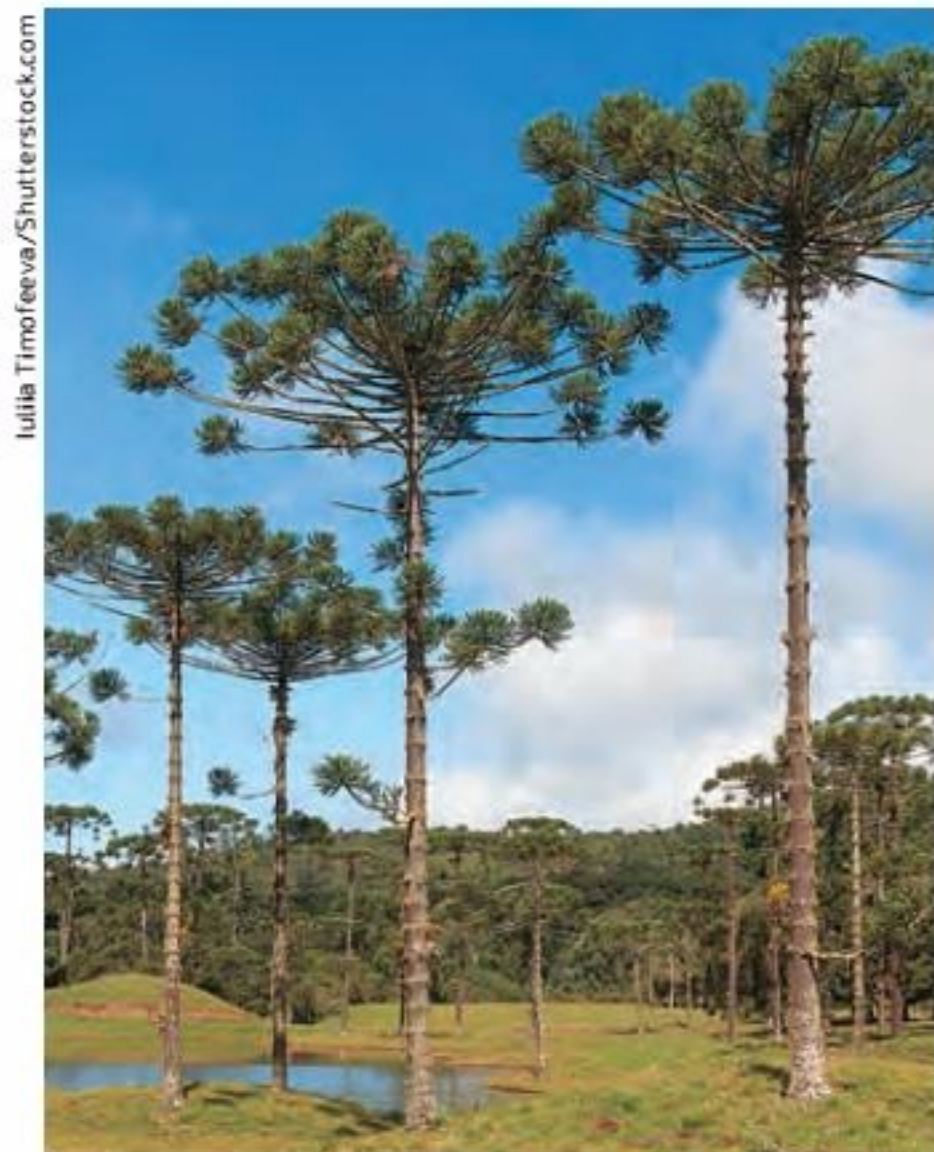
Samambaiaçu.

Gimnospermas

5. Porque essas plantas dependem da disponibilidade de água para se reproduzir e a maioria delas não suporta a escassez de água no ambiente, característica do novo clima terrestre.

5. Por que o novo clima terrestre prejudicou a existência das briófitas e pteridófitas?

As primeiras plantas produtoras de sementes, chamadas gimnospermas, datam de 360 milhões de anos atrás. Na época do seu surgimento, ocorreram mudanças climáticas muito bruscas na Terra, o clima tornou-se mais seco e frio, prejudicando as briófitas e as pteridófitas. Esse clima favoreceu o desenvolvimento de espécies de gimnospermas, plantas mais resistentes, que se tornaram o grupo vegetal dominante durante o período Mesozoico (entre 251 e 65,5 milhões de anos atrás).



Pinheiros-do-paraná (*Araucaria angustifolia*), representante do grupo das gimnospermas.



Estróbilos da espécie *Pinus rigida*.



O surgimento das gimnospermas trouxe novidades evolutivas, como a presença da semente e do grão de pólen. A **semente** proporcionou proteção, pois o embrião estaria envolvido por um tecido nutritivo e por uma casca; e o **grão de pólen** possibilitou que a planta se reproduzisse sem depender da água. Esse grupo representou a conquista do ambiente terrestre pelas plantas.

As gimnospermas são um grupo de plantas vasculares com sementes e sem flores. Por isso, suas sementes são chamadas nuas, ou seja, não são protegidas por frutos, como no caso das angiospermas*. Os representantes das gimnospermas podem atingir grandes alturas, chegando a ultrapassar os 100 m, como é o caso das sequoias (*Sequoia* sp.). *Informe aos alunos que esse grupo será estudado no capítulo 5 deste volume.

Apesar de, atualmente, existirem apenas cerca de 750 espécies de gimnospermas, ainda é possível encontrar grandes áreas terrestres cobertas por esse grupo de plantas, como as florestas de coníferas, no Hemisfério Norte, e a Floresta de Araucárias**, no Brasil. As plantas desse grupo, comumente, apresentam canais resiníferos, que secretam substâncias protetoras das plantas contra determinados animais, como os insetos. **Também conhecida como Floresta Ombrófila Mista, uma das formações vegetais que compõem a Mata Atlântica.

Diferentemente das briófitas e das pteridófitas, que produzem apenas um tipo de esporo (homosporia)***, as plantas vasculares com sementes são heterósporas, ou seja, produzem diferentes tipos de esporos, um masculino (microsporo) e um feminino (megásporo), em dois tipos diferentes de esporângios (microsporângio e megasporângio). ***Algumas poucas espécies de pteridófitas apresentam heterosporia.

Esses esporângios são agrupados em estruturas especializadas e bissexuais, os chamados **cones** ou **estróbilos**, que são formados por folhas modificadas em torno de esporângios organizados em um eixo. Eles podem estar presentes em uma mesma planta, denominada monoica, ou em plantas diferentes, chamadas dioicas.

Nas gimnospermas, o megasporângio é envolto e protegido por um tecido do esporófito, o tegumento, o qual, juntamente com o megasporângio e seu esporo, formam o **óvulo**. Após a formação do embrião, surge ao seu redor um tecido nutritivo, destinado à sua nutrição durante o seu desenvolvimento. Todo o óvulo origina a semente.



Ser vivo adulto

Araucária: pode atingir 35 m de altura.

Sementes de pinhão formadas pelo esporófito jovem (embrião), pelo tecido nutritivo e pela camada protetora (casca).

As gimnospermas atuais abrangem quatro filos: as cicadófitas (filo Cycadophyta), as gincófitas (filo Ginkgophyta), as gnetófitas (filo Gnetophyta) e as coníferas (filo Coniferophyta).

Dessas, as coníferas são as representantes mais numerosas, compreendendo mais de 550 espécies, entre elas as sequoias e os pinheiros. Veja alguns exemplos de gimnospermas ao lado.

Sequoia-gigante, representante do filo Coniferophyta.



Ginkgo biloba, único representante do filo Ginkgophyta.

Ser vivo adulto

Ginkgo biloba: pode atingir 35 m de altura.

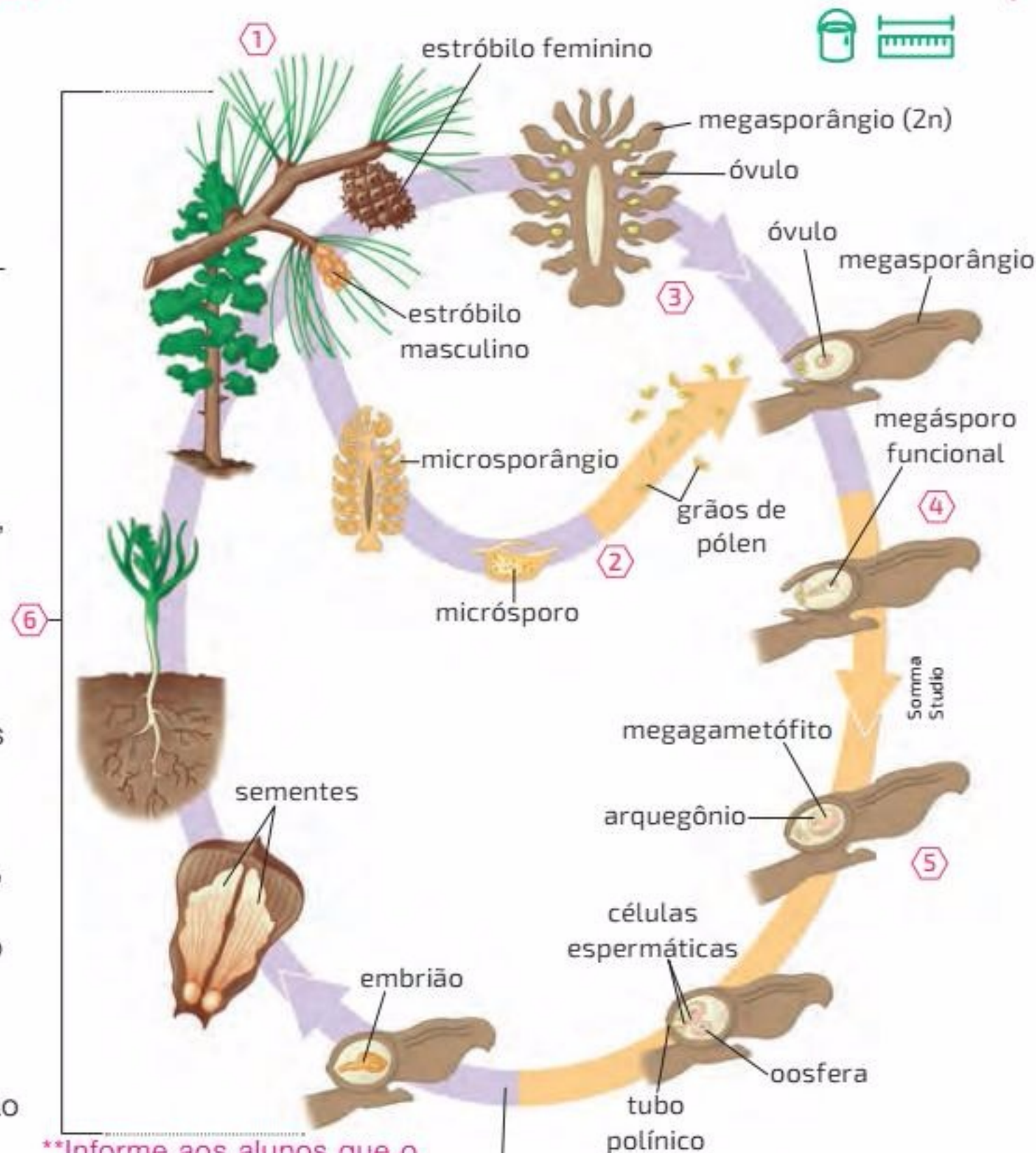
Sequoia-gigante: pode atingir 83,8 m de altura.

Reprodução das gimnospermas

A redução do gametófito continuou ao longo da evolução das plantas terrestres, chegando a se tornar microscópico nas plantas vasculares. Nas gimnospermas, há domínio do esporófito sobre o gametófito, o qual se desenvolve dentro do megasporângio, uma vez que o megásporo não é liberado no ambiente. Além disso, elas possuem reprodução independente da água. Observe, a seguir, o ciclo de vida de um pinheiro.

Representação do ciclo de vida de um pinheiro

- ① O esporófito adulto contém os estróbilos masculino e feminino. **Algumas espécies podem ser dioicas.*
- ② Pela meiose, as células contidas nos microsporângios originam os **micrósporos** nos cones de pólen (masculino). Antes de serem liberados no ambiente, os micrósporos dividem-se por mitose, originando o **gametófito masculino**, parcialmente desenvolvido (**grão de pólen**) e formado por quatro células. O grão de pólen é disperso principalmente pelo vento.
- ③ Ao encontrar o cone feminino dotado de óvulos, o grão de pólen produz o **tubo polínico**, que se alonga através da micrópila (abertura no tegumento) e segue pelo tecido feminino.
- ④ Em paralelo ao alongamento do tubo polínico, ocorre a meiose no megasporângio dando origem a quatro megásporos, dos quais apenas um é funcional.
- ⑤ O megásporo funcional fica retido no interior do megasporângio e origina o **megagametófito**, que contém o **arquegônio**, formador das **oosferas**. Ao mesmo tempo, no interior do tubo polínico, são formadas duas **células espermáticas** que atuam como gametas masculinos^{***}. Quando o tubo polínico alcança o gametófito feminino, as células espermáticas são liberadas no gametófito feminino; uma delas degenera, e a outra se une à **oosfera** (fertilização).
- ⑥ O zigoto resultante da fertilização divide-se várias vezes, formando o **embrião** (esporófito jovem), o qual fica dentro da semente, e esta, em condições ideais, germina e dá origem a um novo esporófito adulto, dotado de estróbilos masculinos e femininos.



****Informe aos alunos que o gametófito masculino das gimnospermas e de outras plantas com sementes não formam anterídios (gametângio).**

6. Qual é a importância do tubo polínico na reprodução das gimnospermas?

Ilustração produzida com base em: CAMPBELL, N. A. et al. Biology. 8. ed. San Francisco: Pearson Benjamin Cummings, 2009. p. 624.

*****Nessa etapa, o grão de pólen é considerado maduro.**

6. O tubo polínico direciona a célula espermática (gameta masculino) ao encontro da oosfera, possibilitando a fertilização independente da água.

Polinização e germinação nas gimnospermas

O processo de transferência do grão de pólen (gametófito masculino) para o gametófito feminino recebe o nome de **polinização**. No caso das gimnospermas, o principal agente polinizador é o vento, e esse processo é denominado **anemofilia**.

Liberação de grãos de pólen em *Pinus sylvestris*. Os grãos de pólen podem apresentar adaptações anatômicas que facilitam seu transporte pelo vento.

Após a formação do embrião, ele entra em estado latente, ou seja, cessa seu desenvolvimento. Enquanto isso, a semente amadurece e é liberada no ambiente. A partir disso, sob condições adequadas, ocorre a **germinação** da semente, ou seja, a retomada do desenvolvimento do embrião. As condições necessárias para a germinação envolvem, por exemplo, a maturação do embrião, a permeabilidade do envoltório da semente à água e ao gás oxigênio, as quantidades adequadas de água, o gás oxigênio e a luz solar, entre outras condições.

7. Qual é a importância da polinização para as plantas com sementes?

Algumas sementes podem permanecer latentes por longos períodos de tempo. Tal comportamento garante uma vantagem das plantas com semente em relação às sem semente, pois os embriões das briófitas e das pteridófitas desenvolvem-se em esporófito, independentemente das condições ambientais, aumentando as possibilidades de morte do indivíduo. *Cerca de metade das espécies de coníferas possui tecidos macios e carnosos associados às sementes, favorecendo sua dispersão por certos animais.

Ser vivo adulto

Gralha-azul: pode atingir 89 cm de comprimento.

***Pinus sylvestris*:** pode atingir 25 m de altura.

7. A polinização possibilita o movimento do gameta masculino e a fertilização na ausência de água líquida.

Gralha-azul.

Biologia e Cultura

A lenda da gralha-azul

A lenda da gralha-azul faz parte do folclore paranaense e conta a história da amizade entre um corvo e uma araucária, planta pertencente ao grupo das gimnospermas.

Certa noite, um lenhador tentou derrubar uma araucária para obter sua madeira. Um corvo, que costumava dormir na copa da árvore, acordou assustado e, temendo pela vida da árvore, voou ao céu em busca de ajuda. Lá, encontrou um anjo que

lhe designou a missão de cuidar e defender as araucárias na Terra. O anjo também lhe disse que, conforme retornasse à floresta, sua penugem preta se tornaria azul, em gratidão a sua preocupação com a árvore. O corvo retornou tão rápido que sua cor não mudou por completo. As penas da cabeça, do peito e de parte das costas permaneceram negras, enquanto o resto de seu corpo tornou-se azul. Após a mudança de cor, o corvo passou a ser chamado de gralha-azul e, desde então, zela pela sobrevivência das araucárias.

A gralha-azul (*Cyanocorax caeruleus*) alimenta-se dos pinhões da araucária (*Araucaria angustifolia*) e enterra-os para comê-los em épocas de escassez de alimento. Porém, a ave geralmente não localiza todas as sementes enterradas, as quais acabam germinando e contribuindo para a conservação da espécie.





Veja as respostas das questões desta seção nas **Orientações para o professor**.

1. Como as plantas favoreceram o estabelecimento de outras formas de vida no ambiente terrestre?
2. As plantas evoluíram, provavelmente, a partir de qual grupo de organismos?
3. No caderno defina:
 - a) gametófito;
 - b) esporófito;
 - c) alternância de gerações.
4. Por que as briófitas e as pteridófitas são mais comuns em locais úmidos e sombreados?
5. Por que as briófitas não atingem grandes tamanhos?
6. Em quais plantas surgiram os vasos condutores e quais são as vantagens de sua presença?
7. Que vantagens o desenvolvimento da semente trouxe às gimnospermas em relação às briófitas e às pteridófitas?
8. No caderno, faça um esquema de uma semente de gimnosperma, indicando suas partes e a importância de cada uma delas.

9. Observe, ao lado, a descrição das características de algumas plantas, numeradas de 1 a 3.

- a) Identifique os grupos vegetais aos quais as plantas 1, 2 e 3 pertencem.
- b) Organize as plantas identificadas em ordem decrescente de complexidade de organização.

Planta	Possui vasos condutores	Possui sementes	Possui frutos
1	Sim	Sim	Não
2	Sim	Não	Não
3	Não	Não	Não

10. Com relação às briófitas, às pteridófitas e às gimnospermas, reescreva as frases a seguir no caderno, corrigindo-as se necessário.

- a) As briófitas possuem sistema vascular e seu corpo apresenta raiz, caule e folhas verdadeiras.
- b) Os gametângios são estruturas diploides que originam esporos, e os esporângios são estruturas haploides que originam gametas por meiose.
- c) Os anterozoides são os gametas masculinos, formados em estruturas chamadas arquegônios. A oosfera, gameta feminino, é formada no anterídeo.
- d) A maioria das briófitas e das pteridófitas apresenta adaptações que lhes permitem sobreviver em ambientes ensolarados e secos.
- e) Uma das diferenças entre as briófitas e as pteridófitas é a presença de sementes nesta última.
- f) Nas pteridófitas, o gametófito chama-se protalo e constitui a fase duradoura do ciclo reprodutivo.
- g) Nas gimnospermas, os micrósporos são células reprodutivas femininas, e os megásporos são células reprodutivas masculinas.
- h) As gimnospermas distinguem-se das pteridófitas pela presença de flores.
- i) Anemofilia é a polinização feita pela água.
- j) Nas plantas, os gametas são originados por meiose.

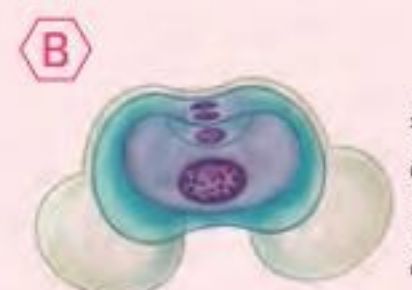
11. Observe as ilustrações ao lado e responda às questões propostas.

- a) Explique em quais grupos estão presentes essas estruturas.
- b) O agente abiótico que promove a polinização é o mesmo em A e B? Justifique.
- c) Qual das estruturas é mais vantajosa para uma planta em ambiente terrestre? Por quê?

Ilustrações produzidas com base em: RAVEN, P. H.; EVERT, R. F.; EICHORN, S. E. *Biologia vegetal*. 6. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2001. p. 130.



Anterozoide.



Grão de pólen.

12. Observe o esquema abaixo e responda às questões propostas.



- a) Identifique as estruturas indicadas pelas letras A, B, C, D, E, F e G e informe se elas são haploides (n) ou diploides (2n).
 - b) Quais são os estágios do ciclo de vida das gimnospermas em que ocorre divisão celular por meiose? E por mitose?
 - c) A árvore representada no esquema acima é monoica ou dioica? Justifique.
 - d) Pode-se afirmar que os esporos das gimnospermas são dispersos no ambiente como nas briófitas e nas pteridófitas?
 - e) O que é heterosporia?
13. (UEM-PR) Sobre as briófitas, é correto afirmar que:
- 01) apresentam reprodução assexuada através de gemas ou de propágulos, que se soltam da planta mãe, são levados pela água e dão origem a um novo indivíduo.
 - 02) o embrião desenvolve-se por mitose e forma um esporófito diploide, que é dependente do gametófito para sua nutrição.
 - 04) apresentam esporângios agrupados em estruturas chamadas de soros, as quais aparecem na face inferior dos filóides.
 - 08) possuem ciclo de vida com alternância de fases haploides e diploides.
 - 16) a fase esporofítica apresenta rizoides, cauloides e filóides.
14. (Udesc-SC) A respeito das características gerais das briófitas, é correto afirmar que:
- a) apesar de a maioria dos musgos preferir locais úmidos e sombreados, podem ser encontradas espécies adaptadas a ambientes desérticos e polares.
 - b) a fixação do vegetal ocorre pela ação de raízes verdadeiras, as quais também desempenham o importante papel de absorver a água e os sais minerais essenciais à sobrevivência da planta.
 - c) a presença de um câmbio vascular* permite que esses vegetais possam atingir tamanho de até 1 metro de altura.
 - d) o ciclo de vida das briófitas caracteriza-se pela alternância de gerações com uma fase esporofítica, haploide e uma fase gametofítica, diploide.
 - e) o esporófito das briófitas é a forma duradoura do vegetal, sendo responsável por garantir a sua sobrevivência. A partir dele desenvolve-se o gametófito, com função reprodutiva.

*Observado apenas em angiospermas, é um tecido cilíndrico constituído por células que se dividem frequentemente, formando novos tecidos de xilema e floema.

15. (UEM-PR) Sobre o ciclo de vida das plantas, é correto afirmar que:
- 01) gametófito é a fase haploide que possui gametângios, onde são produzidos os gametas por mitose.
 - 02) esporófito é a fase diploide, que possui esporângios, onde são produzidos os esporos por meiose.
 - 04) gametângios são estruturas diploides responsáveis pela produção de esporos.
 - 08) gimnospermas e angiospermas apresentam homosporia, uma vez que formam dois tipos de esporos, os micrósporos e os megásporos.
 - 16) nas briófitas a fase gametofítica é haploide e também a mais duradoura, sendo independente do esporófito.

16. (UEL-PR) As samambaias pertencem ao grupo das pteridófitas, as quais possuem características adaptativas que permitiram a conquista do ambiente terrestre com mais eficiência que o grupo das briófitas.

Sobre as adaptações morfológicas e reprodutivas que possibilitaram o sucesso das pteridófitas no ambiente terrestre, considere as afirmativas a seguir.

- | | |
|---------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|
| I) A predominância da fase esporofítica. | A alternativa correta é: |
| II) O aparecimento dos tecidos xilema e floema. | a) Somente as afirmativas I e II são corretas. |
| III) O desenvolvimento de rizoides para fixação. | b) Somente as afirmativas I e IV são corretas. |
| IV) O surgimento dos esporos para reprodução. | c) Somente as afirmativas III e IV são corretas. |
| | d) Somente as afirmativas I, II e III são corretas. |
| | e) Somente as afirmativas II, III e IV são corretas. |

17. (Ufla-MG) Com relação às características das briófitas e das pteridófitas, são feitas as seguintes afirmativas:

- I) Briófitas são plantas avasculares, e pteridófitas foram as primeiras plantas vasculares que surgiram na Terra.
- II) Briófitas dependem de água do meio ambiente para a fecundação e, nas pteridófitas, é que se verifica uma total independência do meio líquido para a fecundação.
- III) Nas briófitas, a geração duradoura é gametofítica e, enquanto nas pteridófitas, a geração perene é a esporofítica.
- IV) A propagação das briófitas depende da explosão dos esporângios, e a das pteridófitas depende da dispersão de grãos de pólen pelo vento.

A alternativa correta é:

- a) Somente as afirmativas I e II são verdadeiras.
- b) Somente as afirmativas II e III são verdadeiras.
- c) Somente as afirmativas I e III são verdadeiras.
- d) Somente as afirmativas III e IV são verdadeiras.

18. (Udesc-SC) A respeito das características de plantas gimnospermas é correto afirmar que:

- a) são espermatófitas* e possuem sementes protegidas pelo fruto.
- b) apresentam rizoide, caulóide e sementes.
- c) não apresentam vasos condutores.
- d) possuem flor, filoide e órgão reprodutor escondido.
- e) são vasculares traqueófitas, e suas sementes são “nuas”. Não produzem frutos.

*Termo usado por alguns autores para se referir às plantas com sementes.

Refletindo sobre o capítulo

Veja as respostas das questões desta seção nas Orientações para o professor.

- A Qual é a principal diferença entre a produção de gametas em plantas e em animais?
- B Cite três adaptações adquiridas ao longo da evolução dos grupos de plantas estudados neste capítulo, que auxiliaram na conquista do ambiente terrestre.

Uma das gimnospermas mais conhecidas no Brasil é a araucária, árvore do tipo perenifólia (não perde as folhas), pioneira, de grande porte (com até 50 metros de altura) e que chega a viver até 700 anos. Essa árvore produz a pinha, que pode conter até 150 sementes, chamadas pinhões. O pinhão é muito nutritivo e apreciado tanto pela fauna silvestre quanto pelo ser humano.

A reprodução dessas gimnospermas na natureza não é um processo simples, pois cada planta apresenta um tipo de estróbilo: feminino ou masculino. Para que ocorra a fecundação, o grão de pólen proveniente do estróbilo masculino precisa alcançar o estróbilo feminino, que está em outra planta. Esse encontro ocorre com o auxílio do vento e torna-se muito difícil quando as plantas não estão próximas.

Outro fator relevante para a reprodução das araucárias é o tempo de desenvolvimento e maturidade da planta. Essa árvore leva até 40 anos para atingir a maturidade plena e pelo menos 20 anos para começar a produzir os pinhões.

Naturalmente, ela era distribuída desde o estado do Rio Grande do Sul até Minas Gerais e Espírito Santo, compondo uma extensa área de florestas, que ocupavam regiões altas e onde as temperaturas eram mais baixas do Sul e do Sudeste do Brasil. A gravura a seguir foi produzida no século XIX e representa a ocorrência de araucárias na província de Minas Gerais.

Luciano Candisani/Minden Pictures/
Biosphoto/Other Images



Pinhas.



Johann Moritz Rugendas. 1827. Litografia sobre papel. 25,4 x 33,8 cm. Pinacoteca do Estado de São Paulo, São Paulo

RUGENDAS, Johann Moritz. Serra Ouro-Branco na província de Minas Gerais. 1827. Litografia, 25,4 cm x 33,8 cm.

Por apresentar uma madeira de densidade elevada, essas árvores foram muito utilizadas na marcenaria e na carpintaria, até a década de 1970. Essa exploração provocou uma intensa diminuição das populações naturais e, em um curto espaço de tempo, tornou as araucárias ameaçadas de extinção. Atualmente, o corte de araucárias é proibido e passível de punição aos proprietários que não seguirem a legislação.

Outro fator que agravou ainda mais a situação da araucária foi o plantio de diversas outras espécies vegetais com crescimento rápido, para exploração da madeira, pois a espécie perdeu espaço no reflorestamento brasileiro.

Dessa forma, em virtude da pequena quantidade de araucárias existentes na natureza, observa-se uma redução do processo natural de polinização, pois o grão de pólen deve ser carregado até encontrar uma araucária adulta em fase reprodutiva, para chegar ao estróbilo feminino e realizar a fecundação.

A dispersão das sementes realizadas preferencialmente pela gralha-azul também sofreu uma drástica diminuição, pois a espécie que transporta o pinhão no bico, para se alimentar, também teve sua população reduzida.

Nesse processo, muitas vezes, as sementes transportadas caíam do bico da ave e permaneciam no solo, que, em boas condições, germinava e favorecia a dispersão e a manutenção natural da araucária.

Semente de araucária germinando.



Fabio Colombini

Atualmente, são realizados estudos que visam diminuir o risco de extinção da araucária. Veja um exemplo no trecho da reportagem a seguir.

Pesquisa pode salvar o futuro de araucárias ameaçadas de extinção



[...] Uma pesquisa da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) pode salvar o futuro da araucária [...]. O projeto consiste em, basicamente, obter um plantio maior da espécie e ter uma reprodução antecipada [...]. A técnica é feita com uso de brotos extraídos da copa de árvores de araucárias adultas. As mudas são enxertadas e permitem que produtores obtenham árvores mais baixas, entre dois e cinco metros de altura [...].

JUSTI, Adriana. Pesquisa pode salvar o futuro de araucárias ameaçadas de extinção. G1. 25 abr. 2015. Disponível em: <<http://g1.globo.com/pr/parana/noticia/2015/04/pesquisa-pode-salvar-o-futuro-de-araucarias-ameacadas-de-extincao.html>>. Acesso em: 5 fev. 2016.

No processo de conservação dessa espécie vegetal, a tentativa inicial é manter a área atual para, então, desenvolver ações que sejam favoráveis ao seu aumento a longo prazo. Assim, são desenvolvidos estudos das possibilidades de recuperação tanto em áreas naturais quanto em áreas particulares, onde ocorre a interferência de produtores.

Veja as respostas das questões desta seção nas **Orientações para o professor**.

- Explique como a ação humana interferiu no processo reprodutivo das araucárias.
- Converse com os colegas sobre os projetos citados acima e como isso pode ser promissor para o futuro da espécie.

Pulverização de inseticida em plantação de soja, no município de Primavera do Leste, Mato Grosso, em 2011.

Ricardo Teles/Pulsar

capítulo 5 Angiospermas

D) Sim, pois os inseticidas são substâncias químicas que podem se acumular nos alimentos, tornando-os nocivos à saúde humana, e interferir na qualidade do alimento que consumimos. Já em relação à quantidade de alimento disponível, ao causar a morte de muitos insetos, que são o principal grupo de polinizadores das angiospermas, essas substâncias interferem na reprodução natural das plantas que são responsáveis pela produção de muitos dos alimentos que consumimos.

C) A maioria das angiospermas depende de polinizadores para que o grão de pólen, portador dos gametas masculinos, alcance os órgãos sexuais femininos, que possuem a oosfera. O uso de inseticidas pode causar a morte de muitos insetos polinizadores, necessários para a reprodução de algumas angiospermas.

No Brasil, o uso de agrotóxicos teve início por volta da década de 1950, com o objetivo de aumentar a produtividade das lavouras e de controlar as doenças nas plantações.

Atualmente, nosso país é o segundo maior produtor de alimentos do mundo, mas ocupa o primeiro lugar em consumo de agrotóxicos. Embora essas substâncias tragam benefícios à produtividade das lavouras, seu uso excessivo pode ocasionar danos tanto para a saúde dos seres vivos quanto para a própria produção de alimentos. Os chamados inseticidas são uma classe específica de agrotóxicos que provocam a morte dos organismos-alvo e também de muitos seres vivos essenciais à reprodução das angiospermas.

Grande parte dos alimentos que consumimos diariamente, como o arroz e o feijão, fazem parte desse grupo de plantas, essenciais à nutrição do ser humano e de outros animais.

- A** Que grupo de animais é o alvo de atuação dos inseticidas?
Os insetos que prejudicam lavouras.
- B** Qual é o papel de alguns desses animais na reprodução das angiospermas?
Alguns insetos, assim como outros animais, atuam como polinizadores desse grupo de plantas.
- C** Como o uso de inseticidas pode interferir na reprodução das angiospermas?
- D** É correto afirmar que o uso de inseticidas nas lavouras pode interferir na qualidade e na quantidade dos alimentos que consumimos? Explique.
- E** O uso de inseticidas poderia causar o mesmo impacto sobre a reprodução de briófitas, pteridófitas e gimnospermas? Justifique.
Não. No caso das briófitas e pteridófitas, a reprodução depende da água para ocorrer e não de um agente polinizador. Já nas gimnospermas, o grão de pólen é disperso pelo vento e não depende de organismos polinizadores para a reprodução.

► Evolução das angiospermas

A origem das angiospermas, chamada pelo inglês Charles Darwin (1809-1882) de “abominável mistério”, ainda hoje, é cercada de incertezas. Isso se deve ao fato de que as angiospermas surgiram repentinamente nos registros fósseis, não deixando muitas evidências de como teria ocorrido sua evolução.

Acredita-se que as angiospermas tenham surgido há cerca de 140 milhões de anos. Poucos milhões de anos após seu surgimento, esse grupo de plantas se diversificou rapidamente e passou a dominar muitos ecossistemas terrestres.

Atualmente, há indícios de que as angiospermas são intimamente relacionadas a um grupo extinto de plantas com sementes, as Bennettitales, cujos integrantes tinham estruturas semelhantes a flores e eram polinizados por insetos. As atuais plantas com sementes do filo Gnetophyta são consideradas os parentes vivos mais próximos das angiospermas.

► Características das angiospermas

Observe a fotografia abaixo.



Reconstituição, com base em fósseis, da flor *Amborella trichopoda*, que existiu há 80 milhões de anos. As características observadas nessa espécie dão uma ideia de como podem ter sido as primeiras angiospermas: flores pouco atrativas, tamanho reduzido, grande quantidade de estruturas reprodutivas, entre outras características.

Ser vivo adulto

Amborella trichopoda: pode atingir 8 m de altura.

Mangueira: pode atingir até 30 m de altura.

Trabalhador colhendo mangas no município de Petrolina, Pernambuco, em 2015.

1. Que parte do vegetal é colhida pelo trabalhador? **O fruto.**
2. Que estrutura da planta o origina? **A flor.**
3. A estrutura citada na questão anterior está presente nos grupos vegetais estudados no capítulo 4 deste volume? Comente.
Não. As briófitas, pteridófitas e gimnospermas não possuem frutos.

Nessa fotografia, é possível observar a principal característica de uma angiosperma: a presença de **frutos**. Estes se desenvolvem de partes de estruturas reprodutivas das plantas, também específicas desse grupo: as **flores**.

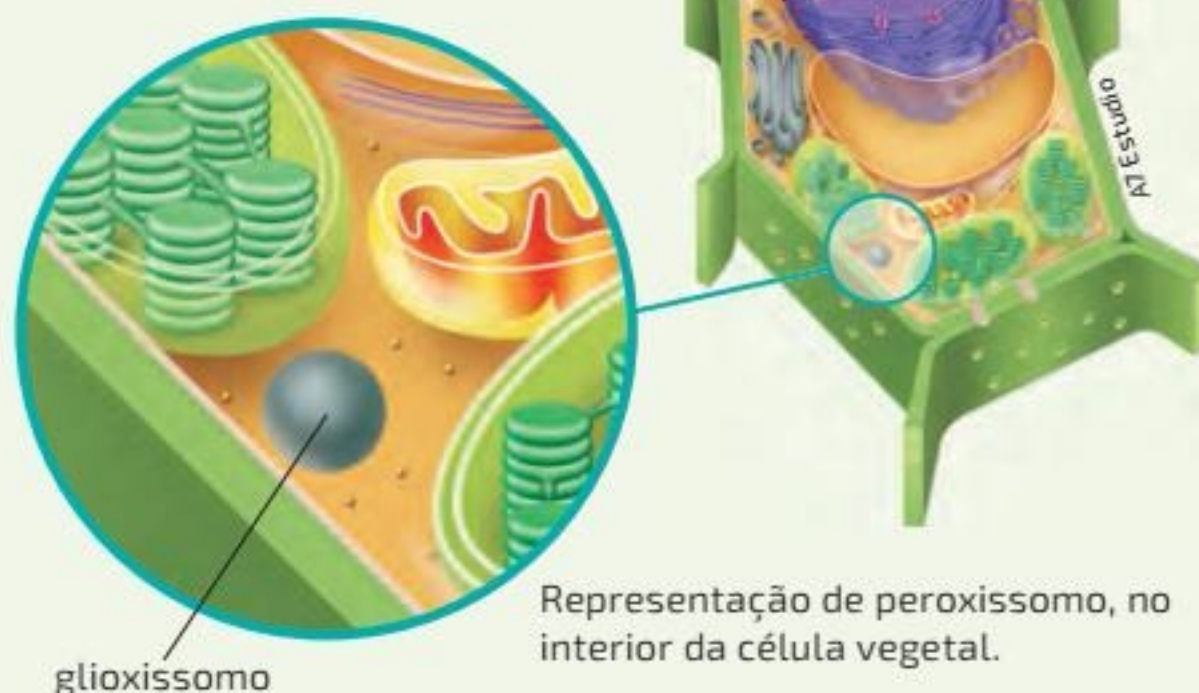
**Veja mais informações sobre peroxissomos nas Orientações para o professor.*

Glioxissomos

Você já estudou que os **peroxissomos** são organelas que atuam na neutralização do peróxido de hidrogênio (H_2O_2) produzido nas células*. Especificamente nas plantas, são muito importantes na realização da fotorrespiração, processo celular que consome gás oxigênio e libera dióxido de carbono.

Uma importante adaptação em plantas com sementes (gimnospermas e angiospermas) é a presença de um tipo específico de peroxissomo, conhecido como **glioxissomo****, essencial no processo de germinação da semente. Essa estrutura faz a conversão dos lipídios armazenados nos tecidos nutritivos da semente em sacarose. Esta é usada pelo embrião como fonte de energia e carbono até que a planta em desenvolvimento possa produzir seu próprio alimento por meio da fotossíntese.

Ilustração produzida com base em:
CAMPBELL, N. A. et al. *Biology*. 8. ed.
San Francisco: Pearson Benjamin
Cummings, 2009. p. 101.



****A reação de transformação de ácido graxo (gordura) em carboidrato (açúcar) nas células vegetais de sementes é realizada por uma série de reações químicas conhecidas como “ciclo do glioxilato”.**

4. Onde os óvulos das gimnospermas são abrigados?

5. O que acontece com os núcleos espermáticos nas gimnospermas?

4. Os óvulos são protegidos no interior de folhas modificadas (carpelo).

5. Nas gimnospermas, um dos núcleos espermáticos fertiliza a oosfera formando o zigoto, enquanto o outro sofre degeneração.

*A dupla fecundação será vista com mais detalhes no ciclo reprodutivo das angiospermas, que será estudado ainda neste capítulo.

Essa característica faz as angiospermas serem definidas como plantas vasculares com sementes, que produzem flores e frutos e que fazem parte do filo Anthophyta. Esse grupo é o mais diverso e amplamente difundido do reino Plantae, totalizando mais de 250 mil espécies, das quais cerca de 50 mil são encontradas no Brasil.

Nas angiospermas, os óvulos são totalmente protegidos no interior de um conjunto de folhas modificadas chamado **carpelo**. Outra característica que se destaca no filo Anthophyta é ele ser o único grupo a apresentar **dupla fecundação***, processo que resulta na formação do zigoto diploide ($2n$) e do **endosperma**, um tecido triploide ($3n$) responsável pela nutrição do embrião.

O filo Anthophyta é bastante diversificado. Dele fazem parte desde espécies de *Eucalyptus* com mais de 100 m de altura e troncos com quase 20 m de circunferência, até algumas monocotiledôneas aquáticas (Lemnaceae), com menos de 1 mm de comprimento. Algumas de suas espécies apresentam hábitos bastante variáveis, como as epífitas, as trepadeiras e as parasitas, e ocupam desde ambientes aquáticos até regiões extremamente áridas.

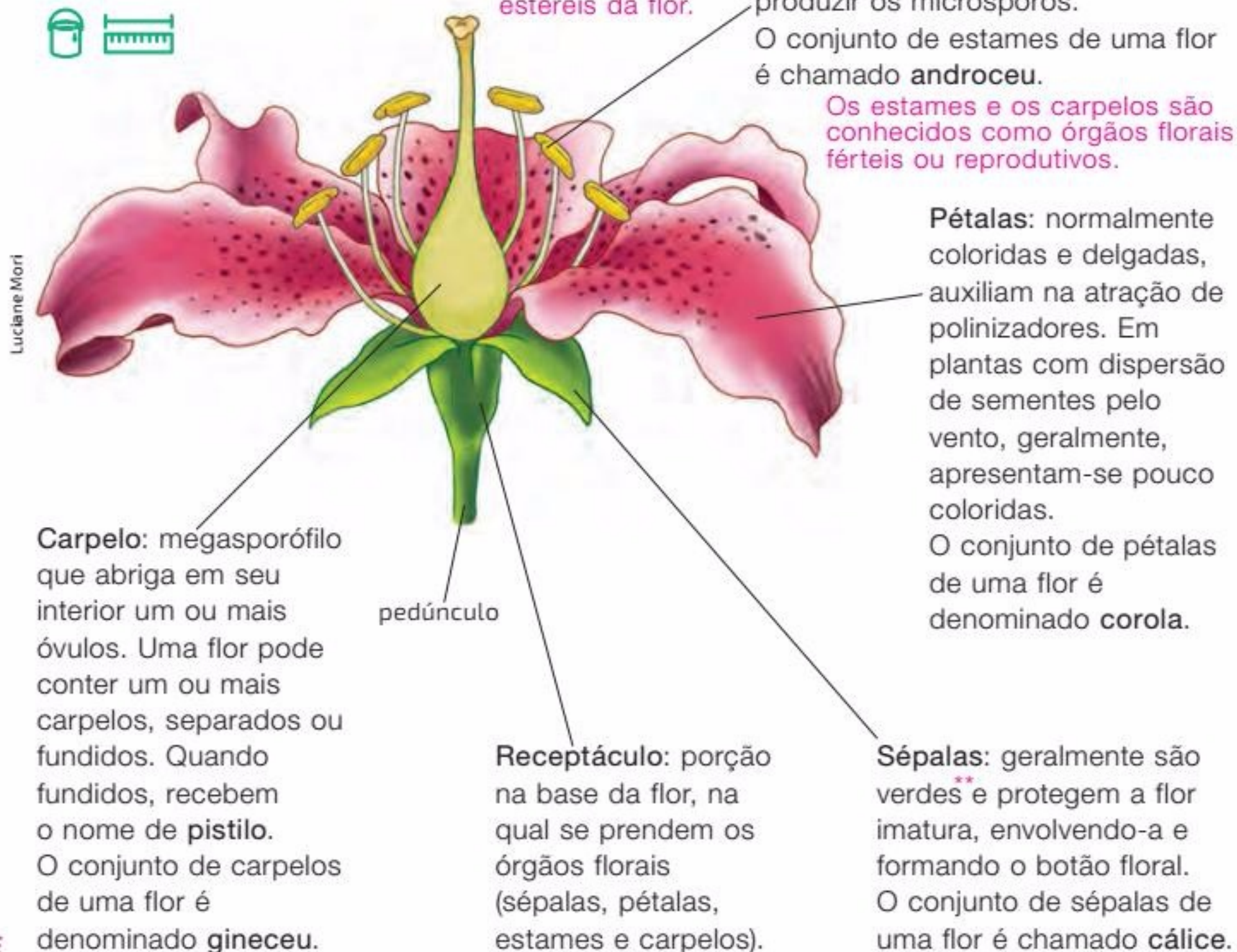
► Flor

A flor é uma estrutura reprodutiva formada por folhas modificadas e especializada na reprodução sexual das angiospermas. Diferentemente do corpo do vegetal, que pode crescer ao longo de toda a vida, as flores crescem apenas em determinados períodos e por tempo limitado.

Nas angiospermas, existem quatro estruturas (órgãos) florais: as sépalas, as pétalas, os estames e os carpelos. Essas estruturas, quando organizadas em círculos compostos por peças de um único tipo, formam os chamados **verticilos florais**. Veja abaixo.

Representação da morfologia externa de uma flor

Ilustração produzida com base em: PURVES, W. K. et al. Vida: a ciência da Biologia. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2002. p. 666.



Carpelo: megasporófilo que abriga em seu interior um ou mais óvulos. Uma flor pode conter um ou mais carpelos, separados ou fundidos. Quando fundidos, recebem o nome de **pistilo**. O conjunto de carpelos de uma flor é denominado **gineceu**.

pedúnculo

As pétalas e as sépalas formam os órgãos florais estéreis da flor.

Estame: microsporófilo que contém microsporângios responsáveis por produzir os micrósporos. O conjunto de estames de uma flor é chamado **androceu**.

Os estames e os carpelos são conhecidos como órgãos florais férteis ou reprodutivos.

Pétalas: normalmente coloridas e delgadas, auxiliam na atração de polinizadores. Em plantas com dispersão de sementes pelo vento, geralmente, apresentam-se pouco coloridas. O conjunto de pétalas de uma flor é denominado **corola**.

Receptáculo: porção na base da flor, na qual se prendem os órgãos florais (sépalas, pétalas, estames e carpelos).

Sépalas: geralmente são verdes e protegem a flor imatura, envolvendo-a e formando o botão floral. O conjunto de sépalas de uma flor é chamado **cálice**.

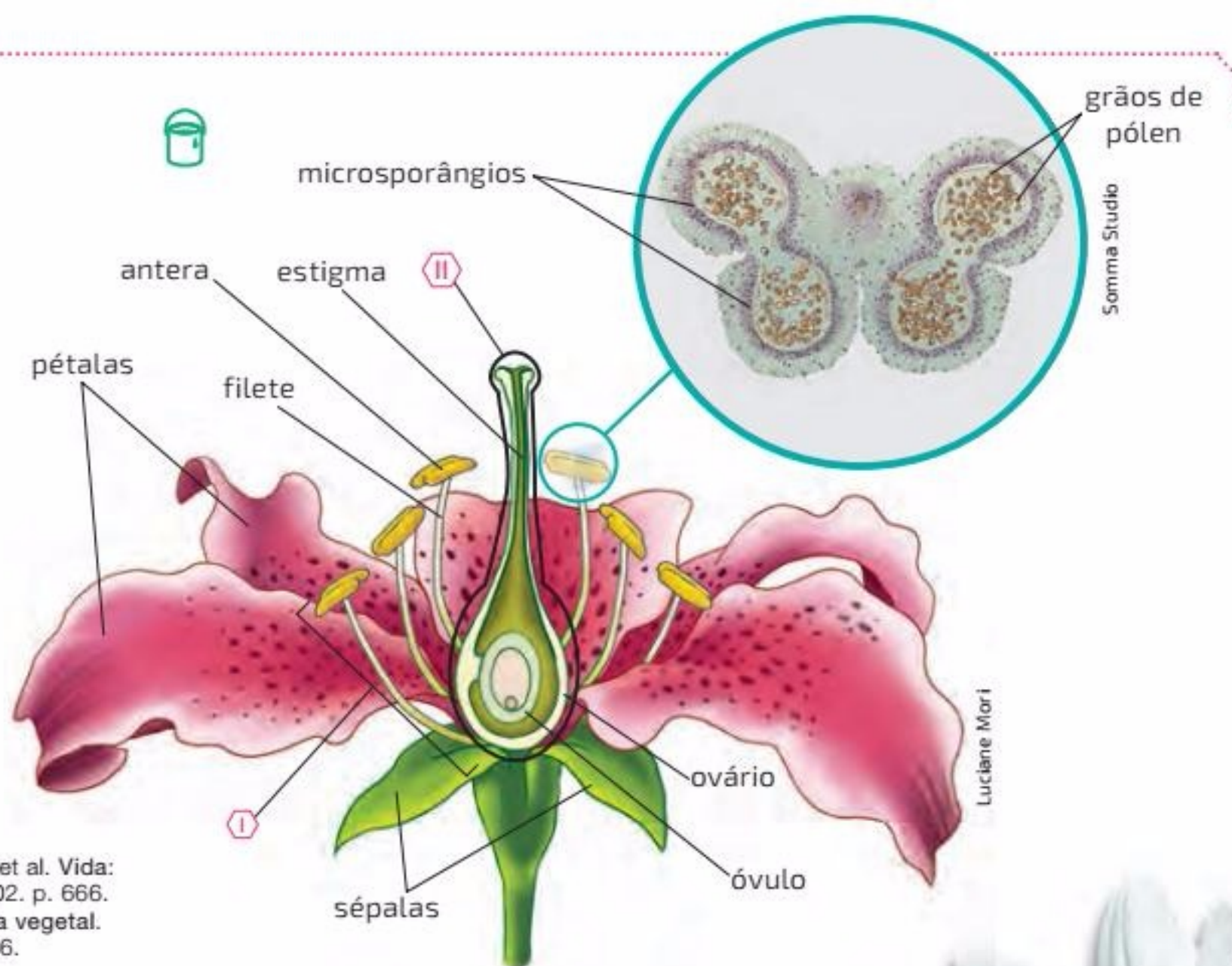
**Em algumas espécies de plantas podem se apresentar coloridas, auxiliando na atração de polinizadores. Na natureza, as pétalas e as sépalas, às vezes, são indistinguíveis, sendo chamadas conjuntamente de tépalas.

Agora, observe a representação de uma flor em corte longitudinal e conheça como é a sua morfologia interna.

Morfologia interna de uma flor

- I Estame:** apresenta uma parte alongada chamada de **filete** e uma porção terminal denominada **antera**. Esta, normalmente, é formada por dois lóbulos e composta de quatro **sacos polínicos** ou **microsporângios**, reunidos em pares, onde o grão de pólen é produzido.
- II Carpelo:** formado pelo **estigma**, que recebe o grão de pólen pelo **estilete** (através do qual cresce o tubo polínico), e pelo **ovário**, que contém um ou mais **óvulos** fixados em sua parede pela **placenta**. Cada óvulo possui um **megasporângio**.

Ilustrações produzidas com base em: PURVES, W. K. et al. Vida: a ciência da Biologia. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2002. p. 666. RAVEN, P. H.; EVERT, R. F.; EICHHORN, S. E. Biologia vegetal. 6. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2001. p. 486.



Outra característica das flores das angiospermas é que elas podem estar agrupadas formando uma **inflorescência**, como é o caso da apresentada ao lado.

Ser vivo adulto

Margarida (*Chrysanthemum leucanthemum*): pode atingir de 40 cm a 60 cm de altura.



Inflorescência de margarida.

Na natureza, as flores podem ou não conter todas as estruturas florais apresentadas acima, sendo chamadas **flores completas e incompletas**, respectivamente.

Se a flor possui tanto carpelos quanto estames, ela é chamada de **flor perfeita**, pois apresenta os dois sexos. No entanto, algumas flores podem ser unissexuais, ou seja, apresentar apenas carpelo ou estame, o que a caracteriza como uma **flor imperfeita**.

Plantas que possuem tanto flores masculinas quanto femininas são denominadas **monoicas**. Já as que possuem apenas flores masculinas ou femininas são chamadas de plantas **dioicas**.

Relação entre esporófito e gametófito nas plantas

A evolução das plantas atuais permite perceber as mudanças na relação entre o esporófito e o gametófito em diferentes vegetais. Nas briófitas, o gametófito haploide nutre o esporófito diploide. Já nas pteridófitas, o gametófito e o esporófito são nutricionalmente independentes. Nas plantas com sementes, o esporófito nutre o gametófito em desenvolvimento. Assim, nesse tipo de planta, como as gimnospermas e as angiospermas, o gametófito é nutricionalmente dependente do esporófito. Veja.

Ilustrações produzidas com base em: PURVES, W. K. et al. Vida: a ciência da Biologia. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2002. p. 517.

Briófita



Pteridófito



Planta com sementes



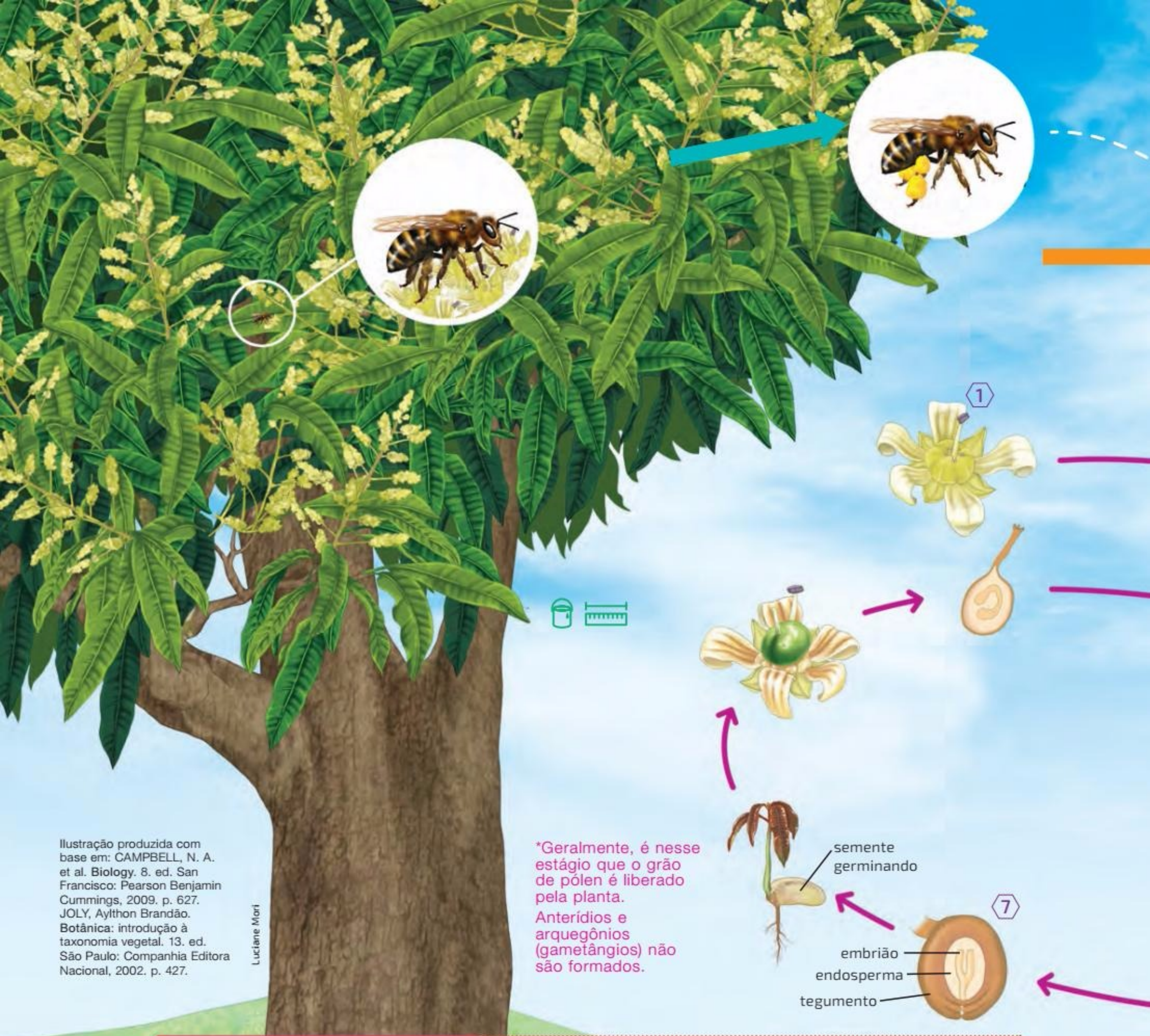


Ilustração produzida com base em: CAMPBELL, N. A. et al. Biology. 8. ed. San Francisco: Pearson Benjamin Cummings, 2009. p. 627. JOLY, Aylthon Brandão. Botânica: introdução à taxonomia vegetal. 13. ed. São Paulo: Companhia Editora Nacional, 2002. p. 427.

Luciane Mori

*Geralmente, é nesse estágio que o grão de pólen é liberado pela planta. Anterídios e arquegônios (gametângios) não são formados.

Representação do ciclo de vida de uma angiosperma

(1) No interior dos microsporângios das anteras são formados os micrósporos (n) por meiose. (2) Esses micrósporos se dividem mitoticamente dando origem ao grão de pólen (microgametófito imaturo), que é composto pela célula do tubo ou célula vegetativa e pela célula geradora. (3) O óvulo, que contém o megasporângio, produz quatro megásporos (n) por meiose. Destes, geralmente, apenas um é mantido, enquanto os outros três se degeneram. (4) O megásporo restante desenvolve-se no interior do óvulo e origina o saco embrionário (megagametófito), composto de oito núcleos: dois núcleos polares (uma célula na região central), três antípodas, duas sinérgides e uma oosfera. (5) Após a polinização, o grão de pólen germina sobre o estigma e forma o tubo polínico. Nesse momento, a

célula geradora do grão de pólen divide-se e origina duas células espermáticas (gametas masculinos), tornando o grão de pólen maduro. (6) O tubo polínico entra através de micrópila do óvulo e libera as duas células espermáticas no interior do óvulo: uma delas se une à oosfera, formando o zigoto ($2n$), enquanto a outra se une aos dois núcleos polares, dando origem ao endosperma ($3n$). Esses dois eventos, possibilitando duas fecundações, caracterizam a dupla fecundação. Todas as demais células envolvidas (célula do tubo, sinérgide e antípodas) se degeneram. (7) O óvulo forma a semente: o zigoto desenvolve-se no embrião envolto pelo endosperma, e o tegumento do óvulo endurece e forma a testa ou casca da semente.

Polinização

A polinização das angiospermas consiste no processo de transferência do grão de pólen da antera de uma flor até o estigma da mesma planta ou de plantas diferentes.

Polinização de uma angiosperma

Os animais, agentes polinizadores que visitam a flor de uma determinada planta, geralmente em busca de alimento (néctar), acabam encostando partes de seu corpo nos órgãos férteis da flor, as anteras. Com isso, eles ficam com o corpo coberto de grãos de pólen.

Ao visitar a flor de outra planta os grãos de pólen do corpo dos agentes polinizadores entram em contato com o estigma dessa flor, possibilitando o encontro dos gametas masculino e feminino.



***Maturidade do embrião, permeabilidade da semente ao gás oxigênio e à água, entre outros fatores.

****Disponibilidade de água e gás oxigênio, temperatura, entre outros fatores.

Fruto

Durante a formação do embrião, após a fertilização, há um contínuo fluxo de nutrientes da planta parental para os tecidos do óvulo, resultando em um acúmulo de reservas nutritivas no endosperma ou cotilédones. Após a formação da semente, a parede do ovário dá origem ao fruto.

Geralmente, após a formação do embrião, ele entra em estado latente, cessando, assim, seu desenvolvimento.



**Os cotilédones também são conhecidos como "folhas embrionárias" e representam as primeiras folhas desenvolvidas na planta.

Dispersão

Nesse processo, tanto o fruto quanto a semente continuam acumulando substâncias nutritivas até se tornarem maduros, ou seja, prontos para serem dispersados e darem origem a uma nova planta.

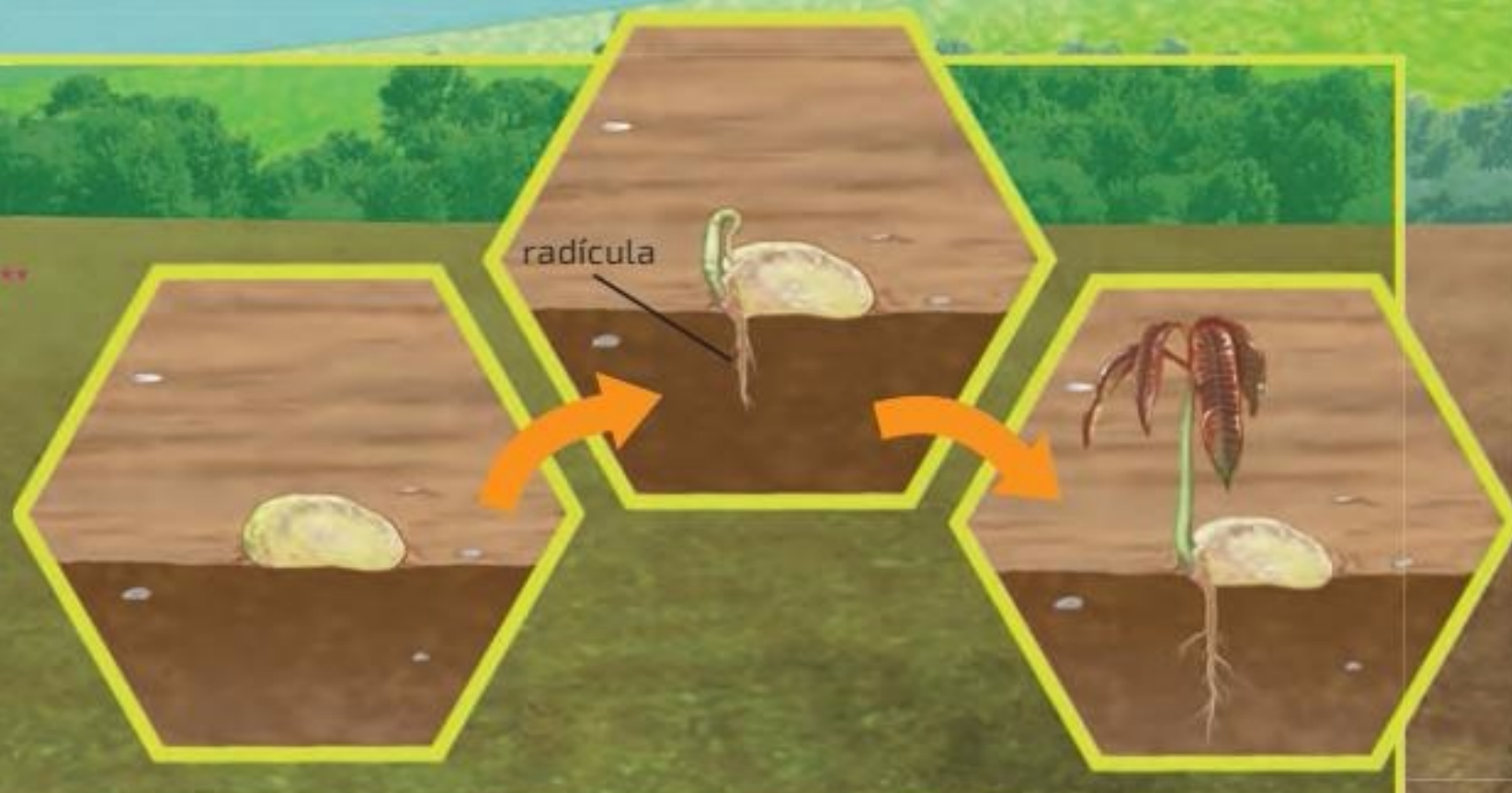
A dispersão das sementes pode ocorrer espontaneamente pela abertura do fruto, ou depender de animais que se alimentam do fruto e dispersam a semente no ambiente.

Durante a dispersão, o embrião mantém-se em estado latente.

Germinação

A germinação consiste no desenvolvimento do embrião, quando em condições favoráveis. Ela depende de diversos fatores internos e externos. Quando a semente germina, a primeira estrutura a emergir é a radícula (raiz embrionária ou primária) que fixa a planta em desenvolvimento no solo e dele absorve água.

Durante as fases iniciais da germinação, o embrião é nutrido pelo endosperma. No entanto, quando ele desenvolve caule e folhas, passa a produzir seu próprio alimento por meio da fotossíntese.



Tipos de polinização

6. Porque na polinização cruzada há a participação de células de duas plantas geneticamente diferentes.

6. Por que a polinização cruzada favorece maior variabilidade genética nas plantas?

7. É possível afirmar que plantas dioicas realizam, necessariamente, a polinização cruzada? Justifique.

8. A polinização pode ser considerada uma estratégia das plantas para lidar com a incapacidade de se movimentar de um lugar para o outro? Justifique.

8. Sim, pois a polinização permite que os gametas alcancem parceiros reprodutivos distantes.

Quando a polinização ocorre entre a antera e o estigma de uma mesma flor ou entre flores de uma mesma planta, tem-se a **autopolinização**. Quando a transferência do grão de pólen ocorre entre a antera e os estigmas de flores de plantas diferentes, tem-se a **polinização cruzada**. Esta última é considerada mais vantajosa ecologicamente, pois garante maior variabilidade genética entre os indivíduos.

Agentes polinizadores

7. Sim, pois elas apresentam apenas um tipo de flor, masculina ou feminina. Portanto, para que o grão de pólen atinja o estigma, necessariamente, ele precisa encontrar uma planta feminina portadora dessa mesma estrutura.

Diferentemente das gimnospermas, que são polinizadas predominantemente pelo vento (anemofilia), os principais agentes polinizadores nas angiospermas são os animais, caracterizando a **zoofilia**. Algumas espécies de angiospermas dependem do vento para sua polinização, principalmente aquelas que vivem em densas populações, como gramíneas e árvores de florestas temperadas.

Desde que passaram a habitar o ambiente terrestre, os animais têm influenciado a evolução das plantas e vice-versa. Nesse processo de evolução, a relação das plantas com seus polinizadores tornou-se cada vez mais específica. Quanto mais atraentes aos seus polinizadores, mais visitas a flor recebe aumentando a chance de ser polinizada e de produzir sementes. Algumas espécies desenvolveram inclusive **nectários**, glândulas localizadas nas proximidades do ovário e que secretam **néctar**, um fluido açucarado que atrai polinizadores e serve de alimento para eles.

As flores apresentam mecanismos específicos e bastante variados para atrair polinizadores. Veja a seguir. [Veja informações sobre algumas adaptações morfológicas das plantas à polinização nas Orientações para o professor.](#)

Flores polinizadas por besouros, geralmente, têm cores pouco vistosas e odor forte.



Claude Nuridsany & Marie Perennou/SPL/Latinstock

Rosa-canina sendo visitada por besouro.

Plantas polinizadas por morcegos produzem grande quantidade de néctar, têm cores poucos vistosas e odor forte.



Dr. Merlin D. Tuttle/Bat Conservation International/Science Source/Diomidia

Morcego-de-nariz-comprido visitando flor de saguaro.

As flores polinizadas por beija-flores produzem grande quantidade de néctar e, frequentemente, são avermelhadas e sem odor.



Rolf Nussbaumer Photography/Alamy Stock Photo/Latinstock

Beija-flor-de-pescoço-vermelho visitando flor de *Cirsium texanum*.



Ser vivo adulto

Beija-flor-de-pescoço-vermelho: pode atingir 9 cm de comprimento.

Besouro (*Oedemera nobilis*): pode atingir 1 cm de comprimento.

Flor: pode atingir 1,5 m de altura.

Morcego-de-nariz-comprido: pode atingir 25 cm de envergadura.

Orquídea: pode atingir 25 cm de altura.

Rosa-canina: pode atingir de 1,9 m a 3,5 m de altura.

Saguaro: pode atingir 18 m de altura.



Armando Frazao/Shutterstock.com

Orquídeas *Ophrys speculum*. Como essas flores se assemelham às fêmeas das vespas *Campsocilia ciliata*, acabam atraindo os machos. Estes, ao tentar copular com a flor, auxiliam na polinização dessa planta.

Orquídeas.

As angiospermas, cuja polinização depende do vento, não produzem néctar, apresentam cores pouco vistosas e não possuem odor, pois não precisam apresentar mecanismos de atração de polinizadores.

Classificação das angiospermas

Até o final da década de 1990, as angiospermas eram classificadas apenas de acordo com a quantidade de cotilédones em suas sementes: monocotiledôneas (um **cotilédone**) e dicotiledôneas (dois cotilédones). No entanto, análises genéticas posteriores a essa classificação indicaram que ela não refletia as relações evolutivas existentes entre as plantas. Assim, esse sistema foi substituído por uma classificação mais moderna, amplamente aceita, que divide o filo Anthophyta em monocotiledôneas, eudicotiledôneas, magnoliidas e angiospermas basais.

As **monocotiledôneas** e as **eudicotiledôneas** abrangem cerca de 97% das espécies de angiospermas e, por isso, serão apresentadas com mais detalhes neste capítulo.*



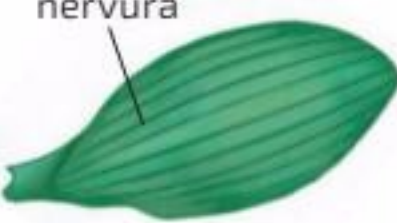
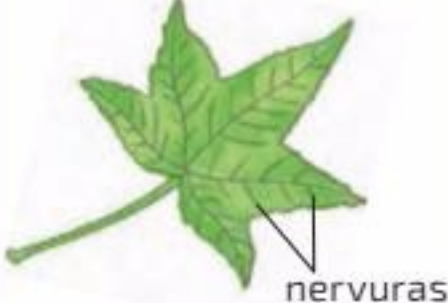

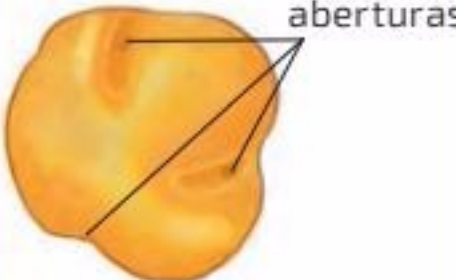



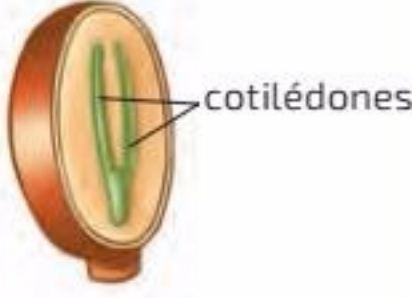


Atualmente, as angiospermas compreendem cerca de 65 mil monocotiledôneas e 165 mil eudicotiledôneas. Do primeiro grupo fazem parte plantas como orquídeas, gramíneas, palmeiras e líáceas (lírios). O segundo grupo é mais diversificado e inclui a maior parte das árvores e arbustos que nos são familiares, exceto aqueles que são gimnospermas, e também muitas das plantas herbáceas.

Veja, no quadro a seguir, as principais características que distinguem as monocotiledôneas das eudicotiledôneas.

Cotilédone: pequena folha modificada.

A classificação das angiospermas empregada nesta obra tem como base dados filogenéticos, e não apenas morfológicos.

*Veja mais informações a respeito das angiospermas basais e das magnoliidas nas **Orientações para o professor**.

Estrutura	Monocotiledôneas		Eudicotiledôneas	
Raiz	Raiz fasciculada.		Raiz pivotante.	
Nervuras foliares	Nervuras paralelas.		Nervuras ramificadas.	
Grão de pólen	Uma abertura.		Três aberturas.	
Flores	Órgãos florais geralmente em número múltiplo de três (flores trímeras).		Órgãos florais geralmente em número múltiplo de quatro (tetrâmeras ou cinco (flores pentâmeras)).	
Embrião	Um cotilédone.		Dois cotilédones.	
Tecido vascular do caule	Formado por feixes vasculares dispersos.		Formado por feixes vasculares organizados em anel.	



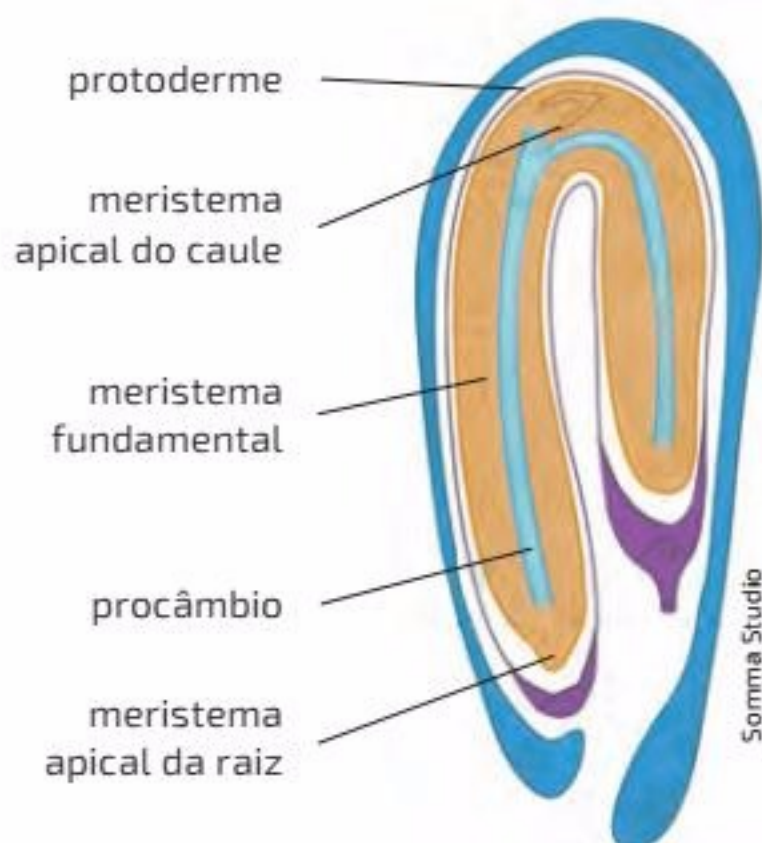
Ilustrações produzidas com base em: CAMPBELL, N. A. et al. *Biology*. 8. ed. San Francisco: Pearson Benjamin Cummings, 2009. p. 631.

Ilustrações: Somma Studio



► Morfologia e tecidos vegetais

Ilustração produzida com base em: RAVEN, P. H.; EVERT, R. F.; EICHHORN, S. E. *Biologia vegetal*. 6. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2001. p. 535.



Representação de embrião de monocotiledônea em corte, mostrando os primeiros tecidos diferenciados em um embrião de angiosperma.

A **embriogênese** é a primeira fase de desenvolvimento das plantas após a fertilização. Ela é caracterizada por divisões celulares em todo o embrião, o qual é formado basicamente por células indiferenciadas. Conforme se desenvolve, o crescimento da planta fica concentrado principalmente na região dos **meristemas apicais**. Estes são tecidos formados por células não especializadas, com elevada capacidade de divisão celular, e estão localizados na extremidade do caule e da raiz. Tais meristemas são os principais responsáveis pela formação dos tecidos primários adultos e pelo crescimento em extensão (comprimento) da planta, processo conhecido como crescimento primário.

À medida que o embrião se desenvolve, tem início o processo de diferenciação celular. Esse processo resulta na formação dos **meristemas primários**, que incluem a **protoderme**, o **procâmbio** e o **meristema fundamental**. Estes, por sua vez, originam os **sistemas de tecidos do corpo primário*** da planta: sistema dérmico ou de revestimento (epiderme), sistema cortical ou fundamental e sistema vascular (xilema e floema).
*O crescimento que envolve a extensão do corpo da planta e a formação dos tecidos primários é conhecido como crescimento primário, e a planta corresponde ao corpo primário.

9. Que processo fisiológico poderia ser afetado na planta caso não houvesse estômatos nas folhas? Justifique.

Esses três sistemas de tecidos são encontrados em todos os órgãos das plantas. O **sistema dérmico** ou **de revestimento** é constituído pela **epiderme**, que forma a camada celular mais externa do corpo primário das plantas (revestimento externo) e é encontrado nas folhas, partes florais, frutos, sementes e em caules e raízes.

As células epidérmicas são achatadas, justapostas, desprovidas de cloroplastos e compactamente organizadas. Nas partes aéreas da planta, inclusive nos frutos, normalmente, a epiderme é recoberta por uma **cutícula** composta de **cutina**, substância que minimiza a perda de água para o ambiente.



Epiderme de folha do tabaco da espécie *Nicotiana tabacum* (aumento aproximado de 100 vezes).

A epiderme está relacionada à proteção mecânica dos demais tecidos vegetais, à redução da perda de água e à aeração dos tecidos internos. Essa aeração é garantida por poros associados às células especializadas na epiderme, chamados **estômatos**.

As células especiais dos estômatos são denominadas **células-guarda** e são providas de cloroplastos. Elas controlam a abertura do poro estomático, interferindo na troca gasosa entre o corpo da planta e o ambiente.

Além dos estômatos e células-guarda, estruturas anexas, como os tricomas (pelos), podem ser encontrados na epiderme.

A **periderme** comumente substitui a epiderme nos órgãos com crescimento secundário (aumento em espessura), como caules e raízes. Ela é composta de três camadas: **súber**, **felogênio** e **feloderme**. O **súber** ou **felema** é um tecido morto na maturidade e impermeável à água; o **felogênio** (ou **câmbio da casca**) possui atividade meristemática, secretando o súber e a **feloderme** é um tecido parenquimático vivo, que pode ter funções de reserva de substâncias. A função do tecido de revestimento secundário é proteger raízes e caules e também promover a aeração dos tecidos internos.

**A região indicada corresponde à parte da casca externa, que é formada por todos os tecidos localizados externamente ao felogênio. Com a maturação das células do súber, os tecidos externos a elas morrem por causa da falta de nutrição. A casca interna inclui os tecidos localizados entre o felogênio e o câmbio vascular.



Representação da periderme em caule com crescimento secundário.

Ilustração produzida com base em: RAVEN, P. H.; EVERT, R. F.; EICHHORN, S. E. *Biologia vegetal*. 6. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2001. p. 628.

9. A fotossíntese, pois não haveria entrada do CO_2 na folha, principal local de realização desse processo.

O **sistema cortical** ou **fundamental** das plantas compreende três tipos de tecidos: **parênquima**, **colênquima** e **esclerênquima**.

O **parênquima** é o mais comum dos tecidos fundamentais. Ele é formado por células de formatos variados e com paredes geralmente delgadas, mas que podem sofrer espessamento por deposição de lignina, suberina ou cutina, substâncias que conferem resistência e impermeabilidade às plantas. As células parenquimáticas estão distribuídas por todo o corpo da planta, onde exercem diferentes funções, como produção de fotoassimilados (fotossíntese), armazenamento de reservas, condução e secreção de substâncias, entre outras.

As células do parênquima são pouco especializadas, garantindo-lhe alta capacidade de divisão celular. Em razão dessa característica, esse tecido relaciona-se também aos processos de cicatrização de ferimentos e da regeneração tecidual nas plantas, e ao desenvolvimento de brotos e raízes em mudas. O parênquima é encontrado, por exemplo, na medula e no córtex de caules e raízes, no mesófilo das folhas, no endosperma da semente, entre outros locais.

Dependendo das características apresentadas pelo parênquima, ele pode receber nomenclaturas específicas: **clorênquima** e **aerênquima**.

O **clorênquima** (parênquima clorofiliano) é um tipo de parênquima rico em cloroplastos, cuja principal função é realizar fotossíntese. O **aerênquima** (parênquima aerífero) apresenta espaços preenchidos com ar atmosférico entre as células, o que auxilia na flutuação, na sustentação e na realização de trocas gasosas nas plantas aquáticas.

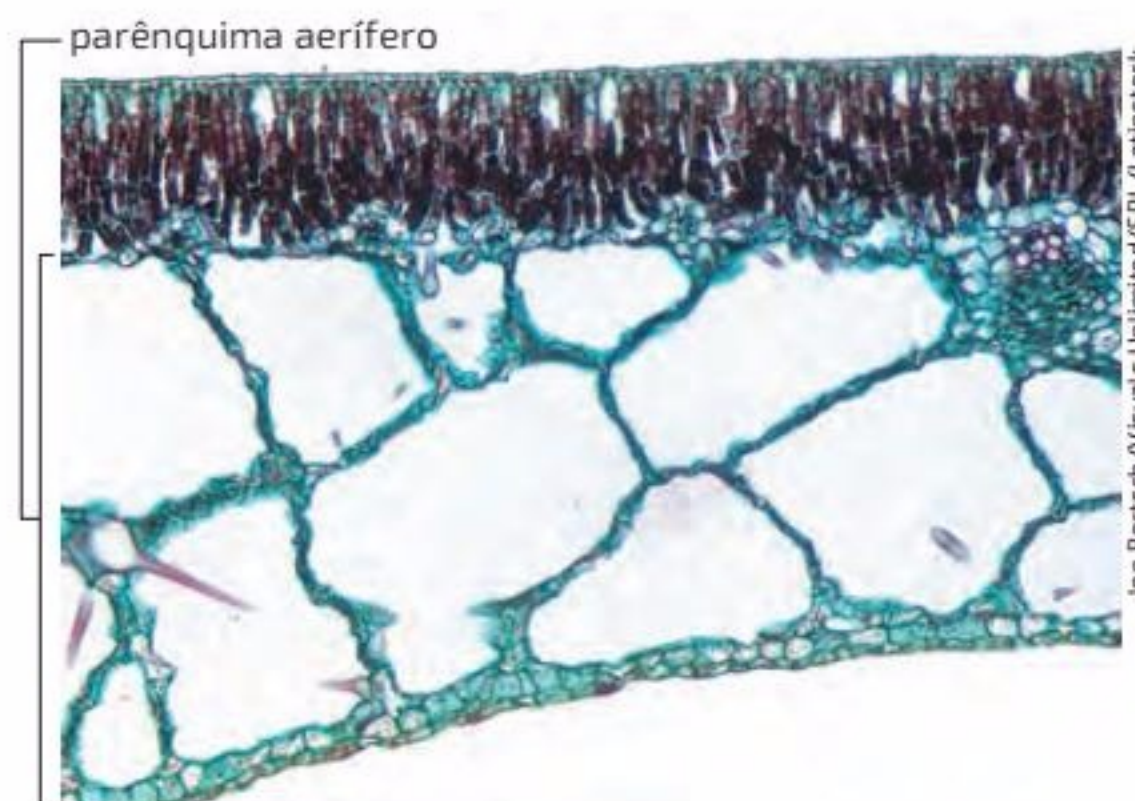
O **colênquima** é formado por células alongadas que permanecem vivas na maturidade e podem conter cloroplastos, os quais auxiliam na realização da fotossíntese.

Ele é encontrado em regiões periféricas do corpo da planta, como sob a epiderme de caules jovens em crescimento e ao longo das nervuras de algumas folhas (pedúnculos e pedicelos). A parede celular é formada apenas de celulose, que se deposita irregularmente na célula, garantindo resistência e flexibilidade ao tecido. Por causa disso, além de permitir o crescimento da planta, o colênquima participa da sustentação do seu corpo primário.

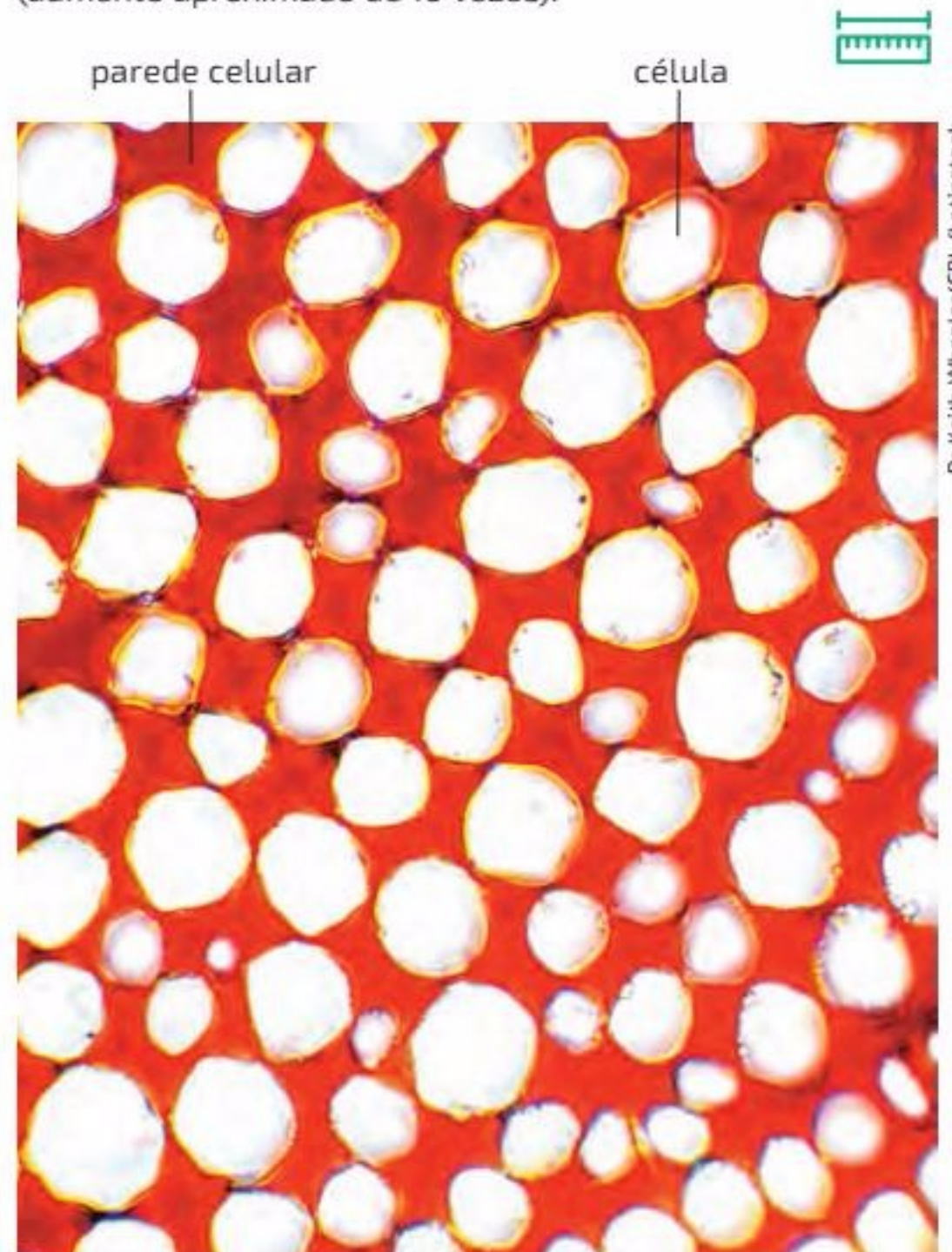
O **esclerênquima** é um tipo de tecido geralmente encontrado em associação a outros tecidos, como o vascular. Ele é formado por dois tipos de células: as **fibras** e as **esclereides**.

As **fibras**, em geral, são bastante longas e, normalmente, mortas na maturidade. Já as **esclereides** (esclerócitos ou células pétreas) são células mais curtas que as fibras e podem estar vivas ou mortas na maturidade. Ambos os tipos de células apresentam grande quantidade de lignina em suas paredes, tornando-as resistentes e capazes de promover sustentação ao corpo da planta que já cessou o alongamento.

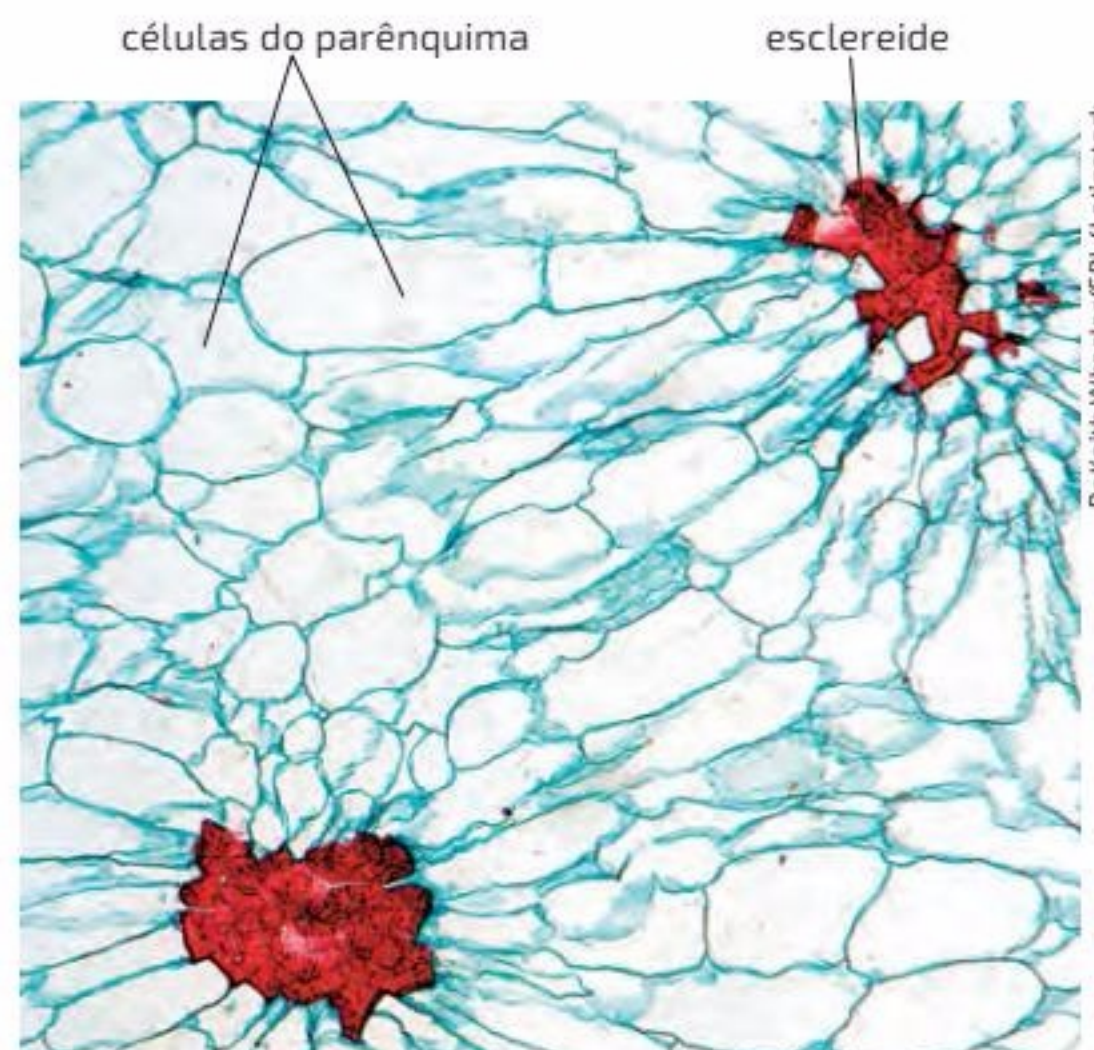
Esclereides em pera (*Pyrus* sp.). Essas células dão o aspecto arenoso característico desse fruto (aumento aproximado de 37 vezes).



Parênquima aerífero em folha de lírio do gênero *Nymphaea* (aumento aproximado de 10 vezes).



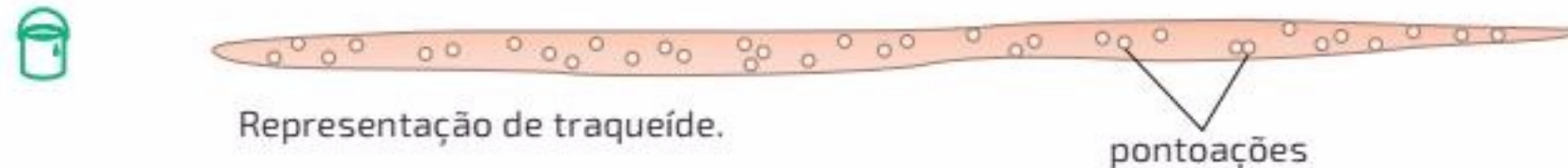
Células do colênquima em caule de urtiga da espécie *Urtiga dioica* (aumento aproximado de 100 vezes).



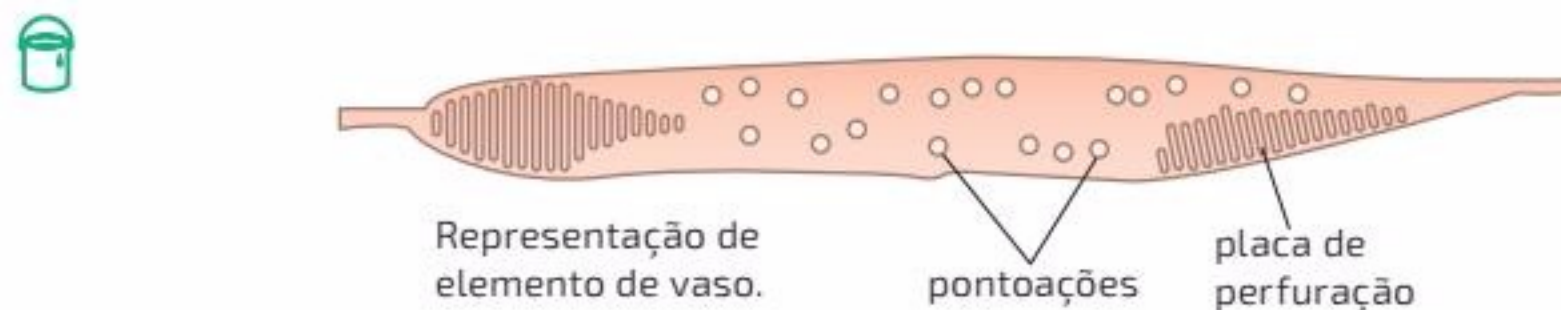
O **sistema vascular** das plantas é formado por dois tipos de tecidos, o xilema e o floema, os quais se encontram dispersos nos tecidos do sistema fundamental.

O **xilema** é o principal tecido de condução de água nas plantas vasculares e está envolvido, principalmente, com a condução de nutrientes inorgânicos e com a sustentação da planta. Ele também pode atuar no armazenamento de substâncias pela associação com células parenquimáticas. Nas angiospermas, o xilema é formado por dois tipos celulares, as traqueídes e os elementos de vaso, ambos mortos quando atingem a maturidade e, normalmente, com depósito de lignina em suas paredes celulares. Veja a seguir.

As **traqueídes** são células alongadas e afiladas que representam o principal elemento condutor de água nas gimnospermas e pteridófitas. Essas células apresentam **pontoações** (orifícios) em suas paredes.



Os **elementos de vaso** são exclusivos das angiospermas e são o seu principal elemento condutor. Geralmente, eles são mais curtos que as traqueídes e, além das pontoações, apresentam **perfurações** em suas paredes. A região da parede que apresenta uma ou mais perfurações é chamada **placa de perfuração**.



O **floema** é o tecido vascular responsável pelo transporte de substâncias orgânicas pela planta, do local onde são produzidas para as regiões onde serão utilizadas ou armazenadas, como nos frutos e nas sementes. Esse tecido é formado por dois tipos de células condutoras, a **célula crivada**, encontrada nas gimnospermas, e o **elemento de tubo crivado**, presente nas angiospermas.

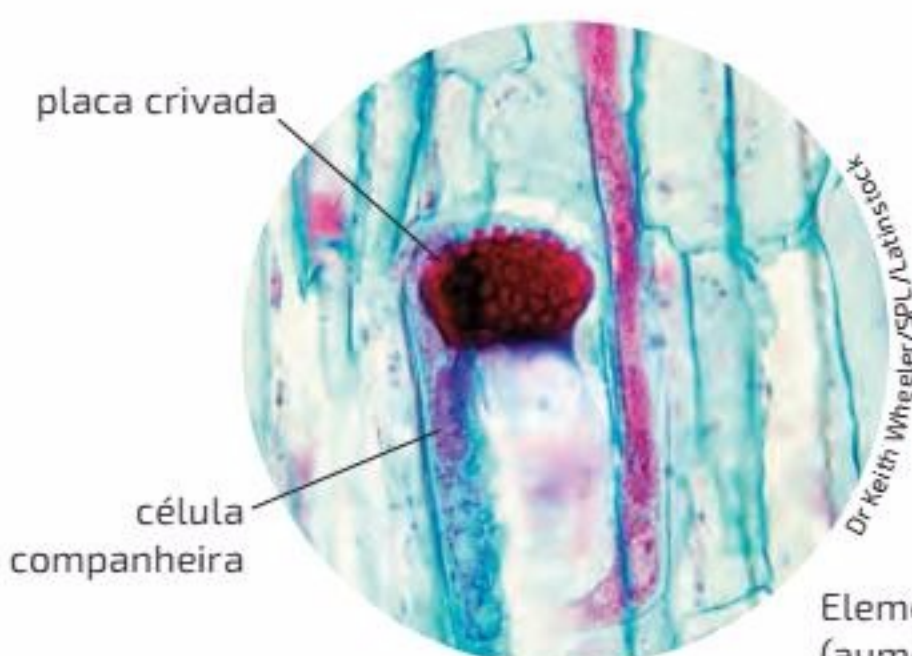
As células condutoras são células afiladas que apresentam vários poros em suas paredes, os quais formam as **áreas crivadas**. Os elementos de tubos crivados também podem apresentar poros maiores. Estes resultam na formação de **placas crivadas**, que se concentram nas extremidades das células. As células do floema podem estar associadas ao esclerênquima e ao parênquima, o que permite ao floema atuar também na sustentação da planta e no armazenamento de substâncias.

Embora vivas na maturidade, as células condutoras não apresentam núcleo e algumas organelas (complexo golgiense e ribossomos, por exemplo). Por isso, essas células são associadas a células metabolicamente ativas – as **células albuminosas** e as **células companheiras***. Estas são vivas na maturidade, apresentam todos os elementos celulares e comunicam-se com as células condutoras por meio de ligações celulares (plasmodesmos), que permitem a transferência de substâncias para as células condutoras.

*A célula albuminosa está associada à célula crivada nas gimnospermas, e a célula companheira, ao elemento de tubo crivado nas angiospermas.

Elemento de tubo crivado presente na haste de abóbora da espécie *Cucurbita pepo* (aumento aproximado de 37 vezes).

Ilustrações produzidas com base em: TAIZ, L.; ZEIGER, E. Fisiologia vegetal. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2004. p. 80, 223.



Órgãos vegetativos*

O corpo vegetativo das angiospermas é formado por dois sistemas: o sistema caulinar, composto pelas porções aéreas da planta, e o sistema radicular, constituído pelas raízes. A seguir, será apresentada a estrutura** de cada um desses órgãos, exceto a flor que já foi apresentada anteriormente neste capítulo.

Raiz

A raiz é o órgão responsável pela fixação, pelo suporte no solo e, principalmente, pelo suprimento de água e substâncias inorgânicas para a planta. Além disso, esse órgão vegetativo pode atuar no armazenamento e na condução de substâncias, como alguns hormônios vegetais e metabólitos secundários produzidos nas raízes e transportados para as partes aéreas da planta, entre outras funções.

A raiz pode ser dividida em coifa ou caliptra e em três zonas (regiões) de atividade: de maturação (de diferenciação celular), de alongamento e meristemática (de divisão celular).

*Órgãos vegetativos também são conhecidos como órgãos não reprodutivos, por não estarem envolvidos diretamente na reprodução das plantas.

**A análise da estrutura do órgão inclui sua forma geral, anatomia dos tecidos e células componentes, bem como sua disposição.

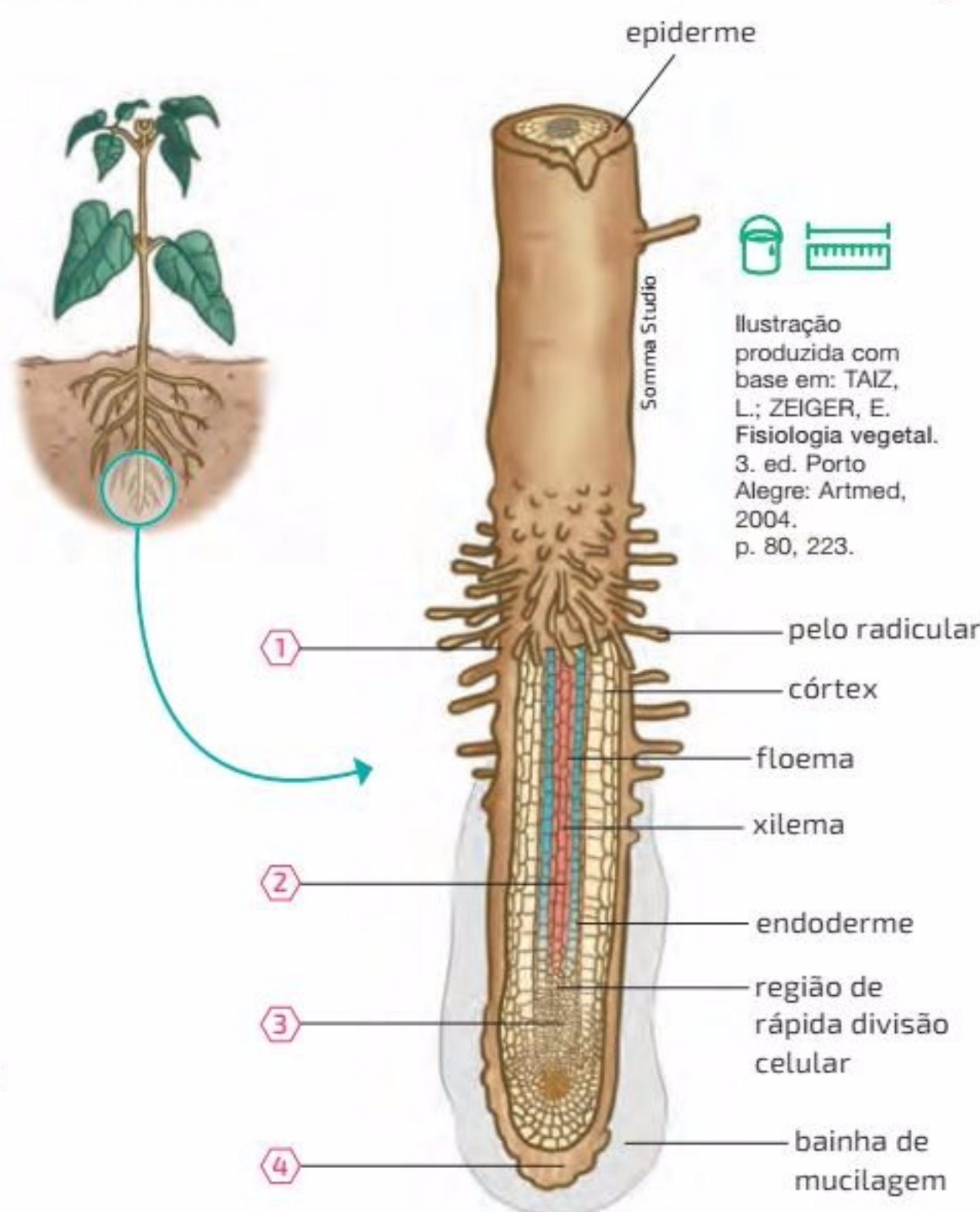
Representação da morfologia externa da raiz

① **Zona de maturação:** nessa região, as células dos tecidos completam sua maturação, e são formados os pelos radiculares que aumentam a superfície de absorção das raízes. Por isso, essa zona também é conhecida como **zona pilífera**.

② **Zona de alongamento:** local onde as células sofrem um rápido alongamento, que pode resultar no aumento do comprimento da raiz. Nessa região, ocorre a formação da endoderme, camada celular que originará o córtex e o cilindro vascular.***

③ **Zona meristemática:** abrange o meristema apical da raiz e regiões próximas. Caracteriza-se pela intensa divisão celular, formando tanto células que originarão tecidos da raiz quanto células da coifa.

④ **Coifa:** massa de células parenquimáticas sobre o ápice da raiz, cuja função é proteger o meristema apical à medida que a raiz penetra o solo. Ela secreta uma bainha viscosa (mucilagem ou mucigel) que auxilia na proteção contra dessecação e na lubrificação da raiz. A coifa também é essencial na percepção da gravidade, orientando o crescimento da raiz para baixo.



A transição entre as diferentes regiões da raiz é gradual, e muitas delas não são precisamente delimitadas umas das outras.

***Acima dessa região, a raiz não cresce em comprimento.

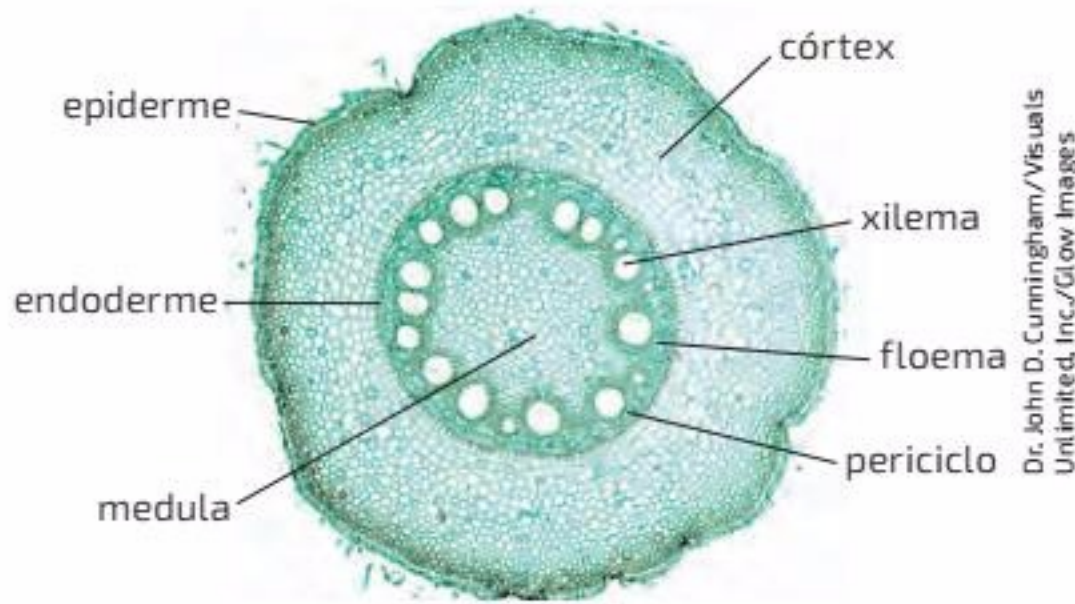
10. O que provavelmente aconteceria com as células meristemáticas caso não houvesse a coifa?

As células meristemáticas provavelmente seriam destruídas à medida que a raiz se movimentasse no solo.

As raízes do corpo primário das plantas são formadas por uma sequência de tecidos. De fora para dentro, encontramos a epiderme, o córtex, a endoderme, o cilindro vascular (estelo) e, no caso das monocotiledôneas, a medula. Veja a seguir.

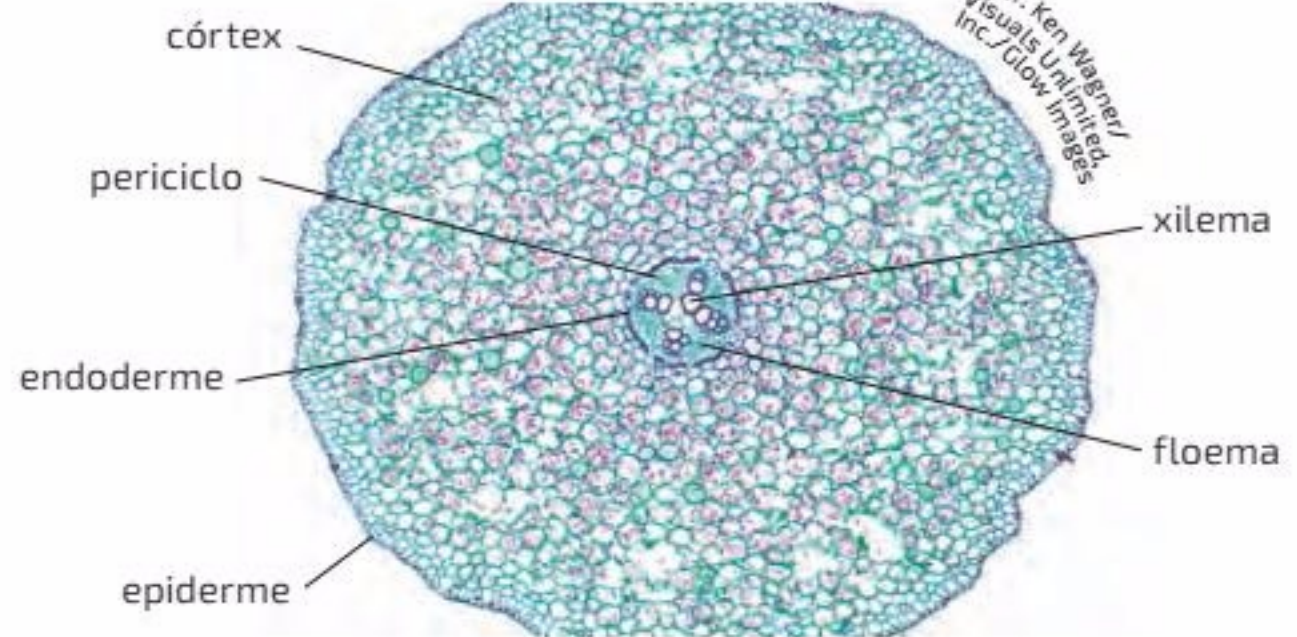
Estrutura de monocotiledônea e de eudicotiledônea

Monocotiledônea



Secção de raiz de milho (aumento aproximado de 14 vezes).

Eudicotiledônea



Secção de raiz de *Ranunculus* (aumento aproximado de 18 vezes).

A **epiderme** está envolvida na proteção da raiz e na absorção de água e íons. O **córtex** possui células geralmente desprovidas de cloroplastos e relacionadas ao armazenamento de nutrientes, apresentando numerosos espaços preenchidos com ar atmosférico, essenciais para a aeração das células da raiz.* O **cilindro vascular** é composto de xilema, de floema e do periciclo, camada mais externa do cilindro vascular a partir do qual se originam as raízes laterais. A **medula**, nas monocotiledôneas, é uma região de tecido fundamental delimitada por tecido vascular.

*A camada interna do córtex é chamada endoderme. Ela é composta de células impermeáveis, mas dotadas de estrias, que permitem a passagem da água através dessa camada.

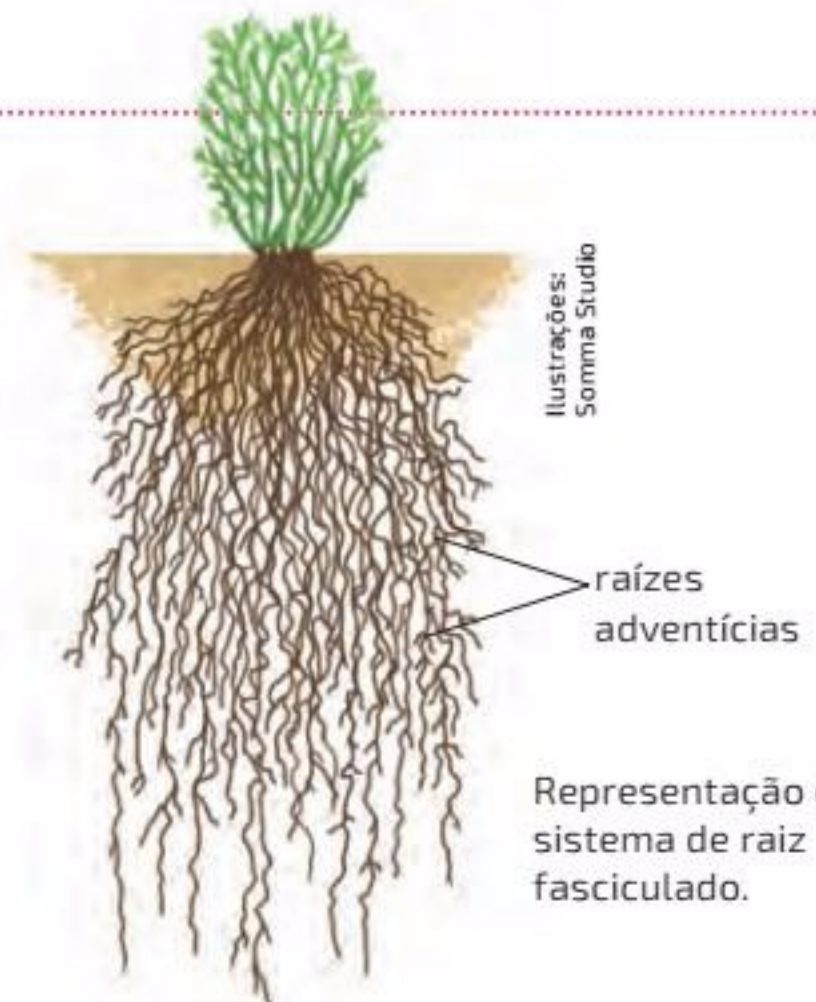
Tipos de raízes

Normalmente, as raízes possuem um crescimento contínuo e seguem por caminhos que oferecem menor resistência ao seu crescimento. No reino Plantae, existem dois tipos de sistemas de raízes. Veja a seguir.



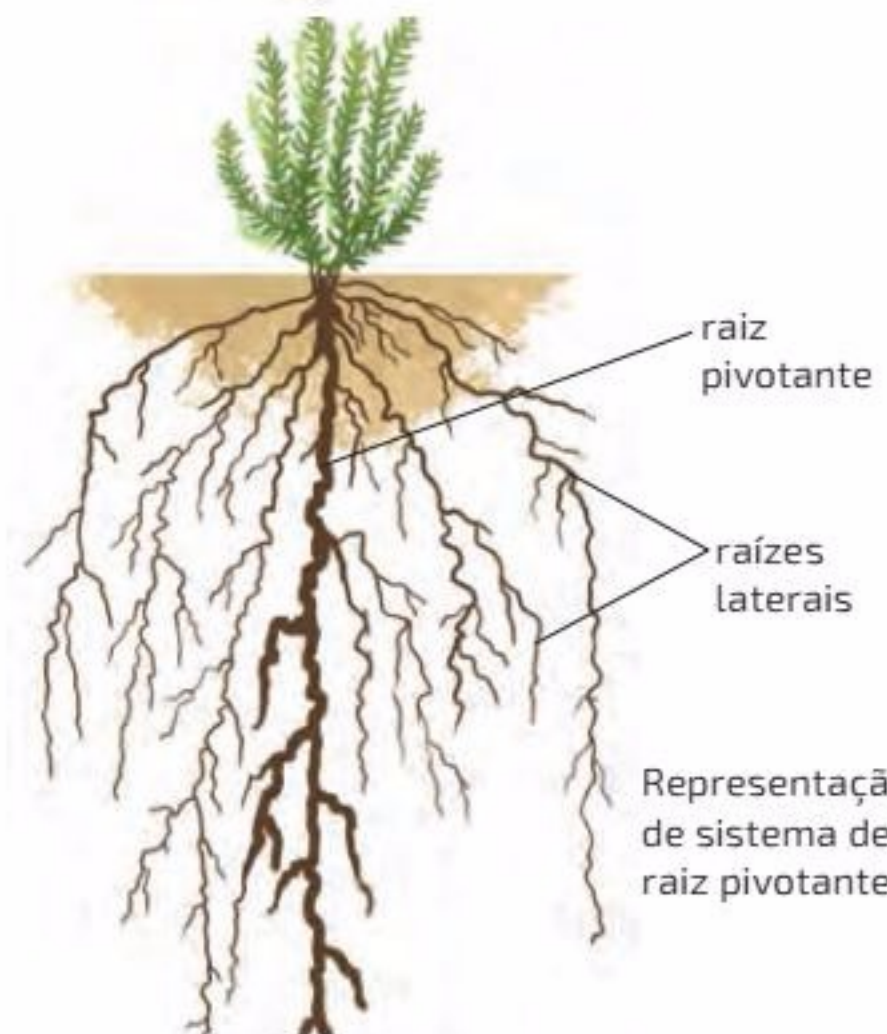
Sistema de raiz fasciculado e pivotante

Nas **raízes fasciculadas**, a raiz primária é progressivamente substituída por numerosas raízes finas com aproximadamente o mesmo diâmetro ao longo do seu comprimento. Essas raízes são formadas a partir do caule da planta e chamadas raízes adventícias. O sistema radicular fasciculado é característico de monocotiledôneas. Plantas com raízes fasciculadas são comumente utilizadas na cobertura do solo em razão de sua capacidade de adesão às partículas que o compõem, reduzindo os efeitos da erosão.



Representação de sistema de raiz fasciculado.

Nas **raízes pivotantes**, a raiz primária, pivotante, é mantida e cresce verticalmente. Ela é bastante desenvolvida e pode atuar como órgão de reserva de nutrientes. As raízes laterais com menor diâmetro ramificam-se a partir da raiz pivotante. Esse sistema é característico de gimnospermas e eudicotiledôneas e tem maior capacidade de penetração no solo.** Nele, a raiz principal pode apresentar crescimento secundário.



Representação de sistema de raiz pivotante.

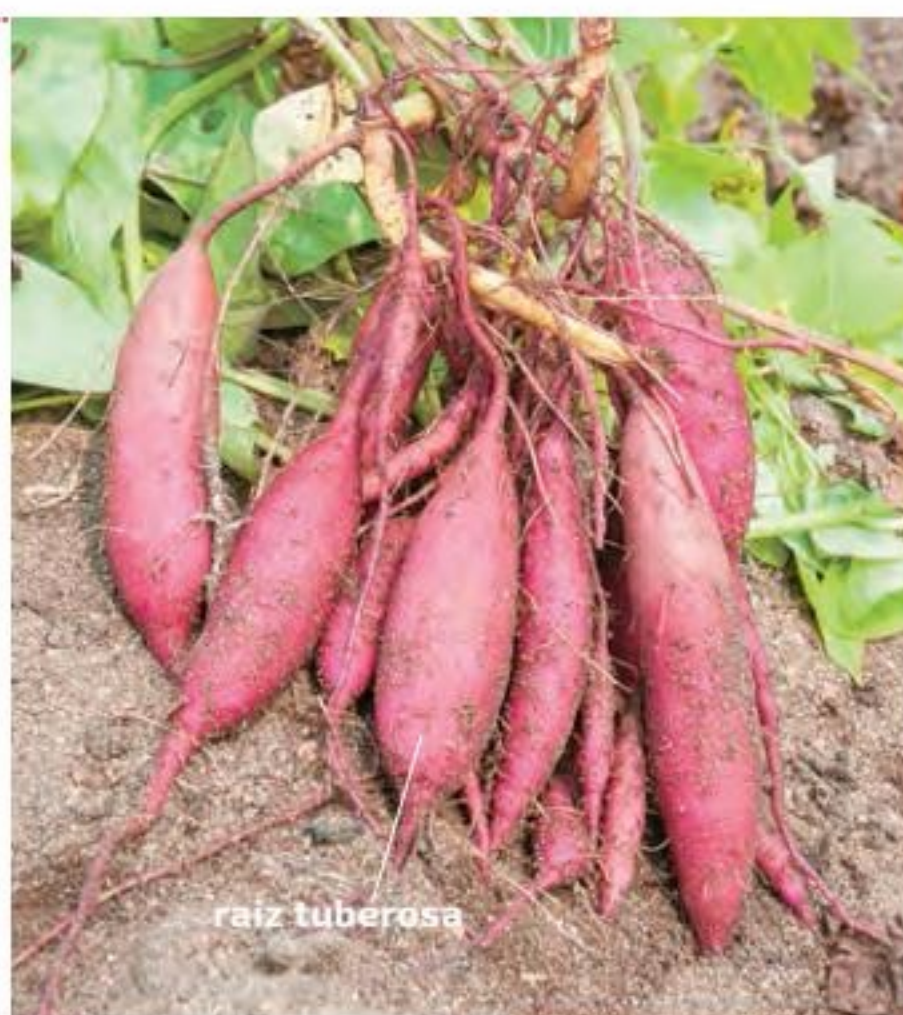
**Raízes de plantas do gênero *Prosopis* podem estender-se por mais de 50 m de profundidade para alcançar água subterrânea.

Ilustração produzida com base em: RAVEN, P. H.; EVERT, R. F.; EICHHORN, S. E. *Biologia vegetal*. 6. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2001. p. 569.

Além da fixação e da absorção de substâncias, as raízes podem desempenhar outras funções na planta. Quanto ao seu hábitat, as raízes podem ser aéreas, subterrâneas ou aquáticas, desenvolvendo-se acima ou abaixo do solo ou no interior de corpos d'água, respectivamente.

Raízes subterrâneas

Algumas raízes subterrâneas são chamadas **tuberosas**. Essas raízes são órgãos de armazenamento, e apresentam-se espessadas e pouco ramificadas, com abundância de parênquima de reserva rico em amido. Esse tipo de raiz é importante durante períodos de **dormência** da planta ou para rebrota daquelas que tiveram suas partes aéreas completamente podadas. Alguns exemplos dessas raízes: batata-doce, mandioca e nabo.



Raiz tuberosa de batata-doce.

Philip Yb Studio/Shutterstock.com



Dormência: período de inatividade ou de redução do metabolismo.

Raízes aquáticas

As raízes aquáticas são aquelas que se formam em plantas aquáticas, fixadas ao solo ou não. A vitória-régia, por exemplo, possui raízes fixadas ao substrato lodoso, enquanto o aguapé não apresenta raízes fixadas no substrato.

As espécies flutuantes apresentam abundância de aerênquima, o qual auxilia na flutuação e na respiração da planta.



Raízes aquáticas de aguapé (*Eichhornia crassipes*).

Visions B.V./StockFood/Latin stock

Ser vivo adulto

Aguapé: pode atingir 1 m de comprimento.

Batata-doce: pode atingir de 13 cm a 17 cm de comprimento.

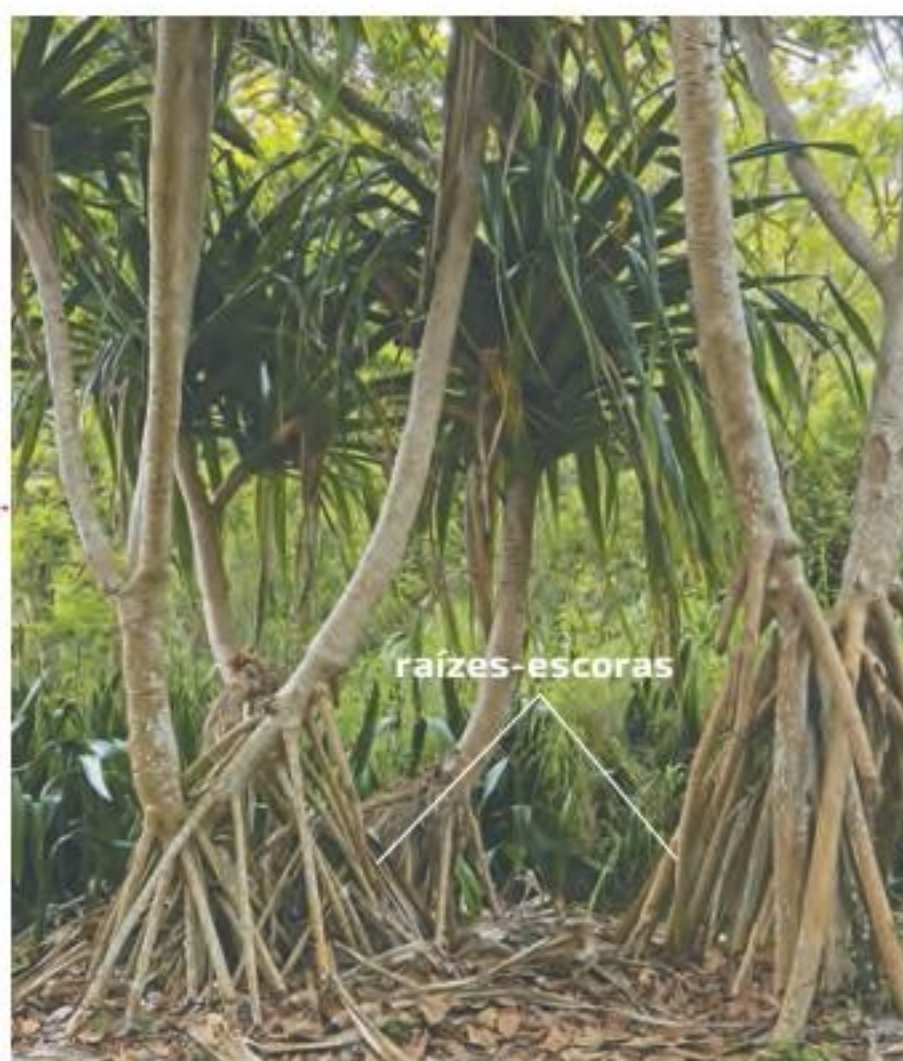
***Pandanus boninensis*:** pode atingir de 3 m a 6 m de altura.

As raízes aéreas mantêm contato com o ar atmosférico, ou seja, desenvolvem-se acima do nível do solo. Essas raízes podem ser adventícias, ou seja, originarem-se de outras estruturas vegetais, principalmente do caule e não da radícula do embrião ou da própria raiz. As raízes aéreas executam diferentes funções.*

Raízes aéreas

As raízes-escora são raízes aéreas adventícias, formadas a partir do caule e que auxiliam na sustentação da planta em solos rasos ou pantanosos.

Quando atingem o solo, essas raízes se ramificam e também participam da absorção de água e nutrientes.



Raiz-escora de *Pandanus boninensis*.

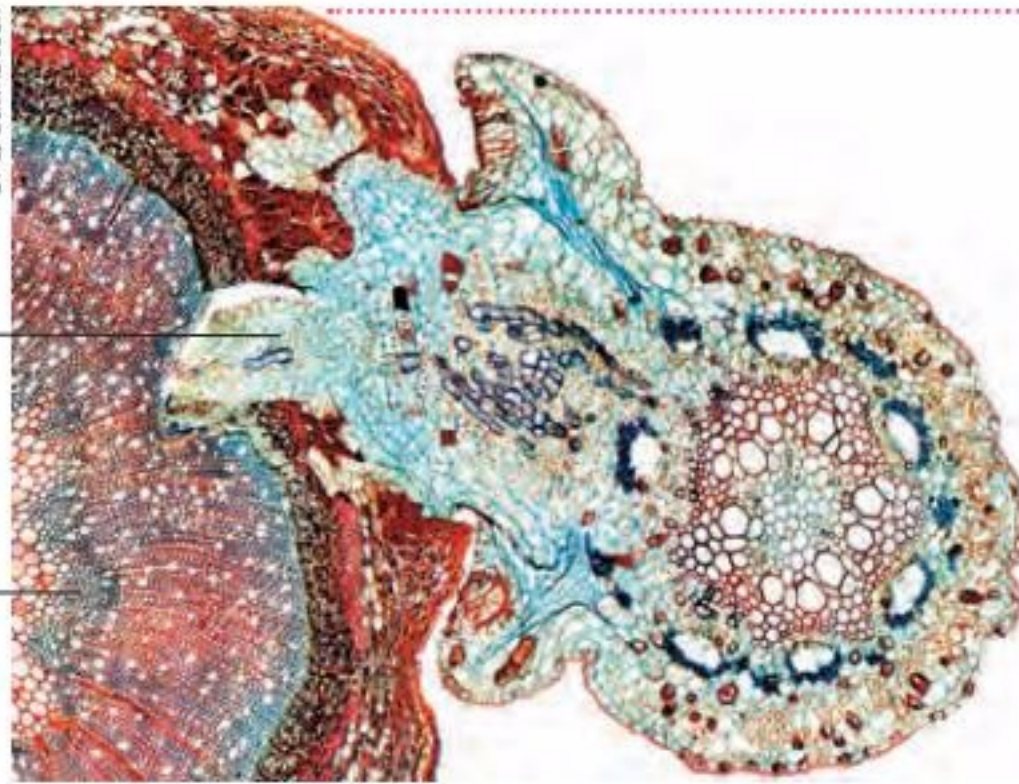
amanaimages/Corbis/Latin stock

*Algumas raízes adventícias também podem se originar a partir das folhas, como as plantas suculentas.



Dr. Keith Wheeler/
SPL/Latins stock

haustório
tecido da
planta
hospedeira



Os **haustórios** ou raízes sugadoras são um tipo de raiz aérea encontrada em plantas parasitas. Elas penetram nos tecidos das plantas hospedeiras, absorvendo água e sais minerais ou os produtos da fotossíntese.

Corte de raiz de cipó-chumbo (*Cuscuta* sp.) penetrando tecidos da planta hospedeira (aumento aproximado de 50 vezes).

blackwinkler/Alamy Stock Photo/Latinstock



As **raízes grampiformes** são raízes adventícias aéreas encontradas em vários grupos de epífitas (como as orquídeas e bromélias) e de trepadeiras. Elas fixam o vegetal no substrato ou suporte, que pode ser uma planta ou não. A absorção de nutrientes é realizada pelas raízes alimentadoras.

raízes grampiformes

Hera (*Hedera helix*) crescendo fixada a uma parede.

Ser vivo adulto

Hera: pode atingir cerca de 12 m de comprimento.

Mangue-negro: pode atingir 2,7 m de altura.

ImageBROKER/Alamy Stock Photo/Latinstock



Assim como outros órgãos da planta, as raízes realizam trocas gasosas com o ambiente externo. Plantas que crescem em solos encharcados possuem raízes aéreas que se desenvolvem acima do solo. Essas raízes são chamadas **pneumatóforos** ou **raízes de aeração** e são responsáveis pela fixação da planta no solo e por promover a aeração adequada dos tecidos radiculares.

Pneumatóforos do mangue-negro (*Avicennia germinans*).

Plantas parasitas

Em termos de nutrição, a quase totalidade das angiospermas é autotrófica (fotoautotrófica). No entanto, algumas espécies do reino Plantae, chamadas **plantas parasitas**, são total ou parcialmente dependentes de outras plantas para obter seus nutrientes. Essas plantas vivem sobre outras chamadas **hospedeiras** e delas absorvem água e nutrientes ou compostos orgânicos produzidos na fotossíntese.

As plantas parasitas, como a erva-de-passarinho, que absorvem apenas água e substâncias inorgânicas da planta hospedeira são chamadas **hemiparasitas**. Elas têm clorofila e capacidade de realizar fotossíntese em pelo menos parte de seu ciclo de vida.

Já as **holoparasitas**, como a raflésia, são plantas que não possuem clorofila e, portanto, não realizam fotossíntese. Elas absorvem os compostos orgânicos de que necessitam da planta hospedeira.

Nas plantas parasitas, as folhas geralmente são reduzidas ou modificadas. Tanto as hemiparasitas quanto as holoparasitas apresentam haustórios para absorver as substâncias de que necessitam da planta hospedeira.

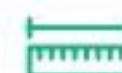


Alexander Mazurkevich/Shutterstock.com

Ser vivo adulto

Raflésia (*Rafflesia arnoldii*): a flor pode atingir 1 m de diâmetro.

Essa planta apresenta flor muito grande, mas corpo vegetativo bastante reduzido.



Raflésia, uma planta holoparasita.

11. Por que as plantas precisam de luz solar?

Para realizar a fotossíntese.

Plantas epífitas

Algumas espécies de plantas, chamadas **epífitas**, crescem sobre outras sem absorver nutrientes delas. Nesses casos, apenas as utilizam como suporte para conseguirem maior luminosidade (luz solar) e se desenvolverem. Essa é uma estratégia vegetal que ocorre em vegetações densas, evitando-se, assim, o excesso de sombreamento próximo ao solo.

As epífitas, normalmente, apresentam uma série de adaptações para evitar a perda de água ou para captar nutrientes, já que crescem longe do solo.

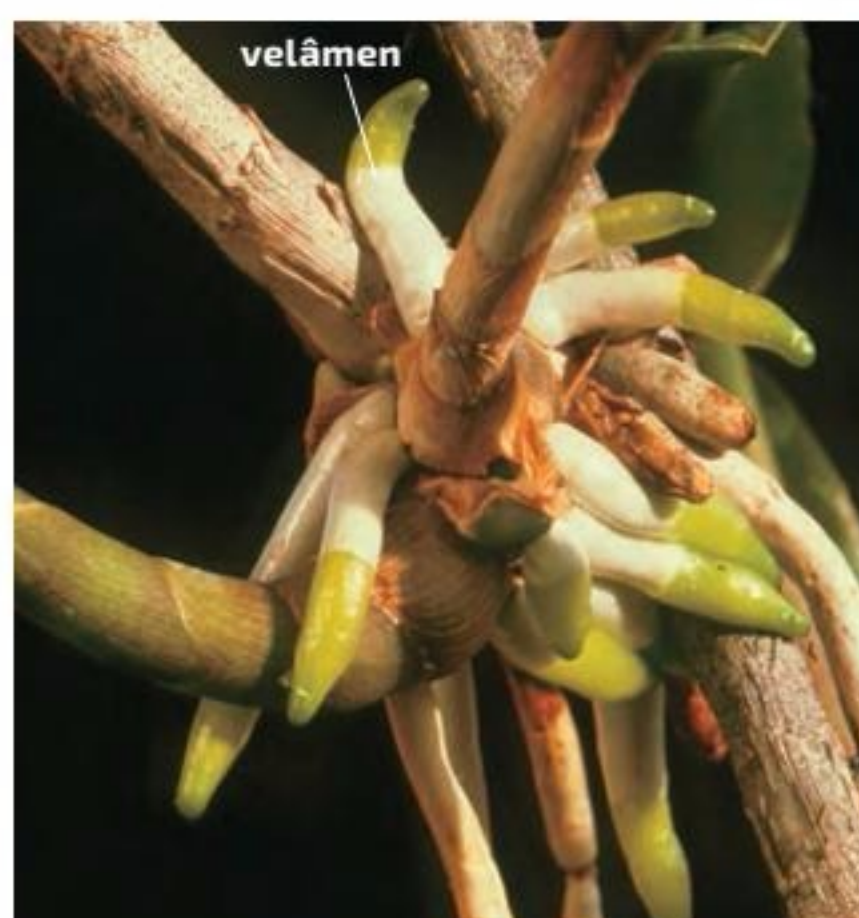
O **velâmen** ou **velame** é uma adaptação encontrada na raiz de plantas epífitas, como certas orquídeas. Trata-se de uma camada múltipla de células epidérmicas que propicia proteção mecânica para o córtex e reduz a perda de água, podendo também atuar na absorção dessa substância. O velâmen pode ser fotossintetizante e, normalmente, confere uma coloração esbranquiçada às raízes.

Outras plantas epífitas, como a *Dischidia rafflesiana*, apresentam algumas de suas folhas modificadas em recipientes ocos, similares a “jarras”, que servem para coletar partículas e água da chuva. Colônias de formigas podem viver nessas jarras e aumentar o suprimento de nitrogênio para a planta*. Algumas raízes crescem para dentro dessas jarras, de onde absorvem água e íons inorgânicos.

Caule

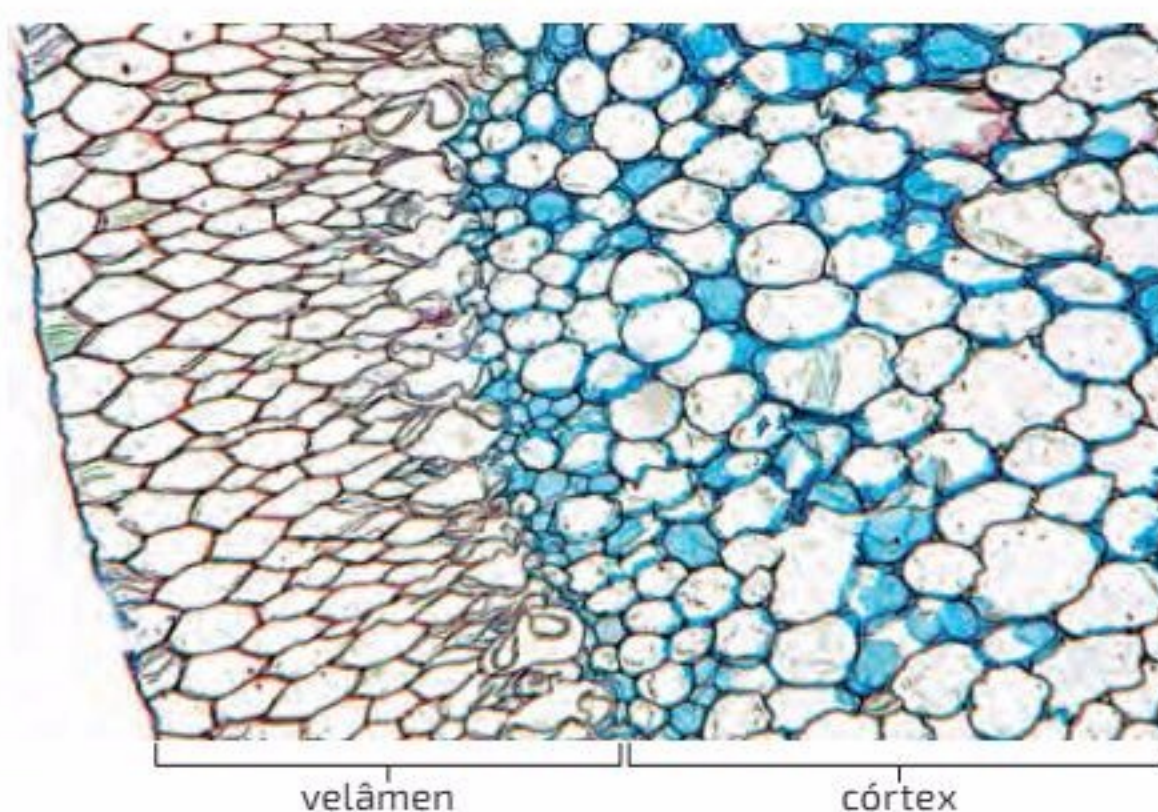
O caule está associado a duas funções básicas: suporte e condução de seiva. Esse órgão dá suporte às folhas, às flores e aos frutos. Além disso, possibilita o transporte de substâncias entre as raízes e folhas, garantindo uma conexão adequada entre partes aéreas e subterrâneas da planta.

O caule pode ser verde e realizar fotossíntese, embora não seja o principal centro de realização desse processo na maioria das plantas.**



Vaughan Fleming/SPL/Latinstock

Raiz da orquídea *Epidendrum elongatum*.



Dr Keith Wheeler/SPL/Latinstock

Corte de raiz de *Dendrobium* sp., uma espécie de orquídea epífita (aumento aproximado de 37 vezes).

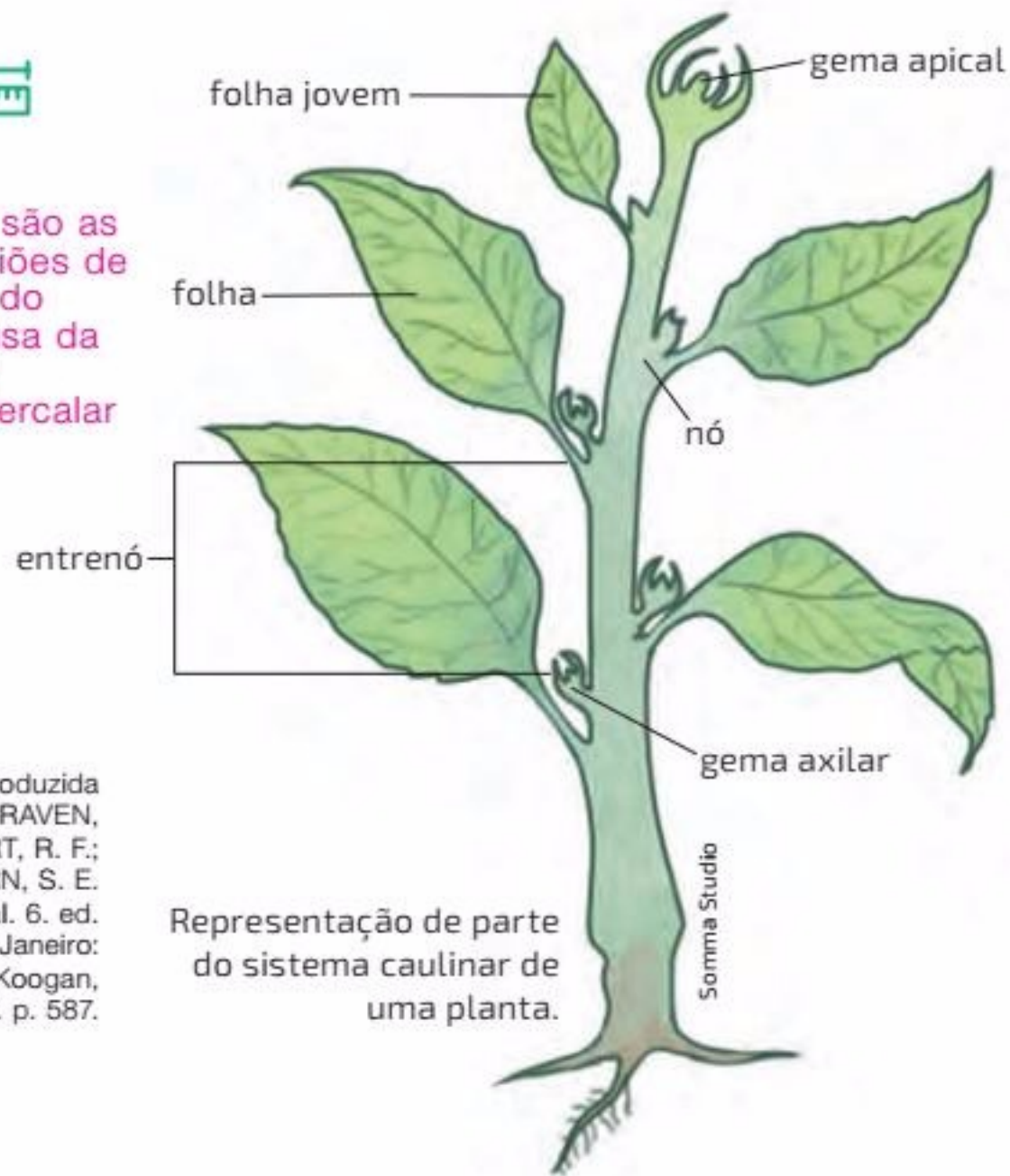
*Esse assunto será tratado neste capítulo, no tópico referente a plantas carnívoras.

**O caule é o principal órgão fotossintético em plantas com determinadas adaptações, como folhas reduzidas ou ausentes.



*Os entrenós são as principais regiões de alongamento do caule por causa da existência do meristema intercalar nessa área.

Ilustração produzida com base em: RAVEN, P. H.; EVERT, R. F.; EICHHORN, S. E. *Biologia vegetal*. 6. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2001. p. 587.



Cada caule é composto por **nós** que, em alguns casos, coincidem com a inserção das folhas no caule, e **entrenós**, regiões localizadas entre dois nós sucessivos. Nele, há, ainda as gemas, regiões caulinares onde se encontram os tecidos meristemáticos.

A **gema apical**, localizada no ápice do caule, gera as células envolvidas no crescimento e no desenvolvimento da parte aérea. Já as **gemas laterais**, posicionadas no encontro da folha com o caule (axila das folhas), são responsáveis pela produção dos ramos laterais e das flores.

O caule não possui uma estrutura especializada, como a coifa das raízes, para fazer a proteção da gema apical. Nos caules, a proteção desse centro de divisão celular é feita por folhas jovens que se dobras sobre essa região.

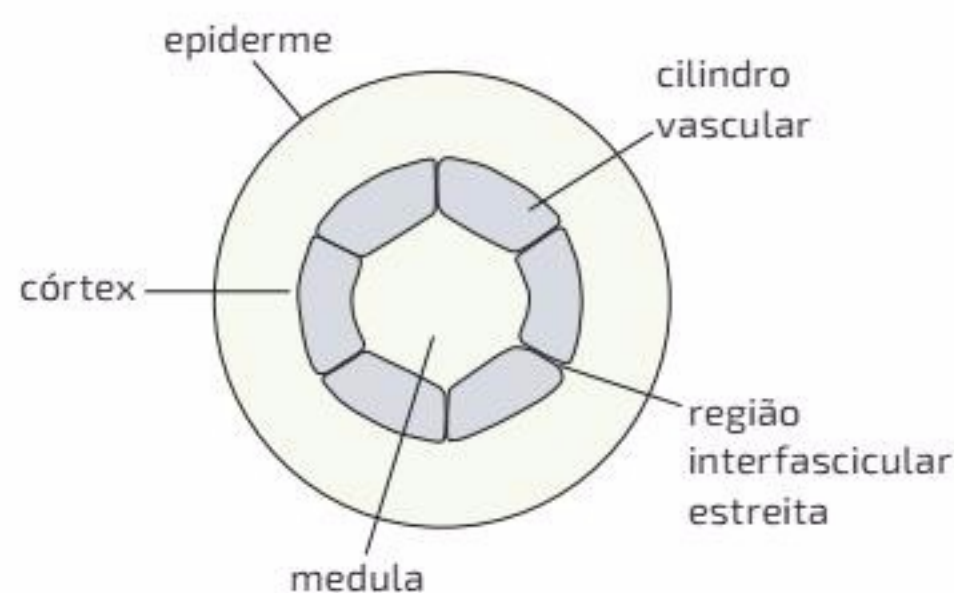
Veja informações a respeito do terceiro tipo de organização caular nas **Orientações para o professor**.

Analisando o caule primário, da região mais externa para a mais interna, é possível observar epiderme, córtex, vasos condutores e, em algumas espécies, medula. A estrutura primária do caule pode ser bastante variável nas plantas com sementes. Duas dessas estruturas caracterizam as monocotiledôneas e as eudicotiledôneas. Veja a seguir.

Representação de caules de eudicotiledônea e monocotiledônea

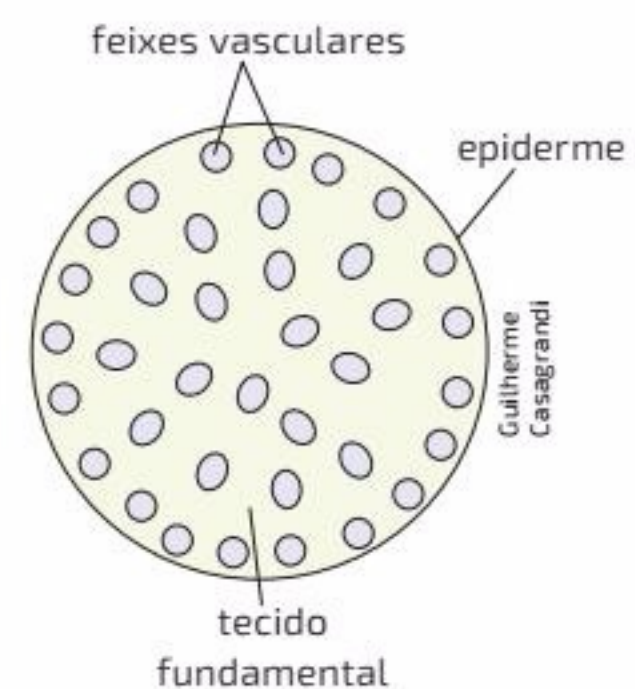
Eudicotiledôneas

Os feixes vasculares geralmente formam um cilindro praticamente contínuo.** Internamente a esse cilindro, encontra-se a medula e, externamente a ele, o córtex. Ambos atuam como tecido de armazenamento na planta.



Monocotiledôneas

Os feixes vasculares estão aparentemente dispersos no tecido fundamental, impossibilitando a diferenciação da medula e do córtex.



**Se necessário, informe aos alunos que o cilindro vascular caular das eudicotiledôneas não é propriamente contínuo. Esses feixes são separados uns dos outros por regiões muito estreitas, de parênquima que interliga o córtex e a medula.

A camada mais externa do caule é única e corresponde à **epiderme**, que reduz a perda de água. Comumente, a epiderme é coberta pela cutícula e apresenta menos estômatos que as folhas.

O **córtex** é formado por células de colênquima e parênquima, cujas células irão apresentar cloroplastos quando se tornarem maduras.

O tecido vascular é dividido em **feixes vasculares** separados e formados por xilema e floema.

Já a **medula** é composta basicamente de células parenquimáticas.

Tanto o córtex quanto a medula desenvolvem numerosos espaços intercelulares preenchidos por ar.



Ilustrações produzidas com base em: RAVEN, P. H.; EVERT, R. F.; EICHHORN, S. E. *Biologia vegetal*. 6. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2001. p. 591.

Tipos de caule

O caule é um órgão vegetativo que pode ser de três tipos: subterrâneo, aquático ou aéreo.

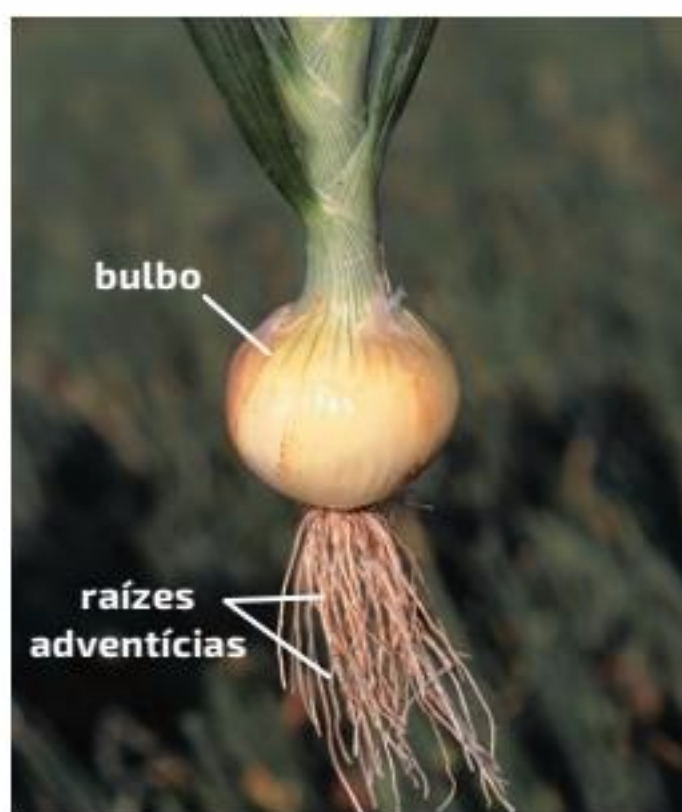
Os **caules subterrâneos** se desenvolvem abaixo do solo e podem ser dos tipos: tubérculo, bulbo ou rizoma. O **tubérculo** é especializado no armazenamento de nutrientes; o **bulbo** usualmente é discoide, dotado de raízes adventícias e com ápice protegido por numerosos **catafilos**; o **rizoma** cresce paralelamente ao solo produzindo folhas e/ou ramos laterais.



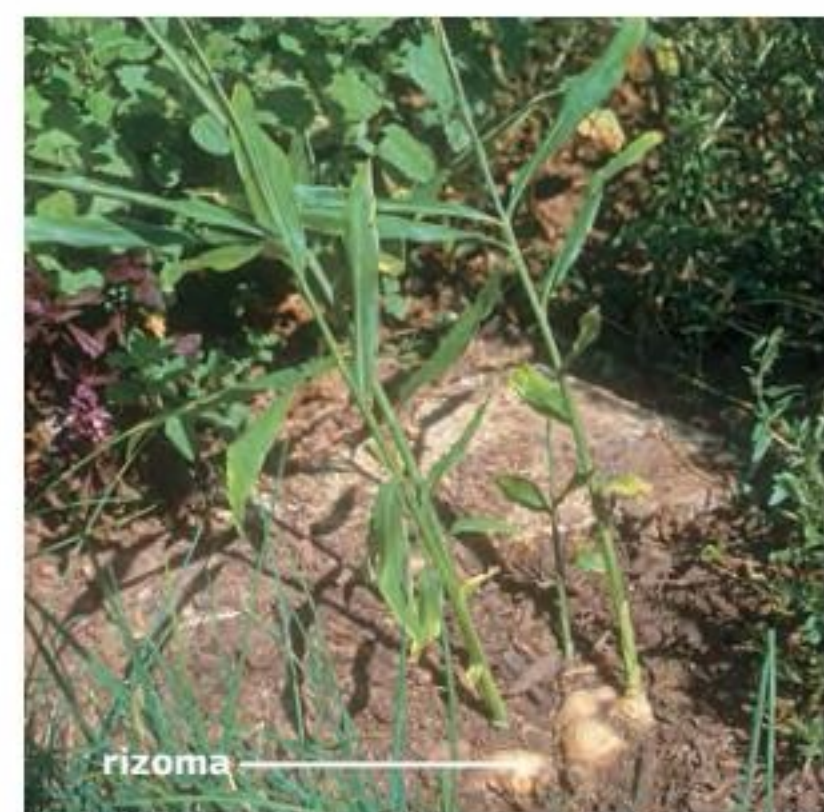
Catafilo: folhas reduzidas em forma de escamas e que podem atuar na proteção de gemas ou no armazenamento de reservas.



Caule do tipo tubérculo em batata-inglesa.



Caule do tipo bulbo em cebola.



Caule do tipo rizoma em gengibre.

O **caule aquático** desenvolve-se dentro da água, nas plantas aquáticas. Assim como as raízes aquáticas, esses caules também podem apresentar grande quantidade de aerênquima.

Caule aquático de vitória-régia (*Victoria amazonica*).



O **caule aéreo** é aquele que se desenvolve acima do solo ou substrato. É o tipo mais variado de caule e de maior quantidade de representantes. Os caules aéreos podem ser dos tipos: rastejante, volúvel ou ereto.

O **caule rastejante** (fotografia A) cresce apoiando-se paralelamente ao solo e o **caule volúvel** (fotografia B) ou trepador apoia-se em um suporte e cresce sobre ele por meio de estruturas de fixação.



Caule rastejante de abobrinha.



Caule volúvel de hera.

Ser vivo adulto

Aboboreira: pode atingir cerca de 60 cm de altura.

Batata-inglesa: pode atingir até 60 cm de altura.

Cebola: pode atingir de 0,5 m a 1,5 m de altura.

Gengibre: pode atingir 1,5 m de altura.

Hera: pode atingir 1 m de comprimento.

Vitória-régia: pode atingir 2 m de diâmetro.

O **colmo** apresenta-se dividido em nós e entrenós. Pode ser oco, como no bambu, ou maciço, como na cana-de-açúcar.



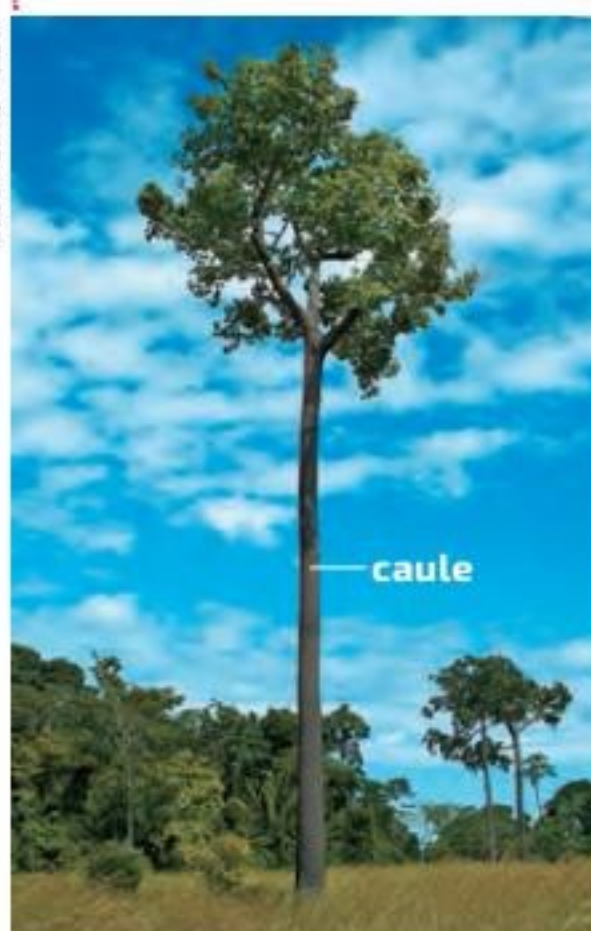
Caule tipo colmo da cana-de-açúcar.

O **estipe** é mais ou menos cilíndrico, não ramificado lateralmente, e suas folhas concentram-se no ápice caulinar. Esse caule é encontrado em palmeiras.



Caule tipo estipe do açaizeiro.

O **tronco** é observado em plantas de grande porte, apresenta maior desenvolvimento na base e ramificações no ápice (copa). Esse tipo de tronco é lenhoso e resistente.



Caule tipo tronco da castanheira-do-brasil.

A **haste** é pouco rígida e tem pequeno calibre. Normalmente, mantém-se verde, mas pode apresentar cores vivas.



Caule tipo haste da couve.



Ser vivo adulto

Açaizeiro: pode atingir 20 m de altura.

Cana-de-açúcar: pode atingir de 2 m a 6 m de altura.

Castanheira-do-brasil: pode atingir 50 m de altura.

Couve: pode atingir de 40 cm a 1,2 m de altura.

12. Explique o conceito de subsistência.

Subsistência refere-se ao conjunto daquilo que é necessário para manter o sustento da vida.

Sustentável: aquilo que supre as necessidades atuais sem interferir nas necessidades futuras.

*Se necessário, diga aos alunos que, algumas plantas, quando feridas no caule, reagem produzindo látex, um importante cicatrizante do tecido lesado.

História

Encontro com...

Ciclo da borracha e o extrativismo vegetal na Amazônia

A borracha é produzida a partir do látex, substância extraída do caule da seringueira (*Hevea brasiliensis*), espécie de árvore nativa da Amazônia*. A extração de látex teve início com os povos indígenas e é praticada até hoje como economia de subsistência por populações locais.

No século XIX, os avanços industriais e a fabricação de objetos, como calçados e pneus, aumentaram o consumo do látex. Assim, entre os anos de 1879 e 1912, período que ficou conhecido como **Ciclo da Borracha**, o Brasil tornou-se o maior produtor mundial de borracha natural, que era produzida na Amazônia e comercializada com países da Europa e com os Estados Unidos.

Além da importância econômica do Ciclo da Borracha, esse período também instigou a criação de reservas extrativistas na Amazônia. Nesses locais, cooperativas de seringueiros passaram a se dedicar à extração do látex de maneira **sustentável**, visando à manutenção da biodiversidade local e das atividades de geração de renda.

Extração de látex do caule de uma seringueira do Projeto de Assentamento Extrativista Chico Mendes, em Xapuri, Acre, em 2009.



J. L. Bulcão/Pulsar

Crescimento secundário

Monocotiledôneas não possuem crescimento secundário. No entanto, as palmeiras apresentam um crescimento primário volumoso, que não deve ser confundido com crescimento secundário.

As estruturas de caule e raiz apresentadas anteriormente referem-se a plantas com crescimento primário. No entanto, em algumas plantas, esses órgãos podem apresentar crescimento secundário (aumento em espessura).

Enquanto o crescimento primário está relacionado aos meristemas apicais, o crescimento secundário é resultado da atividade de meristemas laterais: o **câmbio vascular**, que forma xilema e floema secundários, e o **câmbio da casca**,* que origina as células com súber.

O crescimento secundário é observado em regiões do caule e da raiz que não apresentam mais alongamento.** À medida que o câmbio vascular se divide ele forma **xilema secundário** (lenho), para o seu interior, e **floema secundário**, para seu exterior, eliminando grande parte dos tecidos primários***. Paralelamente à formação dos tecidos condutores secundários, a epiderme é substituída pela periderme, que produz feloderme, para o seu interior, e súber, para o seu exterior.

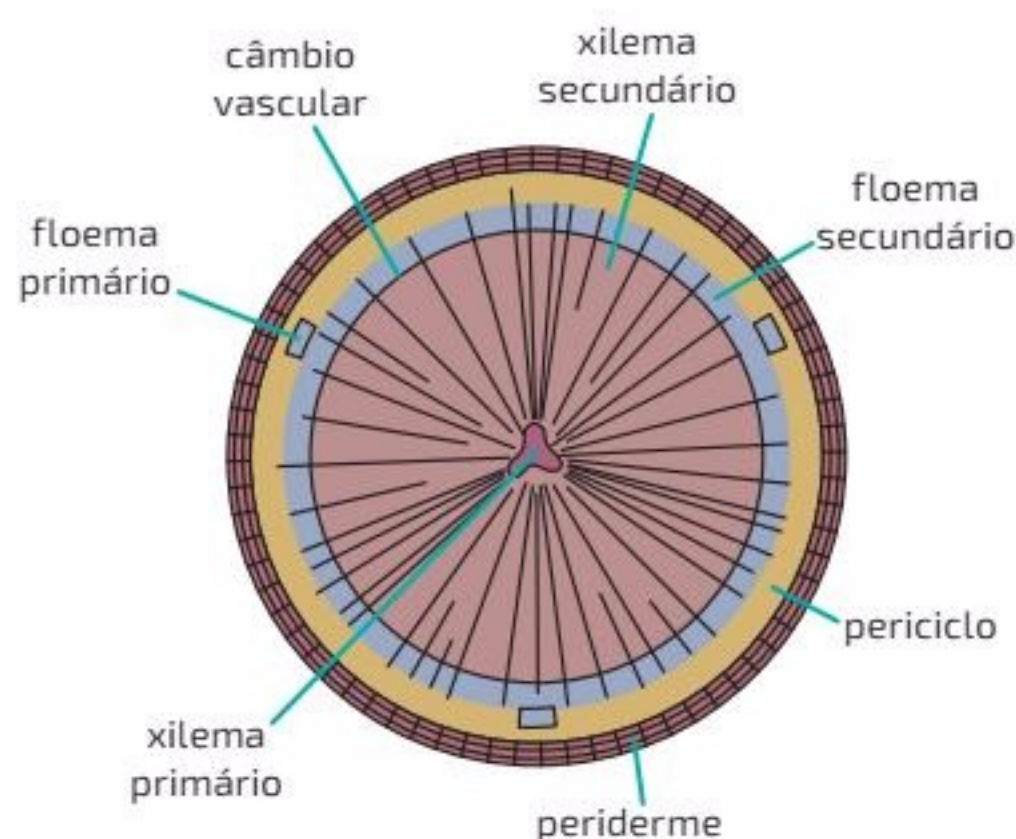
*Se necessário, retome as camadas da periderme vistas na página 98 deste capítulo.

**A ocorrência de crescimento secundário, em algumas regiões da planta, não impede o crescimento primário em outras.

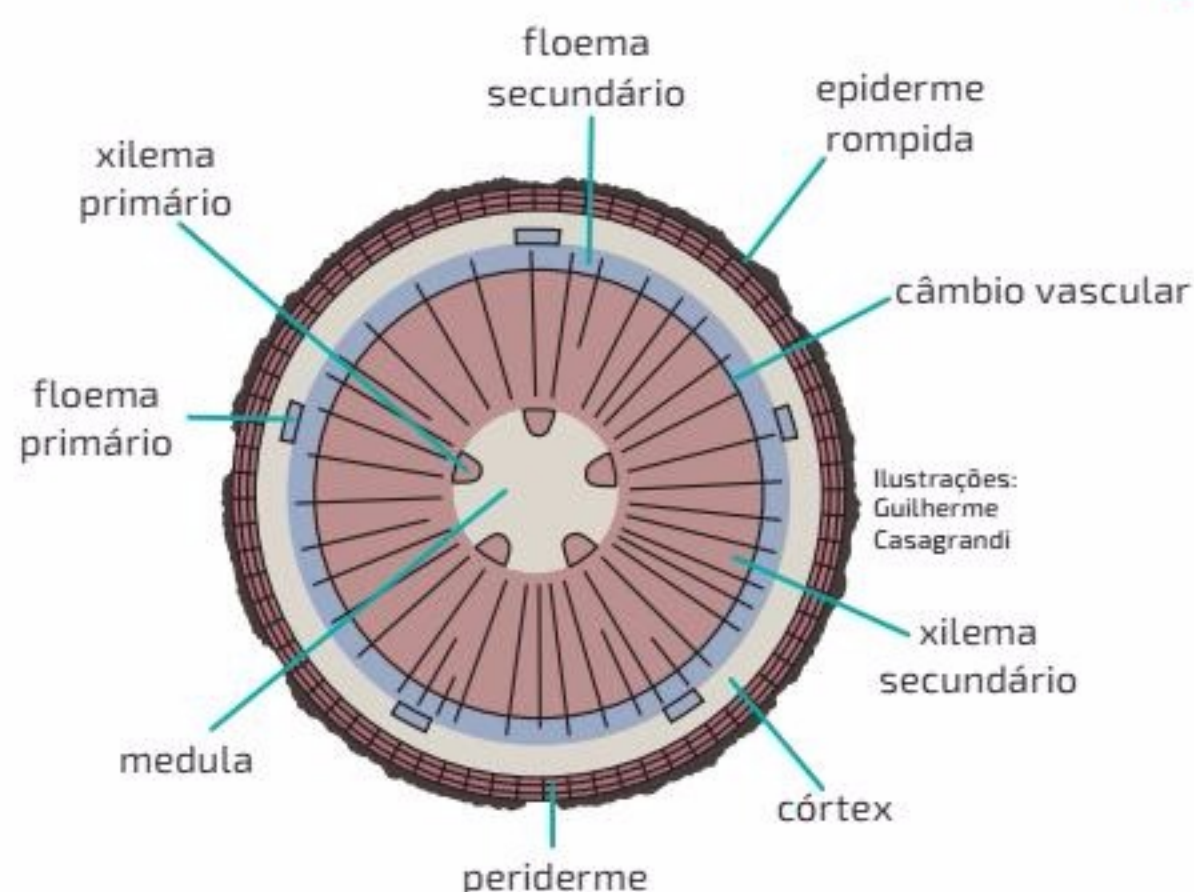
***Diferentemente da raiz que elimina rapidamente o córtex, no caule, esse tecido pode manter-se por certo período.



Representação de raiz e caule de angiosperma com crescimento secundário



Representação da raiz de angiosperma com crescimento secundário.



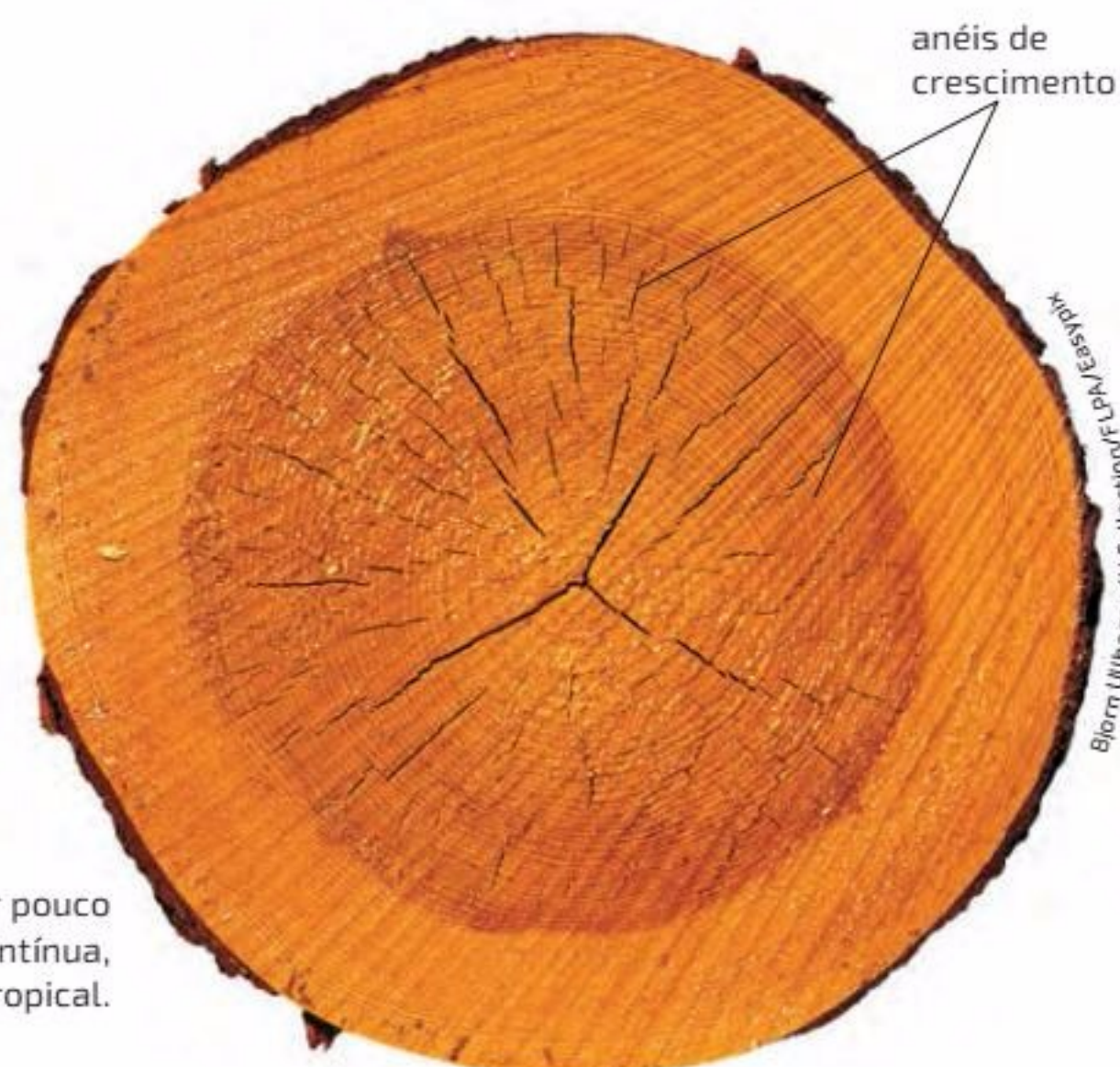
Representação do caule de angiosperma com crescimento secundário.

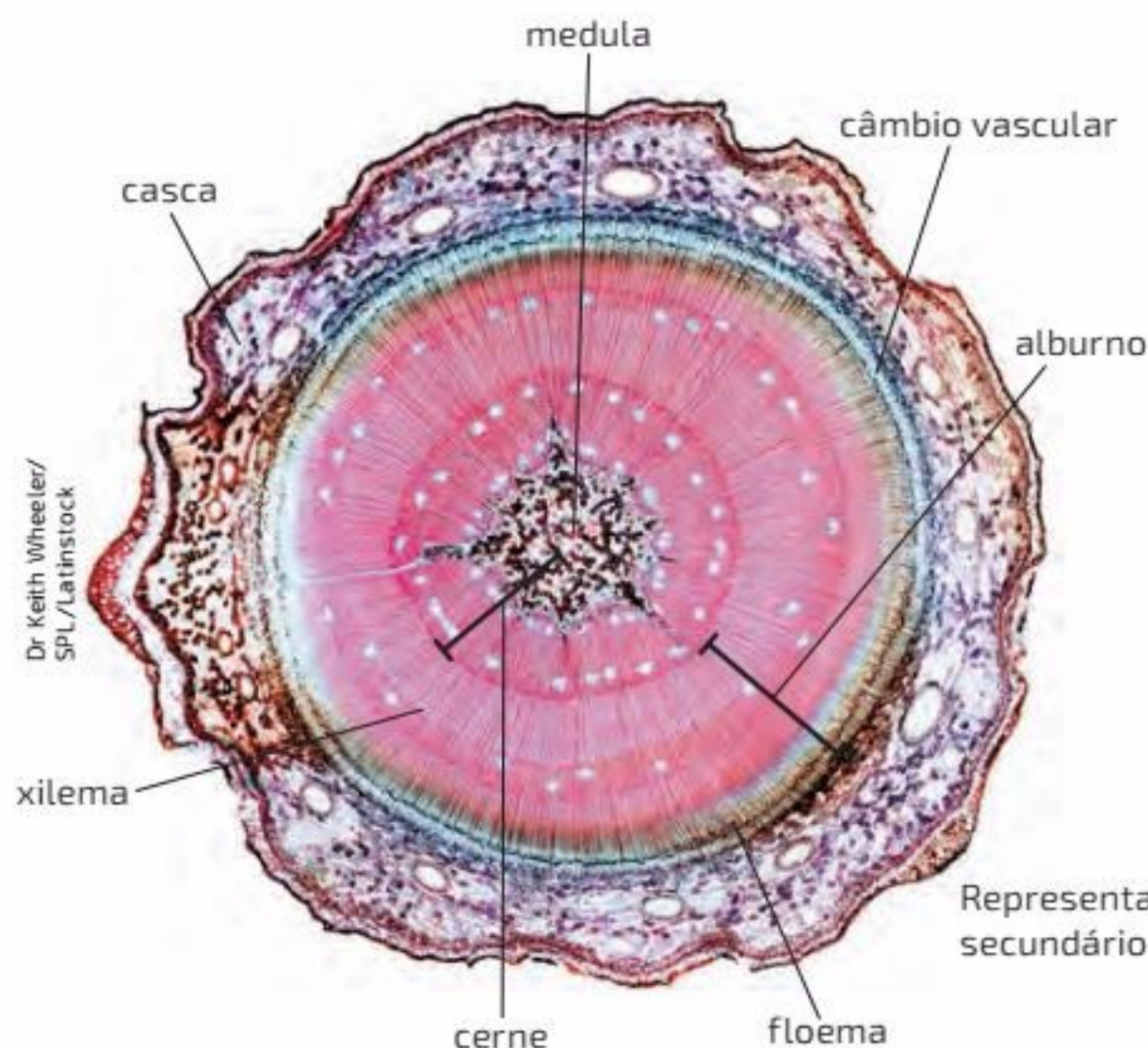
Ilustrações produzidas com base em: RAVEN, P. H.; EVERT, R. F.; EICHHORN, S. E. *Biologia vegetal*. 6. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2001. p. 579, 625.

A atividade do câmbio vascular, principalmente em espécies de climas temperados, é periódica, entrando em dormência no inverno e retomando as atividades na primavera.

Quando inativo, o câmbio vascular não forma novos tecidos vasculares secundários. Quando retoma sua atividade, novas camadas de tecido de condução são formadas. Assim, é possível diferenciar **anéis de crescimento**, cujas espessuras podem variar muito. Geralmente, são largos em condições ambientais favoráveis e estreitos em condições desfavoráveis, o que pode refletir as estações de um ano.

Tronco de *Pinus* sp. Os anéis de crescimento podem ser pouco visíveis em plantas que apresentam atividade cambial contínua, como espécies de plantas de floresta tropical.





Representação das camadas de caule com crescimento secundário (aumento aproximado de 14 vezes).

Ao longo dos processos de formação de xilema e floema secundários, somente parte deles mantém-se funcional e é composto por células vivas que participam do transporte de substâncias. A outra parte é composta de células geralmente mortas, que perdem a funcionalidade e passam a atuar na sustentação da planta.

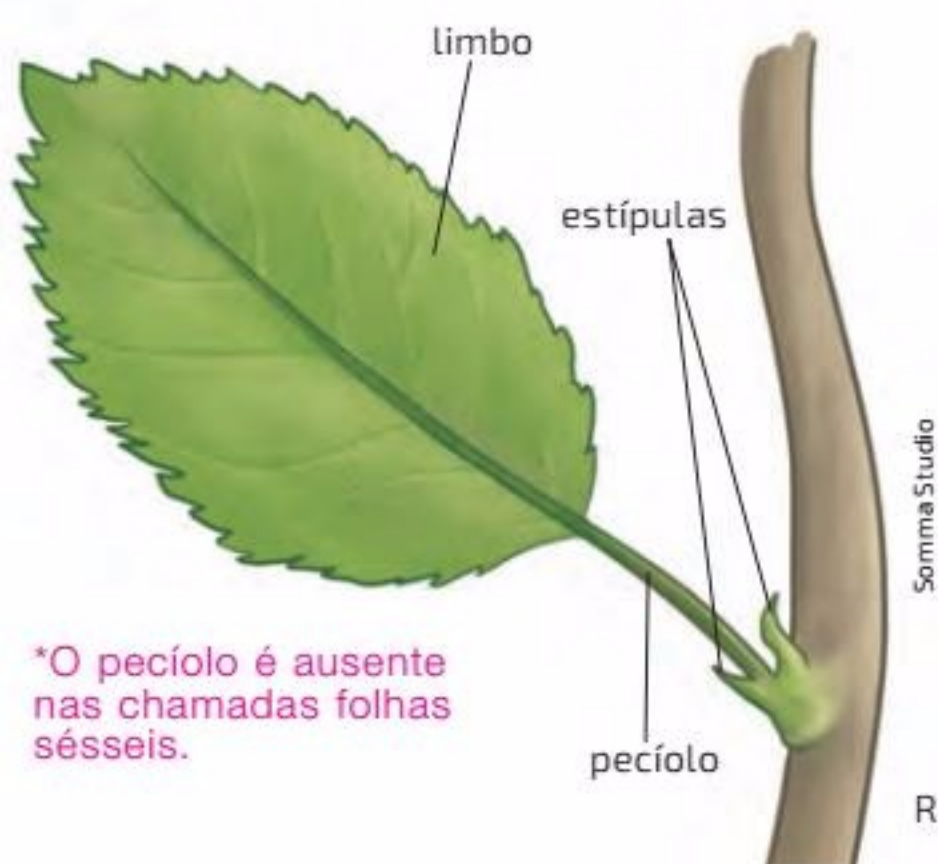
O xilema que é produzido em maior quantidade no caule pode se apresentar de duas formas: mais internamente na planta, escuro e não funcional — chamado **cerne** — e mais externo no caule, claro e funcional — chamado **alburno**. O termo “casca” refere-se a todos os tecidos localizados externamente ao câmbio vascular.

Folhas

As folhas são os principais órgãos fotossintetizantes das plantas. Embora outras partes do vegetal possam apresentar cloroplastos, as folhas possuem anatomia adaptada para captar a luz solar e realizar trocas gasosas, processos fundamentais para a fotossíntese. A principal importância das folhas é a formação de compostos orgânicos por meio da fotossíntese. Outro elemento importante é a transpiração que ocorre nas folhas, pois ela contribui para o transporte de seiva no xilema.

As folhas variam muito na forma e na estrutura interna. De modo geral, esses órgãos são formados pela lâmina foliar ou limbo e pelo pecíolo*. A lâmina foliar ou limbo caracteriza-se por ser uma estrutura delgada e plana, sustentada e conectada ao caule pelo pecíolo, que é uma extensão do caule.

A espessura do limbo é essencial para que a luz solar atinja todos os tecidos internos da folha, não apenas os mais superficiais. Na base de algumas folhas de eudicotiledôneas, podem se desenvolver apêndices foliares chamados **estípulas**.



*O pecíolo é ausente nas chamadas folhas sésseis.

Representação de morfologia externa de uma folha.

13. Qual é a principal parte da folha, responsável pela captação da luz solar? Por quê?

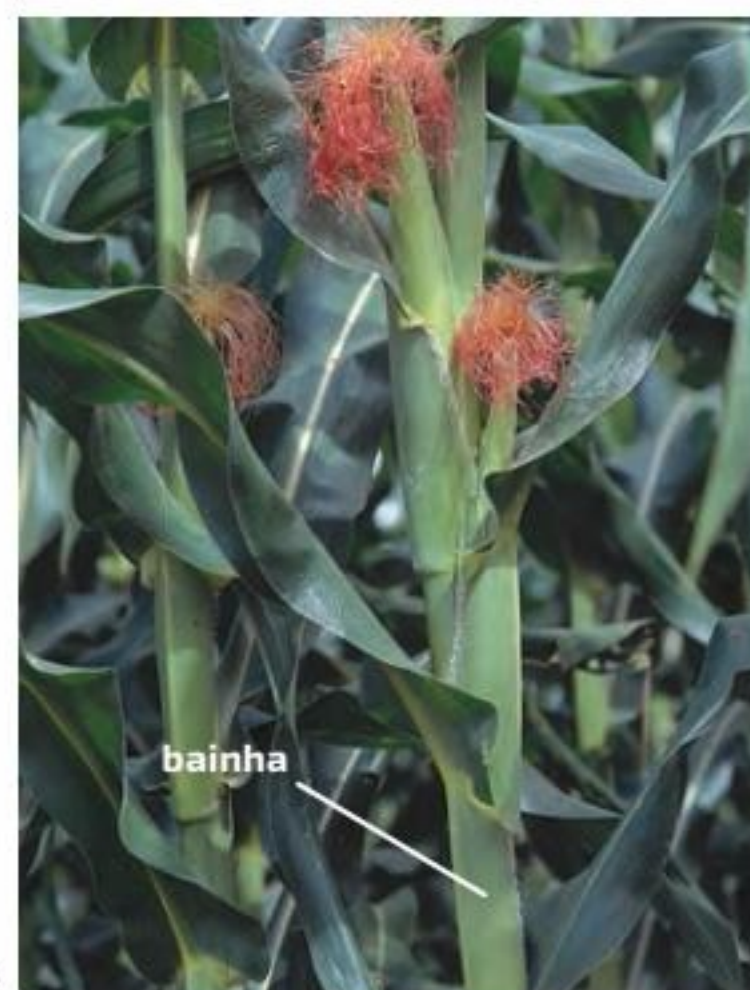
A lâmina foliar ou limbo, pois é a parte foliar que apresenta maior área de exposição à luz solar.

Ser vivo adulto

Milheiro: pode atingir de 1,8 m a 2,5 m de altura.

Em muitas monocotiledôneas e certas eudicotiledôneas, a base das folhas é expandida em uma **bainha**, que circunda o caule. Essa modificação foliar pode se estender por todo o comprimento do entrenó, como em algumas gramíneas.

As folhas são limitadas na superfície superior e inferior pela epiderme, a qual se apresenta como uma camada de células não fotossintetizantes e cobertas pela cutícula. Essa camada é impermeável à água e, para permitir as trocas gasosas na folha, a epiderme possui estômatos, que podem aparecer em ambos os lados da folha ou em apenas um deles, mais comumente na face inferior.

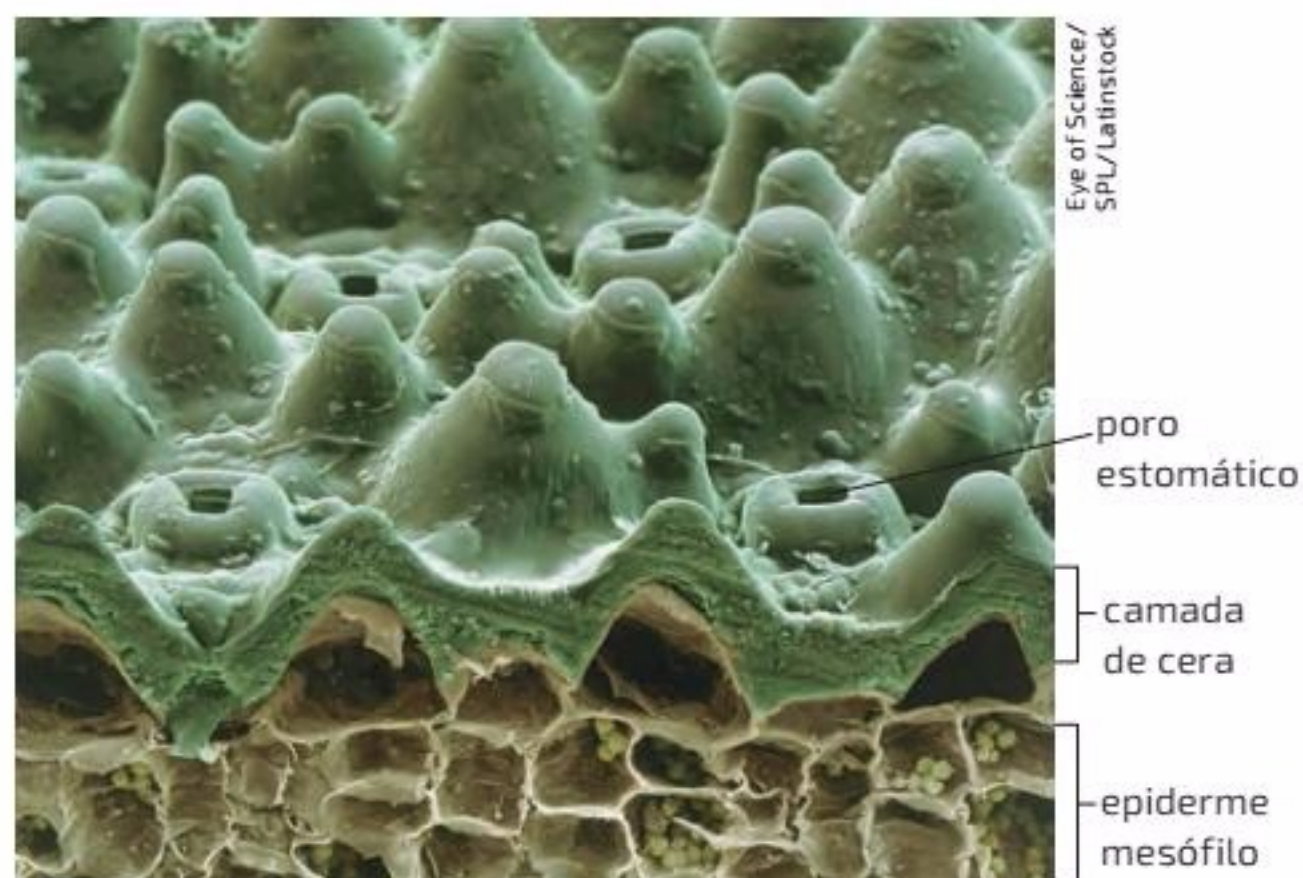


Bainha em folha de milho.

Em algumas plantas, além da cutina, a cutícula pode apresentar uma camada de **cera**, que reduz ainda mais a perda de água por esse órgão. Essa camada cerosa garante aspecto esbranquiçado ou azulado e brilhante na superfície de algumas folhas e frutos.

Camada de cera depositada em folha de *Haworthia pumila*, uma planta natural de ambientes desérticos (aumento aproximado de 200 vezes).

14. Como a camada de cera depositada na folha de *Haworthia pumila* pode auxiliar na sobrevivência dessa planta no ambiente desértico?



A área delimitada pelas duas epidermes corresponde ao **mesófilo** ou “meio da folha”, que apresenta espaços aeríferos. Normalmente, o mesófilo é formado por duas regiões de tecido parenquimático fotossintetizante. A(s) camada(s) superior(es) corresponde(m) ao **parênquima paliçádico**, formado por células aproximadamente cilíndricas e onde está concentrada a maior quantidade de cloroplastos. A(s) camada(s) mais inferior(es) consiste(m) em células com formas irregulares, compondo o chamado **parênquima esponjoso** (ou lacunoso).*

14. A camada de cera reduz ainda mais a perda de água para o ambiente. Assim, em um ambiente onde a água é escassa, evitar a perda dessa substância é essencial para que processos como a fotossíntese ocorram na planta.

Representação da morfologia interna de uma folha

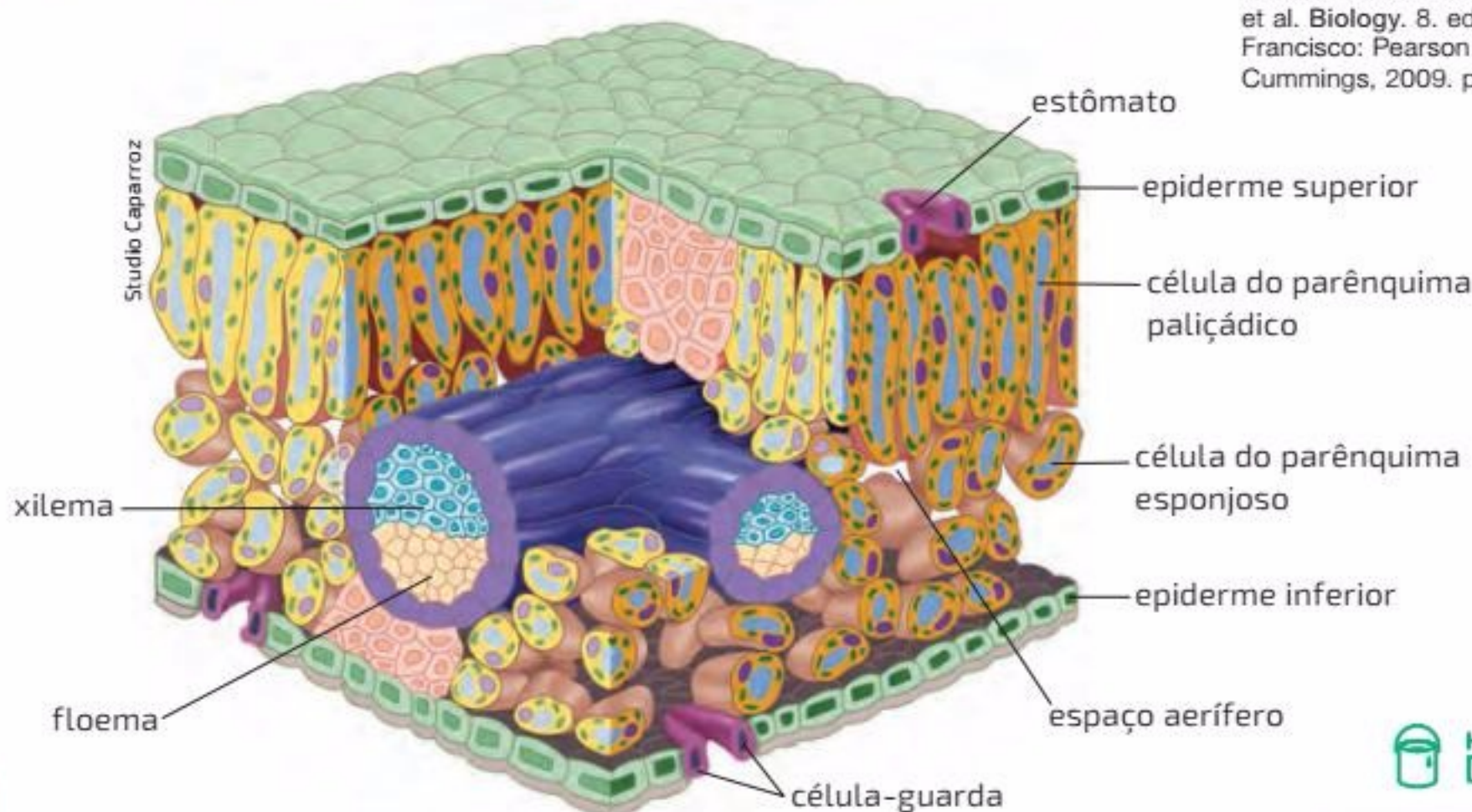


Ilustração produzida com base em: CAMPBELL, N. A. et al. *Biology*. 8. ed. San Francisco: Pearson Benjamin Cummings, 2009. p. 751.

*Algumas plantas podem ter predomínio de um parênquima sobre o outro ou não apresentar diferenciação entre eles.

O mesófilo é permeado por numerosos feixes vasculares ou **nervuras** que são contínuos com o sistema vascular do caule. Essas nervuras, compostas por xilema e floema, garantem que todas as células do interior da folha sejam bem supridas de água e minerais, e que os produtos da fotossíntese sejam direcionados ao floema das nervuras para ser distribuído ao resto da planta.

Nas eudicotiledôneas, as nervuras estão dispostas em um padrão ramificado, com nervuras sucessivamente menores se ramificando de nervuras maiores. Esse tipo de arranjo é chamado **nervação reticulada** ou em rede.

Nas monocotiledôneas, a nervação é **paralela**, ou seja, estende-se ao longo do maior eixo da folha, com nervuras de tamanhos similares.



Tipos de folhas

As folhas das eudicotiledôneas podem ser de dois tipos: simples ou composta.



Na **folha simples**, o limbo não é dividido em partes distintas, embora ele possa ser profundamente lobado.



Representação de folha simples.

Na **folha composta**, o limbo é dividido em partes distintas, os **folíolos**, cada qual geralmente com seu próprio pecíolo. Diferentemente das folhas que apresentam gemas axilares, os folíolos não possuem essas estruturas.



Representação de folha composta.

Ilustração produzida com base em: RAVEN, P. H.; EVERT, R. F.; EICHHORN, S. E. *Biologia vegetal*. 6. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2001. p. 602-603.

Modificações das plantas

Em determinadas espécies de plantas, algumas modificações presentes em caules e folhas passaram a atribuir novas funções a esses órgãos. Veja.



Nos vegetais chamados **cladódios**, são os caules que realizam a fotossíntese. Eles são desprovidos de folhas e têm crescimento ilimitado, característico de plantas de clima árido, como os cactos. Esses caules podem conter mucilagem, solução viscosa rica em carboidratos, que ajuda a reter água.

Cladódios de *Euphorbia tirucalli*.



Filocládios de *Ruscus aculeatus*.

Ser vivo adulto

Babosa: pode atingir 60 cm de altura.

Euphorbia tirucalli: pode atingir 60 cm de altura.

Primavera: pode atingir 9,1 m de altura.

Ruscus aculeatus: pode atingir 77 cm de altura.

*Por não serem folhas verdadeiras, os filocládios não possuem gemas axilares.

Os **filocládios*** são um tipo de cladódio achatado que se apresenta com formato semelhante ao de folhas e crescimento limitado. Essas estruturas são importantes para aproveitar melhor a luz solar em ambientes com baixa incidência luminosa.

15. Por que os filocládios aproveitam melhor a luz solar, quando comparados com os cladódios?

16. A ocorrência de brácteas vistosas e com cores vivas pode auxiliar na ocorrência de que processo observado nas plantas? Justifique.

15. Porque, por se apresentarem achatados, aumentam a superfície disponível para a incidência e absorção da luz solar.
16. Na polinização, pois podem atrair os agentes polinizadores.



Flores e brácteas de primavera.

As **brácteas** são folhas modificadas que ocorrem no eixo floral, muitas vezes com características (forma, textura e cor) diferentes das folhas verdes que realizam fotossíntese na planta. Algumas brácteas podem, até mesmo, ser mais vistosas e chamativas que as próprias pétalas e/ou sépalas.

As folhas de algumas plantas podem apresentar tecidos especializados para armazenamento de água, os quais são formados por células parenquimáticas grandes e de paredes delgadas que não apresentam cloroplastos. Essa organização pode resultar em folhas intumescidas (inchadas) ou com formato cilíndrico, cujas reservas de água auxiliam na sobrevivência da planta durante estresse hídrico.

Folha de babosa (*Aloe vera*) em corte.



As **gavinhas** são caules ou folhas modificadas que se enrolam em um suporte, auxiliando na sustentação da planta.

As gavinhas foliares surgem diretamente do entrenó ou da nervura central, quando é o folíolo que se modifica. Já as gavinhas caulinares (fotografia A) surgem normalmente na axila das folhas ou opostas a elas. Em alguns casos, as gavinhas podem apresentar discos adesivos em suas extremidades, como na hera-americana (fotografia B).



Gavinha caular em videira.



Gavinha com discos adesivos em hera-americana (*Parthenocissus quinquefolia*).

Ser vivo adulto

Cacto: pode atingir 6 m de altura.

Hera-americana: pode atingir 15 m de altura.

***Nepenthes alata*:** pode atingir 1,5 m de altura.

Videira: pode atingir 7 m de altura.

17. Por que os espinhos podem reduzir a perda de água nas plantas?

Os **espinhos** podem ser formados pela modificação de folhas, caules, estípulas e até mesmo pelas raízes. São estruturas pontiagudas e vascularizadas, ou seja, permeadas por xilema e floema, o que dificulta sua remoção da planta. Normalmente, são duros e resistentes.

Eles desempenham duas funções principais na planta: reduzir a perda de água por evaporação e transpiração e proteger a planta contra a predação.

Espinho foliar em cacto (*Hylocereus undatus*).



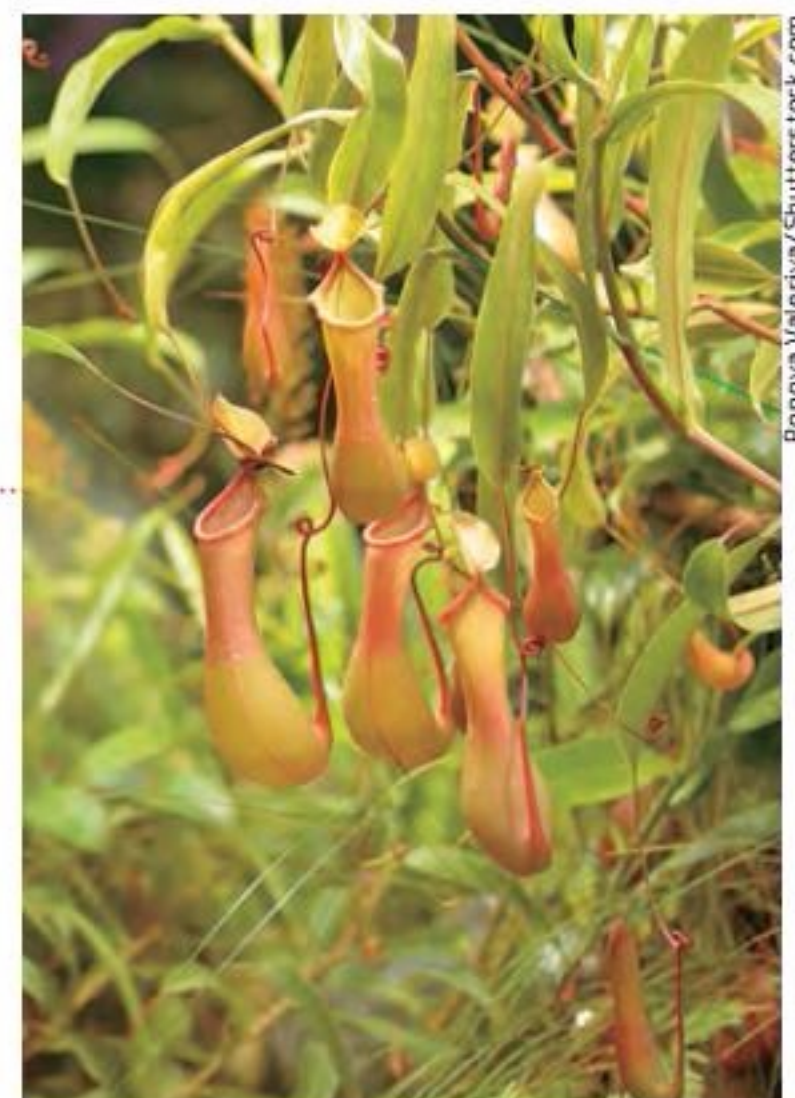
Plantas carnívoras

As plantas cujas folhas são especializadas e modificadas para atrair, aprisionar e digerir pequenos animais, principalmente insetos, são chamadas **plantas carnívoras**. Muitas dessas plantas são encontradas em solos onde o nutriente nitrogênio é bastante limitado. Assim, para suprir essa falta, as plantas carnívoras aprisionam e digerem animais, utilizando suas proteínas ricas em nitrogênio como fonte desse nutriente.

As folhas das plantas carnívoras podem apresentar formas variadas e, geralmente, estão associadas a estruturas epidérmicas especializadas, que podem atuar na atração e na apreensão da presa, por exemplo.

Inicialmente, o animal é atraído pela planta por causa de odores, formas ou cores. Em seguida, é aprisionado em suas folhas modificadas e digerido por enzimas produzidas pela planta. Esta, por sua vez, absorve os compostos nitrogenados e outros compostos orgânicos e inorgânicos, liberados após a digestão do animal.

As folhas mais modificadas de plantas carnívoras são aquelas que apresentam estruturas em forma de vaso ou copo, onde se acumula água e são liberadas enzimas digestivas, como em *Nepenthes alata* (ao lado).



17. Porque são estruturas afiladas que possuem menor área de exposição ao ambiente externo do que uma folha ou caule apresentariam, por exemplo.

*O termo "estômato" é convencionalmente utilizado para se referir ao poro e às duas células-guarda.



Estruturas anexas das plantas

Já vimos que **estômatos*** são pequenos poros associados a células epidérmicas especializadas. Eles ficam localizados nas partes aéreas das plantas, principalmente

nas folhas, e são responsáveis por controlar o movimento de gases e vapor de água entre o meio externo e o mesófilo foliar, auxiliando na fotossíntese, transpiração e respiração. Já as **células-guarda** controlam a abertura e o fechamento do poro. Frequentemente, os estômatos estão associados a outras células epidérmicas, as **células subsidiárias**.



Estômatos na folha de tabaco (aumento aproximado de 343 vezes). Essas estruturas podem estar presentes também no caule, porém em menor quantidade.



O **súber**, uma das camadas da periderme, é formado por células impermeáveis a água e gases. Os tecidos localizados abaixo dele são vivos e metabolicamente ativos e precisam ter acesso a essas substâncias. Assim, algumas regiões da periderme estão frouxamente organizadas, formando numerosos espaços intercelulares e permitindo a aeração dos tecidos. Essas áreas são as **lenticelas**, regiões elevadas na superfície externa do caule.

Lenticelas no caule de uma árvore. Essas áreas podem ser encontradas até mesmo em algumas frutas, como maçã e pera.



Os **tricomas** são projeções da epiderme, também conhecidos como **pelos epidérmicos**. Essas estruturas exercem diversas funções na planta, como facilitar a absorção de água e íons e secretar substâncias atrativas ou repulsivas que auxiliam na captura de presas ou na defesa contra predadores, na defesa mecânica e na redução da perda hídrica, entre outras funções.

Tricomas no caule do tomateiro (*Lycopersicon lycopersicum*). As células em suas extremidades secretam óleos irritantes a insetos predadores (aumento aproximado de 157 vezes).



Os **acúleos** são projeções da epiderme ou do córtex. Em geral, são pontiagudos e frequentemente confundidos com os espinhos. Por não serem formados a partir de órgãos vegetativos, como os espinhos, eles não são vascularizados. Assim, destacam-se facilmente da planta e podem ocorrer em vários locais, até nos frutos e nas inflorescências. Os acúleos, assim como os espinhos, auxiliam na defesa da planta contra a predação.

Acúleo epidérmico em roseira.

Reprodução a partir de raiz, caule e folha

Denomina-se **reprodução vegetativa** a produção de novos indivíduos a partir de órgãos não reprodutivos (raiz, caule e folha). A principal característica dessa forma de reprodução é a formação de indivíduos geneticamente idênticos à planta-mãe.

O rizoma de algumas plantas, como os morangueiros, podem se apresentar sob a forma de **estolhos** ou **estolões** (fotografia A), que são capazes de formar raízes adventícias em intervalos regulares, gerando novos indivíduos. O bulbo, o tubérculo e até mesmo as folhas de algumas plantas (fotografia B) podem formar novos indivíduos, como se observa no alho, na batata-doce e nas plantas do gênero *Kalanchoe*, respectivamente*.

18. Por que a reprodução vegetativa resulta na formação de indivíduos geneticamente idênticos?

Porque os indivíduos se desenvolvem a partir de uma estrutura adulta da planta (células somáticas), como uma folha, um caule ou uma raiz. Assim, não há a junção de gametas de diferentes indivíduos, que é o processo responsável pela combinação genética.

Ser vivo adulto

Folha-da-fortuna: pode atingir 1 m de altura.

Morangueiro: pode atingir cerca de 30 cm de altura.

*As gemas que surgem em locais diferentes dos ápices caulinares e das axilas foliares são chamadas gemas adventícias.



Estolho de morango (*Fragaria* sp.) formando brotos.



Folha de folha-da-fortuna (*Kalanchoe* sp.) com brotos se desenvolvendo em suas margens.

Outras formas de reprodução assexuada dos vegetais foram desenvolvidas pelos seres humanos, como a enxertia, que se caracteriza pela ligação de uma gema ou fragmento de caule de uma planta ao caule de outra já enraizada, processo encontrado na produção de uvas.



Semente

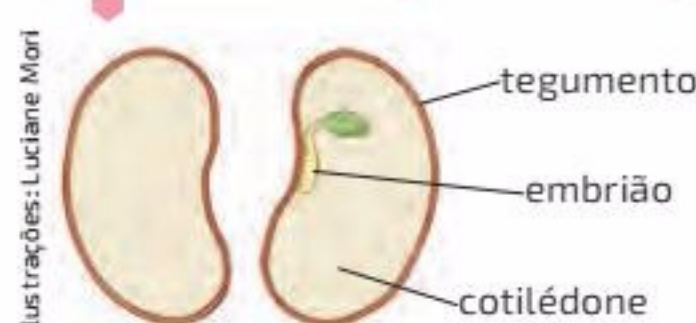
As sementes são estruturas que se desenvolvem a partir do óvulo fecundado. Embora sua estrutura varie entre as espécies, toda semente apresenta tegumento, endosperma e embrião em pelo menos uma das fases da vida. Veja a seguir.

Estrutura da semente

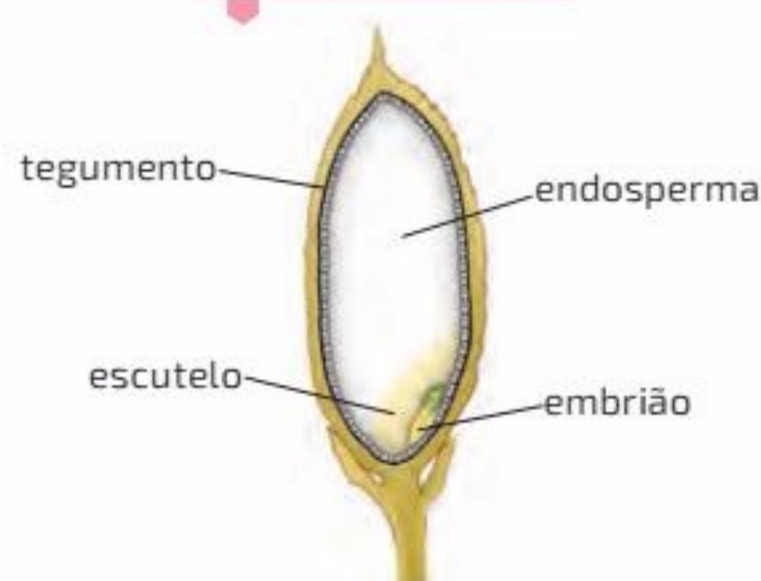
A **testa** corresponde à casca da semente. Ela é formada a partir do **tegumento** que envolve o óvulo que, após a formação do zigoto, perde água e se torna resistente. Essa estrutura atua na proteção do embrião e na ocorrência da germinação, permitindo a entrada de gás oxigênio, por exemplo. Ela pode conter mucilagem e pigmentos associados.

O **endosperma** é o tecido nutritivo da planta. Em muitas eudicotiledôneas, ele é digerido ao longo da formação do embrião e, assim, os nutrientes passam a ser armazenados em **cotilédones** carnosos. Nas sementes que mantêm endosperma volumoso, como em algumas monocotiledôneas, os cotilédones são membranosos e delgados. Em gramíneas, os cotilédones podem estar modificados em **escutelo**, que faz o contato do embrião com o endosperma.

Eudicotiledônea



Monocotiledônea



Dispersão de sementes

A dispersão da semente envolve mecanismos que permitem que ela alcance locais distantes da planta-mãe, onde possa germinar e formar um novo indivíduo. Algumas plantas dispersam suas sementes por meio de mecanismos próprios (autocoria), geralmente lançando-as no ambiente ou apenas liberando-as diretamente no solo. Outras, no entanto, dependem de agentes dispersores como vento (anemocoria), animais (zoocoria), água (hidrocoria), entre outros mecanismos. A anemocoria caracteriza a dispersão pelo vento. As plantas anemocóricas, normalmente, possuem sementes pequenas e leves, e apresentam estruturas que auxiliam no voo, como plumas e alas (asas). Observe, a seguir, exemplos de zoocoria e hidrocoria.

A **zoocoria** caracteriza a dispersão realizada ativa ou passivamente por animais. Essa categoria pode ser subdividida de acordo com o animal dispersor, como: quiropterocoria (morcegos) e ornitocoria (aves), por exemplo.



Phylloscopus canariensis se alimentando de pêra-espinhosa. Ao se alimentar de frutos, os animais podem fazer a dispersão das sementes.

Ser vivo adulto

Phylloscopus canariensis: pode atingir 14 cm de comprimento.

A **hidrocoria** caracteriza a dispersão pela água (chuva, enchente, corpos d'água). Plantas com esse tipo de dispersão possuem frutos com boa capacidade de flutuação e durabilidade no meio aquático.



Semente de coco germinando.

Frutos

*Veja informações sobre o uso dos termos "fruto" e "fruta" nas **Orientações para o professor**.

Os frutos* são formados pelo desenvolvimento do ovário único ou múltiplo** e, em alguns casos, também pelo desenvolvimento de outras partes florais. A fertilização ocasiona a produção de hormônios vegetais que estimulam o crescimento do ovário e, ocasionalmente, de outras partes da flor. A função típica do fruto é atuar tanto como um envoltório protetor da semente como possibilitar sua dispersão efetiva no ambiente.

Existem frutos que se desenvolvem sem a ocorrência da fecundação, e, portanto, sem a formação de embrião e de semente. Esses frutos são chamados **partenocárpicos**, como, por exemplo, a banana.

**O ovário múltiplo ocorre em flores com mais de um carpelo, isolados ou fusionados.

Estrutura dos frutos

O fruto é constituído, basicamente, de duas partes: o pericarpo, que corresponde ao fruto propriamente dito, e a semente.

O **pericarpo***** diferencia-se em uma camada que reveste externamente o fruto (**exocarpo**); uma camada intermediária (**mesocarpo**), que corresponde à parte carnosa do fruto; e uma camada interna que mantém contato com a semente (**endocarpo**) e que, geralmente, é menos desenvolvida.



Abacate e suas estruturas.

***Alguns frutos podem não apresentar as três camadas do pericarpo diferenciadas, as quais são mais notáveis nos frutos carnosos.

19. O que são os pontos pretos observados nas bananas que consumimos?

Como a banana é um fruto partenocárpico, os pontos pretos são óvulos não fecundados.

Tipos de frutos

Os frutos simples são formados a partir do desenvolvimento de um único carpelo ou da fusão de vários carpelos e podem ser classificados em deiscentes ou indeiscentes.

Os **frutos deiscentes** abrem-se espontaneamente para liberar as sementes quando maduros, e os **frutos indeiscentes** não liberam suas sementes espontaneamente, mantendo-as em seu interior mesmo depois de desligados da planta-mãe.

Os frutos simples também podem ser classificados de acordo com a estrutura do pericarpo em carnosos ou secos. Os **frutos carnosos** possuem pericarpo suculento. Em sua maioria, são indeiscentes e se apresentam sob a forma de **baga** ou **drupa**. Veja a seguir.



O fruto tipo **baga** é formado a partir de um ou mais carpelos e possui várias sementes, que são facilmente separáveis do fruto. As camadas mais internas do pericarpo são suculentas.

Fruto tipo **baga** da uva.



Mau Horng/Shutterstock.com

A **drupa** é um fruto formado a partir de um ou mais carpelos, cada qual com uma única semente. O endocarpo é resistente e fortemente aderido à semente.

Fruto tipo **drupa** do pêssego.



Daniel Fung/Shutterstock.com

Os **frutos secos** apresentam o pericarpo pouco desenvolvido e, geralmente, com pouca quantidade de água, o que resulta na ausência de tecido carnosos e suculento. Veja, a seguir, os principais tipos de frutos simples e secos, os quais podem ser deiscentes (legume e cápsula) ou indeiscentes (cariopse e aquênio).

O fruto seco tipo **legume** é formado a partir de um único carpelo, e a liberação das sementes é feita por abertura nas linhas laterais de ambos os lados do fruto.



Delfim Martins/Pulsar

Fruto tipo **legume** do feijão.

O fruto seco do tipo **cápsula** é formado a partir de vários carpelos, e a liberação das sementes ocorre por aberturas variadas, como poros e opérculos, geralmente na extremidade do fruto.



Fernando Favoretto/
Criar Imagem

Fruto tipo **cápsula** do jequitibá.

O fruto seco tipo **cariopse** ou **grão** apresenta semente única, aderida firmemente às paredes do fruto em toda sua extensão.



blckwinkl/Alamy Stock
Photo/LatinStock

Fruto tipo **grão** da aveia.

O fruto seco tipo **aquênio** apresenta uma única semente, unida à parede do fruto em apenas um ponto.



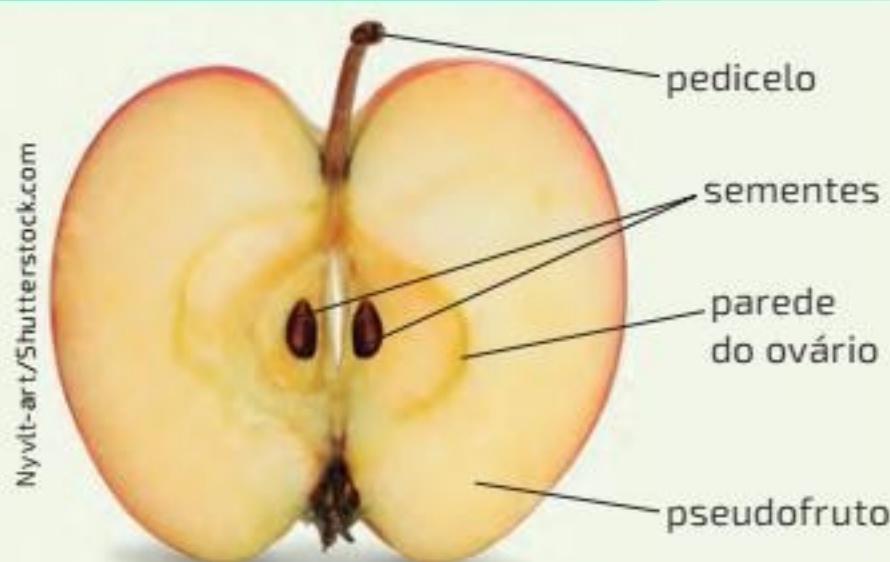
BERNATSKAYA OXANA/
Shutterstock.com

Fruto tipo **aquênio** do girassol.

Pseudofrutos

O pseudofruto ou fruto falso é o nome dado a qualquer estrutura que se assemelhe a um fruto, mas que não seja formada pelo desenvolvimento do ovário, mas de outras estruturas da flor, como o pedicelo e receptáculo. Caju, maçã e morango são exemplos de pseudofrutos.

O fruto verdadeiro da maçã encontra-se no interior da porção carnosa e, no caju, o fruto verdadeiro é a castanha.



Nyvit-art/Shutterstock.com

Maçã cortada.



Veja as respostas das questões nas **Orientações para o professor**.

1. Quais são as principais estruturas que caracterizam as angiospermas? Defina-as.
2. Quais são os tecidos de condução das plantas? Que função esses tecidos têm além da condução?
3. Qual tecido fundamental é mais comum no corpo da planta? Qual é a sua importância?
4. Qual é a importância das raízes para as angiospermas?
5. Que estruturas presentes nas raízes facilitam a absorção de água e íons inorgânicos?
6. Diferencie sistema de raiz fasciculado do sistema de raiz pivotante.
7. No caderno, elabore um esquema representativo da morfologia interna do caule de uma planta monocotiledônea e outro esquema de uma eudicotiledônea, indicando as estruturas ilustradas.
8. Que tipo de tecido, geralmente, é encontrado em órgãos de plantas aquáticas e que as auxilia na flutuabilidade?
9. Descreva a diferença entre acúleos e espinhos.
10. No processo de fertilização das angiospermas, há a formação de dois tipos de tecidos, um diploide ($2n$) e um triploide ($3n$). Que nome é dado a esse processo? Explique-o.
11. Observe a ilustração ao lado e, com base em seus conhecimentos sobre as angiospermas, responda às questões propostas.
 - a) Identifique as estruturas indicadas pelas letras.
 - b) Agrupe as estruturas ao lado em porção masculina e porção feminina da flor.
 - c) Que estruturas não estão diretamente relacionadas à reprodução das angiospermas?
 - d) Que estrutura está indicada em K? Qual é o principal papel desempenhado por essa estrutura?
 - e) Que tecidos poderiam ser diferenciados na estrutura indicada em K, caso sua anatomia interna fosse analisada em um microscópio?
12. Complete as sentenças abaixo, no caderno, substituindo os algarismos romanos pelas palavras do quadro.



rizomas	estômatos	filocládios	nectários	caule	colmos
inflorescências	subterrâneo	pneumatóforos	trocas gasosas		

- a) Os I são estruturas compostas de duas células-guarda e são responsáveis pelas II nas plantas.
- b) O caule do gengibre é III, conhecido como IV.
- c) Os V são raízes que se desenvolvem em solos com drenagem insuficiente.
- d) Algumas espécies possuem VI, que são glândulas localizadas nas proximidades do ovário e que secretam néctar.
- e) VII são caules modificados que se assemelham a folhas e favorecem a captação de luz solar.
- f) Em algumas espécies de plantas vasculares, o VIII apresenta nó e entrenó bastante diferenciados, que o dividem em partes chamadas IX.
- g) As X são definidas como um agrupamento de flores.

13. Veja a tirinha abaixo e responda às questões propostas.



BECK, Alexandre. Armandinho. 10 dez. 2015. Disponível em: <<http://tirasarmandinho.tumblr.com/post/134925403779/tirinha-original>>. Acesso em: 15 fev. 2016.

Ser vivo adulto
Bromélia: pode atingir 1 m de altura.
Cutia: pode atingir 50 cm de comprimento.

- a) Que processo representado nessa tirinha envolve a participação dos animais? Esse processo é semelhante ao observado nas gimnospermas? Justifique.
- b) Explique como os animais podem contribuir para a variação genética das espécies de plantas.



14. Roedores como as cutias são importantes dispersores de sementes de palmeiras como a brejaúva, espécie encontrada na Mata Atlântica. Estudos realizados no Parque Nacional da Tijuca, no Rio de Janeiro, apontam que a caça e a redução da área florestal nessa região em anos anteriores reduziram ou causaram o desaparecimento de populações de cutias, as quais, atualmente, estão sendo reintroduzidas nesse ambiente. Nos locais onde foi feita essa reintrodução, já é possível detectar sementes enterradas no solo, fato este que não é observado nas áreas onde os animais não foram reintroduzidos.



Cutia (*Dasyprocta leporina*) alimentando-se do fruto de brejaúva (*Astrocaryum aculeatissimum*).

- a) Como a caça e o desmatamento das áreas do Parque Nacional da Tijuca podem interferir na população das palmeiras brejaúvas?
- b) É possível afirmar que a reintrodução da cutia pode auxiliar na manutenção da brejaúva no ambiente? Justifique.
- c) Qual é o possível motivo pelo qual não foram observadas sementes enterradas nas áreas sem reintrodução da cutia?

15. As bromélias são angiospermas encontradas em diferentes ambientes brasileiros, como a Floresta Tropical. Essas plantas, assim como as orquídeas e os cactos, podem se fixar e se desenvolver sobre outras plantas.

- a) Por se desenvolver sobre outras plantas, a bromélia pode ser considerada uma planta parasita? Justifique sua resposta.
- b) Com base na fotografia ao lado, você classificaria a bromélia como uma monocotiledônea ou uma eudicotiledônea? Justifique sua resposta.



Bromélia.

16. (UEM-PR) O caule liga e integra raízes e folhas, tanto do ponto de vista estrutural como do funcional. Sobre esse órgão, é correto afirmar que:

- 01) nos caules que apresentam crescimento secundário, o câmbio vascular produz xilema para o lado interno e floema para o lado externo, aumentando a espessura dele.
- 02) periderme é o tecido de revestimento dos caules jovens e apresenta estômatos que ajudam nas trocas gasosas.
- 04) mandioca é um caule subterrâneo que se desenvolve paralelamente à superfície da terra. Dele podem emergir folhas aéreas ou ramos caulinares.
- 08) xilema ou lenho é o tecido vascular responsável pelo transporte de água e de sais minerais e é constituído por elementos de tubo crivado e de células crivadas.
- 16) estipe é um tipo de caule aéreo, ereto, com nós e entrenós e com folhas apenas no ápice.

17. (UEM-PR) Sobre a estrutura da flor e o processo de reprodução das angiospermas, é correto afirmar que:

- 01) o óvulo contém o saco embrionário que é o gametófito feminino, o qual contém oosfera que é o gameta feminino.
- 02) o grão de pólen, que é o gameta masculino, germina após atingir o ovário e origina um novo gametófito.
- 04) o pistilo é formado por uma ou mais folhas carpelares que se fundem originando o androceu.
- 08) durante a dupla fecundação, um núcleo espermático fecunda a oosfera, e o outro se funde com os núcleos polares.
- 16) após a fecundação, o óvulo acompanha o desenvolvimento do ovário e transforma-se em fruto.

18. (UEM-PR) A raiz é um órgão vegetal geralmente subterrâneo, especializado na fixação da planta e na absorção de água e de sais minerais. Sobre esse órgão, é correto afirmar que:

- 01) existe, em sua extremidade, uma estrutura em forma de cone, chamada de coifa ou caliptra, responsável pela absorção de água.
- 02) as raízes fasciculadas, ou em cabeleiras, desenvolvem-se na camada mais superficial do solo e, por isso, são úteis contra erosão.
- 04) a epiderme é caracterizada por células que possuem estrias de lignina e suberina, chamadas estrias de Caspary.*
- 08) plantas parasitas apresentam raízes do tipo haustórios, que absorvem a seiva de seus hospedeiros.
- 16) raízes tuberosas apresentam grande importância econômica por fazerem armazenamento de amido; dentre elas, destaca-se a batatinha, também conhecida como batata inglesa.

*Esse assunto será abordado com mais detalhes no capítulo 6 deste volume.

Estria de Caspary: faixa da parede celular das células da endoderme que é impermeável à água pela deposição de suberina.

19. (UFT-TO) A figura abaixo representa o caule de uma angiosperma com crescimento secundário. Que alternativa contém as indicações corretas das camadas observadas na imagem?

- a) I – Cerne; II – câmbio; III – alburno; IV – floema; V – casca.
- b) I – Cerne; II – alburno; III – câmbio; IV – floema; V – casca.
- c) I – Alburno; II – cerne; III – floema; IV – câmbio; V – casca.
- d) I – Alburno; II – cerne; III – câmbio; IV – periciclo; V – floema.
- e) I – Alburno; II – cerne; III – câmbio; IV – floema; V – periciclo.

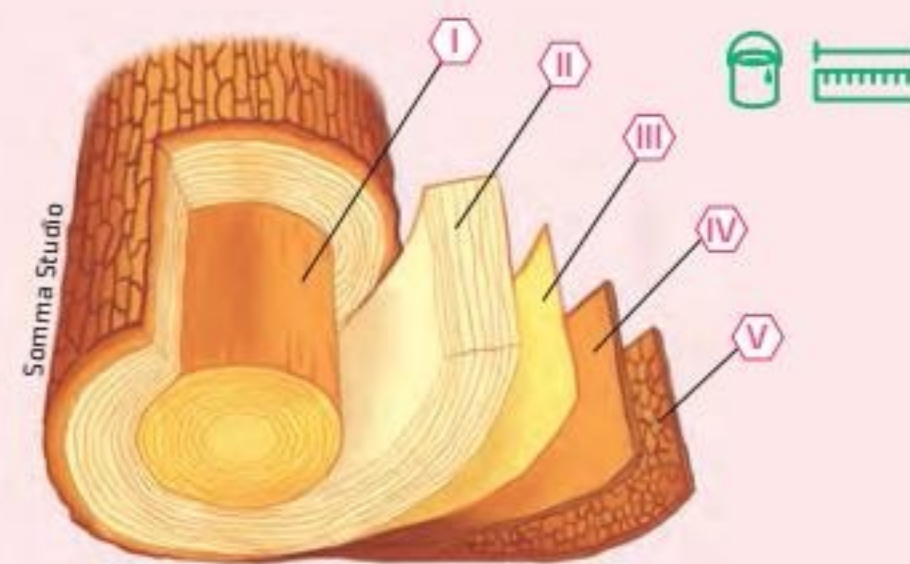


Ilustração produzida com base em: MORFOLOGIA do caule. Disponível em: <<http://flores.culturamix.com/informacoes/morfologia-do-caule>>. Acesso em: 16 abr. 2012.

Refletindo sobre o capítulo

Veja as respostas das questões desta seção nas **Orientações para o professor**.

- A) Retome as questões da página 90, complementando-as ou corrigindo-as, se necessário.
- B) O que é possível afirmar sobre a relação entre animais e angiospermas, comparando-a aos grupos de plantas estudados no capítulo anterior?
- C) É possível afirmar que grupos de angiospermas podem ter risco de extinção em casos de eliminação de grupos de animais do ambiente? Justifique.
- D) As diferentes estruturas e modificações que podem ser encontradas em certos grupos de angiospermas, contribuem para que elas sejam dominantes em diferentes ambientes, tanto terrestres como aquáticos? Justifique.

Os agentes polinizadores são agentes biológicos, no caso dos animais; ou ambientais, no caso do vento ou da água. O agente polinizador transporta os grãos de pólen das anteras de uma flor para o estigma da mesma flor, ou de outra flor da mesma espécie.

A polinização pode sofrer interferência direta de determinadas ações do ser humano. A destruição das matas e florestas para utilização das áreas como pasto, o uso excessivo de agrotóxicos, a liberação de substâncias tóxicas ou contaminantes são fatores que afetam diretamente a vida dos agentes polinizadores.

Com a destruição das matas, por exemplo, ocorre uma redução na população de polinizadores, o que, por sua vez, tem um impacto negativo na reprodução das plantas.

As abelhas são um exemplo de agente polinizador que vem sofrendo ação antrópica. O uso indiscriminado de agrotóxicos, por exemplo, pode afetar populações de abelhas. Com isso, observa-se uma diminuição na quantidade de plantas nativas e cultivadas. Tal fato é observado na produção de maracujazeiros, nos quais o papel das abelhas é tão importante que uma redução de sua população afeta a lucratividade. Como as flores que não são polinizadas não produzem frutos, os produtores precisam realizar a polinização manual.

Quanto maior a redução dos agentes, maior é o impacto no ambiente, pois, na maioria das vezes, a espécie de planta polinizada ou dispersada é atingida.



Ser vivo adulto

Abelha: pode atingir 1 cm de comprimento.

Margarida: pode atingir 10 cm de comprimento.

Abelha (*Apis mellifera*)
polinizando margarida
(*Bellis perennis*).

Veja as respostas das questões desta seção nas **Orientações para o professor**.

- Reúna-se a um colega e, juntos, elaborem uma lista com medidas para minimizar os impactos dos agrotóxicos nas populações de abelhas.
- Os animais dispersores de sementes também são afetados com a degradação ambiental. Sobre isso, leia o trecho da reportagem a seguir.

Ausência de dispersores de sementes ameaça palmeiras



Estudo realizado em fragmentos de Mata Atlântica mostra que a ausência de cutias, animais que são os principais dispersores das sementes das palmeiras, prejudica o surgimento de indivíduos jovens das plantas [...].

PIRES, Alexandra dos Santos; GALETTI, Mauro. Ausência de dispersores de sementes ameaça palmeiras. *Jornal do Brasil*, 24 out. 2011. Disponível em: <www.jb.com.br/ciencia-e-tecnologia/noticias/2008/08/30/ausencia-de-dispersores-de-sementes-ameaca-palmeiras/>. Acesso em: 7 jan. 2016.

- Com base na reportagem acima, elabore uma proposta de recuperação da cutia e das palmeiras.

Planta recebendo
luz solar.

capítulo

6

Fisiologia vegetal

A) A fotossíntese é um processo realizado por organismos autótrofos fotossintetizantes, como plantas, algas e algumas bactérias. Ela resulta na transformação da energia luminosa em energia química. Nesse processo, utiliza-se água, dióxido de carbono e luz solar para formar açúcares, gás oxigênio e água.

B) A clorofila é o pigmento responsável por captar a energia proveniente da luz, permitindo que as demais etapas da fotossíntese ocorram.

C) A principal diferença entre a fotossíntese natural e a artificial está na substância que absorve luz solar. No processo natural, esse papel é desenvolvido pela clorofila. Na artificial, outras substâncias podem atuar nessa função, como o perfluoro porfirina.

*Além de ser um tipo de combustível, o gás hidrogênio liberado na quebra da molécula de água pode ser utilizado com o gás oxigênio em dispositivos chamados células combustíveis, que permitem a geração de energia elétrica e água a partir desses gases.

A fotossíntese realizada pelas plantas é um processo que, há muito tempo, tem chamado a atenção de diversos cientistas. Eles têm buscado desenvolver um método semelhante ao realizado pelas plantas, capaz de transformar a luz solar em energia química acessível aos seres vivos. Esse processo de fotossíntese artificial envolve a produção de energia química a partir de água e energia luminosa, utilizando, para isso, materiais com estrutura semelhante ao pigmento clorofila, ou seja, capazes de absorver energia luminosa.

Pesquisadores da Universidade Estadual de Campinas (Unicamp) desenvolveram uma substância chamada de perfluoro porfirina, que atua de modo semelhante aos pigmentos fotossintéticos. Essa substância promove a quebra da molécula de água em gás oxigênio e gás hidrogênio por meio da energia solar. O gás hidrogênio é considerado um importante combustível, capaz de armazenar grande quantidade de energia. Sua queima libera apenas energia e água, tornando-o uma fonte de energia limpa e renovável.*

As pesquisas relacionadas à fotossíntese artificial estão voltadas para o desenvolvimento de combustíveis ainda mais energéticos e que façam uso do dióxido de carbono. Esses novos combustíveis poderão, por exemplo, substituir os combustíveis fósseis usados na atualidade.

- A** O que é fotossíntese?
- B** Qual é a importância da clorofila na fotossíntese?
- C** Qual é a principal diferença entre a fotossíntese realizada pelas plantas e a fotossíntese artificial?
- D** Quais são as possíveis vantagens do desenvolvimento da fotossíntese artificial para o ambiente? *Esse tipo de fotossíntese parece ser promissor na geração de energia a partir de fontes renováveis e limpas, o que pode minimizar a emissão de gases poluentes na atmosfera.*

Absorção e transporte de água nas angiospermas

A água e as moléculas inorgânicas compõem a seiva do xilema, que é absorvida pelas raízes distribuídas entre as partículas do solo ou aderidas a elas. Para que essas substâncias cheguem aos tecidos condutores da raiz, elas passam pela epiderme, pelo córtex e pela endoderme. A água e os minerais vão do solo ao xilema por duas rotas: o apoplasto e o simplasto. O apoplasto consiste em um conjunto formado por paredes vegetais e espaços intercelulares. Já o simplasto refere-se ao restante do corpo da planta, que são as partes envolvidas por membranas. Veja a seguir.

*Relembre aos alunos que plasmodesmos são junções de uma célula com outra, que atravessam as paredes celulares adjacentes e são formadas por um canal de citoplasma revestido por membrana plasmática. **Algumas vezes pode ocorrer depósito de lignina juntamente com a suberina.

Principal rota de absorção de água e íons pela raiz de angiospermas

A movimentação da água nos tecidos da raiz pode ocorrer através das paredes das células e dos espaços intercelulares, das membranas celulares ou através de plasmodesmos*. A primeira rota, chamada **apoplástica**, é a mais comum e está representada ao lado. Ao atingir a endoderme, essa rota é bloqueada pelas **estrias de Caspary**, faixas da parede celular impregnadas com suberina**, a qual é impermeável à água e aos minerais. Assim, para atingir o cilindro vascular, a água e os minerais devem necessariamente atravessar a membrana plasmática das células da endoderme, que atua como uma barreira seletiva. Esse mecanismo impede a entrada de substâncias tóxicas ou desnecessárias às plantas.

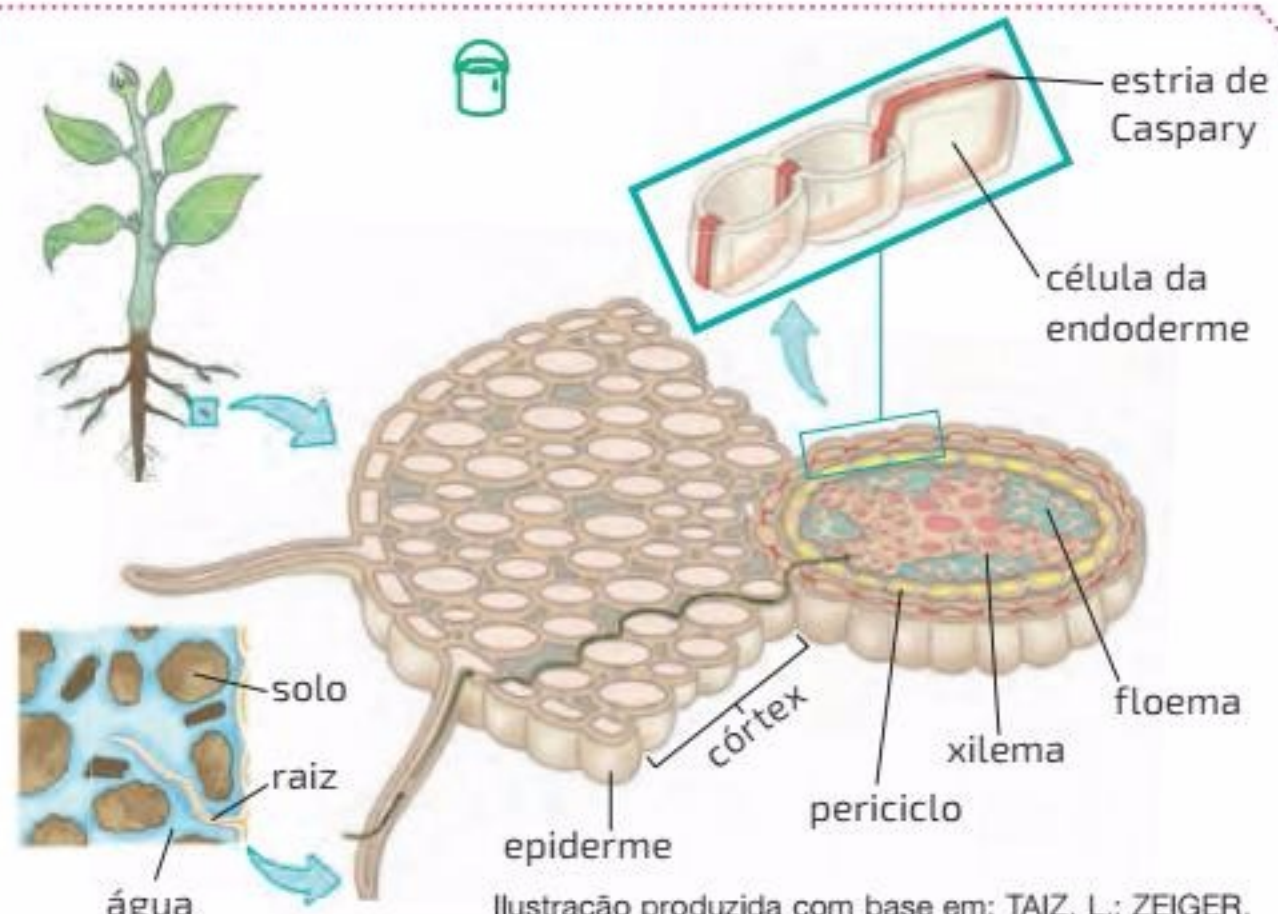


Ilustração produzida com base em: TAIZ, L.; ZEIGER, E. Fisiologia vegetal. Tradução Eliane Romanato Santarém. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2004. p. 77-78.

Para alcançar os tecidos vasculares, a água e os sais minerais passam pela rota **simplástica**, atravessando o citoplasma das células da endoderme. Os minerais que devem passar e a quantidade permitida são determinados por proteínas de membrana existentes nas células endodérmicas. Assim, as plantas regulam sua composição química, garantindo o equilíbrio.

A subida da seiva do xilema da raiz até as partes aéreas é explicada pela **teoria da tensão e coesão**. Segundo essa teoria, a capacidade de as moléculas de água aderirem às paredes dos vasos condutores e de permanecerem unidas umas às outras pelas ligações de hidrogênio***, combinada à tensão gerada na célula foliar em razão da transpiração, promove a movimentação da coluna de água contra a força da gravidade dentro do xilema. À medida que a água evapora na transpiração, cria-se uma pressão negativa dentro dos vasos condutores que faz a seiva subir.

***Relembre aos alunos que as ligações de hidrogênio ou pontes de hidrogênio ocorrem entre um átomo de hidrogênio de uma molécula de água e um átomo de oxigênio de outra.

Pressão hidrostática:

é a pressão exercida pela água no interior da célula vegetal. No caso das plantas, também é conhecida como pressão de turgor.

Transporte de água em plantas

- I A água presente na superfície das células do mesófilo evapora. Como os solutos não evaporam, eles concentram-se no interior dessas células favorecendo a absorção de água por osmose das células adjacentes e do xilema das nervuras. Assim, a transpiração cria uma **pressão hidrostática** negativa, puxando a coluna de água do interior do xilema em direção às partes aéreas.
- II Por causa da coesão entre as moléculas de água, a força de sucção desenvolvida nas folhas é transmitida a todas as moléculas da coluna de água. Assim, o movimento ascendente da água ocorre graças à transpiração e às propriedades da água no interior do vaso condutor. Os íons minerais dissolvidos, por sua vez, são carregados passivamente nesse processo.

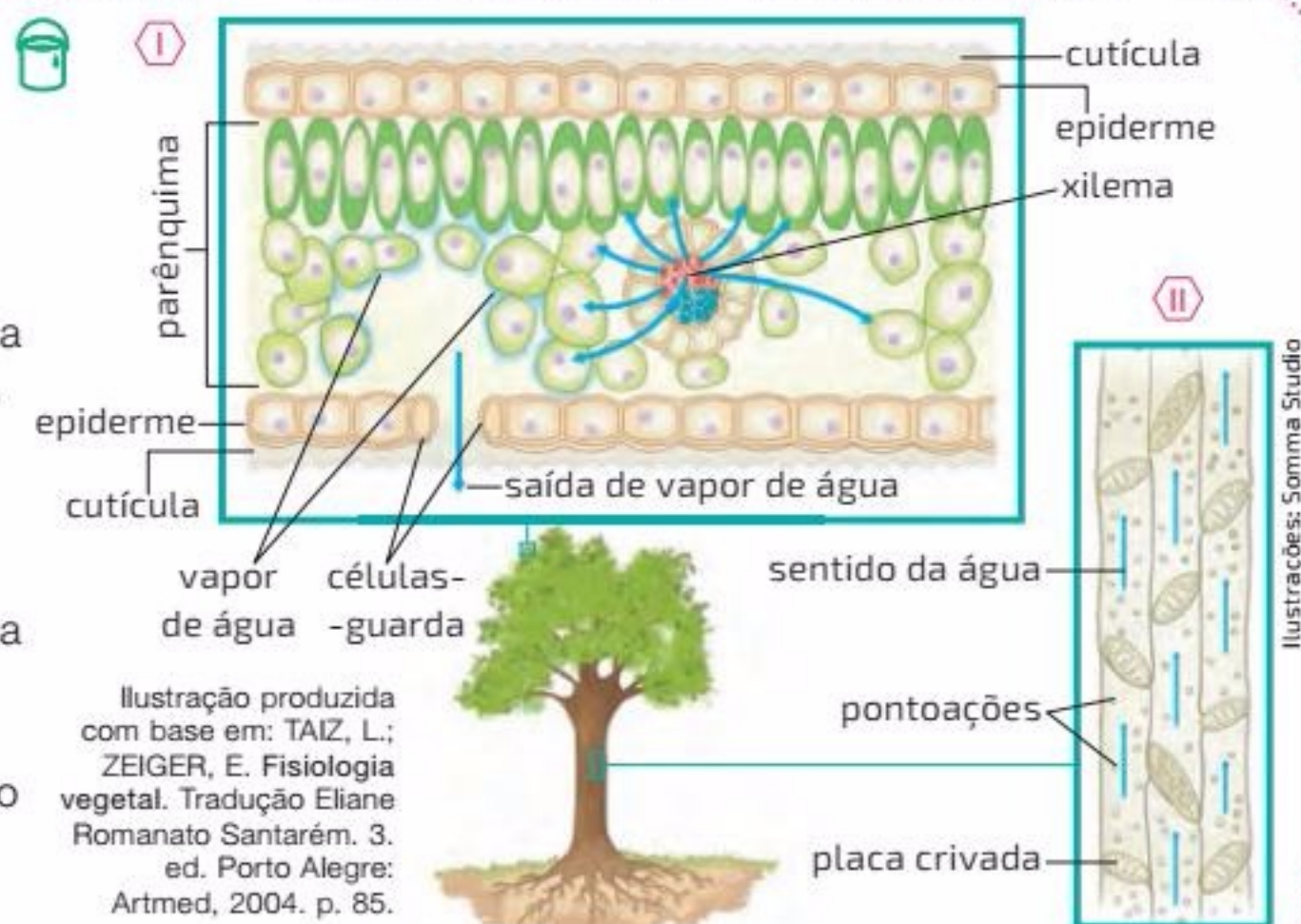


Ilustração produzida com base em: TAIZ, L.; ZEIGER, E. Fisiologia vegetal. Tradução Eliane Romanato Santarém. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2004. p. 85.

Ilustrações: Sonoma Studio

► Condução de seiva do floema nas angiospermas

O transporte dos produtos da fotossíntese (seiva do floema) ocorre com base na chamada **Teoria do fluxo em massa** ou fluxo de pressão. De acordo com essa teoria, esse transporte é feito pelo floema, e sempre das regiões de produção (fonte) para as regiões de utilização e armazenamento (dreno). Nesse processo, os produtos fotossintéticos (fotoassimilados), os aminoácidos e alguns minerais são transportados em uma única direção, das fontes para os drenos, e ao longo de um gradiente de pressão desenvolvido osmoticamente entre essas regiões, por causa dos processos de carregamento e descarregamento do floema.

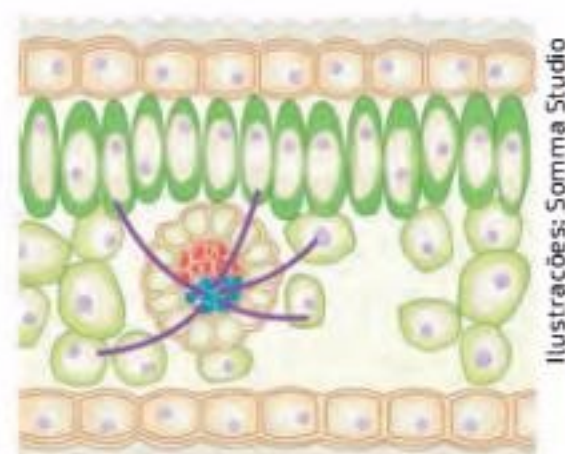


Transporte da seiva nas angiospermas



Representação da transferência de produto fotossintético do mesófilo para o floema.

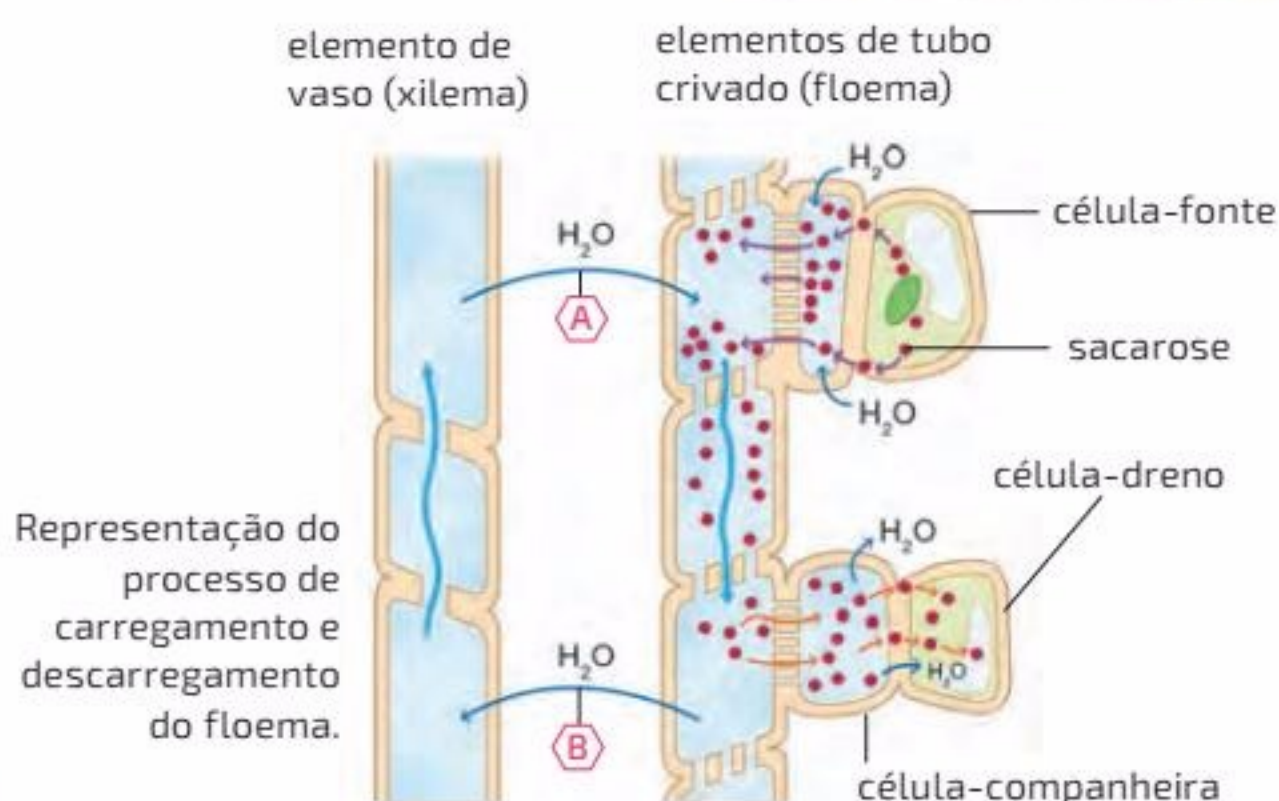
Ilustração produzida com base em: TAIZ, L.; ZEIGER, E. *Fisiologia vegetal*. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2004. p. 85, 232.



Ilustrações: Somma Studio

Os produtos fotossintéticos, representados pela sacarose no esquema ao lado, são produzidos nas células do mesófilo de folhas fotossintetizantes e transferidos aos elementos de tubo crivado e suas células-companheiras, em um processo chamado de **carregamento do floema** (setas roxas).

A presença desses açúcares no floema favorece a absorção de água por osmose do xilema existente nas proximidades **(A)**, aumentando a pressão de turgor (positiva) no interior dos vasos condutores da seiva. Sob essas condições, o fluido do floema dirige-se aos drenos carregando consigo as moléculas de açúcar. Na região do dreno, os assimilados são transferidos às células-dreno, que têm baixa pressão de turgor, no chamado **descarregamento do floema** (setas alaranjadas). Com essa transferência de solutos, há também o retorno passivo da água ao xilema **(B)**. Essa diferença de pressão entre as células do floema nas fontes e nos drenos, resultantes do carregamento e descarregamento celular, impulsiona a seiva ao longo do corpo da planta das regiões de maior concentração de solutos para as de menor concentração.

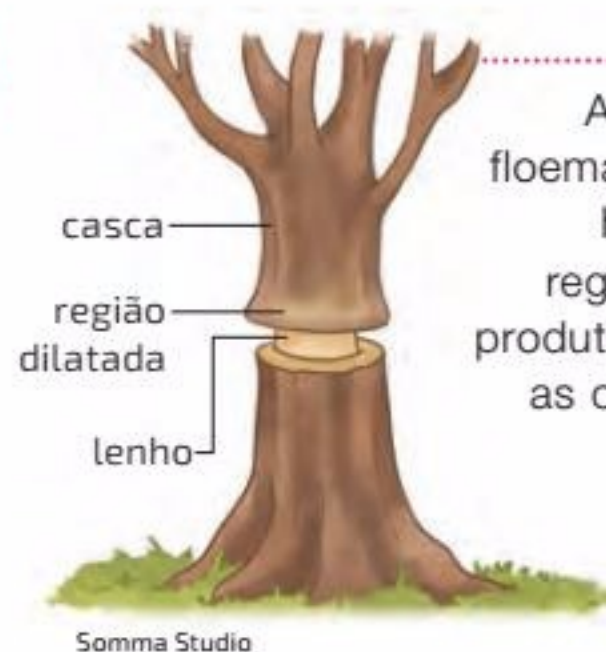


Representação do processo de carregamento e descarregamento do floema.

Assista a uma animação que explica como ocorre o transporte de seiva nas plantas.

• <<http://tub.im/tpexuj>>. Acesso em: 15 mar. 2016.

Ilustração produzida com base em: RAVEN, P. H.; EVERT, R. F.; EICHHORN, S. E. *Biologia vegetal*. 6. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2001. p. 734.



Somma Studio

A casca das árvores é composta principalmente de floema ativo e floema inativo. Quando uma árvore tem o anel de sua casca removido, há a interrupção da continuidade do sistema vascular. Por isso, a região acima desse anel torna-se dilatada por causa do acúmulo de produtos fotossintéticos, os quais se deslocam do ápice da planta para as demais regiões do organismo. Um tempo após a retirada do anel, ocorre a morte da planta em razão da escassez de nutrientes orgânicos para as células da raiz.

Representação de caule anelado e caule com dilatação sobre o anel.



► Transpiração nas angiospermas

Embora as plantas apresentem adaptações para evitar a perda excessiva de água, grande parte da água absorvida nas raízes é perdida para o ambiente na forma de vapor por meio da **transpiração**. Esse processo pode ocorrer em qualquer parte do vegetal que esteja acima do solo, ou seja, em contato com o ar atmosférico, mas as folhas são os principais órgãos de transpiração vegetal. Nas plantas vasculares, a transpiração ocorre principalmente por meio dos estômatos, e uma pequena parcela pela cutícula. A taxa de abertura e fechamento estomáticos, bem como a temperatura e a umidade, interferem diretamente na transpiração da planta.

1. Apesar de representar perda de água para o ambiente, qual é a importância da transpiração para a planta?

1. A transpiração é o processo por meio do qual o transporte de água pelo corpo da planta é mantido. Ela cria a força de sucção necessária para conduzir a coluna de água pelo xilema, das raízes para o ápice da planta.

*A abertura e o fechamento do estômato podem ser auxiliados pelas células subsidiárias, quando presentes.

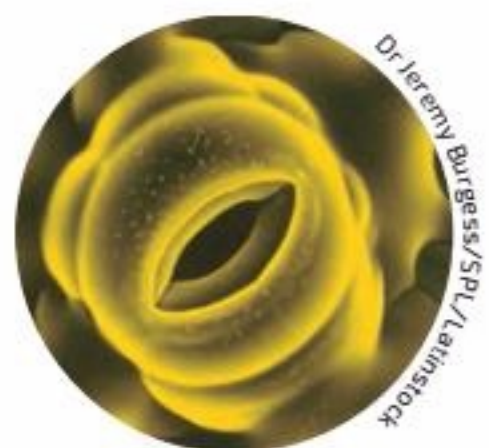
Regulação da transpiração pelos estômatos

Nesse processo de transpiração, a água presente no mesófilo evapora e atinge o ambiente externo através do **poro estomático**. A abertura e o fechamento do poro dependem de mudanças na forma das células-guarda*, que sofrem influência da concentração de CO_2 atmosférico, da temperatura e da luminosidade. Por exemplo, altas concentrações de CO_2 no ar ocasionam o fechamento estomático, impedindo a perda de água e também as trocas gasosas. Quando os estômatos estão abertos, o vapor de água se difunde dos espaços intercelulares saturados para a atmosfera por meio da transpiração.

2. Como o fechamento dos estômatos pode interferir na fotossíntese?
3. Quando os estômatos estão fechados, qual pode ser uma possível fonte de CO_2 na planta?
A respiração.

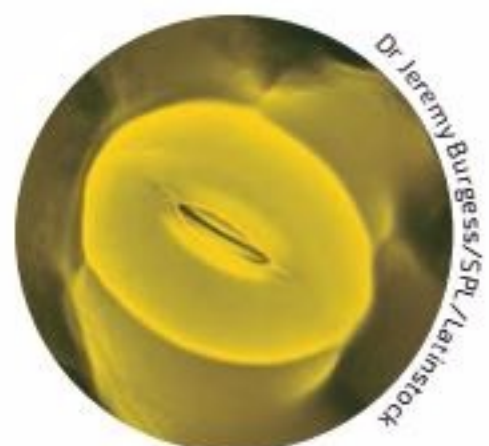
Abertura e fechamento do estômato

A abertura estomática ocorre quando solutos, principalmente íons potássio (K^+), são acumulados ativamente nas células-guarda. A alta concentração de soluto promove a entrada de água nessas células, que ficam túrgidas e abrem o poro estomático.

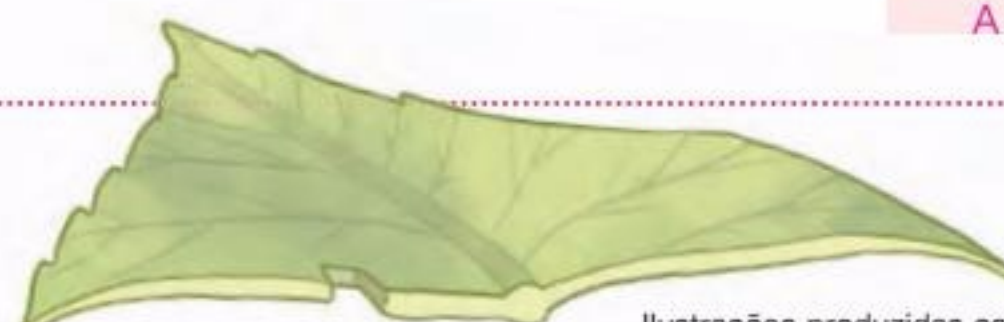


Estômato aberto na folha de tabaco (aumento aproximado de 343 vezes).

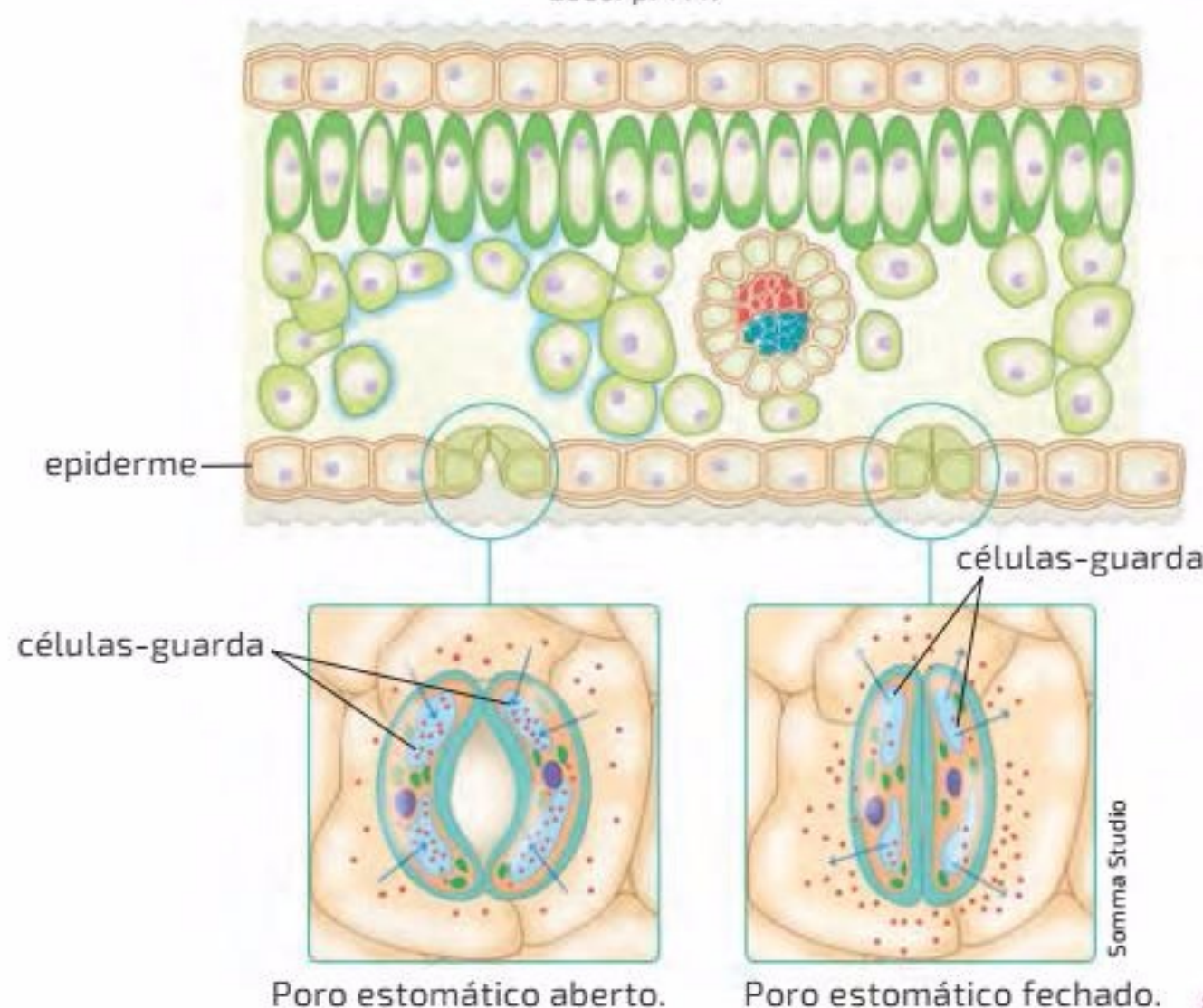
O fechamento estomático envolve a saída ativa de solutos das células-guarda, as quais murcham por causa da perda passiva de água para as células adjacentes. Assim, o poro estomático se fecha.



Estômato fechado na folha de tabaco (aumento aproximado de 370 vezes).



Ilustrações produzidas com base em: TAIZ, L.; ZEIGER, E. *Fisiologia vegetal*. Tradução Eliane Romanato Santarém. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2004. p. 85. CAMPBELL, N. A. et al. *Biology*. 8. ed. San Francisco: Pearson Benjamin Cummings, 2009. p. 777.



2. O fechamento dos estômatos impede a entrada de gás carbônico na folha, o qual é fonte de carbono para a formação de moléculas orgânicas durante a fotossíntese.

Gutação **Oriente os alunos a não confundir gutação com orvalho, pois este é resultado da condensação da água do ar.

Quando a transpiração é muito lenta ou ausente, como ocorre durante a noite, os íons são transportados ativamente para a raiz, onde permanecem acumulados. Isso ocorre porque a presença da endoderme impede a saída dos íons do tecido condutor, favorecendo a absorção de água por osmose, gerando uma pressão hidrostática positiva chamada **pressão de raiz**. Essa pressão força íons e água do xilema até as porções aéreas de uma planta de pequeno porte, mas não é forte o suficiente para realizar o transporte até o ápice de árvores altas.

As plantas que desenvolvem pressão de raiz, frequentemente, apresentam o fenômeno da gutação.** Por meio dessa pressão, o conteúdo do xilema é forçado para o meio externo das folhas por meio de poros (associados às nervuras) existentes nas bordas desses órgãos vegetais, denominados **hidatódios**. Esse fenômeno é menos evidente durante o dia e mais observável quando as taxas de transpiração são baixas e o solo apresenta grande quantidade de água.



Gutação em folha de *Alchemilla mollis*, planta que pode atingir 46 cm de altura.

4. Por que a gutação é menos evidente durante o dia?

4. Porque, nesse período, a transpiração normalmente é mais intensa, impedindo o acúmulo de água nos tecidos e eliminando grande parte do que foi absorvido sob a forma de vapor de água.

*Nas plantas, já foram identificados mais de 60 elementos químicos, incluindo ouro, prata, chumbo e mercúrio, dos quais nem todos são essenciais.

Veja informações sobre o papel de cada um dos nutrientes essenciais nas plantas e os sintomas de sua deficiência nas **Orientações para o professor.

5. Qual é a importância da absorção de íons inorgânicos pelas plantas para as demais classes de seres vivos?

Apesar de os nutrientes inorgânicos circularem por todos os organismos, eles entram na cadeia alimentar pelos sistemas radiculares das plantas. A partir desse processo, eles distribuem-se para as diversas partes da planta e tornam-se disponíveis para absorção de outros organismos por meio da alimentação.

► Nutrição nas angiospermas

Além dos produtos obtidos pela fotossíntese, que são fundamentais para a nutrição das plantas, há diversos outros nutrientes também considerados essenciais para a vida vegetal*. Eles são absorvidos ativamente, principalmente pela epiderme das raízes jovens, e participam de diversas funções, como a formação de compostos orgânicos, o armazenamento de energia, atuam como cofatores enzimáticos, entre outras. A ausência de algum deles pode interferir em diferentes estágios do ciclo de vida da planta**.

De acordo com sua concentração nos tecidos vegetais, os nutrientes podem ser classificados em macronutrientes ou micronutrientes. Os **macronutrientes** são aqueles requeridos em grande quantidade no corpo vegetal, como nitrogênio, potássio, cálcio, magnésio, fósforo, enxofre e silício. Já os **micronutrientes**, ou elementos-traço, são os requeridos em pequenas quantidades nas plantas e incluem cloro, ferro, boro, manganês, sódio, zinco, cobre, níquel e molibdênio.

Na maioria das plantas, a absorção de nutrientes do solo pode ser auxiliada pela associação do sistema radicular com certos fungos, micorrizas e bactérias, os quais facilitam a absorção dos íons e/ou aumentam a superfície disponível para absorção.

Fertilização

Alguns tipos de solo, principalmente os submetidos à intensa atividade agrícola, podem apresentar baixa quantidade de nutrientes, tornando necessária a adição de nutrientes por meio da fertilização ou adubação. Os fertilizantes ou adubos são substâncias químicas ou orgânicas que, se usadas corretamente, podem aumentar a produtividade do solo, pois garantem a nutrição adequada das plantas.

A maioria dos **fertilizantes químicos** contém sais inorgânicos de nitrogênio, fósforo e potássio. Já os **fertilizantes orgânicos** são representados por resíduos de animais, restos de plantas ou por depósitos naturais de nutrientes nas rochas. Enquanto na fertilização química os nutrientes estão prontamente disponíveis para serem absorvidos pelas plantas, os fertilizantes orgânicos precisam ser degradados, o que, normalmente, é feito pela ação de microrganismos do solo.

Além da adição de nutrientes ao solo, muitas dessas substâncias minerais podem ser aplicadas diretamente nas folhas das plantas por **aspersão** de adubo, num processo chamado **adubação foliar**. Nesse tipo de fertilização, as folhas absorvem pequenas quantidades dos nutrientes aspergidos sobre elas. Outra estratégia possível consiste no plantio de espécies vegetais que têm associação com bactérias fixadoras de gases atmosféricos, transformando-os em nutrientes disponíveis para as demais plantas. Esse é o caso das plantas leguminosas associadas a bactérias fixadoras de nitrogênio do ar, que, após serem incorporadas ao solo, são capazes de enriquecê-lo com compostos nitrogenados. Essa técnica é chamada adubação verde e consiste em um importante recurso para melhorar a qualidade nutricional dos solos agrícolas.

O uso de fertilizantes deve ser feito corretamente, pois, da mesma forma que a falta de nutrientes minerais no solo é prejudicial às plantas, seu excesso também pode prejudicar seu desenvolvimento e produtividade.



O esterco é um adubo orgânico formado por excrementos animais.



Adubação foliar em campo de trigo.

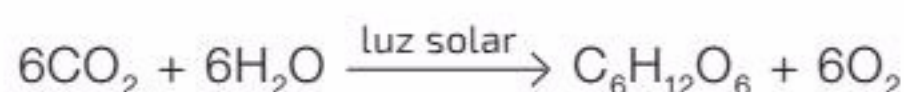


Aspergir: ato de borrifar ou respingar com gotas de água ou outro líquido.

Fotossíntese e respiração

Já sabemos que a **fotossíntese** é o processo por meio do qual as plantas produzem seu próprio alimento. Nesse processo, ocorre a formação de açúcares e gás oxigênio (O_2), a partir de água (H_2O), gás carbônico (CO_2) e energia luminosa (luz solar). O processo fotossintético ocorre principalmente nas células do mesófilo foliar, mais especificamente nos cloroplastos. A energia luminosa absorvida dos raios solares é transformada em energia química e armazenada em moléculas carbonadas, os açúcares.

A equação geral e simplificada da formação da glicose ($C_6H_{12}O_6$) pela fotossíntese é:



A **respiração celular** das plantas ocorre nas mitocôndrias e é um mecanismo de obtenção de energia pela quebra de açúcares produzidos na fotossíntese, por exemplo. No caso dos organismos aeróbios, a respiração utiliza gás oxigênio e resulta na formação de dióxido de carbono, água e energia. A equação geral e simplificada do consumo da sacarose*, um tipo de açúcar, é:



Tanto a fotossíntese quanto a respiração sofrem interferência de fatores ambientais. A fotossíntese é influenciada por fatores como intensidade luminosa, quantidade de CO_2 e temperatura. Enquanto a respiração é influenciada pela temperatura e pela concentração de O_2 e CO_2 .

Quanto maior a intensidade luminosa, maior é a taxa fotossintética. No entanto, esse aumento progressivo ocorre até um certo limite, o chamado **ponto de saturação da luz** (ao lado). Esse ponto representa a intensidade luminosa na qual a fotossíntese é máxima e a partir do qual o aumento na intensidade de luz solar não implica aumento da taxa fotossintética. Comportamento semelhante também é observado para o CO_2 .

7. Como a temperatura pode interferir na ocorrência da respiração e da fotossíntese?

Já o aumento da temperatura eleva progressivamente a fotossíntese até um determinado limite. Acima deste, as taxas fotossintéticas voltam a decrescer.

O ponto de saturação de luz varia entre as diferentes espécies de plantas. Ele é mais baixo naquelas que vivem em ambientes sombreados (plantas de sombra) do que nas plantas típicas de ambientes ensolarados (plantas de sol).

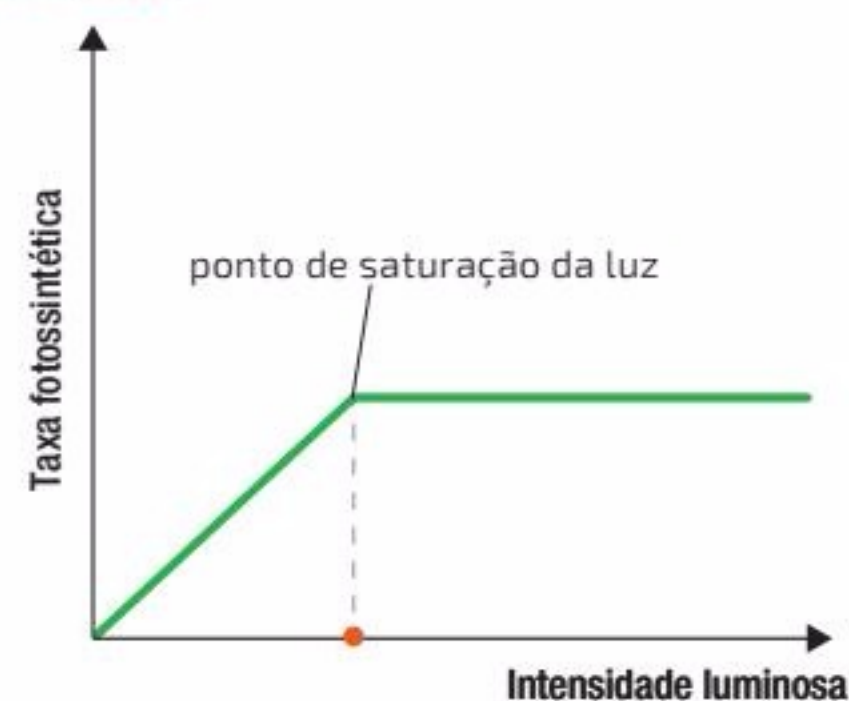
Na presença da luz solar, a fotossíntese e a respiração ocorrem simultaneamente nos tecidos. Na ausência de energia luminosa, como no período noturno, a planta não realiza fotossíntese; no entanto, o processo respiratório ocorre normalmente. Com a intensificação de luz solar, a taxa fotossintética aumenta, permitindo que, em determinada intensidade luminosa, o **ponto de compensação da luz** seja atingido (ao lado). Nesse ponto, a respiração e a fotossíntese da planta igualam-se e há um equilíbrio entre a quantidade de CO_2 consumido e de CO_2 produzido.

7. Ambos os processos envolvem a participação de enzimas, as quais são sensíveis à temperatura. Aumentos progressivos da temperatura causam aumento da respiração e da fotossíntese. No entanto, aumentos excessivos dessa variável podem causar redução de atividade ou até mesmo a desnaturação das enzimas.

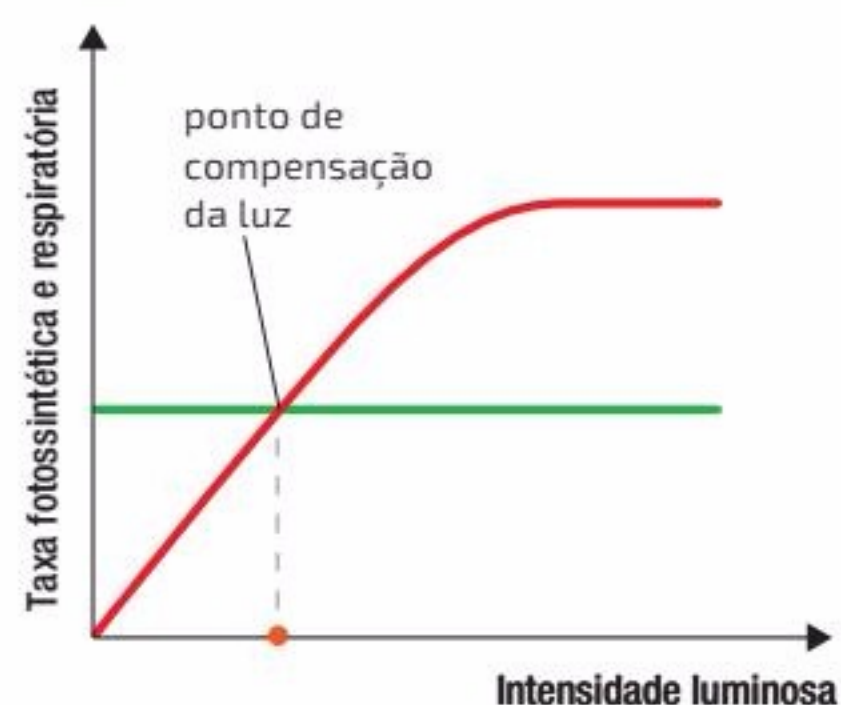
6. Sim, pois a fotossíntese é um processo que armazena energia na forma de compostos orgânicos e produz gás oxigênio a partir de água e dióxido de carbono, mediado pela luz solar. Já a respiração é um processo de liberação controlada da energia química dos compostos orgânicos (açúcares), que será transferida à molécula de ATP utilizada no metabolismo celular. Nele, o gás oxigênio é consumido e há liberação de água e dióxido de carbono.

6. Pode-se afirmar que a fotossíntese e a respiração são processos opostos? Justifique.

*Retome com os alunos o conteúdo relativo aos carboidratos, abordados no volume do 1º ano desta coleção. Relembre que a sacarose é um dissacarídeo formado pela molécula de glicose em união de uma de frutose.



Representação da variação da taxa fotossintética em função da intensidade luminosa.



Representação da variação das taxas de fotossíntese e de respiração em função da intensidade luminosa.

Ilustrações: Rafael Luís Galon



Oficina de Biologia

Os processos de fotossíntese e respiração são essenciais à sobrevivência dos vegetais. Para estudar esses processos, realize a atividade a seguir.



Materiais

- 1 pote plástico transparente de 500 mL de capacidade com tampa
- terra vegetal
- areia
- fita adesiva
- mudas de planta
- água



Mãos à obra

- Coloque uma camada de 2 cm de areia no pote plástico. Sobre ela, acrescente 2 cm de terra vegetal.
- Coloque duas ou três mudas de plantas, enterrando-as para que permaneçam firmes no solo. Adicione um pouco de água, cuidadosamente.
- Tampe delicadamente o pote e vede-o com a fita adesiva.
- Coloque o pote em um local com incidência de luz solar.
- Acompanhe o desenvolvimento dos vegetais no interior do recipiente por 20 dias, sem abri-lo.



Para pensar

Veja as respostas das questões desta seção nas **Orientações para o professor**.

1. O que aconteceu com o crescimento das plantas com o passar dos dias?
2. Como é possível relacionar o processo da fotossíntese e da respiração a essa atividade? Explique.
3. A fotossíntese e a respiração são processos essenciais ou complementares à sobrevivência dos vegetais? Explique.
4. O que aconteceria com a planta no interior do recipiente vedado caso este fosse mantido em um ambiente sem luz solar?

Hormônios vegetais

Observe esta pintura do artista gaúcho Érico Santos.

Nela, o artista representou um campo com girassóis, planta admirada pela capacidade de responder rapidamente aos estímulos luminosos.

Para que um vegetal cresça e se desenvolva, ele sofre a ação de **hormônios**, compostos químicos que regulam as atividades e o desenvolvimento das plantas. Os hormônios ve-

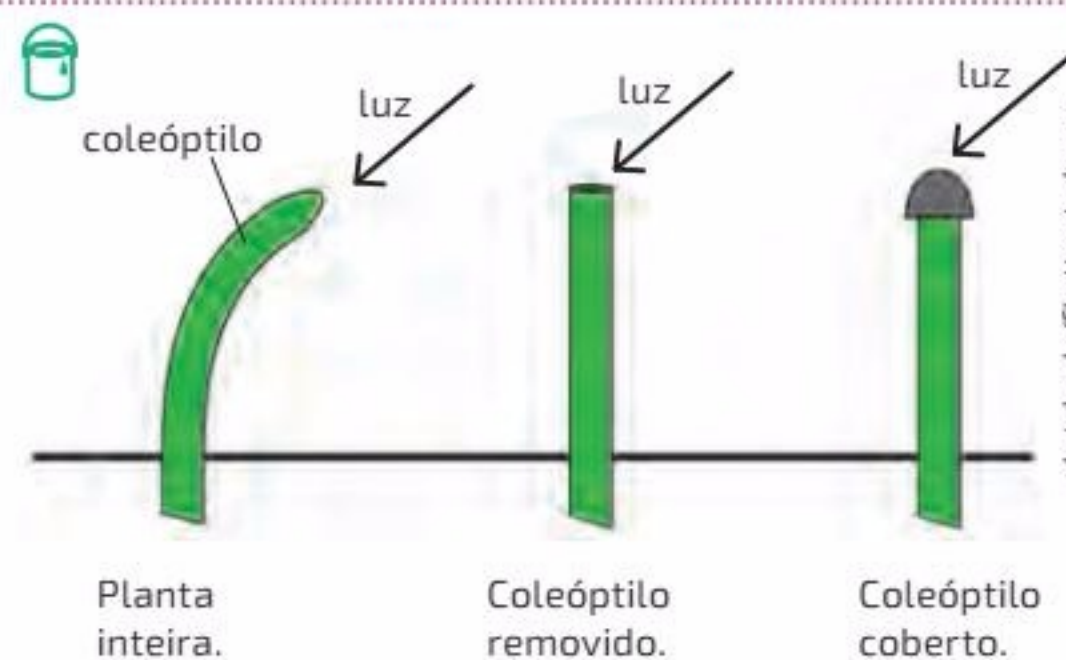
getais, conhecidos como **fitormônios**, têm ação em partes distantes de onde foram produzidos. Eles exercem diversas funções nas plantas e são produzidos em várias partes do seu corpo, diferentemente do que ocorre com os animais, cujos hormônios são produzidos por glândulas, que são estruturas localizadas em partes específicas desses seres vivos.

A seguir, estudaremos alguns desses hormônios vegetais e a sua importância no desenvolvimento e na manutenção das plantas.

Auxina

A **auxina** é o hormônio relacionado ao crescimento e ao desenvolvimento das plantas e pode ser encontrada naturalmente nelas na forma de ácido indolilacético (AIA). Na região apical, uma das principais funções da auxina é promover o alongamento das células do caule, possibilitando o crescimento. Já no sistema radicular, esse hormônio promove a formação das raízes secundárias.

No fim do século XIX, os ingleses Charles Darwin (1809-1882) e Francis Darwin (1848-1925), seu filho, realizaram um estudo sobre o crescimento da planta em direção à luz. Para isso, eles utilizaram plantas jovens de uma gramínea chamada alpiste. Assim como ocorre em outras gramíneas, as folhas jovens de alpiste são revestidas por um órgão protetor chamado coleóptilo. Observando esse órgão da planta, Charles e Francis concluíram que o ápice do coleóptilo era sensível à luz. No decorrer das pesquisas, eles cobriram essa região com papel-alumínio e observaram que o vegetal não se curvava em direção à luz. Também verificaram que, no coleóptilo, havia uma zona de crescimento* responsável pela curvatura, e que ficava localizada abaixo do ápice. Então, deduziram que um sinal químico era produzido no ápice do coleóptilo e deslocava-se para a zona de crescimento. Com isso, o lado mais sombreado crescia com maior rapidez do que o lado iluminado.



Representação do experimento sobre a curvatura do alpiste em direção à luz, realizado por Charles Darwin e Francis Darwin.

Os estudos de Charles e Francis Darwin abriram caminho para outros trabalhos que promoveram o conhecimento atual sobre a auxina.

Além de estar relacionada ao crescimento vegetal, ela é responsável pelos movimentos vegetais. Esse hormônio, produzido no meristema apical do caule, também está relacionado à inibição do crescimento das gemas (brotos) laterais, fenômeno conhecido como dominância apical. Ele ocorre quando o ápice caulinar de uma planta arbustiva é podado, e, dias depois, observa-se o surgimento de brotos laterais. Isso revela que a gema apical é fonte de auxina e inibe o crescimento das gemas laterais, promovendo o crescimento vertical da planta. Quando ela é removida, os brotos laterais desenvolvem-se.

8. Como os girassóis respondem aos estímulos luminosos?
9. Outros vegetais também reagem a estímulos luminosos?
10. Que mecanismo pode explicar esse fenômeno?

8. Essas plantas movimentam-se em direção à luz.

9. Sim.

10. As plantas são capazes de reagir a diferentes estímulos, como a luz.

*A auxina acumula-se na região oposta à fonte de luz, promovendo o maior crescimento da região (zona de crescimento). Dessa forma, ocorre a curvatura das plantas em direção à luz.

Ácido abscísico

O hormônio **ácido abscísico** (ABA) recebeu essa denominação por ter sido descoberto na forma de uma substância capaz de promover a abscisão, isto é, a queda de folhas. Estudos posteriores, entretanto, demonstraram que o ácido abscísico não está relacionado diretamente à abscisão foliar.

O ABA atua em diversos processos do desenvolvimento vegetal. Por exemplo, provoca a dormência das gemas apicais durante o inverno e promove o acúmulo de proteínas de reserva nas sementes. Em altas concentrações, impede a germinação de sementes prematuras, mantendo-as no estado de dormência. Também está relacionado ao controle do fechamento dos estômatos na maioria das espécies de plantas, e, quando a planta passa por estresse hídrico, isto é, insuficiência de água, ele promove o fechamento dos estômatos, a fim de evitar a perda de água por transpiração.

Giberelinas

No início do século XX, cientistas japoneses notaram que os arrozeiros estavam ficando longos, finos e pálidos, e que tendiam a cair. Esses sintomas eram resultado da ação de uma substância produzida pelo fungo *Gibberella fujikuroi*, um parasita de plantas jovens. A substância foi isolada e identificada na década de 1930 e recebeu o nome de **giberelina**.

Atualmente, acredita-se que esse hormônio esteja presente em todas as plantas, atuando na sinalização para o crescimento do caule, das folhas e de alguns frutos por meio do estímulo à divisão celular e ao alongamento das células. Nas sementes, a giberelina está associada à interrupção da dormência, promovendo a germinação.

Algumas sementes que tipicamente exigem exposição ao frio ou à luz para germinar, se tratadas com giberelinas, quebram a dormência. Como esse hormônio estimula o alongamento celular, torna possível que a raiz penetre barreiras (envoltório da semente e parede do fruto) que restringem o crescimento. Assim, a aplicação de giberelina acelera a germinação das sementes, favorecendo algumas culturas de plantas.

Etileno

No passado, as cidades eram iluminadas com lâmpadas que funcionavam com gás proveniente da queima do carvão. Notou-se que, após um vazamento de gás, as árvores próximas aos postes de iluminação perdiam as folhas. Esse fato chamou a atenção do botânico russo Dimitry Neljubov (1879-1926), que, após estudos, conseguiu mostrar que o etileno, gás ativo na iluminação dos postes, estava envolvido no efeito observado. Ele concluiu que o gás estava relacionado ao crescimento dos tecidos vegetais, à maturação, à abscisão dos frutos e folhas e à senescência.

O **gás etileno** pode ser produzido por diversas partes da planta. Além da sua relação com a abscisão foliar e a senescência, ele atua no amadurecimento de alguns frutos carnosos. A maturação envolve mudanças de cor (quebra da clorofila), amolecimento da parede celular (quebra das moléculas de pectina que fazem parte dessa estrutura) e alterações na composição metabólica, como acúmulo de ácidos orgânicos e quebra do amido em açúcares solúveis, tornando o fruto mais palatável. Isso ocorre em frutos como tomate, melão, banana, entre outros.

Citocininas

As **citocininas** foram descobertas experimentalmente quando pesquisadores perceberam que, adicionando-se água de coco em culturas de embriões de plantas, o crescimento era acelerado. Por meio desse experimento, eles concluíram que havia um fator na água de coco que provocava o crescimento. Então, isolaram esse fator, chamaram-no de cinetina e batizaram o grupo ao qual ele pertence de citocininas.

Além da cinetina, outras citocininas têm sido isoladas. Atualmente, sabe-se que, junto à auxina, as citocininas regulam a produção de raízes e ramos nas plantas, pois estimulam as divisões celulares.

11. Muitas pessoas embrulham frutos como a banana e o mamão em jornais. Por que essa atitude acelera o amadurecimento desses frutos?

Porque o gás etileno produzido pelo fruto permanece em altas concentrações ao seu redor e, quando cobertos pelo jornal, esse gás fica retido em seu interior. Dessa maneira, o gás etileno promove a aceleração do amadurecimento do fruto.

Movimentos vegetais

De maneira geral, os seres vivos respondem aos estímulos ambientais de formas diferentes. As plantas, por exemplo, realizam **tropismos**, que são respostas de crescimento em direção a um estímulo externo (resposta positiva) ou contrário a ele (resposta negativa). Conheça, a seguir, alguns tipos de tropismo: fototropismo, tigmotropismo e gravitropismo.



Ser vivo adulto

Dipladênia: pode atingir 3 m de altura.

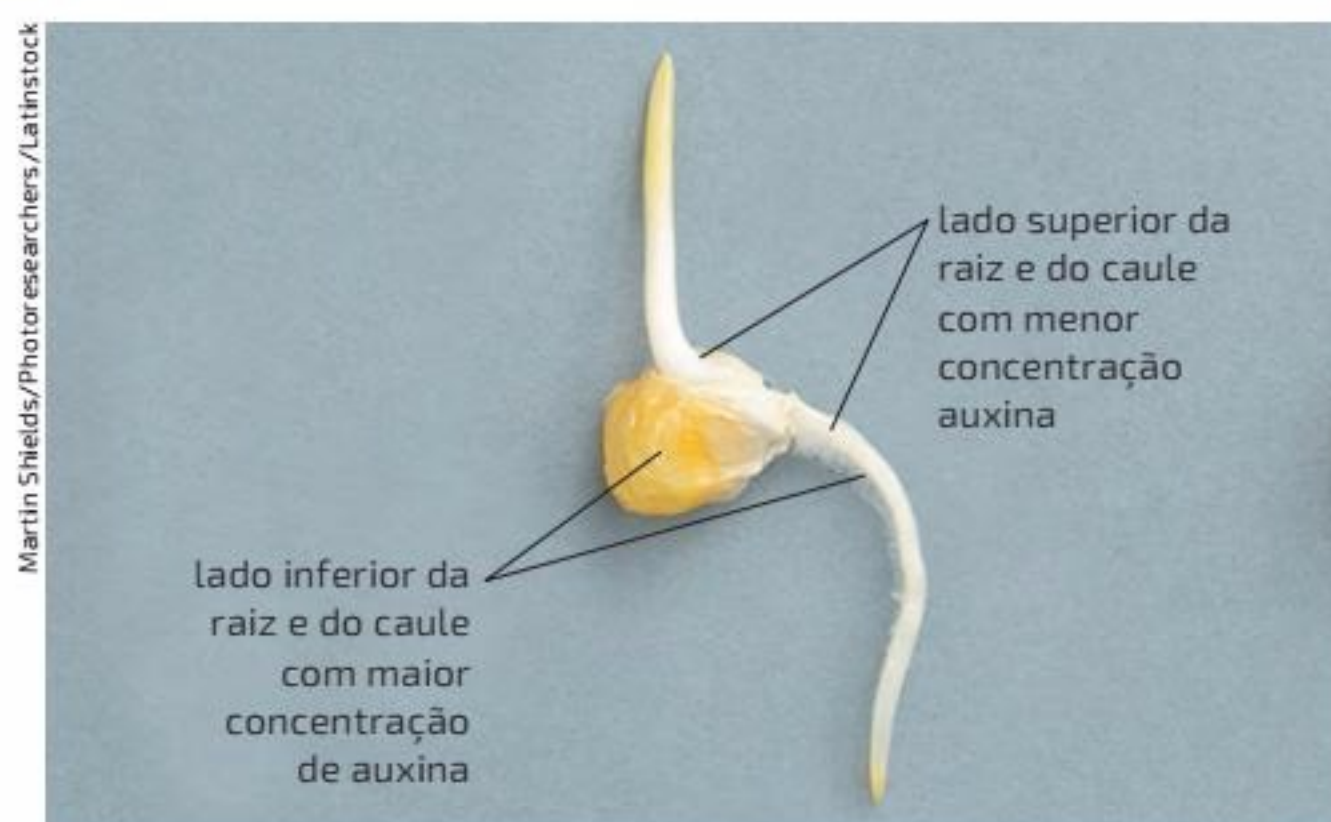
Fototropismo

O **fototropismo** é a resposta da planta à luz. Essa resposta ocorre sob a influência do fitormônio auxina, causando o alongamento do caule.

Quando a planta é exposta à luz de um único lado, a auxina migra do lado iluminado para o lado sombreado do caule, onde se concentra. O lado sombreado sofre alongamento celular, fazendo a planta curvar-se em direção à luz em um movimento chamado fototropismo positivo. Já a raiz realiza fototropismo negativo, pois cresce em direção oposta à luz. Nesse caso, a auxina migra e se concentra no lado iluminado, promovendo o crescimento do lado sombreado.

Gravitropismo

O **gravitropismo** é a resposta da planta à gravidade. Vejamos como isso ocorre com base na observação da semente de milho colocada em posição lateral.



Grão de milho com o cotilédono voltado para a lateral.

A partir da observação da semente, percebe-se que as células do caule são estimuladas pela maior concentração da auxina em sua parte inferior, o que promove a expansão celular, e o caule cresce para cima, contra a gravidade (gravitropismo negativo). Já na raiz, mais sensível à ação do hormônio, a auxina inibe a expansão celular. Assim sua maior concentração na parte inferior reduz a intensidade da expansão celular nesse local e a raiz cresce para baixo, a favor da gravidade (gravitropismo positivo).

Tigmotropismo

O **tigmotropismo** consiste na resposta ao toque. Quando a planta entra em contato com um objeto sólido, parte dela se movimenta. Um exemplo são as gavinhas, folhas ou caules modificados de algumas espécies vegetais. Ao entrar em contato com um objeto, essas estruturas enrolam-se ao seu redor, permitindo que a planta fixe em um suporte e suba. Com isso, as células que estão em contato com o suporte se encurtam e as que estão do outro lado se alongam.



Gavinha em abóboreira.



Cathyrose Melloan/Alamy Stock Photo/Latinstock

Resposta do caule de dipladênia em direção à luz.

► Fotoperiodismo e fitocromos

Vimos que a luz exerce influência no crescimento das plantas na fotossíntese e no fototropismo. Além disso, ela influencia no desenvolvimento da planta, na germinação das sementes e na floração.

Ao longo do ano, a cada estação, a duração dos dias e das noites pode variar, e o período da noite pode ser menor ou maior. Essa variação exerce influência sobre as plantas; por exemplo, a proporção de escuridão influencia na floração de determinadas espécies. A resposta a essas variações de proporção de luz e escuridão num período de 24 horas é chamada de **fotoperiodismo**.

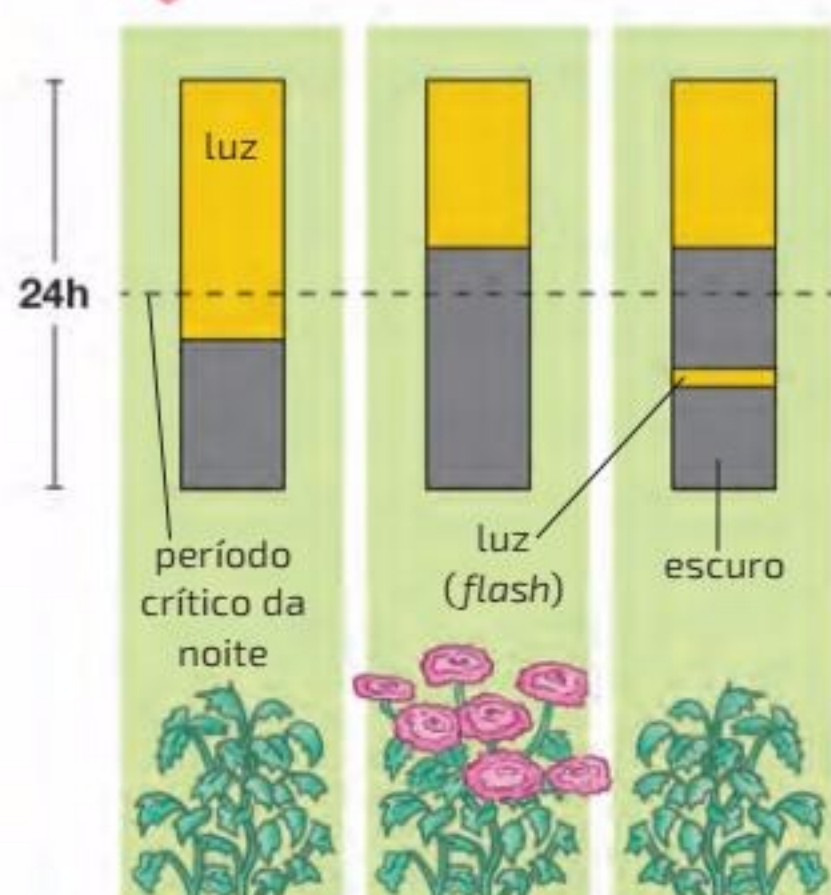
De acordo com o fotoperiodismo, as plantas podem ser classificadas em: plantas de dias curtos, plantas de dias longos e plantas neutras.

As **plantas de dias curtos** precisam de um período de luz mais curto do que o fotoperíodo crítico, florescendo na primavera e no outono. Alguns exemplos dessas plantas são o crisântemo e o morangueiro. As **plantas de dias longos** precisam de um período de luz mais longo do que o fotoperíodo crítico, florescendo geralmente no verão. Exemplos: batata, trigo e alface. Já as **plantas neutras** não são influenciadas pela maior ou pela menor incidência de luz.

Ilustrações produzidas com base em: TAIZ, L.; ZEIGER, E. Fisiologia vegetal. Tradução Eliane Romanato Santarém. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2004. p. 597.

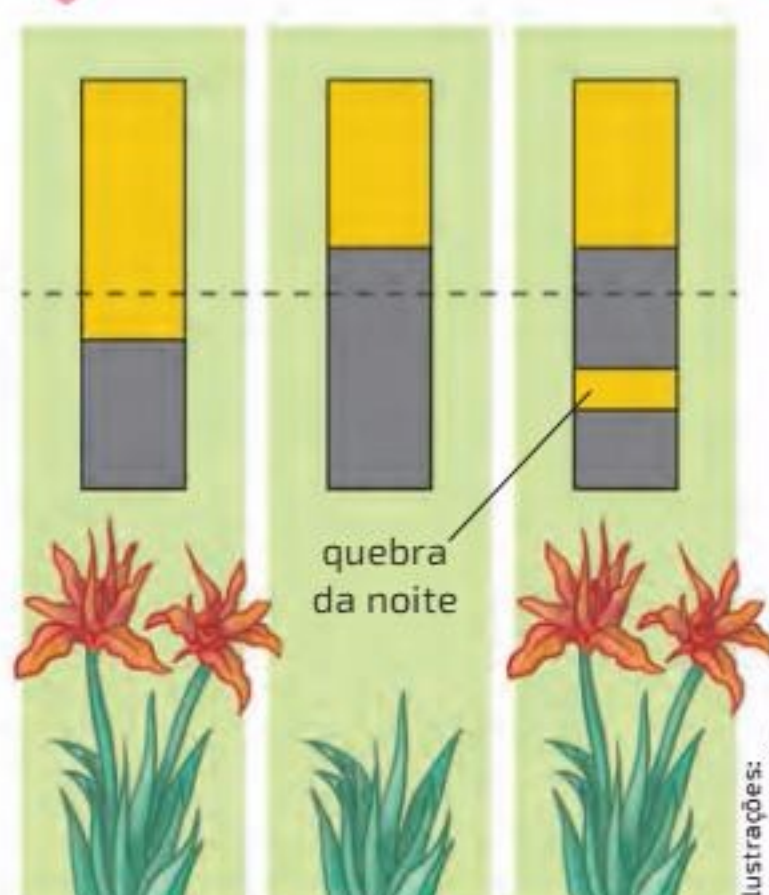


Floração em plantas de dias curtos



Plantas de dias curtos e noites longas florescem quando a noite é mais longa do que o período crítico. Quando o período escuro é interrompido por um breve momento (*flash*), a planta não floresce.

Floração em plantas de dias longos



Plantas de dias longos e noites curtas florescem quando a duração da noite é mais curta do que o período crítico. Nessas plantas, quando a noite é encurtada, a planta floresce.

Ilustrações: Sonoma Studio

O estiolamento ocorre em plantas mantidas no escuro. Como resultado, elas serão alongadas e finas, e suas folhas serão pequenas. Podem, ainda, curvar-se em direção ao solo.

Em muitas plantas, o fotoperiodismo é regulado pelos **fitocromos**, pigmentos receptores de luz (fotorreceptores) presentes nos tecidos vegetais, que detectam as transições entre a luz e a escuridão. Os fitocromos têm coloração azul esverdeada e aparecem em maior concentração nos tecidos meristemáticos. Além disso, podem ser encontrados em raízes, caules, folhas, frutos e coleótilos.

Em estudos da germinação das sementes e da floração de alface, pesquisadores isolaram duas formas de fitocromos: F_v , que absorve luz vermelha, e F_{ve} , que absorve luz vermelha longa.

Continuamente, o fitocromo é sintetizado na forma de F_v e acumula-se nas plantas que se desenvolvem no escuro. Quando a planta é exposta à luz vermelha, presente na luz solar, o F_v é convertido em F_{ve} , que é a forma ativa do fitocromo. Essa forma induz uma resposta biológica – a germinação de sementes, o estiolamento da planta ou a abertura e o fechamento dos estômatos. Como essas formas são reversíveis, ao ser exposto à luz de comprimento de onda ao vermelho longo, F_{ve} retorna à forma F_v . Enquanto F_v absorve luz no comprimento de onda de 660 nm, F_{ve} absorve luz no comprimento de onda de 730 nm.

A luz também relaciona-se à germinação da semente, pois algumas plantas germinam na ausência de luz e outras, somente em sua presença.



Veja as respostas das questões nas **Orientações para o professor**.

1. Qual é a importância da transpiração para o transporte de água e de minerais no interior do xilema?
2. Diferencie carregamento e descarregamento do floema e sua importância no transporte de nutrientes no corpo da planta.
3. Que estrutura celular, presente principalmente nas folhas, está diretamente relacionada à transpiração das plantas? Como ela atua nesse processo?
4. Como se desenvolve a pressão de raiz?
5. O que é gutação? Em que condições ela ocorre?
6. Em que se baseia a fertilização do solo? Qual é a sua importância para a produtividade das plantas?
7. Diferencie macronutrientes de micronutrientes e cite dois exemplos de cada um deles.
8. Cite algumas diferenças entre fotossíntese e respiração.
9. Explique o que é ponto de compensação da luz.
10. É correto afirmar que variáveis como concentração de CO_2 , luminosidade e temperatura interferem na taxa fotossintética de uma planta? Justifique.
11. O que é fotoperiodismo?
12. No caderno, descreva: fototropismo, tigmotropismo, gravitropismo.
13. Reescreva as frases abaixo no caderno, substituindo os algarismos pelos nomes dos hormônios vegetais correspondentes.
 - a) O I é um hormônio gasoso, produzido em diversas partes da planta, que estimula o amadurecimento de frutos.
 - b) A II estimula o crescimento do caule, das folhas e dos frutos; e participa do processo de germinação de sementes.
 - c) A III é produzida nas células meristemáticas, principalmente da gema apical, e estimula o alongamento das células.
 - d) A IV é um hormônio que estimula a divisão celular.
 - e) O V é produzido nas folhas, no caule e nas raízes, e inibe o crescimento de gemas e o desenvolvimento de sementes em condições desfavoráveis.
14. Leia o texto abaixo e responda às questões.

Parque das sequoias gigantes tem árvore de 83 m de altura nos EUA

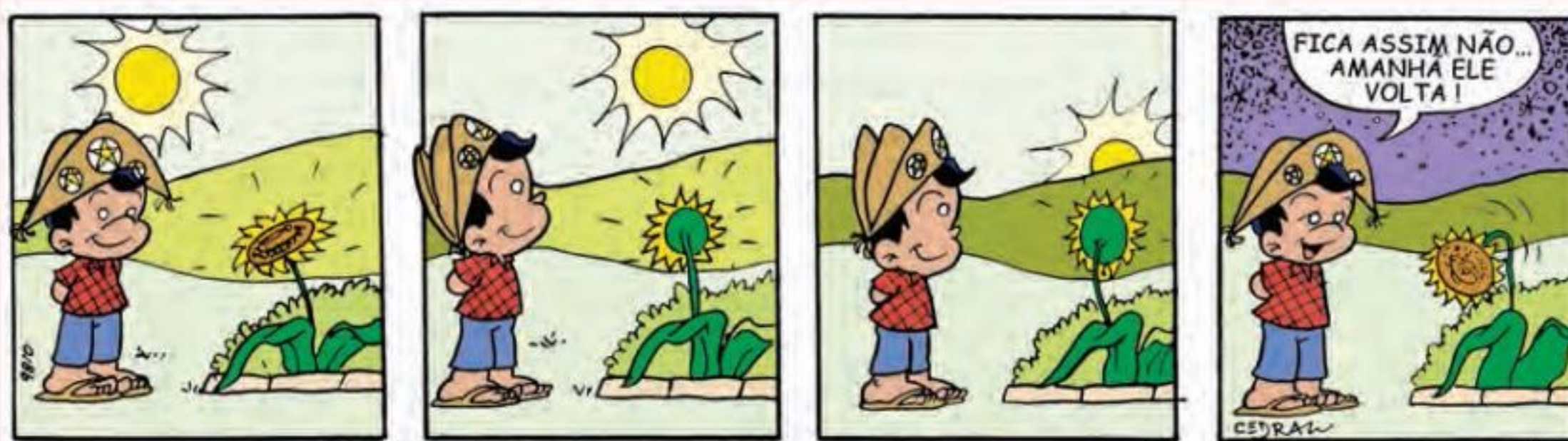
[...] Famoso por suas árvores de 80 metros de altura, o Sequoia National Park, nos EUA, atrai mais de 1 milhão e meio de visitantes por ano.

O parque fica localizado na cadeia montanhosa de Sierra Nevada, na Califórnia. Sua principal atração é a General Sherman, a sequoia mais alta do mundo. A árvore tem 83 metros de altura e tronco com 33 m de circunferência na base. A 36 metros de altura, o tronco ainda mede 5 m de diâmetro. [...]

PARQUE das sequoias gigantes tem árvore de 83 m de altura nos EUA. G1, São Paulo, 26 mar. 2014. Turismo e Viagem. Disponível em: <<http://g1.globo.com/turismo-e-viagem/noticia/2014/03/parque-das-sequoias-gigantes-tem-arvore-de-83-m-de-altura-nos-eua.html>>. Acesso em: 20 fev. 2016.

- a) O texto menciona as sequoias como árvores gigantes. De que maneira a água é transportada das raízes até o topo da árvore?
- b) Esse transporte tem relação com a pressão positiva da raiz? Justifique.
- c) Se alguns ramos com folhas da sequoia, ainda conectados na planta, forem isolados dentro de um saco plástico, observaremos a formação de gotículas de água após certo tempo. Por que isso ocorre?

15. Analise a tirinha e, com base no que foi estudado sobre movimentos vegetais, responda às questões a seguir.



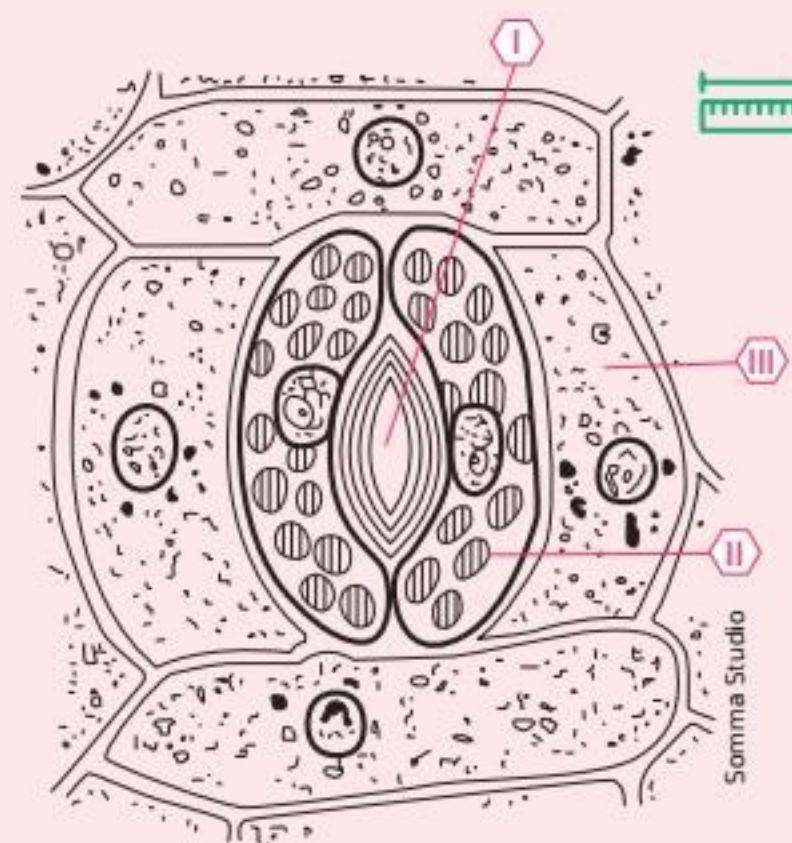
CEDRAZ, Antonio. A Turma do Xaxado. Salvador: Estúdio Cedraz, 2006. p. 33.

- a) Descreva sobre o que trata essa tirinha.
- b) Que estímulo está envolvido no movimento executado pelo girassol?
16. (UEM-PR) Sobre os diversos aspectos da fisiologia dos vegetais, é correto afirmar que:
- 01) o etileno, único hormônio vegetal gasoso, atua no amadurecimento de frutos e na abscisão foliar.
 - 02) o fitocromo está envolvido em processos fisiológicos, como germinação de sementes e floração.
 - 04) quando o solo está encharcado e a umidade relativa do ar elevada, a seiva do xilema é transportada das raízes até as folhas, devido fundamentalmente à transpiração.
 - 08) organismos clorofilados não realizam fotossíntese e respiração simultaneamente. A fotossíntese ocorre durante o dia, e a respiração à noite.
 - 16) ao abrir os estômatos, permitindo a saída de água na forma de vapor, as plantas passam a perder maior quantidade de gás carbônico, diminuindo a fotossíntese.
 - 32) durante o dia, as plantas realizam fotossíntese, consumindo gás carbônico e produzindo gás oxigênio, o qual não é consumido durante o dia, mas é utilizado à noite no processo de respiração.

17. (UFSC-SC) A figura ao lado representa o esquema de uma estrutura vegetal chamada estômato.

A respeito da estrutura ao lado e de seu papel fisiológico, é (são) correta(s) a(s) afirmativa(s):

- 01) O funcionamento dos estômatos está associado aos mecanismos de transporte de seiva no vegetal.
- 02) A seta II da figura indica a presença de cloroplastos nas células estomáticas.
- 04) Os estômatos são estruturas encontradas em várias partes do vegetal, especialmente no caule.
- 08) A seta III indica as células-acessórias ou subsidiárias; através delas ocorre a eliminação da água por transpiração para o exterior do vegetal.
- 16) Os estômatos são estruturas muito versáteis, participando inclusive dos mecanismos de defesa vegetal, pois podem produzir e eliminar substâncias tóxicas.
- 32) A seta I indica a abertura estomática que ocorre entre as células-guarda e por onde se realizam as trocas gasosas nos vegetais.



- 18.** (Mackenzie-SP) Algumas etapas fundamentais do desenvolvimento das plantas são controladas por fitormônios (hormônios vegetais).

Faça a correta correlação de cada fitormônio listado abaixo com a principal ação sobre o desenvolvimento do órgão vegetal, de I a V.

- | | |
|----------------------------------------|---------------------|
| I) promove o amadurecimento do fruto | (■) Auxina |
| II) dormência das sementes | (■) Etileno |
| III) estimula o alongamento do caule | (■) Citocinina |
| IV) atua no fototropismo e geotropismo | (■) Giberelina |
| V) estimula a divisão celular | (■) Ácido abscísico |

A sequência correta, de cima para baixo é:

- | | |
|------------------------|------------------------|
| a) I, IV, III, V e II. | b) III, I, IV, II e V. |
| c) I, II, V, III e IV. | d) IV, I, V, III e II. |
| e) II, III, I, V e IV. | |
- 19.** (UEM-PR) Sobre a influência dos fatores ambientais na nutrição e os mecanismos de transporte da seiva bruta [seiva do xilema] e elaborada [seiva do floema] nos vegetais, é correto afirmar:
- 01)** As plantas necessitam de vários nutrientes minerais, alguns deles em grande quantidade, os quais recebem, por isso, o nome de macronutrientes, entre eles: ferro, manganês e boro.
- 02)** A seiva bruta é transportada das raízes até as folhas das árvores de grande porte graças à pressão positiva na raiz e à capilaridade.
- 04)** A concentração de gás carbônico também atua no mecanismo de abertura e fechamento dos estômatos, sendo que, em concentração elevada, esse gás estimula o fechamento deles.
- 08)** Segundo a teoria do fluxo por pressão, o deslocamento da seiva elaborada pelo floema resulta de um desequilíbrio osmótico entre as células produtoras e as células consumidoras das substâncias orgânicas.
- 16)** Durante o dia, as plantas realizam fotossíntese, consumindo gás carbônico e produzindo gás oxigênio, o qual não é consumido durante o dia, mas é utilizado à noite no processo de respiração.
- 20.** (UEM-PR) Sobre o funcionamento do corpo vegetal, pode-se afirmar:
- 01)** Nas plantas de grande porte, a seiva bruta é transportada pelos vasos lenhosos desde a raiz até as folhas por capilaridade.
- 02)** Os tropismos são movimentos que dependem da ação das auxinas e são orientados por um agente excitante externo.
- 04)** A transpiração cuticular é o principal mecanismo de eliminação de água pela planta.
- 08)** O ácido abscísico é um hormônio que estimula a divisão celular e a germinação das sementes.
- 16)** No processo de fotossíntese, são produzidos glicídios que são distribuídos por todo o corpo vegetal por meio do floema.

Refletindo sobre o capítulo

Veja as respostas das questões desta seção nas Orientações para o professor.

- A** Retome a questão a da página 122 sobre fotossíntese, completando-a ou corrigindo-a, se necessário.
- B** Pode-se afirmar que muitas atividades realizadas pelas plantas estão diretamente relacionadas a variáveis ambientais? Justifique.
- C** As plantas e a luz comumente são relacionadas quando se trata da fotossíntese. Entretanto, a luz é fundamental para várias atividades fisiológicas dos vegetais. Explique.

O território da Amazônia compreende uma área de 6,9 milhões de km² e abrange nove países: Brasil, Bolívia, Peru, Colômbia, Equador, Venezuela, Guiana, Suriname e Guiana Francesa. Dele, são conhecidas cerca de 40 mil espécies de plantas, mais de 400 espécies de mamíferos e 1 300 de aves, totalizando mais de 1 milhão de espécies de seres vivos identificadas nesse local. De toda essa riqueza ambiental, cerca de 60% encontra-se no Brasil, que abriga 4,2 milhões de quilômetros quadrados do território amazônico.



Floresta Amazônica no Parque Estadual de Monte Alegre, no município de Monte Alegre, no estado do Pará, em 2015.

Desde a época da colonização portuguesa no século XVI, a Floresta Amazônica vem sendo devastada. Até o ano de 1970, a destruição dessa região representava 1% do total. No entanto, nos últimos 40 anos, a devastação tomou proporções alarmantes e foi provocada por diversos fatores.

Com o objetivo de integrar a região Amazônica à economia nacional, o governo militar (que teve início em 1964) distribuiu incentivos para que os brasileiros ocupassem a fronteira, até então, despovoada. O aumento da ocupação humana na região acelerou sua destruição. Os principais fatores que colaboraram para isso foram as atividades agropecuária e madeireira, que promoveram o desmatamento da Floresta Amazônica.

A partir dessa época, as taxas de desmatamento têm aumentado gradualmente. O trecho da reportagem a seguir trata sobre isso. Leia-o.



Desmatamento na Amazônia cresce 215% em um ano, segundo o Imazon



[...] Em um ano, o desmatamento na Amazônia aumentou mais de 200%. O número foi calculado pela organização não governamental Imazon.

O instituto de pesquisa Imazon, em Belém, monitora o desmatamento na Amazônia há mais de 20 anos. No levantamento divulgado esta semana, foram derrubados 1 700 quilômetros quadrados de floresta nativa, entre agosto de 2014 e fevereiro [de 2015].

A área desmatada é maior que a cidade de São Paulo. Comparando essa derrubada com o período anterior, o desmatamento na Amazônia aumentou 215%.

[...]



Paulo Whitaker/Reuters/Latinstock

Floresta Amazônica desmatada para plantio de soja. Estado do Mato Grosso, em 2015.

DESMATAMENTO na Amazônia cresce 215% em um ano, segundo o Imazon. G1, São Paulo, 21 mar. 2015. Disponível em: <<http://g1.globo.com/jornal-nacional/noticia/2015/03/desmatamento-na-amazonia-cresce-215-em-um-ano-segundo-o-imazon.html>>. Acesso em: 20 fev. 2016.

A Bacia Amazônica é uma das mais ricas em diversidade biológica no mundo. Isso a torna uma fonte de interesses econômicos, pois apresenta uma grande riqueza de minérios voltados à exportação, como ouro, manganês, bauxita, ferro; possui potencial de desenvolvimento científico por meio da exploração da biodiversidade regional; e contém uma grande diversidade de plantas que podem fornecer matéria-prima para a indústria farmacêutica. Além disso, é a maior bacia hidrográfica do planeta, com elevado potencial hidrelétrico.

Atualmente, diferentes recursos são utilizados com o objetivo de monitorar áreas degradadas. Dentre eles, destaca-se o monitoramento ambiental realizado por satélites astronômicos, denominado sensoriamento remoto.

O monitoramento da Floresta Amazônica brasileira tem sido realizado com a ajuda de satélites controlados pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (Inpe). Por meio da implantação de um projeto denominado Projeto de Estimativa de Desflorestamento da Amazônia (Prodes), o Inpe realiza o monitoramento e apresenta as taxas anuais de desmatamento da região Amazônica. Essas informações são utilizadas, posteriormente, para o estabelecimento de políticas públicas.

Nesse rastreamento, são utilizadas as imagens de satélites da classe Landsat (Land Remote Sensing Satellite), que realizam o monitoramento do planeta capturando imagens com resolução de 20 a 30 metros. A cada 16 dias, o mesmo local é revisitado, permitindo a comparação de imagens de um período para outro. Os satélites brasileiros CBERS-2 e do CBERS-2B também estão envolvidos nesse monitoramento ambiental. Outros satélites, como é o caso dos satélites indiano Resourcesat-1 e o inglês UK-DMC2, complementam o monitoramento da Floresta Amazônica.

Por meio desse conjunto de imagens, obtidas dos diferentes satélites, atualmente, o Prodes mapeia pelo menos 6,25 hectares da Floresta Amazônica.

Visando a um monitoramento mais completo, o Inpe ainda organizou o sistema de detecção de desmatamento em tempo real (Deter). Esse sistema realiza um levantamento rápido de alertas de evidências de alterações na cobertura da Floresta Amazônica. Ele conta com o auxílio do sensor Modis do satélite Terra de resolução espacial de 250 m.

O Deter é capaz de monitorar desde o desmatamento da floresta até a preparação para o desmatamento e cicatrizes de incêndios florestais. Além disso, pode identificar atividades de exploração madeireira.



Captura por satélite da classe Landsat na região da Floresta Amazônica localizada no estado de Rondônia. As imagens mostram a mesma área nos anos de 1975 e 2012, respectivamente.

Veja as respostas das questões desta seção nas **Orientações para o professor**.


- Você considera que o monitoramento ambiental é uma ferramenta eficaz para a avaliação e o controle da exploração da Amazônia?
- Cite duas medidas que você considera que o governo brasileiro deveria adotar para diminuir o desmatamento e a degradação da Amazônia.
- Analizando criticamente a degradação que afeta a Amazônia, converse com seus colegas sobre o desmatamento que ocorre na região Amazônica e suas consequências para o futuro da floresta e das espécies que nela vivem.



Olinguito.

Ser vivo adulto

Olinguito (*Bassaricyon neblina*): pode atingir 82 cm de comprimento



Leia o trecho do texto abaixo.

Espécies de animais descobertas recentemente

Entre elas, está o olinguito, primeiro carnívoro descoberto no Ocidente nos últimos 35 anos

Ele pesa cerca de um quilo, tem olhos grandes, pelos avermelhados e vive nas florestas da Colômbia e do Equador. Pertencente ao mesmo grupo dos quatis e guaxinins, tem cara de bichinho de pelúcia e recebeu o nome olinguito, uma referência às matas nebulosas que habita nas regiões andinas – seu nome científico, *Bassaricyon neblina*. Segundo os pesquisadores do Museu de História Natural – Smithsonian, nos Estados Unidos, é o primeiro carnívoro descoberto no Ocidente nos últimos 35 anos!

Em uma expedição de três semanas, cientistas encontraram os olinguitos e documentaram tudo o que puderam sobre eles e o habitat onde vivem. Descobriram que não dorme durante a noite, gosta de comer frutas e pequenos animais, fica boa parte do tempo no alto das árvores e as fêmeas têm um filhote a cada gestação. [...]

As grandes florestas tropicais e os imensos oceanos revelam espécies fabulosas que vão desde microrganismos até mesmo novos mamíferos. [...]

Anualmente, milhares de novos insetos, centenas de peixes e dezenas de anfíbios, répteis e aves são descobertos. [...]

DOMENICELLI, Guilherme. Espécies de animais descobertas recentemente. Carta Capital, São Paulo, 22 nov. 2013. Carta Educação. Disponível em: <www.cartaeducacao.com.br/aulas/fundamental-1/com-voces-olinguito>. Acesso em: 26 fev. 2016.

Há uma grande diversidade de espécies de animais no planeta e muitas a serem descobertas. O olinguito é um exemplo disso.

A partir da observação de uma espécie, é possível estudar suas características, seus hábitos e, ainda, conhecer sua biologia. O conjunto desses conhecimentos nos ajuda a entender como contribuir para a conservação biológica das espécies.

Nesta unidade estudaremos os animais invertebrados e os animais vertebrados, bem como a biologia e a diversidade de cada um deles.



Tartaruga-de-pente em recife de corais nas Maldivas, no Oceano Índico.

Andrey Artyagov/
Shutterstock.com

capítulo 7

Poríferos e cnidários

A) Isso é incorreto porque os recifes também têm origem orgânica e sua base é formada a partir de esqueletos de seres vivos.

B) Os recifes podem ser comparados às florestas tropicais em razão da diversidade de seres vivos que neles habitam.

C) Porque os recifes abrigam grande diversidade de espécies no ambiente marinho. Assim, conservá-los pode contribuir para a manutenção de espécies de vertebrados e invertebrados e a manter o equilíbrio nas relações entre esses seres vivos.

Recifes são toda e qualquer formação rígida no fundo do mar, de origem orgânica (acúmulo de esqueletos de corais, algas calcárias e outros organismos) e/ou inorgânica (rochas ou estruturas artificiais), incluindo-se ainda a área de fundo de areia, cascalho e/ou lama adjacente ao recife. [...]

[...] No mar encontramos uma quantidade de filos muito maior que a do ambiente terrestre [...] Mas dentre a diversidade de organismos do ambiente marinho, é no recife de coral que pode ser encontrada a maior diversidade. Daí sua comparação com as florestas tropicais, pois ambos possuem grande complexidade física e biológica e elevado grau de diversidade e especialização.

[...] De cada quatro espécies marinhas, uma vive em ambientes recifais. [...] os mais representativos são os peixes, com mais de 4000 espécies, representando 65% das espécies de peixes do mar. [...] são encontradas também tartarugas marinhas como a tartaruga-verde (*Chelonia mydas*) e a tartaruga-de-pente (*Eretmochelys imbricata*). [...] Nos recifes de coral também encontramos uma grande variedade de invertebrados, incluindo esponjas, corais, gorgônias, anêmonas-do-mar, camarões, lagostas, caranguejos, polvos, lulas, estrelas-do-mar, ouriços-do-mar, pepinos-do-mar, vermes-de-fogo. [...]

BARREIRA e CASTRO, Clovis et al. Recifes e ambientes coralíneos. In: GOUVEIA, Maria Teresa de Jesus (Org.). Educação para a conservação de recifes e ambientes coralíneos: manual de formação de jovens: uma nova geração do coletivo jovem da Costa do Descobrimento. Rio de Janeiro: SAMN, 2015. p. 9-11. Disponível em: <<http://coralvivo.org.br/publicacoes/manual-do-curso-de-formacao-de-jovens-uma-nova-geracao-do-coletivo-jovem-da-costa-do-descobrimento>>. Acesso em: 26 fev. 2016.

- A) Muitas pessoas consideram que os recifes são formados somente por rochas. Por que isso é incorreto?
- B) Segundo o texto, por que os recifes de coral podem ser comparados às florestas tropicais?
- C) Explique por que é importante conservar os recifes no planeta.

► Origem dos animais

Estima-se que a Terra tenha cerca de 4,5 bilhões de anos, e as primeiras formas de vida teriam surgido há pelo menos 3,5 bilhões de anos: eram os procariontes, seres vivos relativamente simples e de tamanho reduzido.

Entre 2,7 e 1,7 bilhões de anos atrás, os protoctistas originaram os primeiros descendentes pluricelulares. Destes, alguns originaram plantas, fungos e animais. Pela análise das evidências fósseis já encontradas, é difícil determinar quando os primeiros animais surgiram. Entretanto, pesquisadores acreditam que as primeiras formas de vida animal não tenham deixado fósseis. É preciso ressaltar que esse fato aparentemente não é raro, pois muitas espécies surgiram e foram extintas durante a evolução*, sem deixar vestígios.

*A evolução dos seres vivos será estudada com mais detalhes no volume de 3º ano desta coleção.

Evidências fósseis indicam que, a partir de 600 milhões de anos atrás, a morfologia das formas de vida pluricelular começou a se expandir. Os fósseis de eucariontes multicelulares mais antigos já encontrados, por exemplo, datam de cerca de 543 milhões de anos atrás. A região australiana conhecida como Ediacara é famosa pela ocorrência dos fósseis mais antigos de metazoários (animais com células organizadas em tecidos e órgãos). O fato de impressões terem sido encontradas nas rochas evidencia que esses animais não tinham partes duras no corpo, indicando, assim, a ausência de estruturas como conchas ou placas.



Fóssil de *Dickinsonia costata*, anelídeo que data de cerca de 600 milhões de anos atrás, encontrado em Ediacara, na Austrália.

Para determinar a origem e a evolução dos animais, naturalistas e biólogos têm estudado a embriologia, o desenvolvimento, a genética e a evolução dessas espécies. Com base nesses critérios, os animais são classificados em diferentes grupos biológicos.



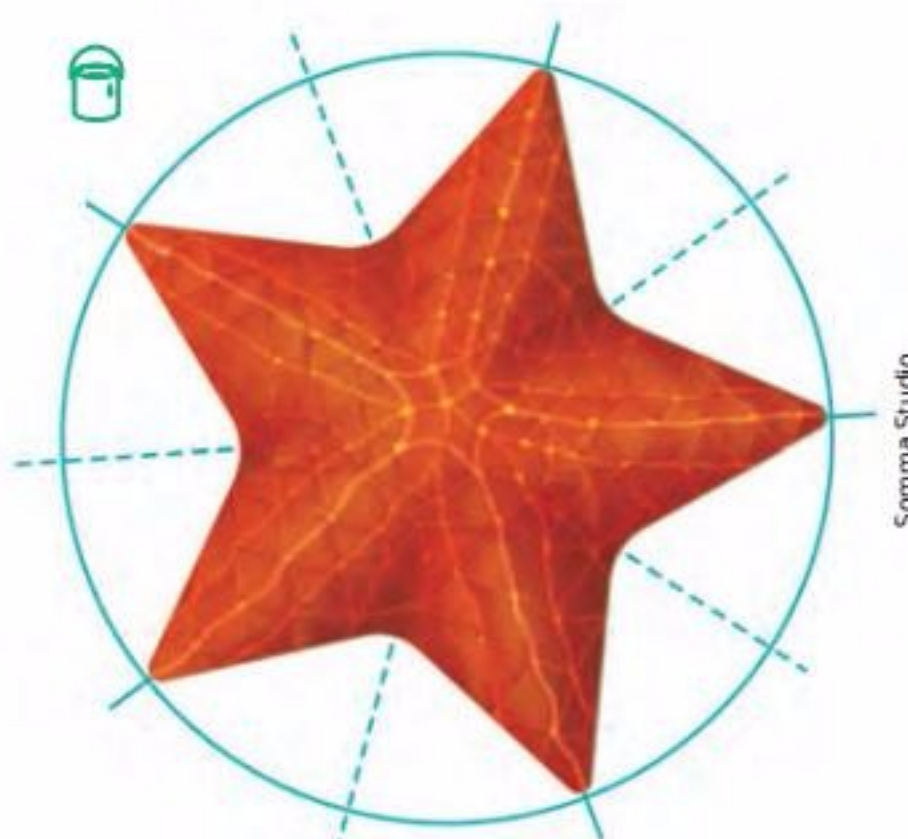
► Características gerais dos animais

Os animais são seres eucariontes, pluricelulares e heterotróficos. São conhecidos milhões de animais agrupados em mais de 30 filos aceitos atualmente.

Uma característica utilizada para classificar um animal é a sua **simetria**, a qual pode ser dividida em radial e bilateral**. Há também animais assimétricos, como alguns poríferos. Veja ao lado um exemplo de simetria radial.

O corpo dos animais que apresentam **simetria radial** pode ser dividido em duas metades iguais entre si, por diversos planos que passam pelo eixo central do organismo. Eles apresentam uma região oral (que contém boca) e uma aboral (região oposta a que contém boca), mas não têm região cefálica nem caudal.

Enquanto nos animais com **simetria bilateral**, é possível traçar um eixo de simetria longitudinal no corpo do animal, para que um lado do corpo forme uma imagem espelhada do outro lado.



Representação de simetria radial em uma estrela-do-mar, um equinodermo.

**Entre os seres vivos, também é encontrada a simetria esférica, mais comum em formas unicelulares, as quais se locomovem por flutuação ou rolamento.

Ilustração produzida com base em: GARCIA, S. M. L. de.; FERNÁNDEZ, C. G. Embriologia. 2. ed. Porto Alegre: Artmed, 2001. p. 97.

A **simetria** relaciona-se às proporções equilibradas (ou correspondência de tamanho e forma) das partes de lados opostos de um plano mediano. Isto é, ao comparar duas partes de um ser vivo separadas por um segmento de reta (eixo de simetria), ambas irão se sobrepor. Quando não há eixo de simetria, o ser vivo é assimétrico.

1. Há lado direito e esquerdo no animal de simetria bilateral? E no de simetria radial?

2. O ser humano é um animal de simetria bilateral ou radial?
Simetria bilateral.

Animais diblásticos são aqueles que apresentam dois folhetos embrionários, a ectoderme e a endoderme. Exemplo: cnidários.

Animais triblásticos são aqueles que têm três folhetos embrionários, a ectoderme, a endoderme e a mesoderme. Exemplos: platelmintos, nematódeos, anelídeos, moluscos, artrópodes, equinodermos e cordados.

1. No animal de simetria bilateral, há lado direito e esquerdo e, no de simetria radial, não.

Ilustrações produzidas com base em: GARCIA, S. M. L. de.; FERNÁNDEZ, C. G. Embriologia. 2. ed. Porto Alegre: Artmed, 2001. p. 96-97.

Os animais com simetria bilateral apresentam uma região dorsal, geralmente voltada para cima, e uma região ventral, voltada para o solo. Além disso, apresentam uma região anterior (ou cefálica) e uma região posterior (ou caudal). A presença da região cefálica indica que esses animais geralmente se locomovem nesse sentido, o que exige maior integração dos sistemas do corpo desses animais, incluindo uma concentração de tecido nervoso e estruturas sensoriais, quando comparados aos animais com simetria radial.

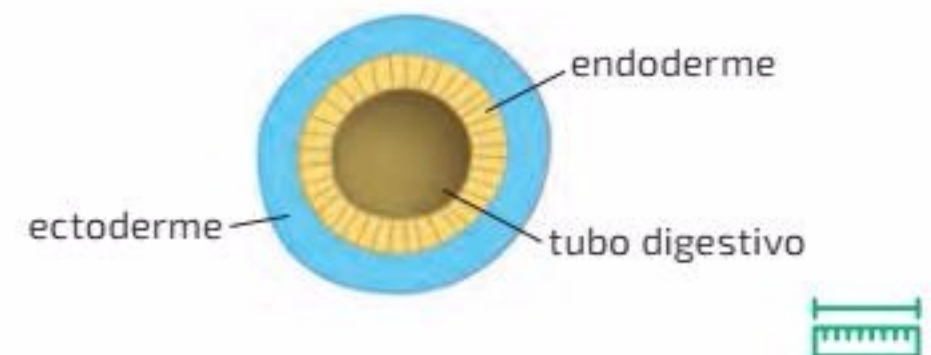


A estrutura do corpo de um animal é diretamente influenciada pelo padrão de desenvolvimento embrionário, característica utilizada tradicionalmente para determinar as relações de parentesco entre os grupos biológicos de animais. Após a fecundação, o zigoto sofre sucessivas mitoses até formar a blástula, que se dobra em si mesma, formando a gástrula, geralmente composta de três folhetos embrionários: ectoderme, mesoderme e endoderme. **Se necessário, retome o conteúdo sobre desenvolvimento embrionário abordado no volume de 1º ano desta coleção.*

No final da gastrulação, o plano corporal do animal é estabelecido. Dessa maneira, ao observá-lo em corte transversal, notamos que há um tubo no interior de outro. O tubo interno corresponde ao tubo digestivo e o tubo externo, à parede externa do corpo. Na maioria dos animais, o espaço entre esses tubos é revestido pela mesoderme e é chamado **celoma**, no qual os órgãos internos se localizam. Os animais podem ser divididos em: acelomados, pseudocelomados e celomados. Veja-os a seguir.

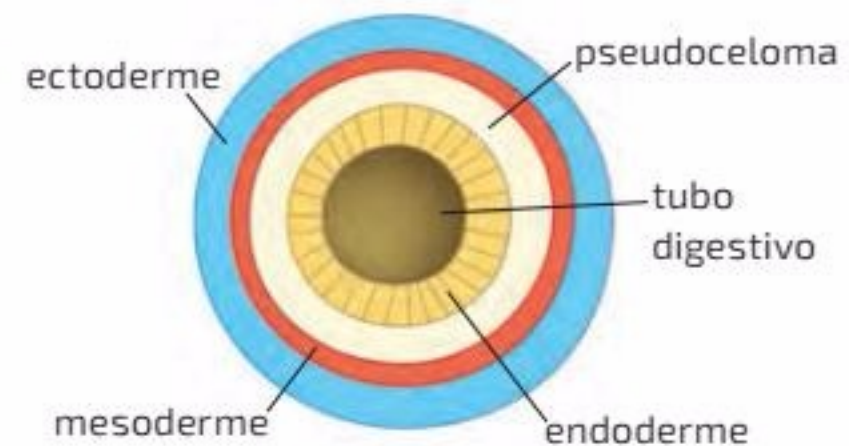
Acelomados

Animais que não têm cavidade corporal. Os platelmintos são exemplos de animais acelomados.



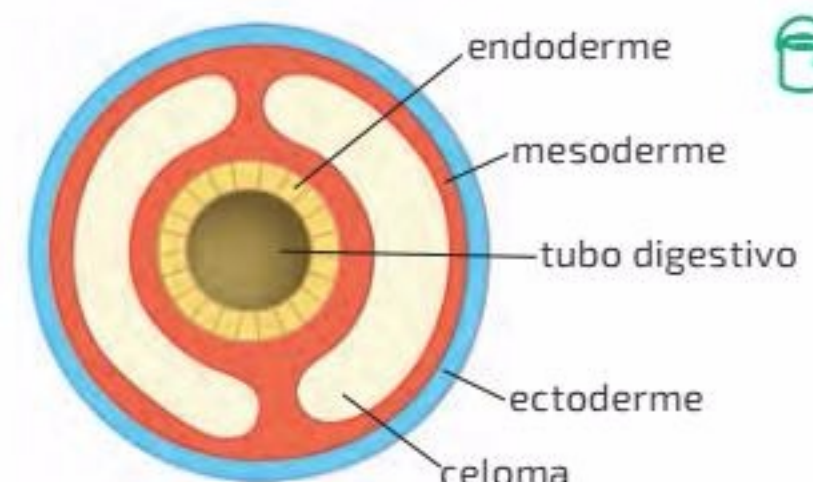
Pseudocelomados

Animais que apresentam uma cavidade corporal que é revestida pela mesoderme apenas junto à parede externa do corpo. Trata-se de um pseudoceloma. Assim, eles têm os três folhetos embrionários e o pseudoceloma. Exemplo: nematódeos.



Celomados

Animais que apresentam celoma, ou seja, a cavidade corporal completamente revestida pela mesoderme. O celoma ocorre em anelídeos, em moluscos, artrópodes, equinodermos e cordados.



Os animais celomados podem ser divididos em dois grupos: protostômios e deuterostômios. Durante a gastrulação dos celomados, o blastóporo, que é a abertura do arquêntero, origina a boca nos protostômios e o ânus nos deuterostômios.

Os animais **protostômios** são aqueles em que o blastóporo origina a boca. Exemplos: anelídeos, moluscos e artrópodes.

A lesma-do-mar é um molusco, exemplo de animal protostômio.



Antonio Martin/Shutterstock.com



aquapix/Shutterstock.com

Os animais **deuterostômios** são animais cujo blastóporo origina o ânus. Exemplos: equinodermos e cordados.

O ouriço-do-mar é um equinodermo, exemplo de animal deuterostômio.

Poríferos

O filo Porifera abrange mais de 10 mil espécies de esponjas, animais encontrados, em sua maioria, no ambiente marinho e que podem ter de poucos milímetros a metros de altura.

Geralmente, as esponjas vivem fixas a substratos, como rochas, conchas, madeiras submersas e corais. Há, ainda, espécies que vivem na lama ou na areia. Por viverem fixas e não se locomoverem, as esponjas são chamadas de sésseis. Vale destacar que alguns organismos podem viver associados a elas.

O corpo das esponjas é irregular e a maioria das espécies é assimétrica, embora existam espécies com simetria radial. Mesmo não apresentando tecidos verdadeiros, as esponjas possuem células especializadas.

A estrutura tubular do corpo dos poríferos forma uma cavidade oca central denominada **átrio**, cuja abertura superior é o **ósculo**. Essa cavidade é revestida por células flageladas que ficam voltadas para o átrio, chamadas **coanócitos**, que se movimentam encaminhando a água que entra pelos poros, localizados na superfície do corpo da esponja, para o interior do átrio, onde é filtrada a fim de reter as partículas alimentares, até sair pelo ósculo.

As esponjas têm o esqueleto formado de **espículas**, pequenas estruturas compostas de carbonato de cálcio ou de sílica e colágeno, que atuam na sustentação do animal. Observe ao lado a estrutura do corpo de uma esponja.

Ser vivo adulto

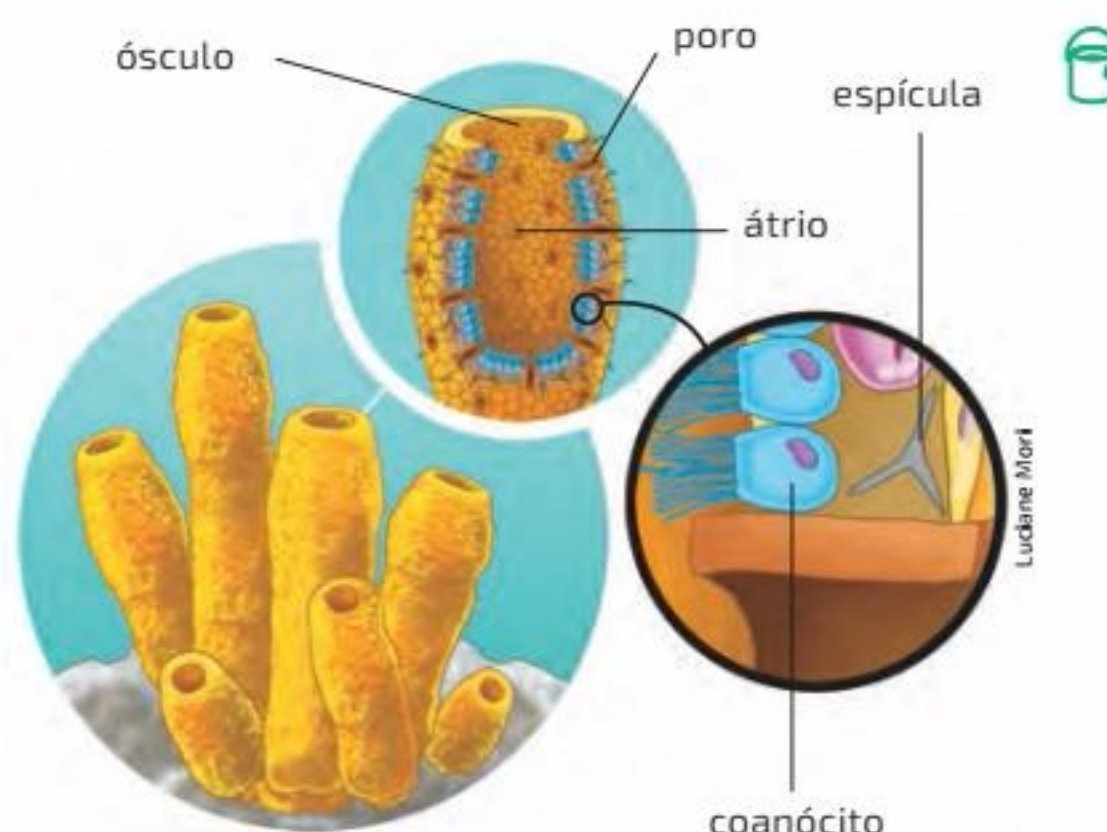
Lesma-do-mar-púrpura (*Chromodoris purpurea*): pode atingir 3,5 cm de comprimento.

Ouriço-do-mar (*Arbacia lixula*): pode atingir 10 cm de diâmetro.



Ilustrações produzidas com base em: CAMPBELL, N. A. et al. *Biology*. 8. ed. San Francisco: Pearson Benjamin Cummings, 2009. p. 670.

Estrutura do corpo de uma esponja

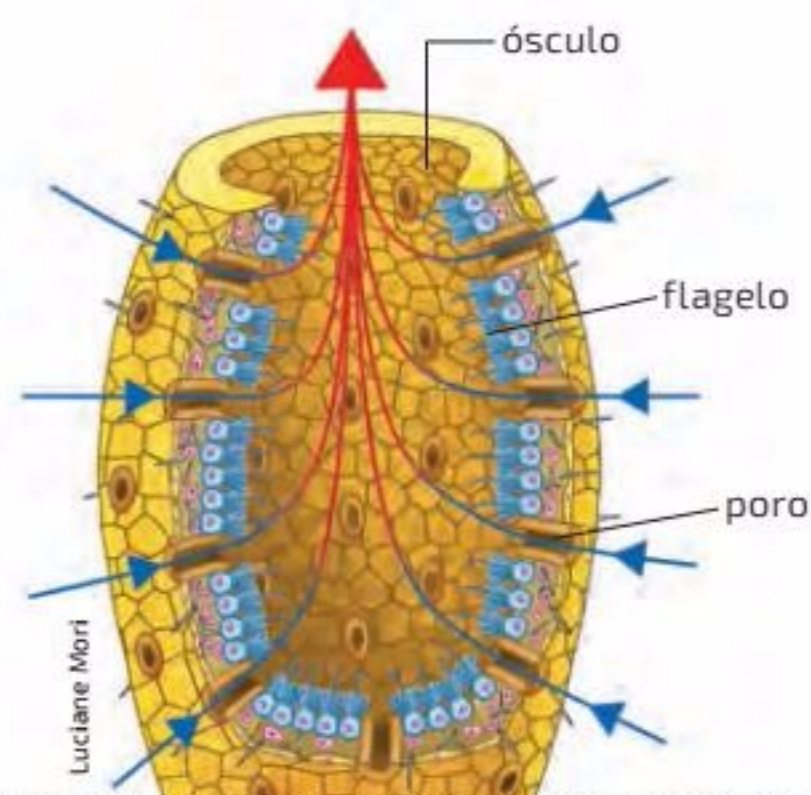


Fisiologia dos poríferos

A fisiologia dos poríferos depende do fluxo de água através do corpo. A alimentação é constituída de partículas, como detritos, plâncton e bactérias em suspensão na água, que passam pelo sistema de canais. Os **coanócitos** fagocitam as partículas que entram pelos poros, enquanto as partículas maiores são fagocitadas a partir da superfície por células denominadas **arqueócitos** e **pinacócitos**, por exemplo. A digestão é intracelular.

Não há órgãos respiratórios ou de excreção, pois as trocas gasosas e a eliminação de resíduos ocorrem pela difusão dos gases e excretas na água.

Caminho da água no corpo dos poríferos



Reprodução dos poríferos

A reprodução nas esponjas pode ser assexuada ou sexuada. A maioria das espécies é monoica, isto é, possui gametas masculinos e femininos em um único indivíduo.

A reprodução assexuada ocorre por meio de brotamento e fragmentação. Os brotos crescem e, quando atingem determinado tamanho, podem se destacar do animal que lhes originou. As esponjas também apresentam capacidade de regeneração, restaurando partes perdidas.

Já na reprodução sexuada, os coanócitos se transformam em gametas masculinos. Em alguns casos, os oócitos (gametas femininos) se desenvolvem a partir dos coanócitos ou arqueócitos. Assim, os gametas masculinos são transportados pela água e entram no átrio de outro indivíduo, fecundando os gametas femininos. Após a fecundação, o zigoto se desenvolve em uma larva, que sai do corpo do porífero, se fixa em um substrato e se desenvolve em um novo indivíduo.

Reprodução sexuada em poríferos

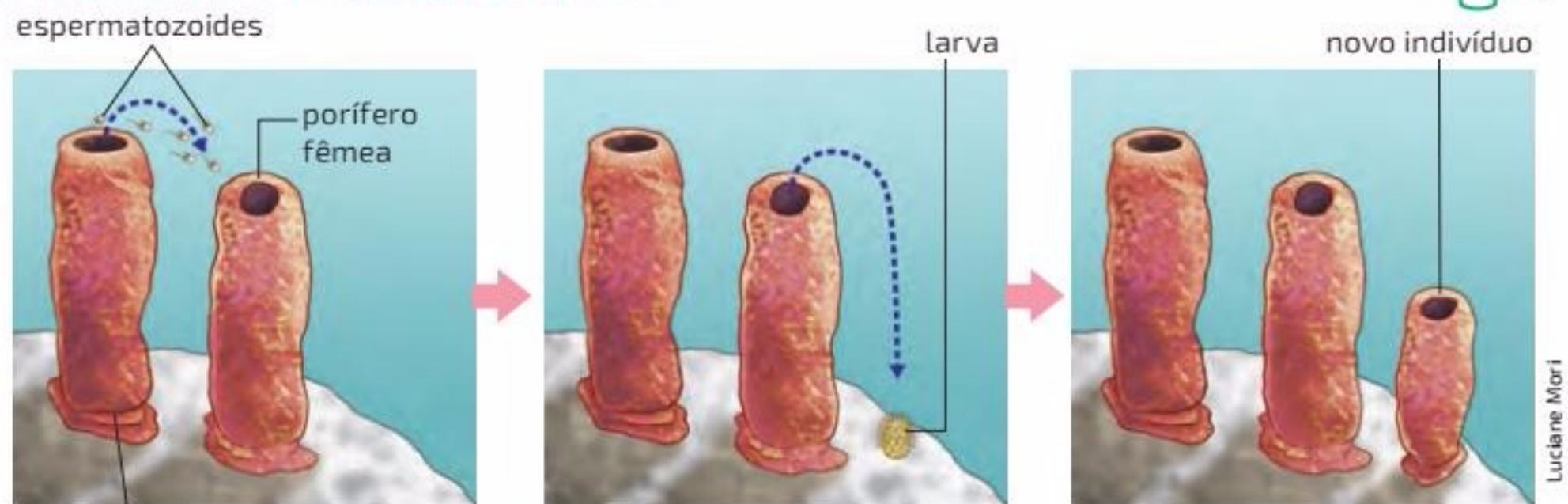


Ilustração produzida com base em: RUPPERT, E. E.; FOX, R. S.; BARNES, R. D. Zoologia dos invertebrados: uma abordagem funcional-evolutiva. 7. ed. São Paulo: Roca, 2005. p. 107.

Cnidários

Os cnidários (filo Cnidaria) são animais aquáticos, com simetria radial e diblásticos. Eles totalizam cerca de 10 mil espécies conhecidas, tais como as águas-vivas, as anêmonas-do-mar e os corais. A maioria das espécies é marinha e há exemplares de água doce.

Esses animais podem se apresentar em duas formas corporais: as fixas são chamadas **pólipos**, e as livre-natantes são denominadas **medusas**. Além disso, apresentam **tentáculos**, que participam da alimentação e da defesa. Sua **boca** é ligada à **cavidade gastrovascular**, que participa da digestão, das trocas gasosas e da circulação desses animais. A **mesogleia** é uma substância gelatinosa que atua no suporte do corpo, funcionando como um esqueleto elástico, e se localiza entre a epiderme e a gastroderme (camada de células que reveste a cavidade gastrovascular).

Estrutura do corpo dos cnidários

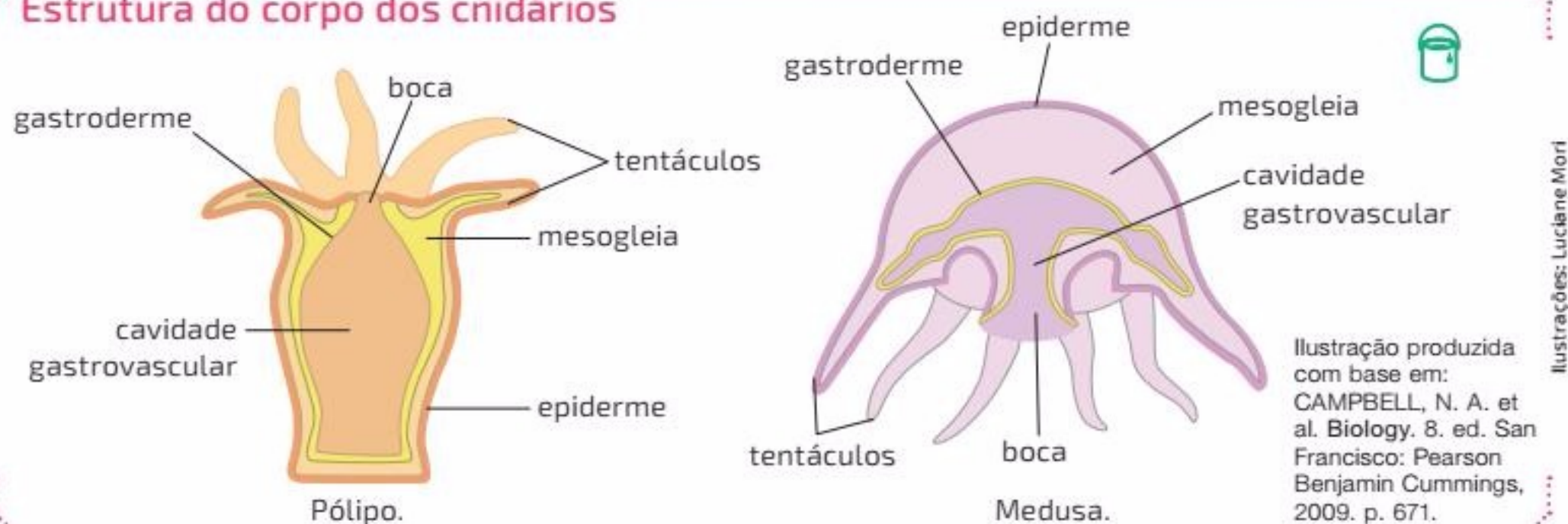


Ilustração produzida com base em: CAMPBELL, N. A. et al. Biology. 8. ed. San Francisco: Pearson Benjamin Cummings, 2009. p. 671.

Classificação dos cnidários

Os cnidários podem ser classificados* em três grupos: os hidrozoários, os cifozoários e os antozoários.

Os hidrozoários são majoritariamente marinhos; as hidras como a da fotografia abaixo são os únicos cnidários de água doce. Geralmente, o pólo é a fase do ciclo de vida predominante nesse grupo. Além disso, a maioria das espécies é colonial.



Dr. Paul Cook/Corbis/Latinstock

Hidra (*Hydra viridis*).

Os cifozoários (água-vivas) são cnidários marinhos. A medusa é a fase predominante do ciclo de vida desses animais. Geralmente, apresentam um corpo grande, alcançando 2 m de diâmetro e tentáculos com mais de 60 m de comprimento.



Vladimir Wrangel/Shutterstock.com

Água-viva (*Aurelia aurita*).

Ser vivo adulto

Água-viva: pode atingir até 38 cm de diâmetro.

Anêmona-do-mar: pode atingir até 15 cm de diâmetro.

Hidra: pode atingir até 1,5 cm de comprimento.

Os antozoários (anêmonas-do-mar) são cnidários marinhos com corpo em formato cilíndrico. Em seu ciclo de vida, há somente pólipos. Eles podem ser solitários ou coloniais. Sua cavidade gastrovascular é grande e dividida em septos, e apresentam fileiras de tentáculos.



Gregory A. Pozhvanov/Shutterstock.com

Anêmona-do-mar (*Tealia felina*).

*Existem classificações que trazem mais duas classes de cnidários, os cubozoários e os estaurozoários. Entretanto, optamos, por razões didáticas, por apresentar a classificação tradicional.

Fisiologia dos cnidários

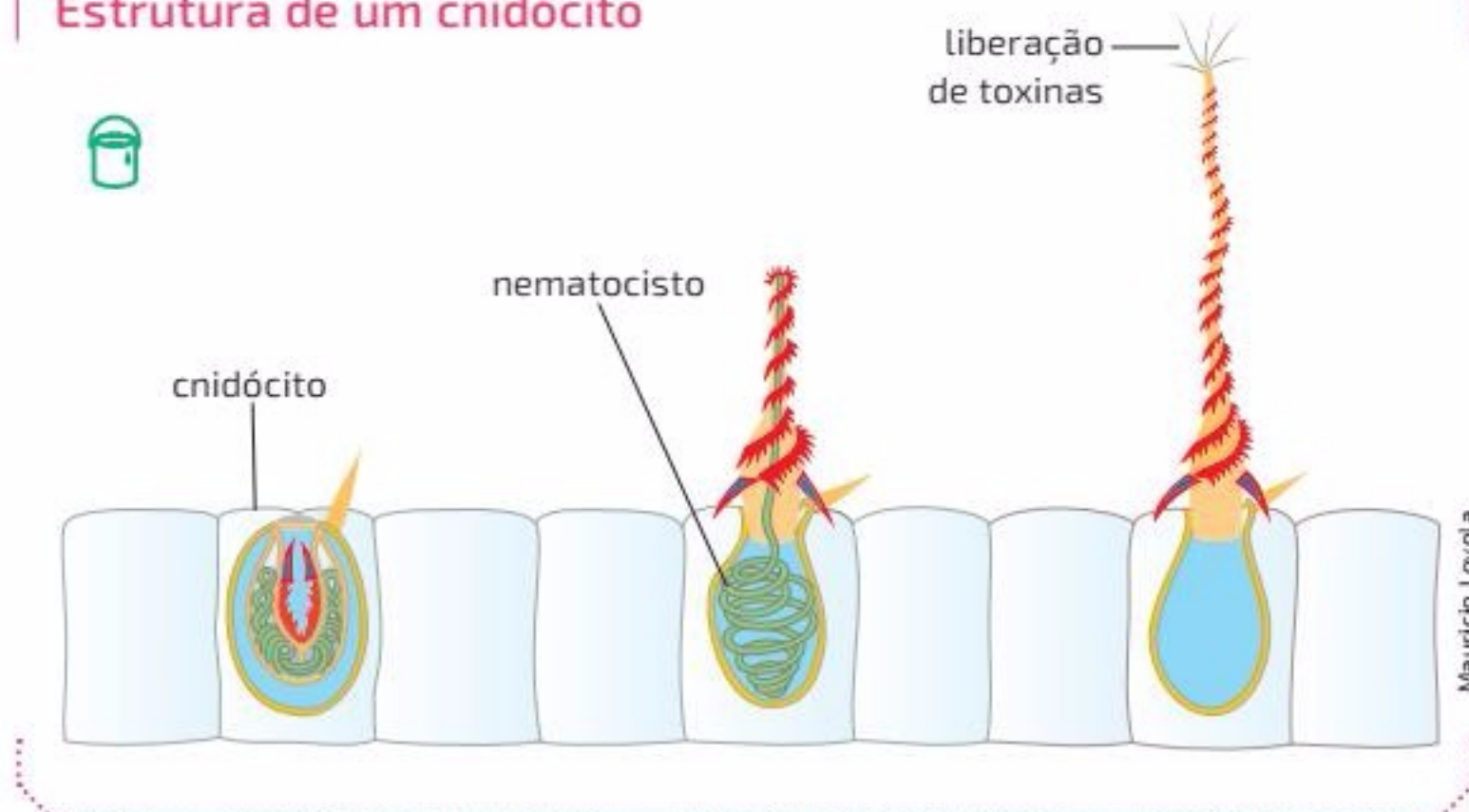
A locomoção dos cnidários é variada. As hidras, por exemplo, podem se locomover por movimentos do tipo “mede-palmos”, ou seja, elas dobram o corpo e prendem os tentáculos ao substrato. Já as medusas se locomovem por jatopropulsão, isto é, o corpo se enche de água e, em seguida, a libera por meio de contrações musculares, impulsionando-a no sentido contrário ao do jato lançado inicialmente.

Alguns cnidários são planctônicos e se alimentam de partículas em suspensão, sendo a maioria deles carnívora. Os tentáculos movem-se em direção à presa e a empurram para a boca. Na cavidade gastrovascular, existem células com função glandular, que liberam enzimas sobre o alimento (digestão extracelular). A digestão se completa intracelularmente. As partículas não digeridas são expelidas do corpo do animal por meio da cavidade gastrovascular, que também participa das trocas gasosas e da circulação.

Todos os cnidários apresentam células chamadas **cnidócitos** nos tentáculos, que são utilizadas na defesa e na captura de presas. O cnidócito tem uma organela preenchida por um fluido contendo substâncias nocivas, chamada nematocisto.

As células sensoriais se localizam ao longo da epiderme, principalmente próximas à boca e aos tentáculos. Os cnidócitos têm receptores sensoriais. Alguns cnidários apresentam uma rede nervosa, com células especializadas e capazes de detectar luminosidade e auxiliar na orientação do animal.

Estrutura de um cnidócito



Maurício Loyola

Reprodução dos cnidários

Os cnidários podem se reproduzir assexuadamente, por brotamento, e sexuadamente. Há ocorrência de ciclo de vida com alternância de gerações, com pólipos participando da fase assexuada e medusas da fase sexuada.

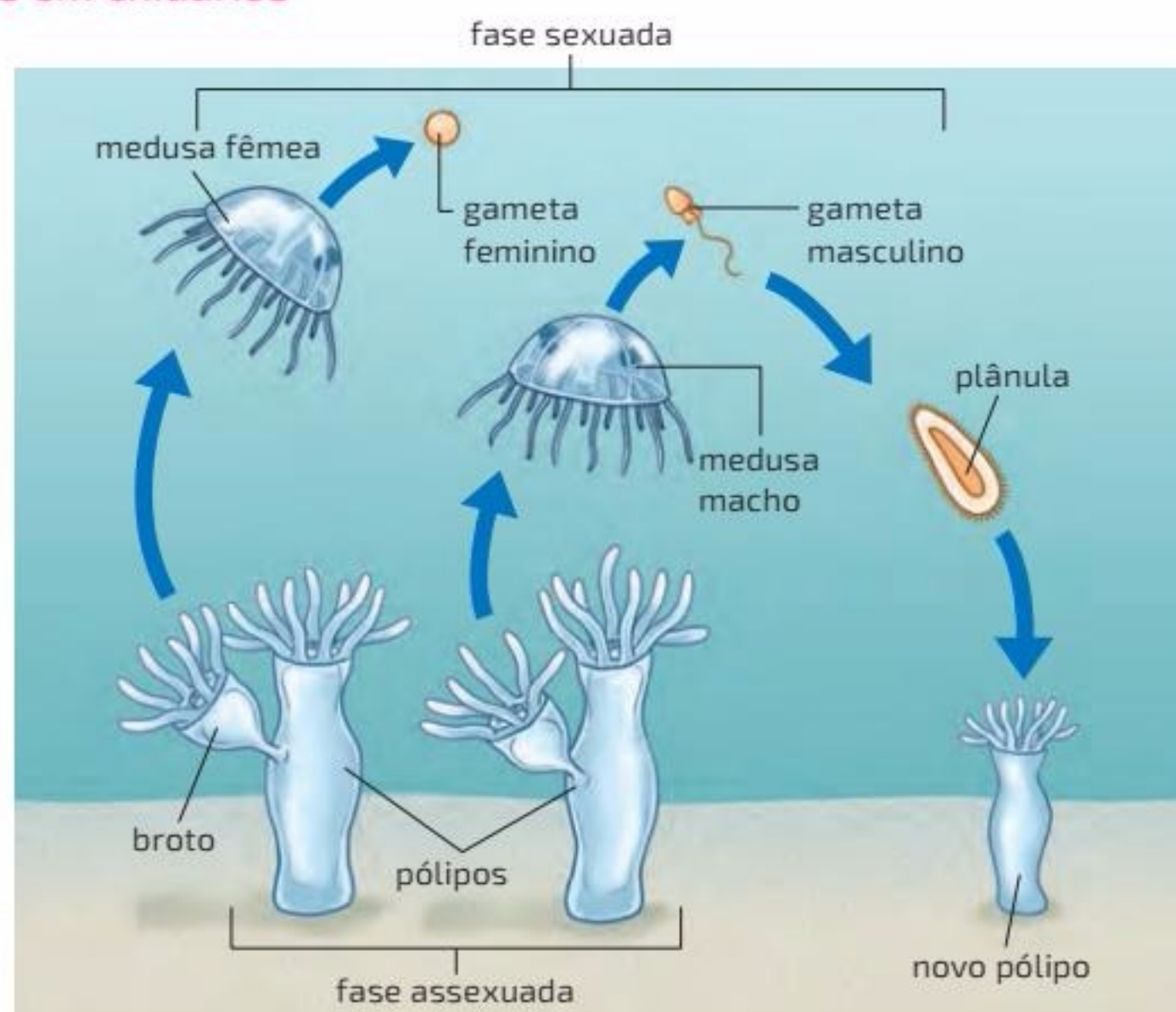
Os hidrozoários e os antozoários são animais dioicos. Entre os cifozoários, há animais dioicos e animais hermafroditas, em que os espermatozoides são produzidos em um momento e os óvulos em outro. Em relação à fecundação dos cnidários, ela pode ser interna, ou seja, ocorrer na cavidade gastrovascular, ou pode ocorrer no meio externo.

Nesses animais, o desenvolvimento pode ser direto (sem a existência de um estágio larval) ou indireto (com a existência de um estágio larval). O primeiro caso ocorre apenas em algumas espécies de cnidários. Na maioria das espécies o desenvolvimento é indireto e, as larvas, chamadas plânulas, se desenvolvem em um indivíduo adulto.

3. Resposta pessoal. Espera-se que os alunos reiram-se a todos os tipos de medida que possam reduzir a emissão de dióxido de carbono, um dos principais responsáveis pelo aquecimento global, que reflete no aquecimento das águas dos oceanos, principal fator para o branqueamento dos corais.

Ciclo de vida com alternância de gerações em cnidários

Na fase assexuada, o pólio forma brotos por brotamento. Na fase sexuada, os brotos se desprendem na forma de medusas, as quais têm sexo definido. A medusa macho libera os gametas masculinos, e a medusa fêmea, os gametas femininos. No exemplo ao lado, os gametas são liberados no meio externo, onde ocorre a fecundação e a formação de um zigoto, o qual se transforma em uma plânula. Assim, essa larva se fixa ao substrato, formando um novo pólio, que reinicia o ciclo.



Biologia e Ambiente

Branqueamento de corais

A coloração dos corais é resultante da relação dos cnidários com as algas do gênero *Symbiodinium*. Nessa relação ecológica, as algas realizam fotossíntese e o excedente de energia e nutrientes são utilizados pelos corais. Em troca, a posição dos corais na água favorece a captação de luz pelas algas. Naturalmente, o esqueleto dos corais tem coloração branca, mas a presença de algas lhe confere uma coloração característica aos tecidos moles do corpo do animal.

É importante destacar também que os corais são suscetíveis a alterações ambientais, muitas delas causadas por ações humanas. Um reflexo disso é o aumento, nas últimas décadas, do branqueamento de corais, que os leva à morte.

A principal causa do branqueamento nos corais é o estresse térmico, relacionado ao aquecimento global. Outro agravante é que, durante o fenômeno, os corais se tornam mais suscetíveis a doenças e infecções causadas por parasitas. O aumento da temperatura da água causa alterações metabólicas nas algas, as quais passam a produzir substâncias tóxicas para os corais.

3. O branqueamento dos corais é decorrente das ações do ser humano sobre o ambiente. Reúna-se com um colega e, juntos, proponham medidas para controlar a poluição ambiental que afeta os corais.



Veja as respostas das questões desta seção nas **Orientações para o professor**.

- No caderno defina:

a) folhetos embrionários;	b) animais diblásticos;	c) animais triblásticos;
d) protostômios;	e) deuterostômios;	f) celoma;
g) simetria bilateral;	h) simetria radial.	
- Sobre a fisiologia dos poríferos, responda às questões a seguir no caderno.
 - Qual é a importância da água na alimentação dos poríferos?
 - Faça um esquema indicando como ocorre a circulação de água nos poríferos.
- Quanto à fisiologia dos cnidários, responda às questões a seguir no caderno.
 - Defina o que são cnidócitos e explique a sua importância.
 - Faça um esquema ilustrando as partes do corpo dos cnidários e suas células.
- No caderno, monte um quadro classificando a cobra-coral, a planária, a anêmona-do-mar e a bolacha-da-praia com relação a: quantidade de folhetos embrionários; protostômio ou deuterostômio; celomado, pseudocelomado e acelomado; com simetria bilateral ou radial.
- O trecho do texto abaixo se refere a um estudo realizado na Universidade Federal do Rio de Janeiro sobre a biodiversidade de esponjas calcárias. Leia-o atentamente e responda às questões propostas.

[...] Até agora foram estudados 382 indivíduos [...] Nesse grupo, os cientistas identificaram 26 espécies, sendo 14 totalmente desconhecidas para a ciência.[...]

Além de espécies nativas do Brasil, o grupo também encontrou duas espécies exóticas já conhecidas: *Paraleucilla magna* e *Sycettusa hastifera*. “Elas existem em abundância em regiões portuárias; é provável que tenham chegado ao Brasil presas em cascos de navios” [...] “Encontramos alguns poucos indivíduos dessas espécies nas áreas estudadas; porém, uma vez introduzidas no litoral brasileiro, estas espécies podem alcançar novas áreas de distribuição por meio da dispersão de suas larvas, que se movem com a ajuda das correntes marítimas.” [...]

CARVALHO, Isabelle. Belezas do fundo do mar. *Ciência Hoje*, Rio de Janeiro: Instituto Ciência Hoje, n. 322, p. 42-43, fev. 2015.

- Descreva o tipo de reprodução que gera as larvas citadas no texto.

- Observe a tirinha abaixo e responda às questões a seguir.



BECK, Alexandre. Armandinho zero. Florianópolis, A. C. Beck, 2013. p. 79.

- Em qual grupo de cnidários as águas-vivas são classificadas? Qual é a forma de vida predominante nesse grupo?
- Se, em vez da água-viva, a tirinha retratasse uma esponja, ocorreria a mesma reação? Justifique. **Diga aos alunos que a tirinha representa uma reação exagerada do animal.*

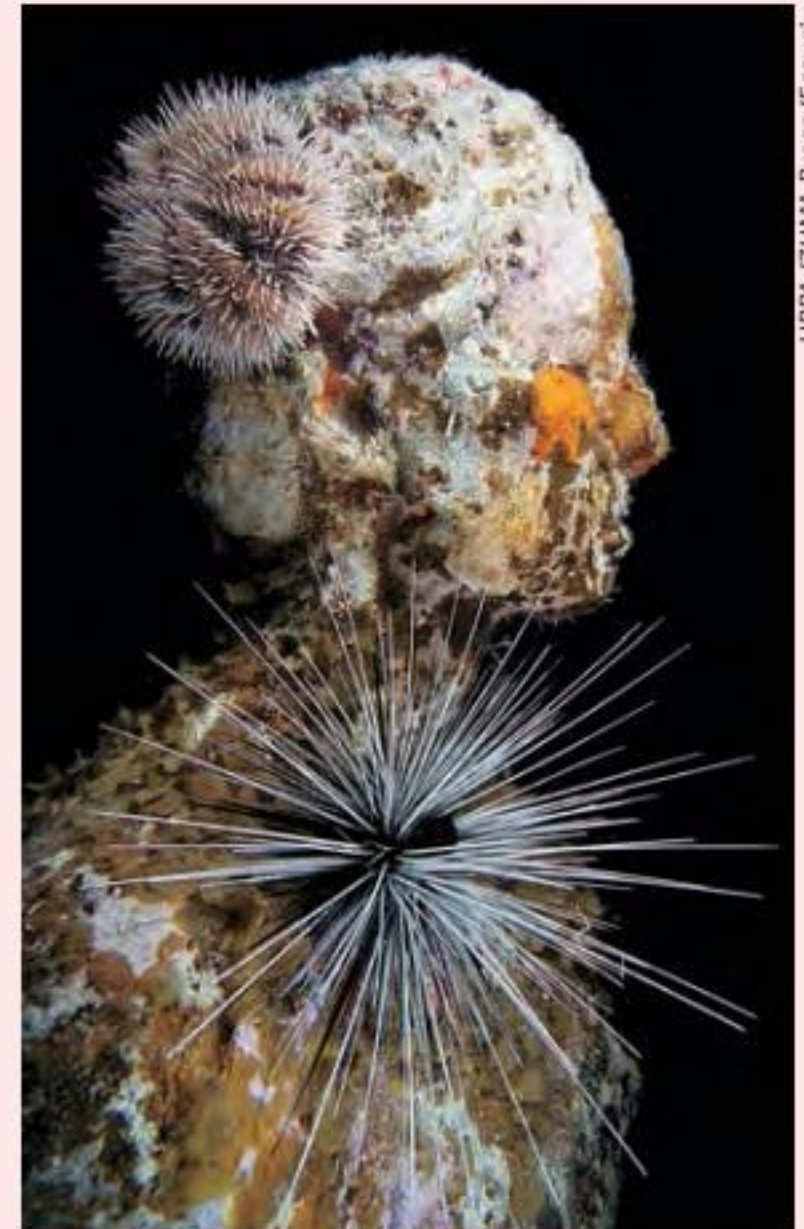
7. As esponjas desenvolveram, ao longo de sua evolução, mecanismos de defesa. Entre estes mecanismos está a produção de algumas substâncias químicas que apresentam propriedades interessantes para a farmacologia, tais como antibióticas, antivirais, anti-inflamatórias e até mesmo anticancerígenas. Que característica das esponjas aumenta as chances de elas serem predadas?

8. Em 2006, o artista e instrutor de mergulho britânico-guianense Jason deCaires Taylor instalou esculturas no fundo da Baía de Molinière, em Granada, no intuito de criar recifes artificiais para restaurar o ambiente natural do país caribenho, devastado por tempestades. Observe a fotografia ao lado e responda às questões.

- a) Explique o papel das esculturas na restauração do recife de corais.
- b) Em qual grupo de cnidários os corais são classificados? Qual é a forma de vida predominante nesse grupo?

9. (UEM-PR) Sobre os cnidários, é correto afirmar que são animais que apresentam

- 01) dois folhetos germinativos, a ectoderme e a mesogleia.
- 02) cavidade gastrovascular e sistema nervoso difuso.
- 04) nematocistos e porócitos.
- 08) cnidoblastos e digestão extracelular.
- 16) formas medusoides e polipoides.

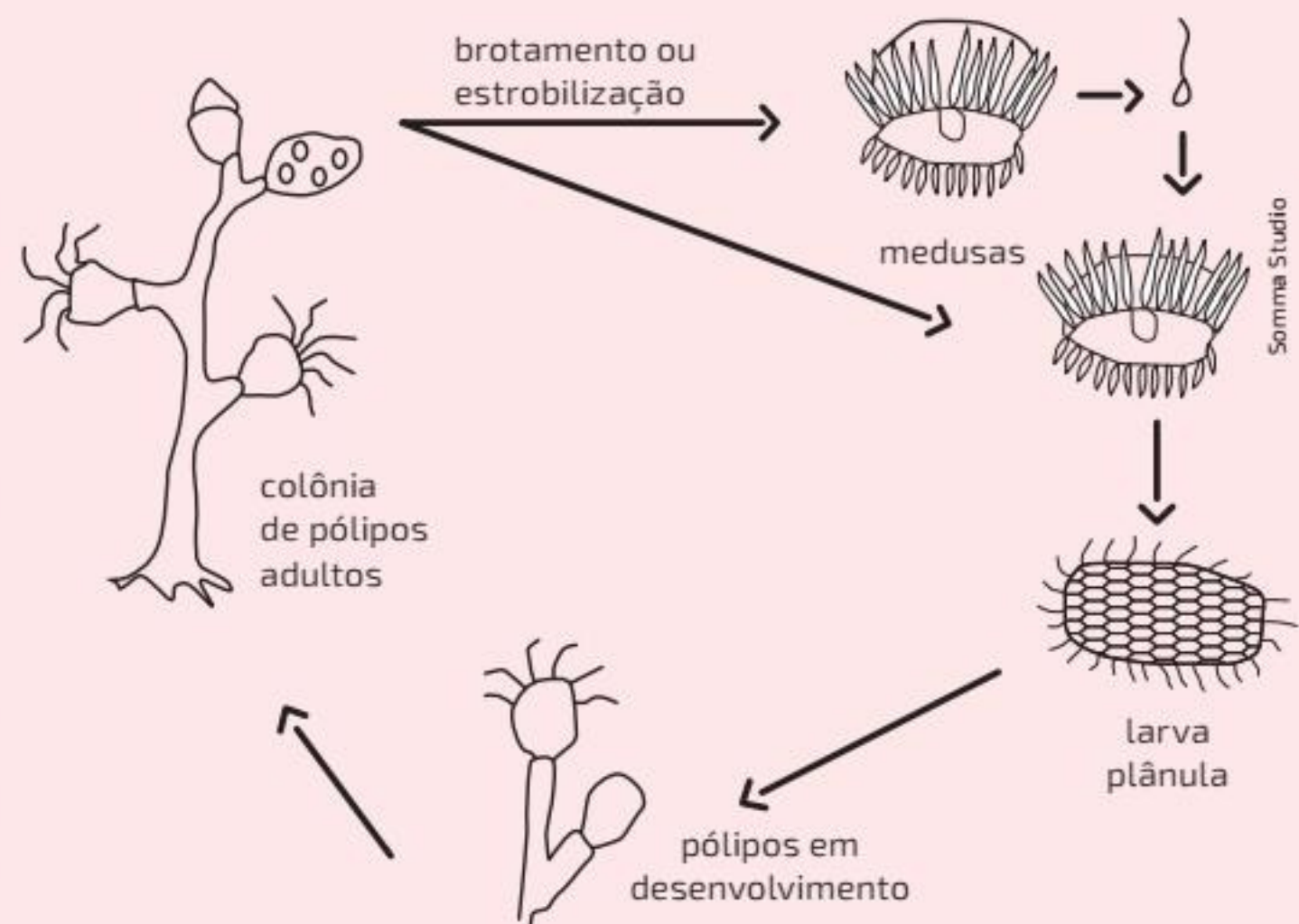


Escultura no fundo da Baía de Molinière, atuando como recife artificial.

10. (Ufla-MG) A figura ao lado apresenta o ciclo de vida de um cnidário:

Observam-se na figura as formas de reprodução:

- a) sexuada no pólipó e sexuada na medusa.
- b) assexuada no pólipó e sexuada na medusa.
- c) sexuada no pólipó e assexuada na medusa.
- d) assexuada no pólipó e assexuada na medusa.



Refletindo sobre o capítulo

Veja as respostas das questões desta seção nas **Orientações para o professor**.

- A) Retome a questão a da página 140 e, se necessário, complemente sua resposta.
- B) Por que o estudo de fósseis é importante para classificar os animais? As evidências fósseis são elementos suficientes para classificar um animal em um grupo e não em outro? Explique.
- C) Acredita-se que os poríferos e os cnidários separaram-se muito antes evolutivamente dos demais animais. Assim, os demais grupos foram separados em protostômios e deuterostômios. Que características separam os poríferos e os cnidários dos demais animais?

R. Fawcett. c. 1880.
Litografia colorida. Coleção
particular. Foto: Sheila
Terry/SPL/Latinstock

Variadas conchas do mar, 1880.
Litografia. Londres.



capítulo 8 Platelminintos, nematódeos e moluscos

Leia o trecho da notícia a seguir.

Concha de moluscos inspira a criação de vidro super-resistente

*Supervidro pode ser usado em janelas, óculos e telas de smartphones.
Vidro foi fortalecido com a introdução de uma rede de fendas microscópicas.*

◆ ◆ ◆

Intrigados com a dureza das conchas dos moluscos, que são compostas de minerais frágeis, porém são muito resistentes, engenheiros encontraram inspiração em sua estrutura para produzir um vidro 200 vezes mais forte do que uma vidraça padrão.

[...]

CONCHA de molusco inspira a criação de vidro super-resistente. G1, São Paulo, 29 jan. 2014. Ciência e Saúde. Disponível em: <<http://g1.globo.com/ciencia-e-saude/noticia/2014/01/concha-de-moluscos-inspira-criacao-de-vidro-super-resistente.html>>. Acesso em: 3 mar. 2016.

- A** A reportagem apresenta algumas propriedades da concha de um molusco. Todos os moluscos possuem conchas? Qual a importância dessa estrutura para esses animais?
Não. As conchas servem de proteção para o corpo do molusco.
- B** A grande maioria dos moluscos são animais marinhos. No entanto, existem algumas espécies de água doce e outras terrestres. Você conhece algum molusco terrestre? Qual(is)? **O caracol terrestre ou a lesma.**
- C** Assim como os moluscos, os platelmintos e os nematódeos têm corpo mole, e a maioria desses animais é marinha. Apesar disso, algumas espécies são parasitas e podem causar doenças em seres humanos. Você conhece alguma doença causada por um platelminto? E por um nematódeo?

C) Resposta pessoal. Principais doenças causadas por platelmintos: cisticercose, teníase, esquistossomose. Principais doenças causadas por nematódeos: ancilostomose, ascaridíase, filariose, enterobiose.

Platelmintos

Ser vivo adulto

Planária: pode atingir até 15 cm de comprimento.

O filo dos platelmintos (do grego *platys*, que significa chato, e *hélmis*, que quer dizer verme) é formado por animais triblásticos, acelomados e bilaterais, que, em geral, possuem o corpo mole e achatado. Os platelmintos, assim como todos os animais invertebrados que têm corpo comprido e sem apêndices, são conhecidos como vermes. Apesar de essa nomenclatura não ter valor taxonômico, ela ainda é muito empregada.

Os platelmintos formam um grupo com mais de 20 mil espécies de animais. Seu tamanho varia de poucos milímetros até alguns metros. Eles são classificados em três classes: os turbelários, os trematódeos e os cestódeos. Os turbelários são de vida livre, já os trematódeos e os cestódeos são parasitas.



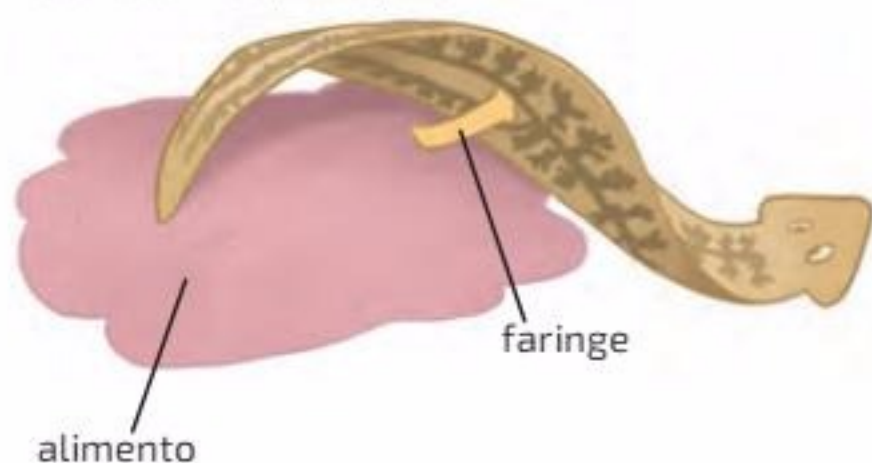
A planária de espécie *Dugesia japonica* pertence ao filo dos platelmintos.

Turbelários

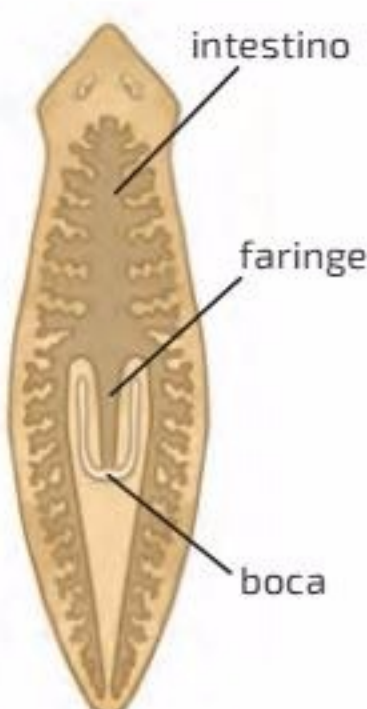
As planárias são os representantes dessa classe de platelmintos. A maioria desses animais é marinha e habita o fundo da areia e lodo. No entanto, existem espécies que habitam os rios e o solo úmido, vivendo embaixo de troncos e folhas.



Ilustrações produzidas com base em: HICKMAN, C. L.; ROBERTS, L. S.; LARSON, A. *Princípios integrados de zoologia*. Tradução Antonio Carlos Marques et al. 11. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2009. p. 271. RUPPERT, E. E.; FOX, R. S.; BARNES, R. D. *Zoologia dos invertebrados: uma abordagem funcional-evolutiva*. 7. ed. São Paulo: Roca, 2005. p. 284.



Planária se alimentando.



Padrão intestinal de uma planária.

O corpo das planárias apresenta células ciliadas e células glandulares, produtoras de **rabditos**, secreções em forma de bastão que se expandem para formar uma substância viscosa. Esse muco desempenha diversas funções, tais como: a redução da perda de água pelo organismo, o aprisionamento de alimentos e a proteção contra predadores. Já a locomoção das planárias é realizada por deslizamento, e os cílios de células presentes na parte ventral do corpo estão envolvidos nessa movimentação.

A maioria das planárias é carnívora e geralmente alimenta-se de animais mortos. O seu sistema digestório é **incompleto**, pois é formado por uma boca, uma faringe, um intestino com ramificações, mas não apresenta ânus.

A fim de se alimentar, a planária coloca a faringe para fora da boca em direção ao alimento, o qual é levado da faringe para o intestino, onde algumas enzimas iniciam a digestão. O restante do processo digestivo ocorre no interior das células. O que não for digerido é liberado para o meio externo pela boca.

Em geral, a excreção dos platelmintos é realizada por meio de **protonefrídeos**, órgãos filtradores responsáveis por liberar o excesso de íons e outras substâncias para fora do corpo do animal, e reabsorvem a água. A filtração é auxiliada por **células-flama**, as quais ficam no interior dos protonefrídeos e, por meio do batimento de seus flagelos, criam um fluxo de água que auxilia na filtração. Para visualizar essas etapas, observe o esquema ao lado.

Estrutura dos protonefrídeos

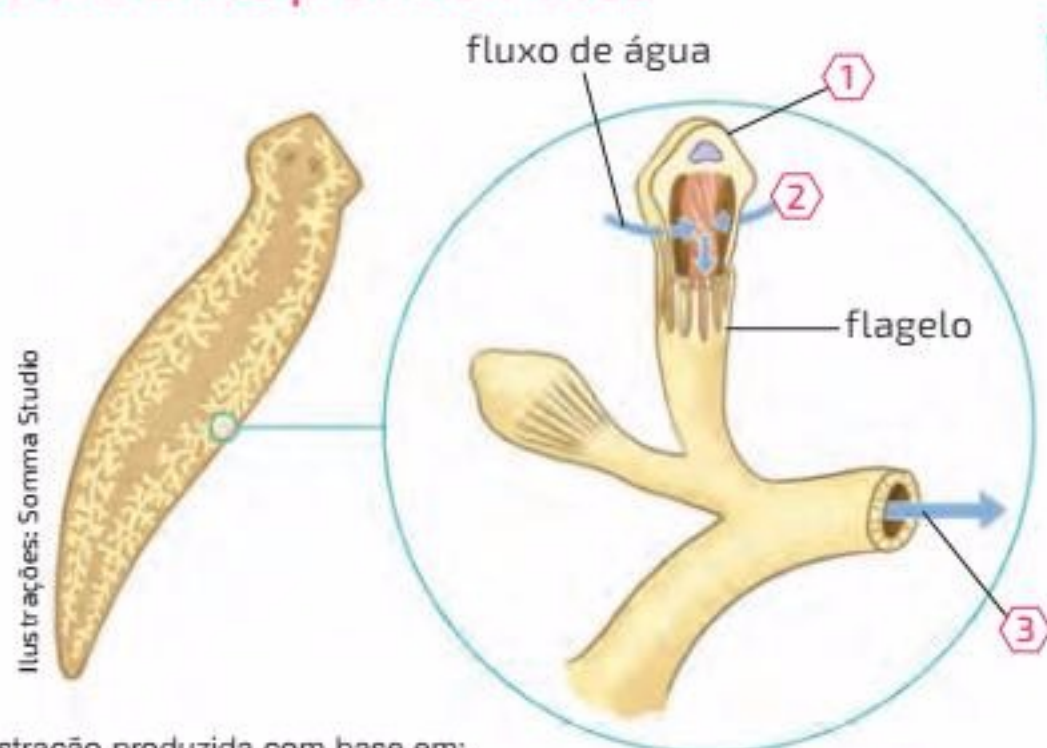


Ilustração produzida com base em: CAMPBELL, N. A. et al. *Biology*. 8. ed. San Francisco: Pearson Benjamin Cummings, 2009. p. 961.

Representação de um protonefrídeo.

Os protonefrídeos são tubos que se abrem para o exterior do corpo do animal, mas estão fechados por uma **célula-flama** ① em sua extremidade interna. Ao movimentar seus flagelos, as células criam uma pressão que permite a água entrar no interior do túbulo ②. Ali, parte da água é reabsorvida e as excretas são encaminhadas para o meio externo ③.

Os platelmintos, assim como a maioria dos invertebrados aquáticos, excretam amônia como resíduo proveniente do metabolismo de proteínas. É importante destacar que a amônia é um metabólito tóxico ao corpo do animal, mas, como ela é altamente solúvel em água, dilui-se rapidamente e é transportada por correntes para o meio aquático.

O sistema nervoso é composto de um encéfalo formado por uma massa de células nervosas, de onde parte uma série de cordões nervosos longitudinais, que se ramificam. Essa estrutura pode variar conforme a espécie. Assim, algumas planárias possuem ocelos, estruturas sensoriais que percebem a luz. Por isso, em geral, as planárias evitam a luz direta.

Reprodução dos turbelários

As planárias são indivíduos hermafroditas (monoicos), ou seja, apresentam sistema reprodutor masculino e feminino em um único organismo, e sua reprodução pode ser assexuada ou sexuada.

Um dos tipos de **reprodução assexuada** nos turbelários ocorre quando o animal sofre uma ou mais divisões transversais e, a partir disso, cada uma de suas partes se regenera independentemente da outra.

Na **reprodução sexuada**, duas planárias unem a região ventral do corpo e trocam gametas masculinos por meio dos poros genitais. Os gametas masculinos chegam ao aparelho reprodutor feminino de cada uma delas, onde ocorre a fecundação. Os zigotos formados ficam dentro do organismo, no qual se desenvolvem em ovos. Esses ovos são depositados no ambiente e, ao eclodirem, originam jovens planárias. O desenvolvimento é **direto**, pois não existe um estágio larval. Esse é o caso das espécies parasitas de vermes achatados que veremos a seguir.

Trematódeos

Os trematódeos são animais parasitas que realizam seu ciclo de vida no interior de outros seres vivos. Quando adultos, eles parasitam principalmente os vertebrados. Não têm cílios na fase adulta e são dotados de órgãos de adesão (como ventosas ou ganchos), além de terem grande capacidade reprodutiva.

Alguns trematódeos causam doenças debilitantes em criações de animais e em seres humanos. Um exemplo disso é o *Schistosoma mansoni*, causador da esquistossomose, uma **parasitose** que pode afetar os seres humanos.

O corpo do *Schistosoma mansoni* não tem divisões, e macho e fêmea são diferentes entre si. O esquistossomo macho é mais curto e espesso que a fêmea e apresenta um sulco na região ventral do corpo chamado de **canal ginecóforo**. Já o esquistossomo fêmea tem o corpo longo e fino e geralmente se aloja no canal ginecóforo durante toda a fase adulta de seu ciclo de vida.

Os machos e as fêmeas têm ventosas ao redor da boca, com as quais se fixam no tecido do hospedeiro, alimentando-se de células, fluidos e sangue. As trocas gasosas e a excreção ocorrem por difusão através do revestimento do corpo, que ainda absorve nutrientes e protege o animal contra substâncias nocivas produzidas pelo hospedeiro.

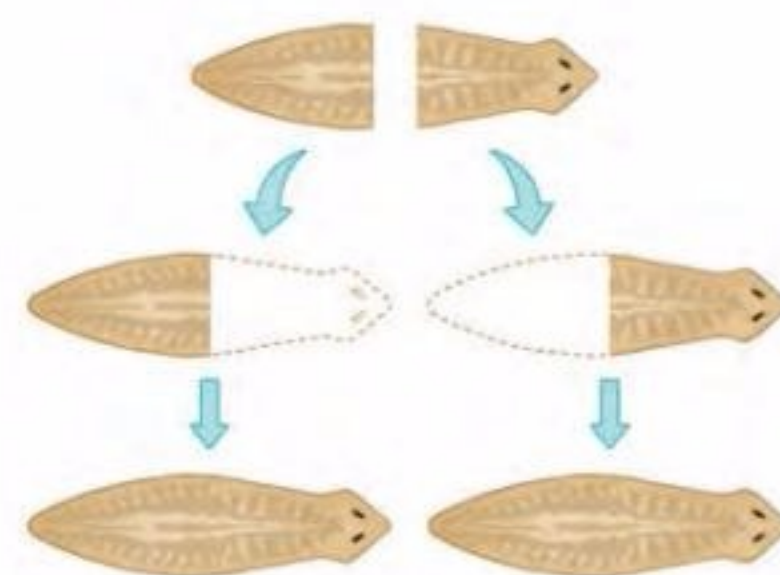
cordões de nervos gânglio cerebral



Padrão do sistema nervoso de uma planária.



Reprodução sexuada em planárias.

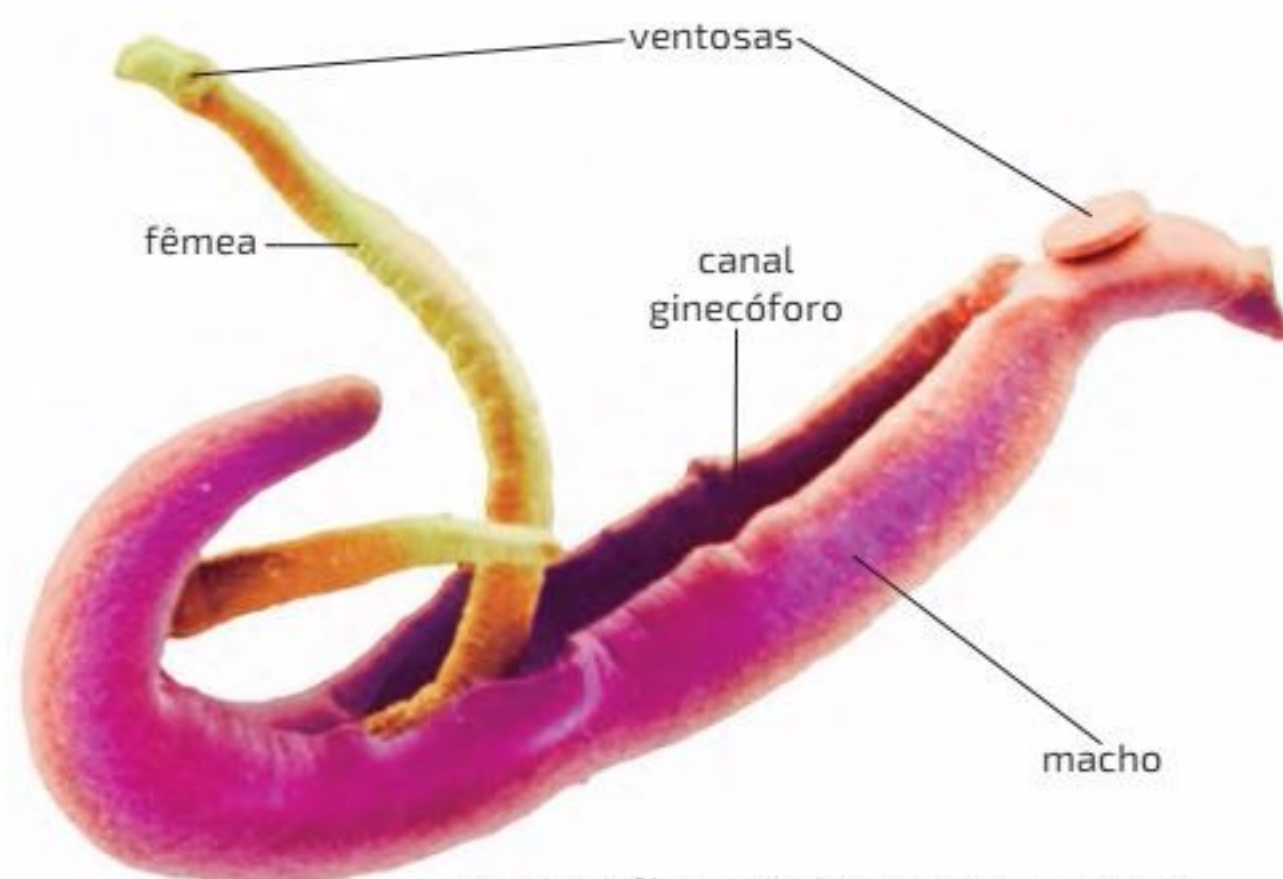


Reprodução assexuada em planárias.

Ilustrações: Somma Studio

Ilustrações produzidas com base em: HICKMAN, C. L.; ROBERTS, L. S.; LARSON, A. Princípios integrados de zoologia. Tradução Antonio Carlos Marques et al. 11. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2009. p. 271. RUPPERT, E. E.; FOX, R. S.; BARNES, R. D. Zoologia dos invertebrados: uma abordagem funcional-evolutiva. 7. ed. São Paulo: Roca, 2005. p. 275, 279.

Parasitose: doença causada por um parasita em um hospedeiro.



Macho e fêmea de *Schistosoma mansoni* (aumento aproximado de 50 vezes).

NIBSC/SPL/Latin stock

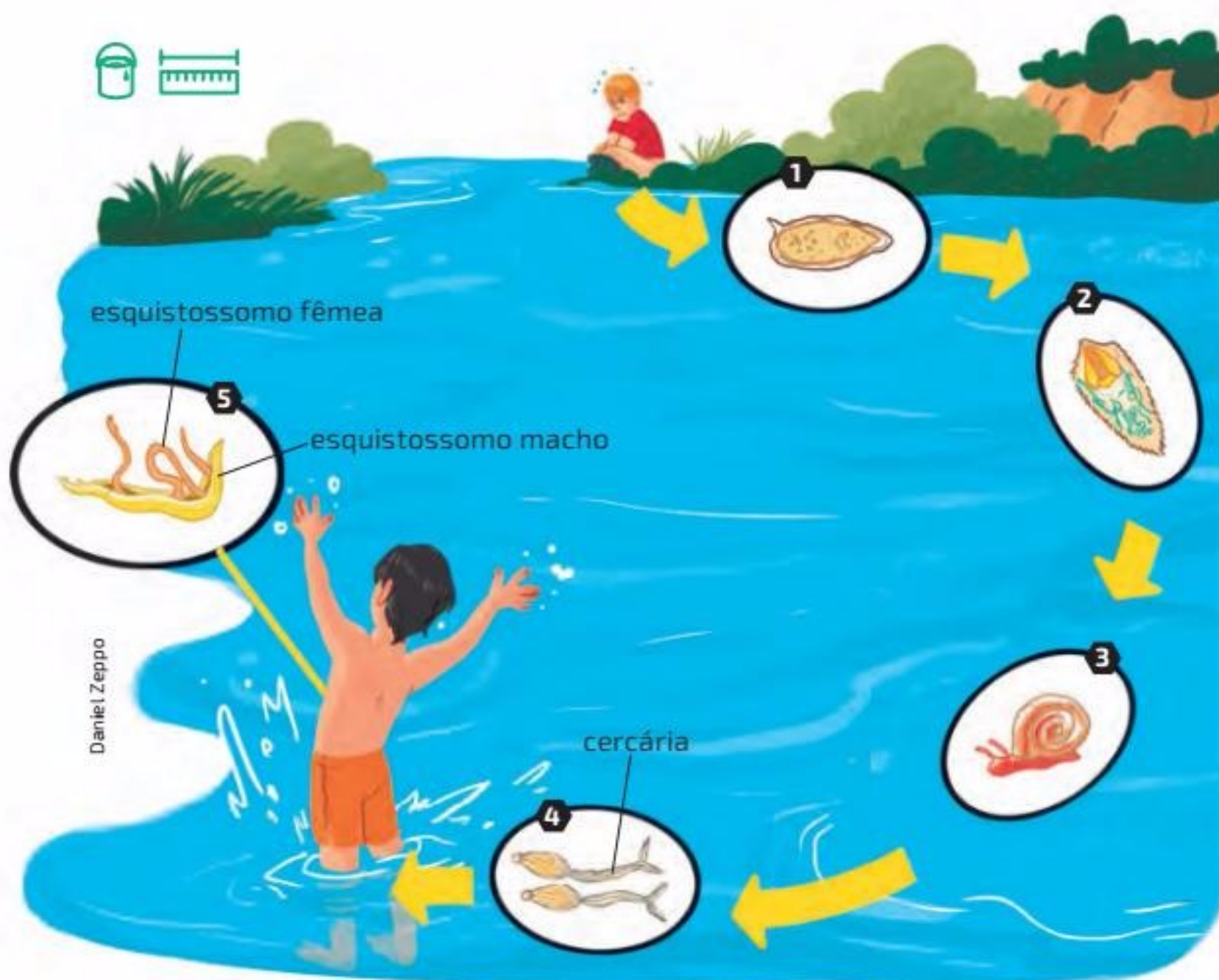
O sistema nervoso do trematódeo é semelhante ao da planária, formado por um par de gânglios cerebrais, de onde se estendem cordões nervosos para o resto do corpo. O revestimento do corpo apresenta estruturas sensoriais que permitem ao esquistossomo identificar as substâncias presentes no meio externo.

Reprodução dos trematódeos

O desenvolvimento dos trematódeos é indireto. Além disso, há dois hospedeiros, um intermediário e um final (definitivo). Como já estudamos, no hospedeiro intermediário ocorre o desenvolvimento da fase larval do parasita. Já no hospedeiro definitivo, o parasita atinge a fase adulta e se reproduz sexuadamente. É válido destacar que, apesar de existirem parasitas que podem ter mais de um hospedeiro intermediário, todos têm apenas um hospedeiro definitivo.

O *Schistosoma mansoni* possui um ciclo de vida no qual o hospedeiro intermediário é um caramujo do gênero *Biomphalaria*, e o hospedeiro final é um vertebrado, como o ser humano. O esquistossomo se instala nos vasos sanguíneos do intestino, mas pode causar lesões em órgãos como o fígado e o baço humano, provocando acúmulo de líquido na região abdominal. Em virtude do aumento do volume do abdômen, a **esquistossomose**, doença causada pelo esquistossomo, recebe o nome popular de **barriga-d'água**.

Ciclo de vida do *Schistosoma mansoni*



- 1 Os ovos fertilizados do *Schistosoma mansoni* são eliminados para o ambiente com as fezes humanas.
- 2 Na água, os ovos eclodem e surgem as larvas do *Schistosoma mansoni*, chamadas de miracídeos.
- 3 Os miracídeos penetram no corpo do caramujo do gênero *Biomphalaria*. No organismo do caramujo, eles se desenvolvem e se reproduzem assexuadamente, produzindo, assim, as larvas denominadas cercárias.
- 4 As cercárias se movimentam na água e infectam o ser humano ao entrar em contato com a sua pele desprotegida. Em seguida, elas se espalham pelo organismo humano por meio da corrente sanguínea.
- 5 As cercárias se transformam em adultos e começam a se reproduzir sexuadamente, formando ovos, que serão liberados junto com as fezes do hospedeiro, reiniciando o ciclo.

Ilustração produzida com base em: REY, L. Parasitologia: parasitos e doenças parasitárias do homem nos trópicos ocidentais. 4. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2008. p. 437, 442.

Cestódeos

Os cestódeos são endoparasitas intestinais do trato digestivo de vertebrados. Esses platelmintos são chamados **tênias**. Entre as mais conhecidas estão a *Taenia solium* e a *Taenia saginata*.

O corpo das tênias é longo e achatado, podendo alcançar mais de 10 m de comprimento. Ele é dividido em escólex, colo e estróbilo, formado por um conjunto de órgãos reprodutivos chamados **proglótides**.

O **escólex** apresenta ventosas e/ou um círculo de ganchos, que auxiliam a tênia a se fixar no intestino do hospedeiro. O **colo** é responsável pela formação das proglótides, que, em conjunto, formam o **estróbilo**. Cada **proglótide** apresenta órgãos reprodutores masculinos e femininos, responsáveis pela produção dos ovos, fecundação, armazenamento dos embriões em um útero e liberação deles por meio de um poro uterino.

Vale destacar, ainda, que o trato digestório está ausente, e a parede do corpo é especializada em absorver os nutrientes do hospedeiro.

Reprodução dos cestódeos

As tênia se reproduzem sexualmente por autofecundação ou fecundação cruzada. Na autofecundação, uma proglótide fecunda outra do mesmo indivíduo; no segundo caso, a fecundação ocorre entre proglótides de indivíduos diferentes.

O porco é o hospedeiro intermediário da *Taenia solium*; já o da *Taenia saginata* é o boi. Entretanto, em ambos os casos, o ser humano é o hospedeiro definitivo. Essa doença é chamada de **teníase**, cujos sintomas mais comuns são: perda ou aumento excessivo do apetite, náuseas, vômitos, insônia, irritação e diarreia.

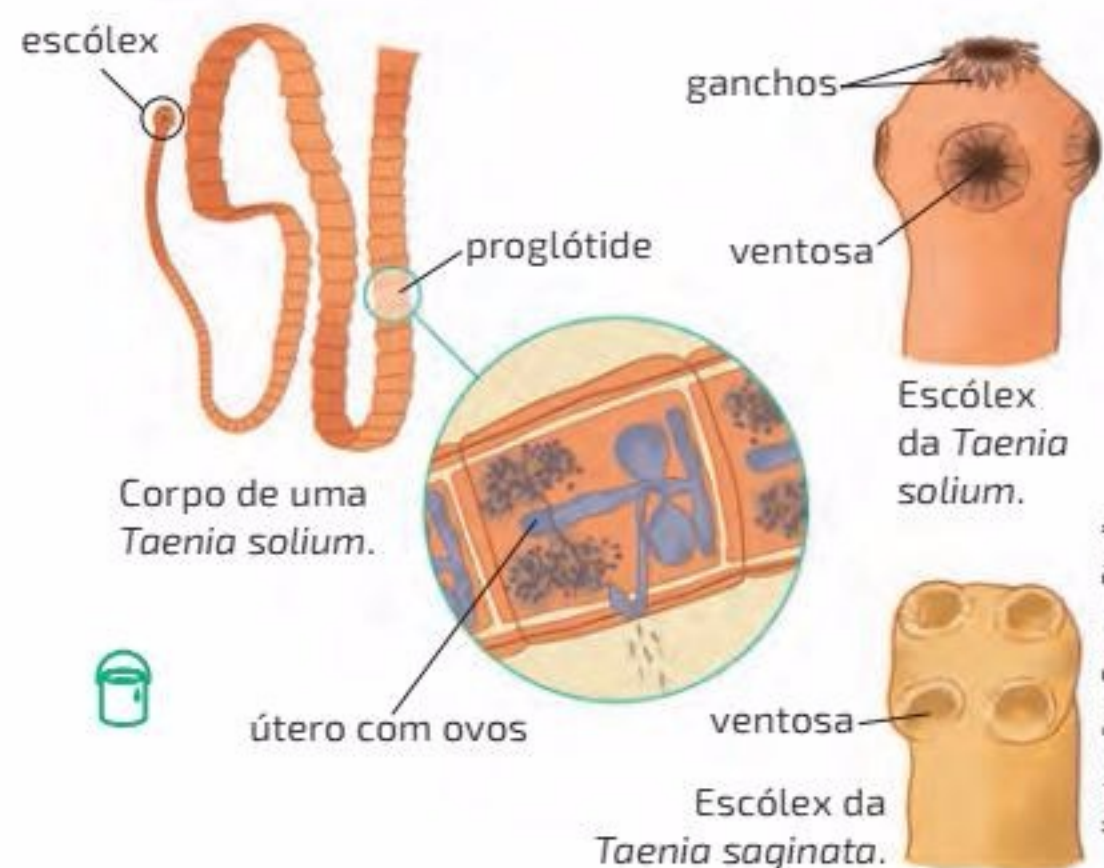


Ilustração produzida com base em: HICKMAN, C. L.; ROBERTS, L. S.; LARSON, A. Princípios integrados de zoologia. Tradução Antonio Carlos Marques et al. 11. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2009. p. 176, 178.

Ilustrações: Somma Studio

Unidade 3

Ciclo de vida da *Taenia solium*

- 1 O porco, ao se alimentar sobre o solo contaminado, ingere os ovos da tênia.
- 2 O embrião da tênia é liberado no intestino do porco e migra para o sistema muscular do animal, transformando-se em uma larva chamada **cisticerco**.
- 3 Ao se alimentar de carne suína crua ou malcozida, o ser humano pode ingerir cisticercos vivos.
- 4 No corpo do ser humano, os cisticercos amadurecem e reproduzem-se, gerando proglótides maduras.
- 5 As proglótides desprendem-se do corpo da tênia e são liberadas pelas fezes humanas para o ambiente.
- 6 As proglótides grávidas liberam os ovos maduros no solo, contaminando as pastagens, a água e todo o ambiente ao seu redor.

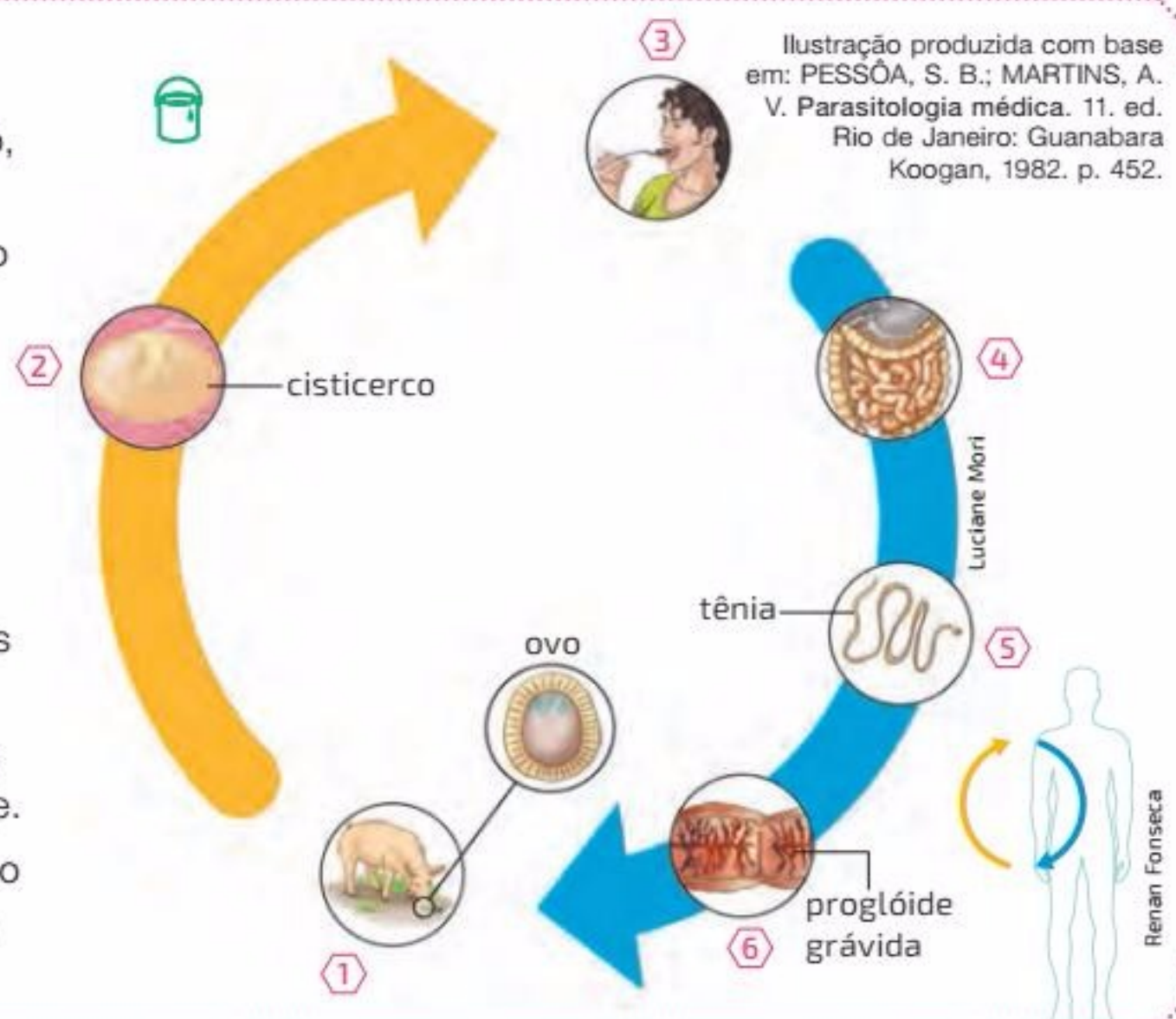


Ilustração produzida com base em: PESSÔA, S. B.; MARTINS, A. V. Parasitologia médica. 11. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1982. p. 452.

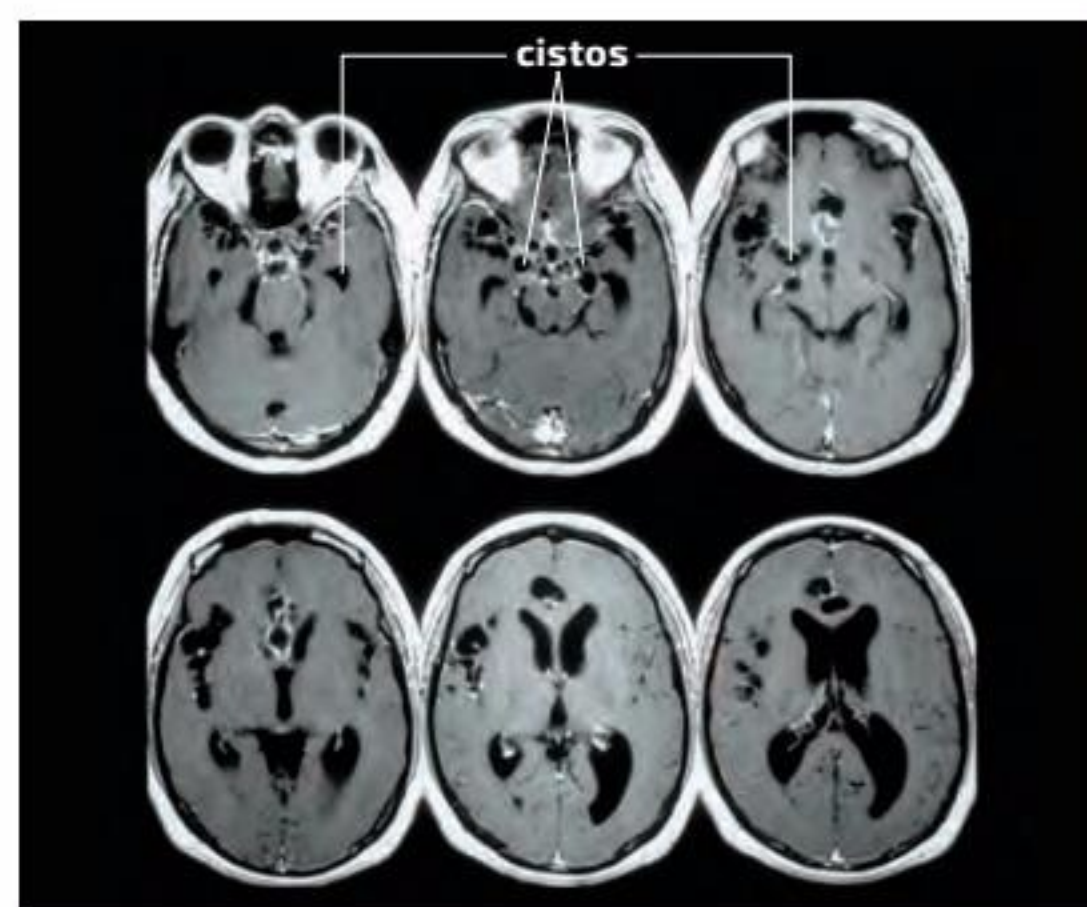


Renan Fonseca

O ciclo de vida da tênia, mostrado acima, apresenta o ser humano como hospedeiro definitivo. No entanto, quando o ser humano ingere água ou alimentos contaminados com os ovos da tênia, as larvas se alojam em seus tecidos. Nessas situações, o ser humano atua como hospedeiro intermediário.

Quando a pessoa é a hospedeira intermediária da tênia, dizemos que ela está com **cisticercose**. Em casos mais graves, o cisticerco pode se alojar nos olhos, no coração ou no encéfalo. Se o cisticerco for para o encéfalo, a pessoa pode ter sintomas como dores de cabeça, vômitos e alterações psíquicas. Nesse caso, a pessoa se encontra com **neurocisticercose**.

Essas imagens, capturadas via ressonância magnética, mostram vários cistos no cérebro humano causados pela cisticercose.



Living Art Enterprises, LLC/Science Source/Latins tock

Nematódeos



Caenorhabditis elegans (aumento aproximado de 1300 vezes). Apesar de a maioria dos nematódeos ser microscópica, algumas espécies parasitas podem alcançar até 1 m de comprimento.

Ser vivo adulto

Lombriga (*Ascaris lumbricoides*): os machos podem atingir de 15 cm a 25 cm e as fêmeas, de 35 cm a 40 cm de comprimento.

Os nematódeos são vermes cilíndricos que formam o filo dos nemátodos, com aproximadamente 25 mil espécies. A maioria é de vida livre e pode ser encontrada no solo úmido, no fundo dos mares, nos rios e, até mesmo, em poças de água parada. Alguns são parasitas e habitam tecidos vegetais (como raízes e folhas) ou, até mesmo, o intestino de uma grande variedade de animais.

Considerados animais de simetria bilateral, triblásticos e pseudocelomados, os nematódeos apresentam corpo com formato cilíndrico e alongado, sem segmentações, coberto por uma **cutícula**, que proporciona proteção contra atritos e substâncias produzidas pelo hospedeiro. À medida que o animal cresce, ele perde a cutícula antiga e secreta uma nova. A resistência dessa cutícula, associada à pressão

hidrostática realizada pelos líquidos internos dos nematódeos, e a ação de alguns músculos internos geram a movimentação do animal, criando um **esqueleto hidrostático**.

Diferentemente dos poríferos, cnidários e platelmintos, o sistema digestório dos nematódeos é completo (formado por uma boca, uma faringe, um intestino, um reto e um ânus). Não existe sistema respiratório ou circulatório, ou seja, as trocas gasosas ocorrem por difusão de gases através do revestimento do corpo. Já o sistema nervoso é formado por um anel de tecido nervoso e gânglios, que dão origem a cordões nervosos que se estendem pelo corpo. Quanto à excreção, esta é realizada por meio de protonefrídeos.

A seguir, estudaremos alguns nematódeos parasitas que causam doenças nos seres humanos: a ascaridíase, a ancilostomose, a oxiurose ou enterobiose e a filariose.

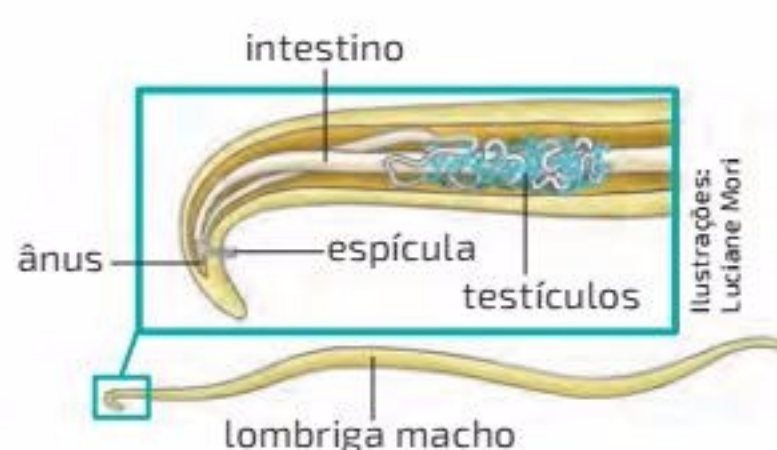
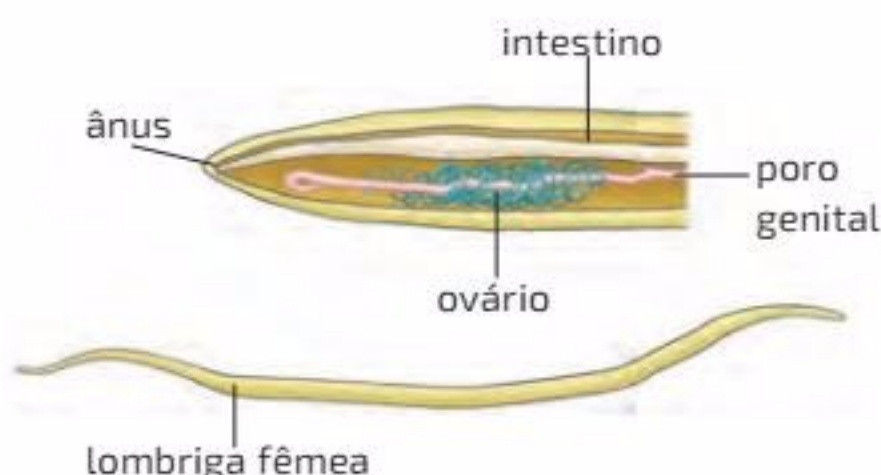
Ascaridíase

A ascaridíase, popularmente chamada de lombriga, é uma doença causada pelo nematódeo *Ascaris lumbricoides*. Esse nematódeo é um dos parasitas mais comuns do intestino dos seres humanos, podendo alcançar até 50 cm de comprimento.

As lombrigas, assim como a maioria dos animais que faz parte desse filo, apresentam sexo separado, ou seja, são **dioicas**, sendo o macho menor do que a fêmea. A região posterior do corpo dos machos possui estruturas chamadas de espículas, que, no momento da cópula, são inseridas no orifício genital da fêmea, auxiliando a entrada dos espermatozoides até o ovário (fecundação interna). A fêmea é mais retilínea, com o poro genital localizado no terço final do corpo. Ela pode colocar até 200 mil ovos por dia, os quais são espalhados pelo ambiente por meio das fezes do hospedeiro.



Estrutura do corpo da lombriga



Ascaris lumbricoides.

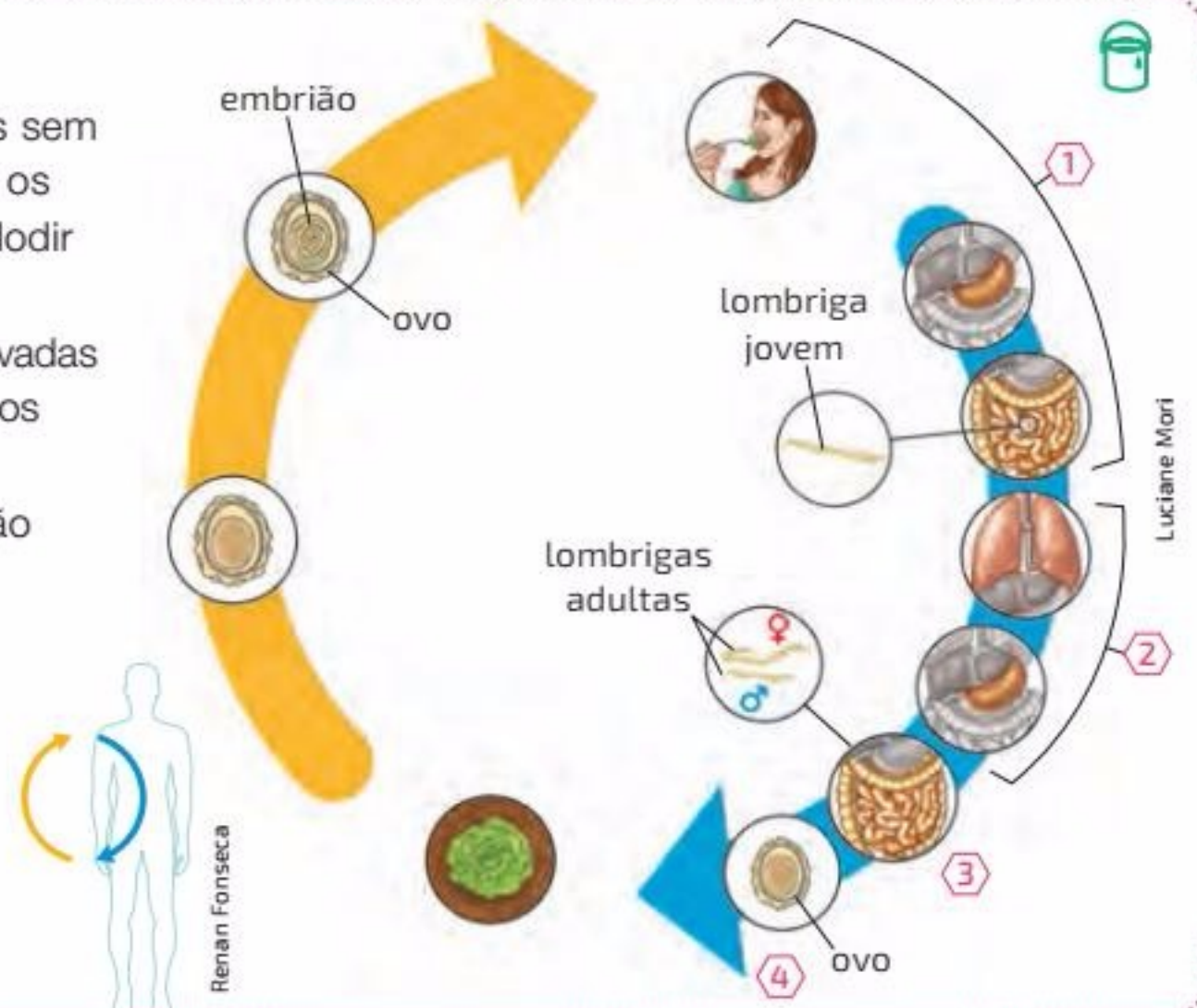


Ilustrações produzidas com base em: REY, L. Parasitologia: parasitos e doenças parasitárias do homem nos trópicos ocidentais. 4. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2008. p. 615, 617.

Para se alimentar, as lombrigas se fixam na parede do intestino do hospedeiro e sugam seus fluidos intestinais, eliminando os restos pelo ânus. A seguir, veja como se desenvolve a ascaridíase por meio do ciclo de vida da lombriga.

Ciclo de vida do *Ascaris lumbricoides*

- 1 Ao ingerir alimentos contaminados crus ou manipulá-los sem lavar as mãos e levar as mãos à boca, a pessoa ingere os ovos de lombriga contendo o embrião, os quais irão eclodir no intestino humano, liberando as jovens lombrigas.
- 2 Essas lombrigas atravessam a parede do intestino e são levadas pela corrente sanguínea até os pulmões. Lá, elas rompem os alvéolos pulmonares e se direcionam para a traqueia.
- 3 Da traqueia, as lombrigas passam para o esôfago e são engolidas. Em seguida, passam pelo estômago e alojam-se no intestino, onde se alimentam e se desenvolvem em indivíduos adultos. Ao final de cerca de dois meses, elas começam a colocar seus ovos.
- 4 Após a cópula entre macho e fêmea, os milhares de ovos fecundados são eliminados do corpo do hospedeiro com suas fezes, contaminando o solo e a água e reiniciando o ciclo.



Os sintomas causados pela ascaridíase podem ser: inflamação nos pulmões e brônquios; desnutrição, em razão de as lombrigas se alimentarem do conteúdo intestinal; reações alérgicas causadas por substâncias liberadas pela lombriga, tais como coceiras na pele e dores abdominais; aumento do volume abdominal, em razão da retenção de líquidos; náuseas; e, dependendo da quantidade de lombrigas, obstrução intestinal com perda de sua função.

Ilustração produzida com base em: PESSOA, S. B.; MARTINS, A. V. *Parasitologia médica*. 11. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1982. p. 575. REY, L. *Parasitologia: parasitos e doenças parasitárias do homem nos trópicos ocidentais*. 4. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2008. p. 586, 589.

Ancilostomose

A ancilostomose é uma doença que pode ser causada por dois nematódeos diferentes, parasitas do intestino dos seres humanos: o *Necator americanus* e o *Ancylostoma duodenale*. Apesar de apresentar algumas diferenças, esses nematódeos têm um ciclo de vida semelhante.

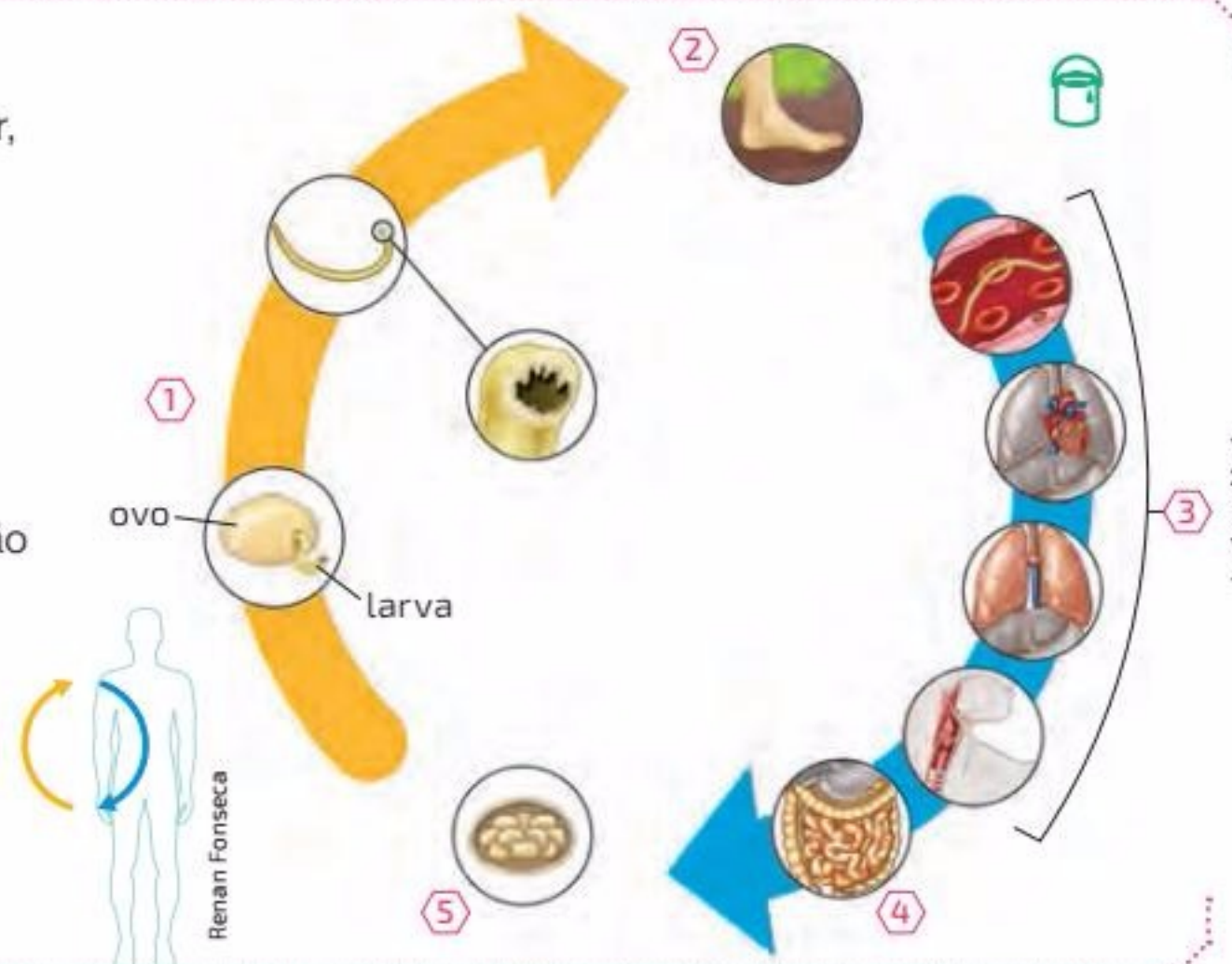
Diferentemente da lombriga, o *Ancylostoma duodenale* fixa sua boca com dentes em forma de gancho no intestino do hospedeiro, alimentando-se de seu sangue. Esses dentes são especializados em cortar a parede do órgão e, como o ancilóstomo muda frequentemente de lugar, ele deixa feridas abertas por todo o órgão. Dessa maneira, o hospedeiro perde sangue constantemente, tornando-se anêmico e pálido. Por isso, a ancilostomose também é conhecida como **amarelão**.

Abaixo, veja como ocorre o ciclo de vida do ancilóstomo.

Ilustração produzida com base em: REY, L. *Parasitologia: parasitos e doenças parasitárias do homem nos trópicos ocidentais*. 4. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2008. p. 615-616. CDC (Centers for Disease Control and Prevention). *Parasites: Hookworm*. Disponível em: <www.cdc.gov/parasites/hookworm/biology.html>. Acesso em: 20 maio 2016.

Ciclo de vida do *Ancylostoma duodenale*

- 1 Ao encontrar situações propícias para se desenvolver, as larvas surgem dos ovos e permanecem sobre o solo.
- 2 As larvas penetram a pele humana, principalmente pelos pés.
- 3 No organismo humano, elas seguem pela circulação sanguínea para vários locais do corpo (como o coração e os pulmões) e atingem o esôfago, onde são deglutidas.
- 4 Ao chegar no intestino, as larvas se reproduzem, formando ovos.
- 5 Os ovos do ancilóstomo são liberados para o meio exterior com as fezes, contaminando o solo e reiniciando o ciclo.



Os sintomas da ancilostomose são: coceira na região da pele onde as larvas penetraram, tosse, febre, náuseas, vômitos, diarreia, cansaço, perda de peso, entre outros. Além disso, a ancilostomose pode causar anemia grave, além de aumento no volume do coração, podendo levar o hospedeiro à morte.

Filariose

A filariose linfática é uma doença causada por alguns nematódeos. O mais conhecido deles é o *Wuchereria bancrofti*. Esse verme tem um ciclo de vida com dois hospedeiros: o intermediário (um mosquito vetor de transmissão da espécie *Culex quinquefasciatus*, presente em vários locais do mundo, incluindo o Brasil), e o definitivo, que pode ser o ser humano.



Wuchereria bancrofti
(aumento aproximado de 4500 vezes).



Lat Refuge, Ltd./Phototake/Glow Images

Ser vivo adulto

Mosquito (*Culex quinquefasciatus*): pode atingir de 3,9 mm a 4,2 mm de comprimento.

Mosquito da espécie *Culex quinquefasciatus*.



CDC/SPL/Latinstock



John Greim/SPL/Latinstock

Perna de uma pessoa com elefantíase.

A filária, como é conhecido popularmente o *W. bancrofti*, é um nematódeo parasita que habita as glândulas e os vasos linfáticos do hospedeiro definitivo. Ao se instalar no sistema linfático, a filária pode obstruir seus vasos, provocando o extravasamento da linfa para diversos tecidos, ocasionando seu aumento. Além disso, ocorrem diversas alterações na derme e na epiderme, que passam a ter aspecto grosseiro e são comparadas à pele de um elefante. Por isso, o nome popular da filariose linfática é elefantíase.

Ao se alimentar do sangue do hospedeiro humano, o mosquito infectado libera larvas, da filária, as quais entram na corrente sanguínea.

No corpo humano, as larvas se alojam nos vasos linfáticos, desenvolvem-se em animais adultos, reproduzem-se e liberam novas larvas, que irão migrar para a corrente sanguínea.

Ao se alimentar do sangue do hospedeiro contaminado, o mosquito ingere as larvas, que se desenvolvem em seus tecidos. Ao picar outra pessoa, as larvas infectantes penetram na sua pele, reiniciando o ciclo.

Oxiurose

A oxiurose ou enterobiose é causada pelo *Enterobius vermiculares*, nematódeo parasita do intestino grosso e ceco de seres humanos e outros vertebrados. A infecção ocorre após a ingestão de ovos que podem estar presentes em um ambiente, vindos das fezes de outro hospedeiro. Essa ingestão é facilitada pela falta de alguns cuidados básicos de higiene, como lavar as mãos antes de se alimentar. As larvas que eclodem dos ovos ingeridos no intestino do novo hospedeiro se desenvolvem em novos indivíduos. Durante a noite, as fêmeas, que medem aproximadamente 12 mm de comprimento, migram para a região anal e depositam seus ovos, resultando uma coceira intensa nessa região. Ao coçá-la, o doente contamina as mãos e as roupas de cama com os ovos. Estes, por sua vez, podem ser novamente engolidos caso entrem em contato com a boca, reiniciando, assim, o ciclo.

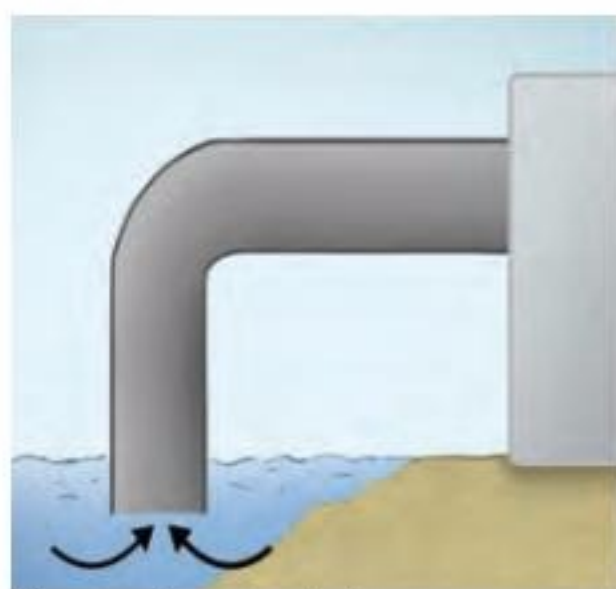
A oxiurose é bastante comum em crianças, e o sintoma mais frequentemente é a irritabilidade e a intensa coceira na região anal.



O saneamento básico, os hábitos de higiene e as parasitoses

De acordo com a Lei nº 11.445/2007, o saneamento básico é o conjunto de serviços, infraestrutura e instalações operacionais de abastecimento de água, esgotamentos sanitários, limpeza urbana, manejo de resíduos sólidos e águas pluviais. Esses serviços devem ser realizados de maneira que garantam a saúde pública e a proteção do ambiente.

Serviços de saneamento básico



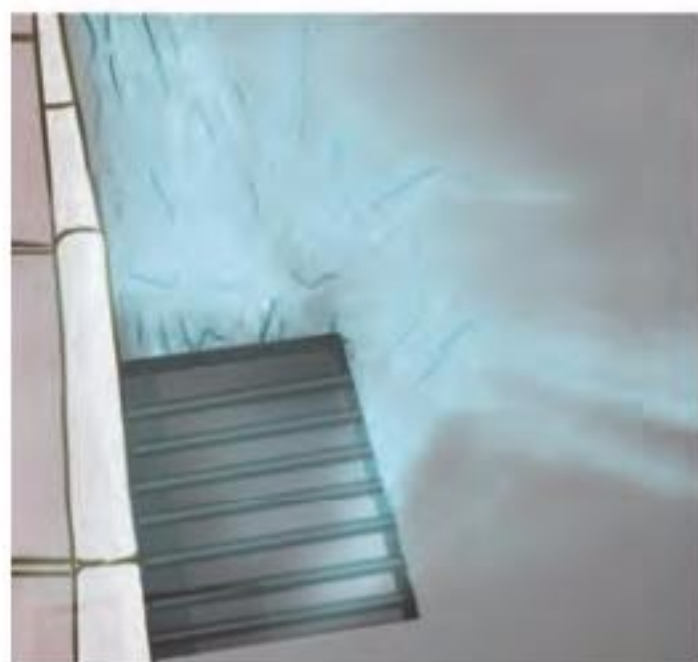
Abastecimento de água.



Esgotamento sanitário.



Limpeza urbana.



Águas pluviais.



Manejo de resíduos sólidos.



No Brasil, segundo dados do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS 2013), 82% da população tem acesso ao abastecimento de água tratada; no entanto, ainda há milhares de brasileiros sem acesso à água potável. A cobertura dos serviços de coleta de resíduos sólidos aumentou de 2010 para 2014, passando de 88,98% para 90,68%. No entanto, em 2014 houve um aumento da quantidade de resíduos que não foram encaminhados para aterros sanitários, sendo destinados inadequadamente.

Em relação à coleta e ao tratamento de esgoto, menos de 50% da população brasileira tem acesso a esses serviços, e 3,5 milhões de brasileiros, distribuídos nas 100 maiores cidades do país, ainda despejam esgoto irregularmente, mesmo com a existência de redes coletoras de esgoto.

Entre as parasitoses humanas, isto é, doenças causadas por seres vivos que parasitam o corpo humano, as mais frequentes são as causadas por protozoários (amebíase e giardíase) e as causadas por vermes (como a estrongiloidíase, tricuriase, enterobiose, teníase, ascaridíase, esquistossomose, ancilostomose, entre outras).

A prevenção contra essas doenças está diretamente relacionada à presença do saneamento básico, associado aos hábitos de higiene, tais como: lavar as mãos após usar o banheiro e antes das refeições; lavar os alimentos antes de ingeri-los; evitar andar descalço; cortar e manter limpas as unhas; beber água filtrada ou fervida; lavar os utensílios domésticos com água potável.

Veja as respostas destas questões nas Orientações para o professor.

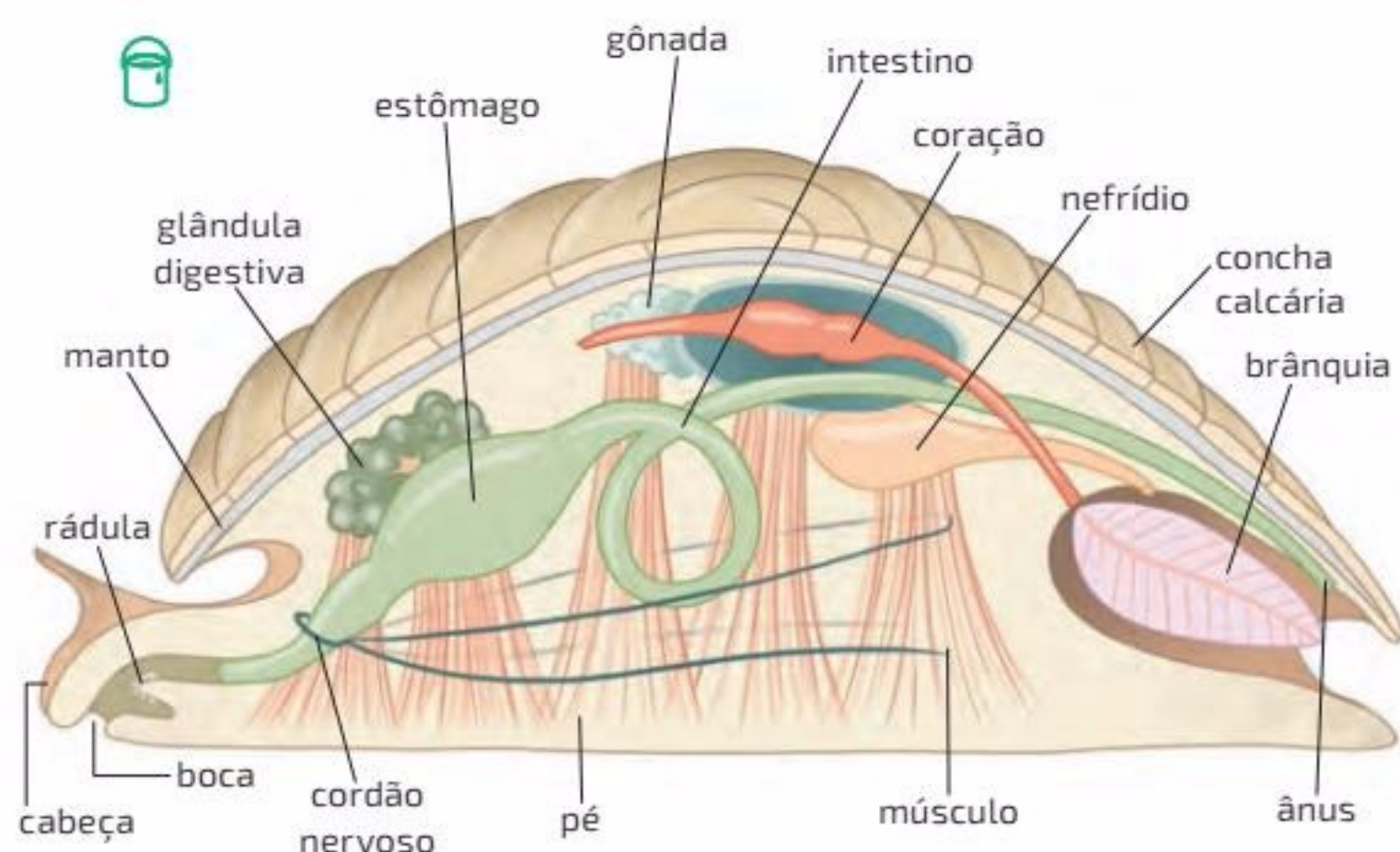
1. A região onde você mora recebe os serviços que envolvem o saneamento básico?
2. Faça uma pesquisa e descubra os causadores da estrongiloidíase e da tricuriase, seus sintomas, ciclo de vida e prevenção.

Moluscos

Os moluscos são invertebrados que compõem um dos maiores filos do reino animal, com mais de 150 mil espécies no mundo. Como exemplo de animais desse grupo, podemos citar: ostras, mexilhões, caracóis, lesmas, polvos e lulas. A maioria deles é marinha, embora existam espécies de água doce e terrestres.

Apesar de ser um filo com grande diversidade, esses animais apresentam características básicas em comum, como um corpo mole dividido em cabeça, manto e pé, com ou sem uma concha calcária. Para facilitar o estudo da estrutura dos moluscos, podemos descrever um padrão corpóreo básico como modelo para o filo. Observe-o a seguir.

Estrutura geral do corpo de um molusco

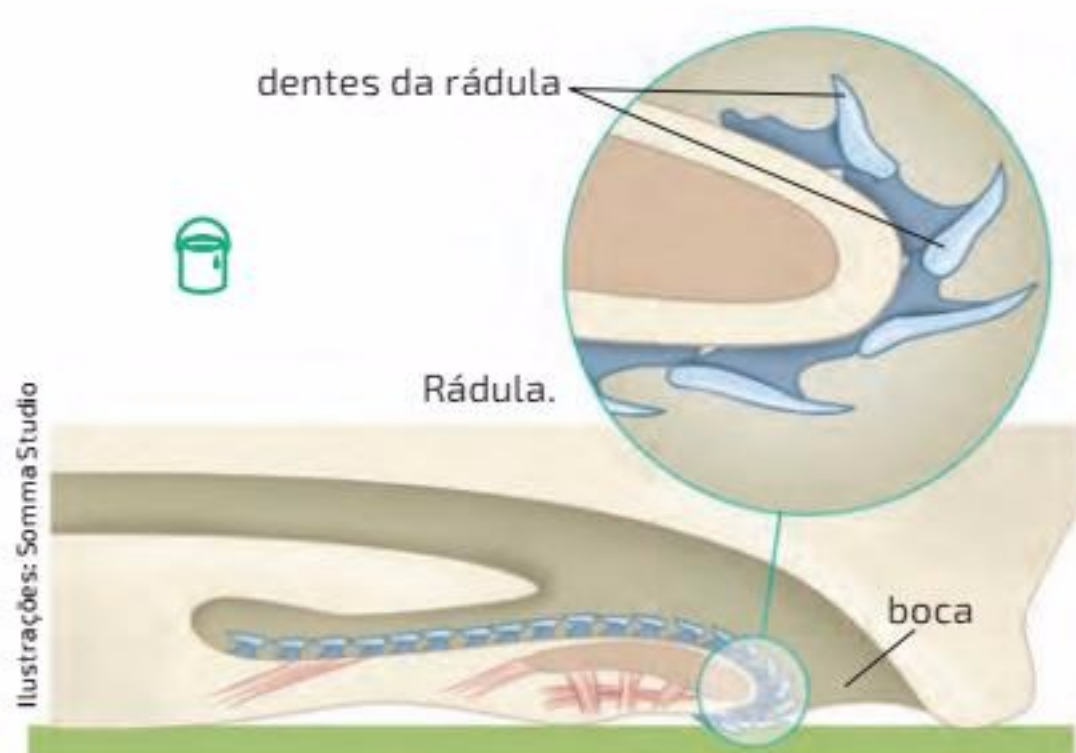


Ilustrações produzidas com base em: HICKMAN, C. L.; ROBERTS, L. S.; LARSON, A. Princípios integrados de zoologia. Tradução Antonio Carlos Marques et al. 11. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2009. p. 309.

A **cabeça** dos moluscos abriga gânglios nervosos, a boca com uma rádula e alguns órgãos do sentido, desde células fotossensíveis até olhos bem desenvolvidos. Além disso, os tentáculos também podem estar presentes.

O **pé** é uma estrutura muscular larga que se localiza na região ventral. Sua função pode variar dependendo da espécie, mas geralmente é responsável pela locomoção do animal. Alguns moluscos, como as lesmas e caracóis, possuem pé com cílios e grande quantidade de glândulas mucosas, as quais liberam muco para auxiliar o animal a rastejar sobre o substrato. Em outras espécies, o pé auxilia o molusco a cavar, a nadar, ou a se fixar em algum substrato, além de auxiliá-lo na captura de alimento.

Já o **manto** corresponde à parede do corpo, recobrindo e protegendo a massa visceral, região onde estão localizados alguns órgãos. Ele possui dobras na lateral do corpo que formam a **cavidade do manto**. Essa cavidade é importante nos moluscos, pois, além de abrigar as estruturas respiratórias (brânquias ou pulmões), recebe os produtos do ânus e dos metanefrídeos. O manto auxilia, ainda, na formação das conchas e de muco em alguns moluscos. A **concha calcária** é externa e protege as partes moles do animal.



Os moluscos possuem um sistema digestório completo, formado por boca, faringe, estômago, intestinos e ânus. Uma característica exclusiva dos moluscos, presente na grande maioria das espécies, é a presença na boca da **rádula**, uma estrutura muscular com pequenos dentes, responsável por raspar o substrato e auxiliar a alimentação.

Alguns moluscos se alimentam de matéria orgânica em suspensão na água, outros são pastadores, alguns são herbívoros e outros carnívoros, ingerindo grande quantidade de material orgânico.

Nos moluscos aquáticos, a respiração é realizada por meio de brânquias. Já em espécies terrestres, como os caracóis, ela ocorre por meio de pulmões*. Em algumas espécies, no entanto, a respiração ocorre por meio da epiderme do manto.

*Se necessário, diga aos alunos que esses pulmões não têm relação com os pulmões dos vertebrados. Na verdade trata-se da cavidade do manto muito vascularizada.

O sistema circulatório da maioria dos moluscos é constituído por um coração que recebe sangue rico em gás oxigênio vindo das brânquias e o distribui por meio de vasos sanguíneos a diversas regiões do corpo do animal. Esses vasos se abrem em determinadas regiões do corpo, despejando o sangue sobre alguns órgãos. Esse sistema é classificado como **circulatório aberto**, pois o sangue não permanece no interior de vasos sanguíneos durante todo o seu percurso. Já em lulas e polvos, por exemplo, há o sistema **circulatório fechado**, pois o sangue sai e retorna ao coração no interior de vasos sanguíneos que se interligam.

A excreção da maioria dos moluscos ocorre por meio de **metanefrídeos**. Ao contrário dos protonefrídeos, esses órgãos filtradores são tubos abertos em sua extremidade interna, mantendo um contato direto com o celoma do animal.

Nos metanefrídeos, antes de as excretas serem eliminadas, o sangue é previamente filtrado, ao sair do vaso sanguíneo, por células chamadas **podócitos**, que formam um tipo de filtro. Após essa pré-filtração, o líquido contendo água e excretas segue para o metanefrídeo, onde a filtração é finalizada.

Nos moluscos, o sistema nervoso é constituído por gânglios na região da cabeça. Esses gânglios estão conectados a nervos sensoriais presentes nos olhos, nos tentáculos e na região do pé e do manto. Além disso, há uma tendência de cefalização nos moluscos (principalmente em lulas e polvos), pois eles apresentam uma grande massa cefálica formada pelos gânglios nervosos e órgãos do sentido bem desenvolvidos, como os grandes olhos das lulas.

Reprodução dos moluscos

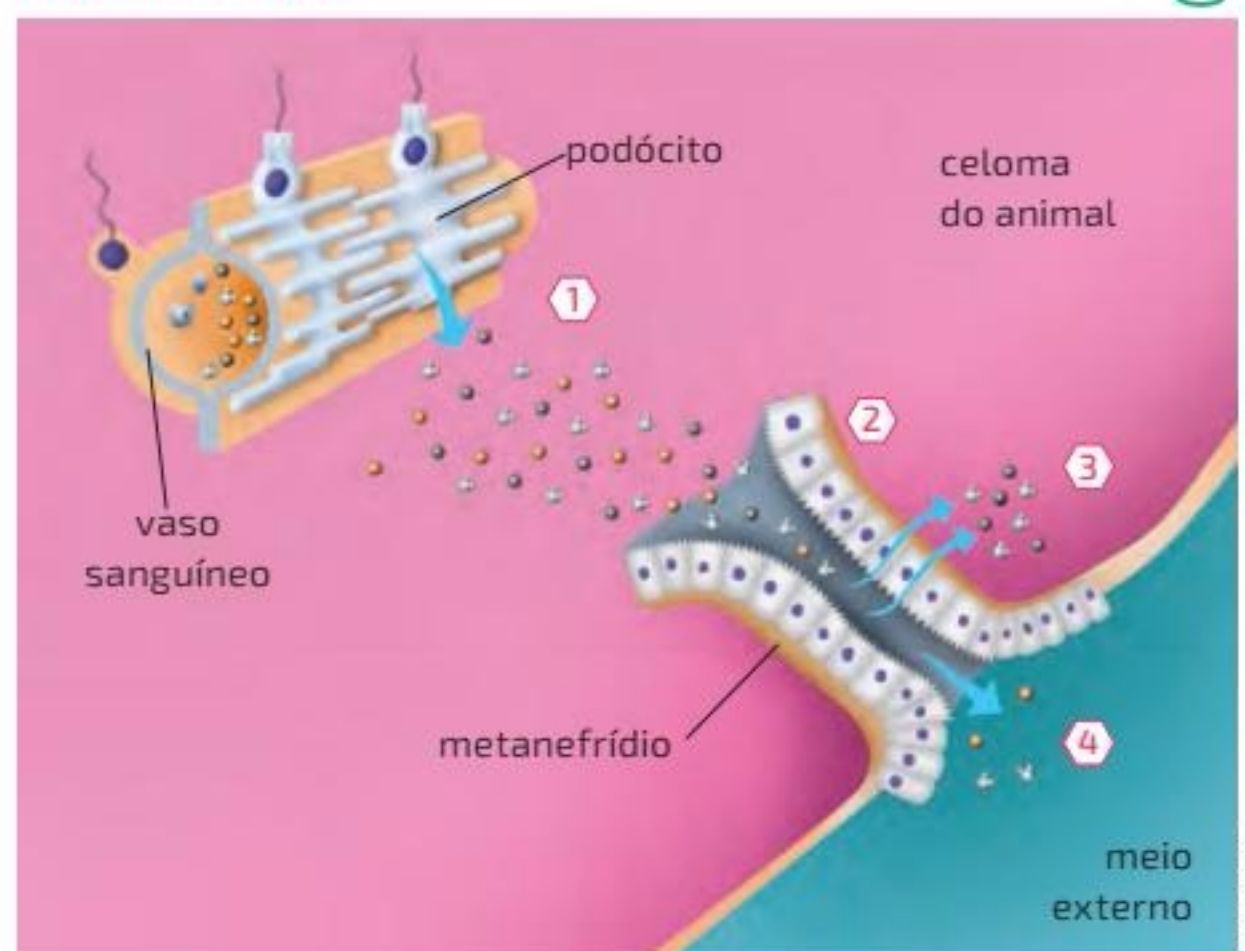
É importante destacar que há uma grande variação na reprodução dos moluscos. A maioria deles apresenta sexos separados, mas algumas espécies são hermafroditas. Dessa forma, em algumas espécies, ocorre a cópula e, por isso, a fecundação é interna; em outras, os gametas são liberados na água e a fecundação é externa. Algumas delas apresentam fase larval; em outras, o desenvolvimento é direto.

As lulas e os polvos apresentam sexos separados com fecundação geralmente externa, ocorrendo na cavidade do manto ou no mar. Após a cópula, os gametas masculinos são transferidos indiretamente. Nesses animais, um ou mais de seus tentáculos podem ser utilizados para transportar os gametas masculinos até o organismo feminino.

A grande diversidade dos moluscos permite que eles sejam classificados em diferentes classes. A partir de agora, estudaremos as características gerais de grandes classes dos moluscos: os gastrópodes, os bivalves e os cefalópodes.

Ilustração produzida com base em: RUPPERT, E. E.; FOX, R. S.; BARNES, R. D. Zoologia dos invertebrados: uma abordagem funcional-evolutiva. 7. ed. São Paulo: Roca, 2005. p. 244.

Metanefrídeo



Após sair dos vasos sanguíneos e passar pelos podócitos, o pré-filtrado ① atravessa o celoma e entra no metanefrídeo ②. Ao atravessar seu canal, parte da água é reabsorvida ③, e as excretas são eliminadas ④.



Ser vivo adulto

Caracol (*Helix pomatia*): pode atingir até 5 cm de comprimento.

Lula (*Sepioteuthis lessoniana*): pode atingir mais de 30 cm de comprimento.

Caracóis da espécie *Helix pomatia* se acasalando.



Um macho de *Sepioteuthis lessoniana* cortejando uma fêmea. Essas lulas habitam os recifes de coral na região tropical do Indo-Pacífico.

Gastrópodes

Os caramujos normalmente são marinhos e têm conchas maiores e mais pesadas. Já os caracóis são terrestres e de água doce e, geralmente, sua concha é mais leve e frágil.

Os gastrópodes formam a classe mais diversificada de moluscos, com mais de 40 mil espécies. Entre seus representantes mais conhecidos, estão os caracóis terrestres, os caramujos aquáticos e as lesmas. Os gastrópodes apresentam na cabeça dois pares de tentáculos e podem possuir uma concha única (composta de carbonato de cálcio), com exceção das lesmas, que não têm essa estrutura.

O tipo de alimentação é variado entre os gastrópodes. Assim, eles podem ser: herbívoros, carnívoros, detritívoros, onívoros e também parasitas de outros animais. A maioria dos gastrópodes respira por meio de brânquias, com exceção dos caracóis terrestres, os quais têm pulmão.



Caracol da espécie *Helix pomatia*.



Caramujo da espécie *Fasciolaria tulipa*.



Lesma-do-mar da espécie *Chromodoris africana*.

Ser vivo adulto

Caramujo (*Fasciolaria tulipa*): pode atingir até 13 cm de comprimento.

Lesma-do-mar (*Chromodoris africana*): pode atingir até 8 cm de comprimento.

Mexilhão (*Mytilus edulis*): pode atingir de 3 cm a 5 cm de comprimento.

Bivalves

Os bivalves são moluscos dotados de duas conchas, também chamadas de valvas. Os mexilhões, as vieiras, as ostras, entre outros, são exemplos desses animais.

As duas valvas dos bivalves são mantidas unidas por um ligamento chamado **charneira**, e elas se mantêm fechadas por um músculo adutor. O **umbo** é a parte mais velha da concha, e seu crescimento ocorre de maneira circular.

A parte interna da concha é chamada de **camada nacarada**, a qual fica em contato com o manto e é constantemente secretada por ele. O **nácar**, substância que forma a camada nacarada, é depositado sob a forma de lâminas. Assim, quando um grão de areia, ou outro corpo estranho, aloja-se entre a concha e o manto, este secreta camadas de nácar ao redor dele, formando a **pérola**.

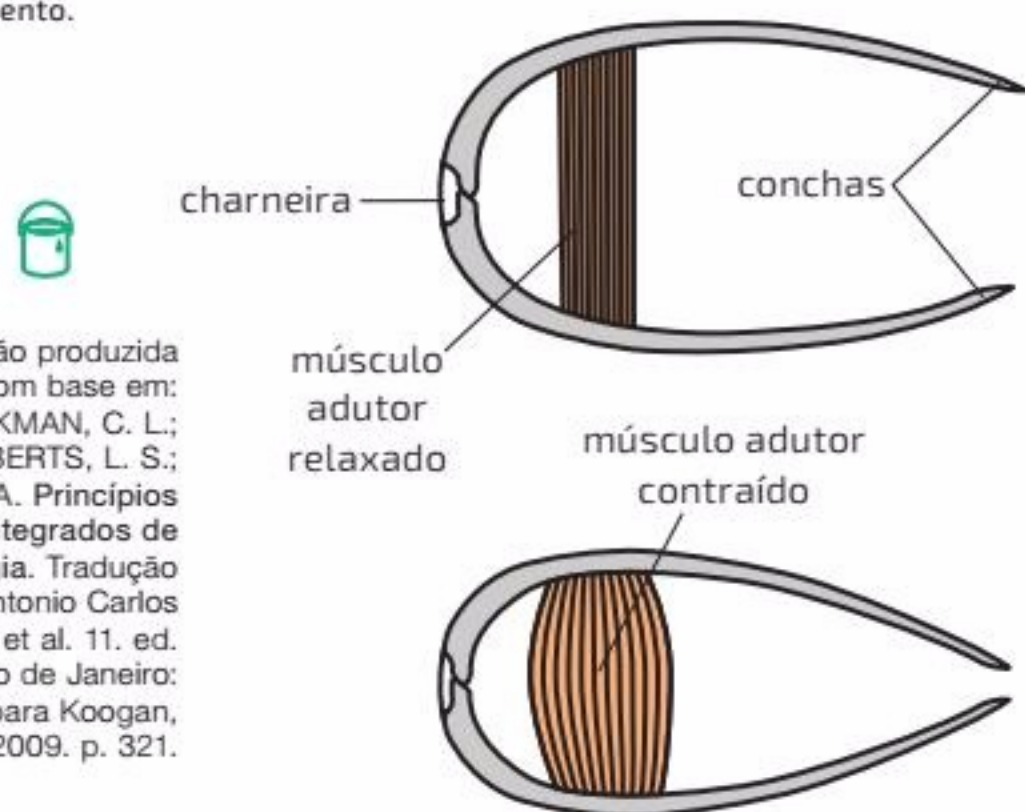


Ilustração produzida com base em: HICKMAN, C. L.; ROBERTS, L. S.; LARSON, A. Princípios integrados de zoologia. Tradução Antonio Carlos Marques et al. 11. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2009. p. 321.

Guilherme Casagrandi



Conchas de um mexilhão.



Pérola formada no interior de uma concha de bivalve.

Os bivalves apresentam um sifão inalante e um sifão exalante, utilizados para a entrada e a saída de água das brânquias. A maioria deles é sedentária e se alimenta por filtração realizada pelas brânquias. Diferentemente dos gastrópodes, os bivalves não têm cabeça diferenciada nem rádula.

Filtração em bivalves

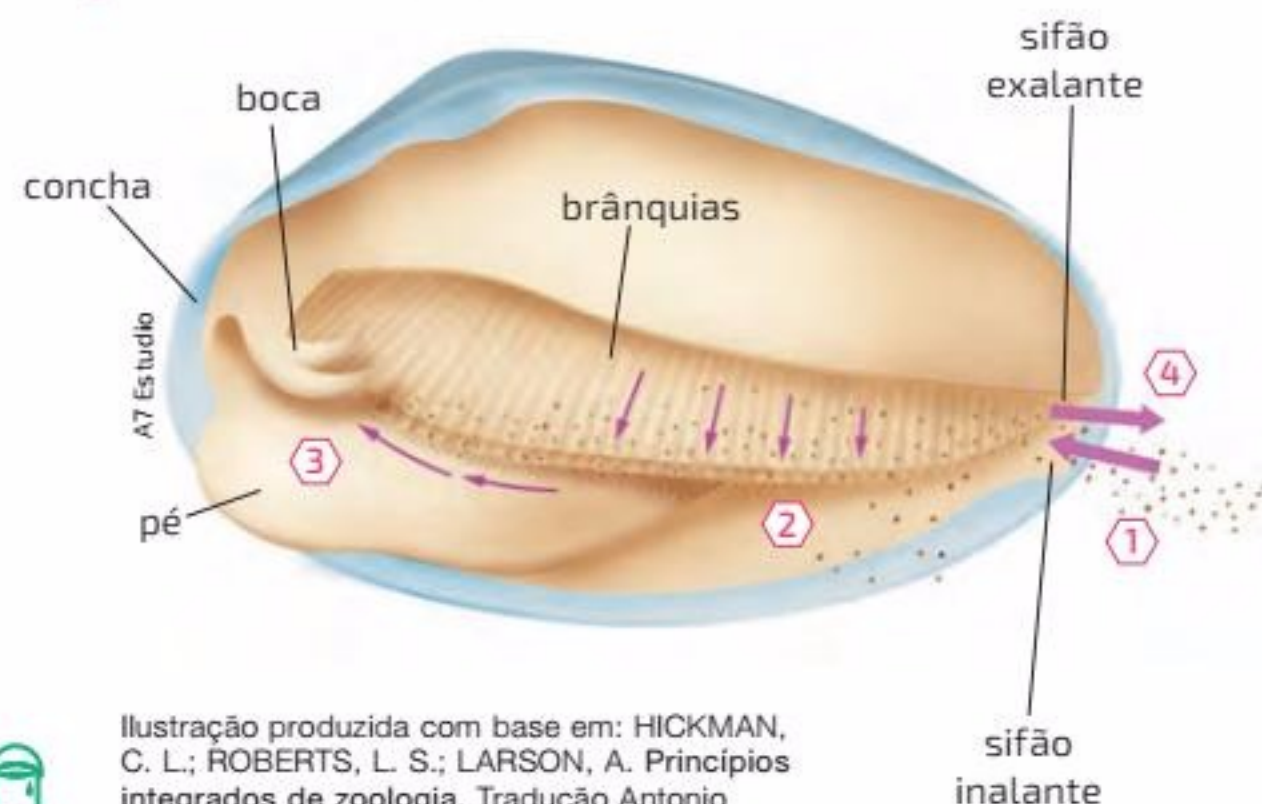


Ilustração produzida com base em: HICKMAN, C. L.; ROBERTS, L. S.; LARSON, A. *Princípios integrados de zoologia*. Tradução Antonio Carlos Marques et al. 11. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2009. p. 324.

A água com partículas de alimento entra pelo sifão inalante (1), passa pelas brânquias (2), que filtram os alimentos, e levam-nos até a boca (3) pelo movimento de cílios presentes nela. Partículas de areia e outros materiais são eliminados com a água pelo sifão exalante (4).

Algumas comunidades vivem exclusivamente da coleta de bivalves. Como exemplo, podemos citar as mulheres marisqueiras. Para conhecer essa comunidade melhor, acesse o link a seguir, escute a entrevista de uma dessas mulheres e converse com seus colegas sobre a função que elas desempenham em suas comunidades.

• <http://tub.im/z2ihyv>
Acesso em: 26 fev. 2016.

Cefalópodes

Os cefalópodes são formados pelas lulas, polvos, sibas e náutilos. Todos eles são marinhos e carnívoros e apresentam tentáculos saindo da região da cabeça.

Esses tentáculos desempenham diversas funções, como agarrar a presa e levá-la à boca, além de auxiliar na locomoção e na defesa. Alguns tentáculos são modificados, durante a reprodução, para realizar o transporte de gametas masculinos até o organismo feminino.

Os cefalópodes têm olhos desenvolvidos e capazes de formar imagens. Isso os auxilia na localização de presas. Além disso, são encontradas nos cefalópodes outras estruturas responsáveis pelo sentido tátil e pela percepção de substâncias químicas.



Lula da espécie *Loligo forbesii*.



Polvo do gênero *Octopus*.



Siba da espécie *Sepia apama*.



Náutilo da espécie *Nautilus pompilius*.

Ser vivo adulto

Lula (*Loligo forbesii*): pode atingir até 60 cm de comprimento.

Náutilo (*Nautilus pompilius*): pode atingir até 20 cm de comprimento.

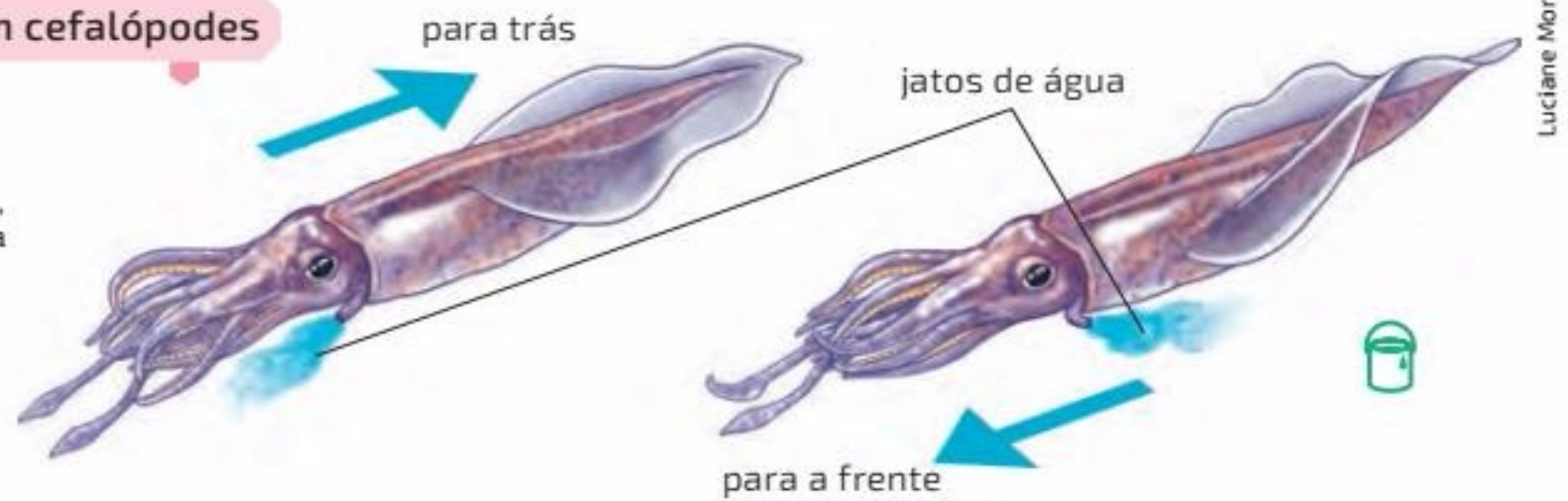
Polvo (*Octopus* sp.): pode atingir de 3 cm a 9,6 m de diâmetro.

Siba (*Sepia apama*): pode atingir até 1 m de comprimento.

A locomoção dos cefalópodes acontece pela expulsão de jatos de água feita por meio de um **sifão** ou funil. Esse sistema, conhecido como **jatopropulsão**, permite aos cefalópodes se movimentarem velozmente para fugir de predadores.

Locomoção em cefalópodes

Ilustração produzida com base em: STORER, T. I. et al. Zoologia geral. 6. ed. São Paulo: Companhia Editora Nacional, 2000. p. 437.



Os cefalópodes podem se utilizar de sinais visuais para estabelecer a comunicação. Entre eles, podemos citar a alteração da cor do corpo, realizada por órgãos chamados **cromatóforos**. Esses órgãos são compostos de células produtoras de pigmentos, os quais se dispersam pelo corpo do animal pela contração de vários músculos pequenos.

Os pigmentos podem ter coloração vermelha, alaranjada, marrom, preta, amarelada ou azulada. Além desses, há outros cefalópodes de águas profundas que podem se comunicar produzindo luzes por meio de órgãos bioluminescentes.

Outro mecanismo típico de defesa dos cefalópodes, com exceção dos náutilos, está relacionado à presença de uma **glândula de tinta**. Ao se sentir ameaçado, o molusco libera uma substância à base de melanina, que se espalha no ambiente e confunde o agressor, permitindo, assim, a fuga do molusco.

Ser vivo adulto

Lula (*Euprymna* sp.): pode atingir até 3,5 cm de comprimento.

Comunicação em cefalópodes



Lula com órgãos bioluminescentes do gênero *Euprymna*.



Biologia e Cultura

Sambaquis

Encontrados nas regiões litorâneas do Brasil, principalmente entre os estados do Espírito Santo e do Rio Grande do Sul, os sambaquis são agrupamentos de conchas, esqueletos, restos de pontas de flechas e machados, que formam montes com, aproximadamente, 20 a 30 metros de altura.

Os sambaquieiros, povos que habitaram o Brasil entre 7 000 e 1 000 anos atrás, são os responsáveis pela construção dos sambaquis. Segundo estudos arqueológicos, esses povos viviam próximos ao litoral e, por isso, suas principais atividades econômicas eram a pesca, a coleta de moluscos e a caça de animais de pequeno porte. Com o tempo, os restos das conchas de moluscos foram se acumulando, formando montes, nos quais os sambaquieiros enterravam os mortos. Além disso, diversas evidências mostram que a vida cultural dos sambaquieiros era realizada ao redor dos sambaquis.

Após o descobrimento do Brasil, muitos deles foram destruídos, pois suas conchas eram moídas e utilizadas para a construção de edificações. Atualmente, os sambaquis são protegidos por lei e fiscalizados pelo Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional (IPHAN).



Sambaqui em Laguna, no estado de Santa Catarina, em 2014.



Veja as respostas das questões desta seção nas **Orientações para o professor**.

1. Em seu caderno, defina os seguintes termos: hospedeiro definitivo, hospedeiro intermediário e parasitose.
2. Qual é a diferença entre teníase e cisticercose?
3. Geralmente, as doenças parasitárias causadas por vermes são mais comuns nos países em desenvolvimento e em regiões onde a população tem baixo poder econômico. Qual é a relação entre esses fatos?
4. Nos bivalves, as brânquias são responsáveis por outra função além das trocas gasosas. Explique.
5. Leia a tirinha e o texto a seguir. Em seguida, responda às questões.



BECK, Alexandre.
Armandinho zero.
Florianópolis, A. C. Beck,
2013. p. 7.

Ser vivo adulto

Caracol-africano
(*Achatina fulica*): pode
atingir de 5 cm a 10
cm de comprimento.

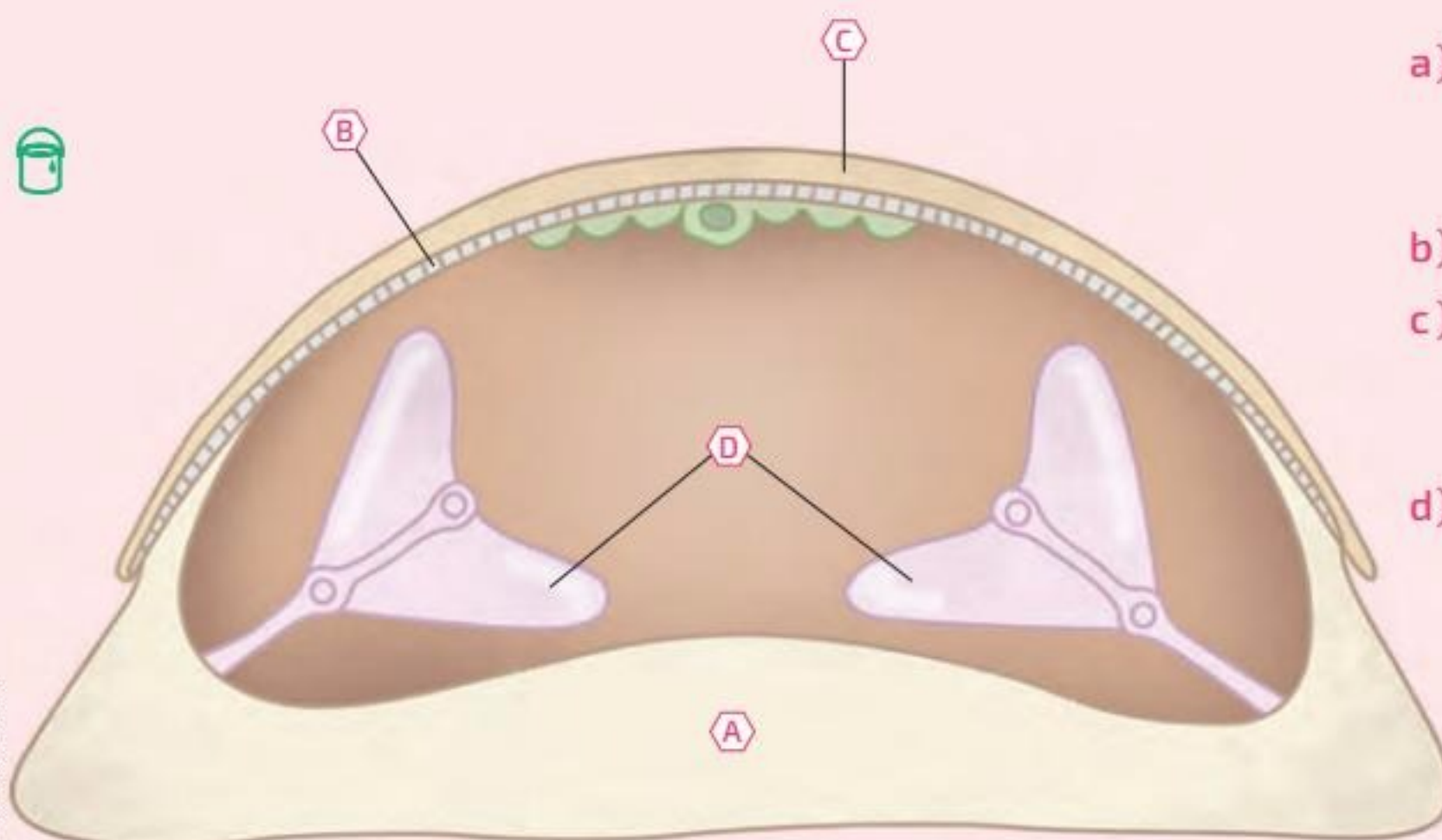
Na tirinha, é comentado sobre o caracol-africano *Achatina fulica*, também conhecido como caramujo-africano, uma espécie de molusco africano introduzido no Brasil na década de 1980. O caracol-africano foi trazido ao país com o objetivo de se tornar uma opção barata para um prato francês, o *escargot*. Como essa opção fracassou, seus produtores passaram a jogar esses moluscos em rios, terrenos baldios e junto com os resíduos sólidos. Por ter ampla variedade alimentar, alta taxa de reprodução e adaptação ao frio e à seca, esse molusco se tornou uma praga em plantações e compete com espécies nativas, reduzindo suas populações. Além disso, esse caracol é hospedeiro de vermes que parasitam o ser humano e podem causar parasitoses como a angiostrongilíase abdominal e a angiostrongilíase meningocefálica.



Caracol da espécie *Achatina fulica*.

- a) Quais são as principais características da classe a qual os moluscos como o caracol-africano pertencem?
 - b) A presença do caracol-africano pode ser considerada uma ação danosa do ser humano sobre o ambiente? Por quê?
 - c) Faça uma pesquisa sobre as verminoses citadas no texto e escreva, em seu caderno: a que filo pertencem os vermes que as causam; como são transmitidas; quais são os principais sintomas e as medidas necessárias para preveni-las.
 - d) De maneira geral, como são caracterizados os vermes? Quais filós estudados neste capítulo os representam?
6. Copie as frases abaixo no caderno, corrigindo as incorretas.
 - a) As tênias são trematódeos de vida livre, que apresentam boca com ventosa chamada escólex.
 - b) Na esquistossomose, o *Schistosoma mansoni* é um cestódeo, e os miracídios transformam-se em adultos e começam a se reproduzir sexuadamente, formando ovos, os quais serão liberados com as fezes do hospedeiro e, assim, reiniciam o ciclo.
 - c) A oxiurose tem como vetor um mosquito.

7. Observe a ilustração de um molusco generalizado e, em seu caderno, responda às questões.



- Relacione cada letra às seguintes estruturas: concha; pé; brânquias; manto.
- Qual é a importância da estrutura B?
- Todos os moluscos têm a estrutura C? Cite dois exemplos que confirmem sua resposta.
- As estruturas representadas pela letra D estão presentes em todos os moluscos?

Ilustração produzida com base em: RUPPERT, E. E.; FOX, R. S.; BARNES, R. D. Zoologia dos invertebrados: uma abordagem funcional-evolutiva. 7. ed. São Paulo: Roca, 2005. p. 325.

- Explique quais são as principais diferenças entre os sistemas excretores dos platelmintos e dos nematódeos em relação ao dos moluscos.
- (UEM-PR) Sobre as doenças parasitárias no homem, responda o que for correto.
 - O *Schistosoma mansoni* causa a esquistossomose, e a entrada do parasita em sua fase larval, no organismo humano, se dá pela pele ou pelas mucosas.
 - A cisticercose ocorre quando os ovos eliminados por um indivíduo infestado pela *Taenia solium* passam para ele próprio ou para outras pessoas, por meio das mãos sujas, água ou frutas e verduras contaminadas.
 - Na ascaridíase ou ascariíase, o homem passa a ter o verme adulto no intestino, após ingerir a larva existente em carne malcozida.
 - A ancilostomose, ancilostomíase, amarelão ou opilação pode ser causada pelo *Ancylostoma duodenale* e pelo *Necator americanus*.
 - A filariose ou elefantíase é causada pelo verme *Wuchereria bancrofti*, cujas larvas são transmitidas pela ingestão de larvas de inseto encontradas em verduras mal lavadas.
- (UFGD-MS) Uma campanha de prevenção de doenças parasitárias realizada na cidade de Dourados alertou a população sobre a necessidade de controlar os mosquitos vetores, sobre os cuidados com a higiene no preparo dos alimentos, com a higiene pessoal, além de saneamento básico para controle efetivo de doenças. As medidas sublinhadas seriam, respectivamente, eficazes na prevenção de:
 - leishmaniose, ascaridíase e amarelão.
 - malária, esquistossomose e teníase.
 - giardíase, toxoplasmose e amebíase.
 - toxoplasmose, leishmaniose e amarelão.
 - ascaridíase, giardíase e esquistossomose.

Refletindo sobre o capítulo

Veja as respostas das questões desta seção nas Orientações para o professor.

- Quais são as semelhanças na prevenção das parasitoses cujos ciclos de vida dos parasitas estão apresentados nas páginas 152, 153 e 155?
- Quais as principais diferenças entre o primeiro molusco (fotografia à esquerda) que aparece na página 160 e os outros?
- Para que sejam classificados em uma mesma classe, que semelhanças os quatro moluscos que aparecem no final da página 161 apresentam?



Límulo ou caranguejo-ferradura (*Limulus polyphemus*) em praia na Flórida.

capítulo

9

Anelídeos, artrópodes e equinodermos

Ser vivo adulto

Caranguejo-ferradura: pode atingir até 60 cm de comprimento.

Se você já tomou alguma vacina ou um medicamento injetável, por exemplo, você certamente tem uma “dívida” com o animal apresentado na fotografia acima. Isso porque a qualidade e a segurança desses medicamentos estão intimamente relacionadas com o uso do sangue azul* do límulo pela indústria farmacêutica. Essas indústrias realizam testes de análise de contaminação bacteriana em produtos injetáveis, utilizando o extrato sanguíneo desses animais como substância.

Na membrana externa de algumas bactérias, é encontrado um polissacarídeo conhecido como **endotoxina**. Em pequenas concentrações** no organismo do ser humano, essa substância desencadeia respostas inflamatórias e febre. Já em concentração elevada, as endotoxinas podem causar queda da pressão arterial e problemas de coagulação, resultando, em alguns casos, na falência múltipla de órgãos e, conseqüentemente, em morte.

No sangue do límulo ou caranguejo-ferradura (*Limulus polyphemus*), há células capazes de detectar quantidades mínimas de endotoxinas no organismo. Na presença dessas substâncias, o sangue do animal coagula, formando uma massa gelatinosa ao redor do agente invasor, o que permite sua detecção e impede sua disseminação pelo organismo. Assim, o uso de extratos sanguíneos de *L. polyphemus* é um método rápido e sensível de detecção de contaminação bacteriana em certos medicamentos.

*Informe aos alunos que a coloração azul do sangue desses animais está relacionada à presença de cobre no pigmento respiratório (hemocianina).

**A injeção intravenosa de apenas 1 ng (0,1 mg) de endotoxina em um humano adulto produz resposta pirogênica (febre) mensurável.

A) Esse mecanismo auxilia o animal a combater, de modo eficiente, os organismos invasores de sua corrente sanguínea.

- A) Qual é a importância do processo descrito no terceiro parágrafo?
- B) O límulo é um anelídeo, artrópode ou equinodermo? Justifique.
O límulo é uma espécie de caranguejo, por isso é um artrópode.
- C) Como o conhecimento sobre a biologia do límulo contribui para a tecnologia apresentada acima? Esse conhecimento permitiu que os pesquisadores isolassem substâncias no sangue do animal, as quais contribuíram para o desenvolvimento da tecnologia apresentada.

■ Anelídeos



*Nestes animais, os fluidos corporais transmitem mudanças de pressão, geradas por contração muscular, de modo rápido, uniforme e em todas as direções.

Parapódio: estrutura presente em cada lado do segmento de certos anelídeos. Ele atua na respiração, na alimentação ou na locomoção.

Ser vivo adulto

Minhoca: pode atingir de 10 cm a 25 cm de comprimento.

Nereis sp.: pode atingir até 1,8 m de comprimento.

Sanguessuga: pode atingir até 30 cm de comprimento.

Os anelídeos, também conhecidos como vermes segmentados, pertencem ao filo Annelida. Esse grupo compreende cerca de 15 mil espécies encontradas em ambientes marinho, dulcícola e terrestre.

Os integrantes do filo Annelida são animais protostômios, triblásticos, com simetria bilateral, celomados e, ainda, apresentam um corpo dividido em segmentos em forma de anéis. Na maioria dos anelídeos, cada um desses segmentos (também chamado metâmero ou somito) é, geralmente, isolado dos demais e preenchido pelo fluido celomático*. Essa segmentação é conhecida como **metamerização** e possibilita a repetição de certos sistemas nos segmentos corporais.

O corpo dos anelídeos é revestido pela epiderme e por uma cutícula não quitinosa, apresentando, ainda, uma musculatura circular e longitudinal. A maioria das espécies possui cerdas espalhadas pelo corpo, as quais podem desempenhar funções variadas no organismo, como auxiliar na locomoção, ancoragem na escavação, entre outras.

Classificação dos anelídeos

Os anelídeos podem ser agrupados em poliquetas, oligoquetas e hirudíneos. Essa classificação é baseada na presença e na quantidade de cerdas no corpo do animal.

Veja a seguir.

Os **poliquetas** são predominantemente marinhos e apresentam a maior diversidade de espécies entre os anelídeos. Algumas espécies são abissais, ou seja, encontradas em grandes profundidades marinhas. A maioria dos segmentos do corpo desses animais possui **parapódios**, nos quais se observam numerosas cerdas. Além disso, apresentam cabeça (protostômio) dotada de órgãos sensoriais, tais como os olhos e os tentáculos. Esses anelídeos podem ser sedentários ou errantes; cavadores, vivendo no interior de tubos ou galerias no substrato; ou rastejadores. De modo geral, são animais de vida livre, com alguns poucos ectoparasitas.

Os **oligoquetas**, representados principalmente pelas minhocas, são animais encontrados predominantemente em ambientes terrestres e dulcícolas, vivendo no interior de galerias no solo. Algumas espécies são parasitas ou encontradas em ambiente marinho. Esses animais apresentam poucas cerdas no corpo, ausência de parapódios e cabeça indiferenciada. Além disso, possuem clitelo (região do corpo com segmentos espessados que secreta muco), responsável por manter os animais unidos durante a cópula e fornecer material para a produção do casulo (cápsula), no qual os óvulos são depositados para fecundação.

Os **hirudíneos**, representados pelas sanguessugas, são animais encontrados predominantemente em ambientes dulcícolas. Esses animais são desprovidos de cerdas e parapódios. Geralmente apresentam ventosas na região anterior e posterior do corpo, as quais auxiliam na fixação ao substrato e/ou à presa. Os septos internos dos hirudíneos foram perdidos, resultando em um celoma não compartimentalizado e preenchido por tecido conjuntivo e músculos. Eles possuem, ainda, clitelo e podem ser predadores, parasitas ou saprófitos**.



Nereis sp., um exemplo de poliqueto.



Minhoca, um exemplo de oligoqueto.



Sanguessuga, um exemplo de hirudíneo.

**Oligoquetas e hirudíneos são também conhecidos como clitelados (Clitellata), em razão da presença do clitelo.

Fisiologia dos anelídeos

1. A digestão das minhocas permite a formação do húmus, um tipo de adubo orgânico produzido a partir da digestão de matéria orgânica presente no solo.

Os anelídeos apresentam **sistema digestório** completo (com boca e ânus) e hábitos alimentares variados. Algumas espécies, como certos poliquetos e sanguessugas, por exemplo, podem apresentar modificações do trato digestório, como uma probóscide (uma faringe eversível). Esta pode ter dentes e mandíbulas cortantes, que auxiliam na captura e/ou ingestão do alimento. Já os oligoquetos possuem papo, onde o alimento é armazenado, e moela, responsável pela trituração das partículas alimentares.

A **respiração** dos anelídeos é feita principalmente pela superfície corpórea, embora algumas espécies possam respirar por meio de brânquias ou parapódios. O sangue dos anelídeos pode apresentar pigmentos respiratórios variados (como hemoglobina, clorocruorina e hemeritrina), os quais estão dissolvidos no fluido sanguíneo e auxiliam no transporte de gases. **Todos esses pigmentos respiratórios apresentam ferro em sua constituição.*

O **sistema circulatório** dos anelídeos é do tipo fechado, com vasos sanguíneos e arcos aórticos distribuídos ao longo do corpo. O vaso dorsal, por sua vez, bombeia sangue pelo corpo. Em oligoquetas, os arcos aórticos atuam como corações acessórios, mantendo a pressão sanguínea constante. O fluido celomático pode atuar com o sistema circulatório no transporte de substâncias ao longo do corpo. Além disso, ele é responsável pelo transporte de substâncias em alguns hirudíneos que não apresentam sistema circulatório.

A **excreção** dos anelídeos é feita, principalmente, por estruturas chamadas de metanefrídios. O nefrídio dos anelídeos remove excretas tanto do celoma quanto do sangue. Os pares de metanefrídios interligam dois segmentos adjacentes, com um poro (nefróstoma) se abrindo no interior do celoma e outro para a superfície do corpo (nefridiópore). As excretas nitrogenadas podem ser eliminadas na forma de amônia ou ureia, sendo o primeiro tipo mais comum em organismos aquáticos.

De modo geral, o **sistema nervoso** dos anelídeos é formado por uma região central anterior, onde se encontra um gânglio cerebral (cerebroide ou cérebro). Este se liga a nervos, que percorrem todo o comprimento do corpo, e a gânglios segmentares, responsáveis por controlar cada segmento do corpo do animal. O sistema sensorial desse grupo de animais inclui, entre outras estruturas, órgãos táteis, receptores químicos e olhos.

A **movimentação** dos anelídeos é bastante variada, envolvendo ondulações laterais (serpenteantes), movimentos peristálticos (ondas de contração e expansão ao longo do corpo) e movimentos tipo “mede-palmos”.

A movimentação das minhocas no interior do solo envolve a contração e o relaxamento dos músculos da parede do corpo do animal. Nesse sentido, a contração de músculos circulares alonga o corpo da minhoca, empurrando-o para a frente. Já a contração dos músculos longitudinais, encurta o corpo, puxando-o para a frente.

1. Qual é a importância da digestão das minhocas para o solo?

2. As trocas gasosas feitas através da superfície do corpo podem interferir no tipo de hábitat do animal? Justifique.

2. Sim, pois as trocas gasosas através da superfície do corpo exigem que ela seja mantida úmida. Por isso, os animais com esse tipo de respiração são encontrados em ambientes úmidos e protegidos da perda excessiva de água.



Representação de parte dos sistemas do corpo de uma minhoca

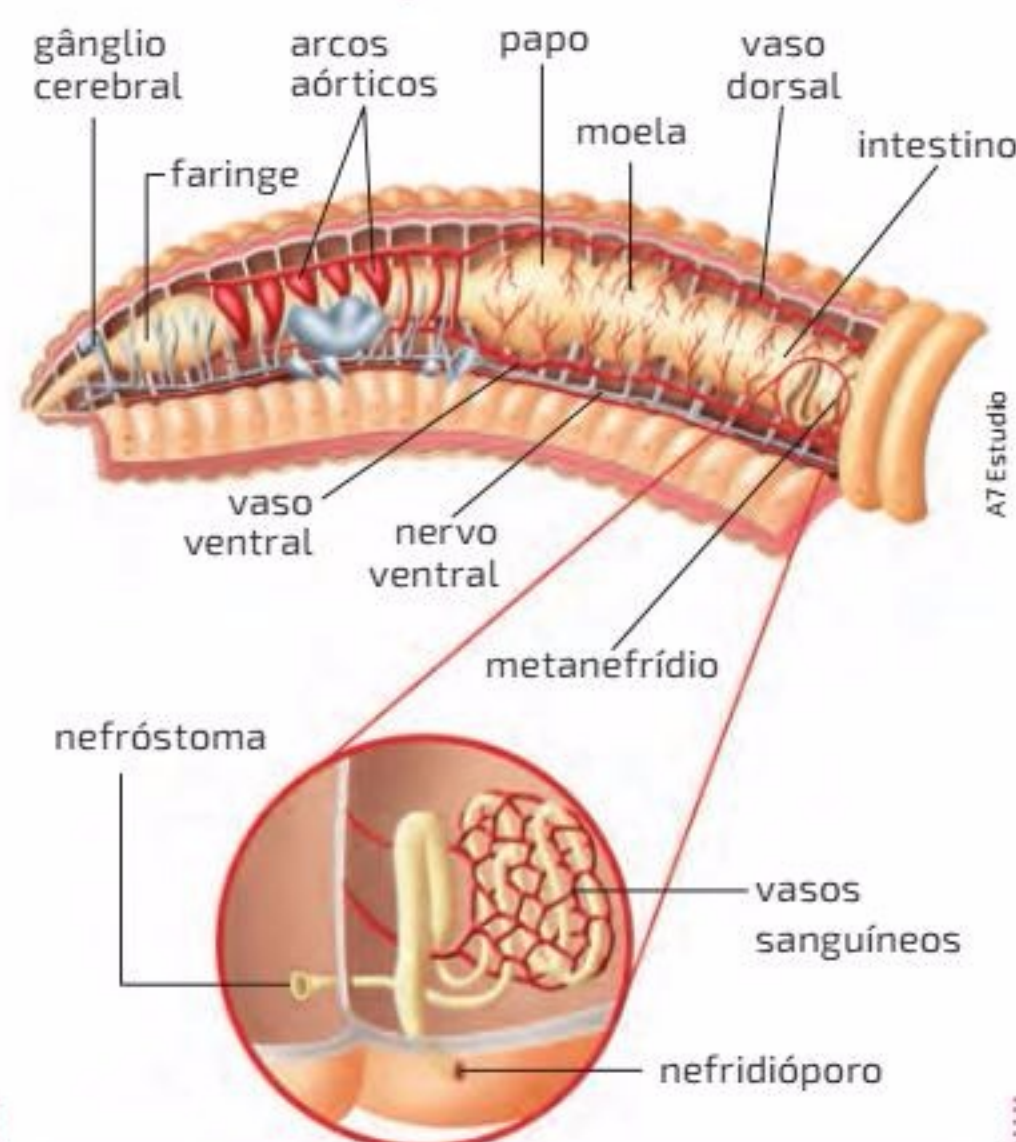


Ilustração produzida com base em: HICKMAN, C. L.; ROBERTS, L. S.; LARSON, A. Princípios integrados de zoologia. Tradução Antonio Carlos Marques et al. 11. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2009. p. 344-345.

Ao contrário das minhocas, as sanguessugas realizam o movimento do tipo “mede-palmos”. Com a ventosa posterior presa ao substrato, a sanguessuga contrai a musculatura circular, estendendo seu corpo para a frente. Assim, quando a ventosa anterior se prende no substrato, a posterior se desprende e a sanguessuga puxa a porção posterior do corpo por meio da contração da musculatura longitudinal.

Sanguessuga da espécie *Haemadipsa picta* realizando o movimento tipo “mede-palmos”.



Paul Bertner/
Visuals Unlimited,
Inc./Glow Images

Ser vivo adulto
Sanguessuga:
pode atingir de
1,3 cm a 3,3 cm
de comprimento.

Reprodução dos anelídeos

A reprodução dos anelídeos é bastante variada. A maioria dos poliquetas apresenta sexos separados, fertilização externa e desenvolvimento indireto, com a ocorrência de uma larva livre natante. É importante destacar que esses animais não têm gônadas, e os gametas são formados pela proliferação das células do peritônio, tecido que envolve os órgãos internos.

Os oligoquetas e os hirudíneos são hermafroditas que apresentam fecundação cruzada e geralmente externa, com desenvolvimento direto. Nesses animais, os gametas são produzidos em gônadas, armazenados em vesículas seminais ou ovissacos e, posteriormente, liberados no ambiente por meio de gonóporos (poros genitais).

Representação da reprodução sexuada de minhoca

Os parceiros envolvidos na cópula alinham seus corpos em direções opostas, mantendo contato entre os receptáculos seminais de um animal, chamados de espermatecas, com o gonóporo do parceiro. Após o alinhamento, ocorre a transferência simultânea de espermatozoides, os quais são armazenados nas espermatecas (I). Em seguida, os animais se separam e inicia-se a formação* de um tubo mucoso ao redor do clitelo. À medida que esse tubo desliza para a região anterior do corpo, ele recebe os óvulos e os espermatozoides armazenados (II). A fecundação ocorre no interior do tubo mucoso, o qual, após se desprender do animal, tem suas extremidades fechadas, formando um casulo (III). O casulo produzido é depositado no solo úmido e dele emergem formas jovens semelhantes ao adulto (IV).



*A formação do tubo mucoso pode ocorrer algumas horas, ou até mesmo meses, após a cópula.

**Pode haver depósito de proteínas e lipídios, entre outras substâncias.

Artrópodes

Os artrópodes (filo Arthropoda) apresentam o maior número de espécies e indivíduos no reino dos animais. Os integrantes desse filo são protostômios, celomados, triblásticos e dotados de simetria bilateral, podendo ser encontrados em todos os ambientes do planeta.

Uma das características mais marcantes dos artrópodes, responsável também pelo seu sucesso evolutivo, é a existência de **exoesqueleto**, estrutura geralmente rígida, secretada pela epiderme e com deposição principalmente de quitina**. Apesar de auxiliar a sustentação e a proteção do animal, o exoesqueleto impõe restrições ao crescimento dele. Assim, para crescer, o animal precisa se desfazer do exoesqueleto antigo e produzir um novo e maior, por meio de **mudas** (ecdises).

Ser vivo adulto

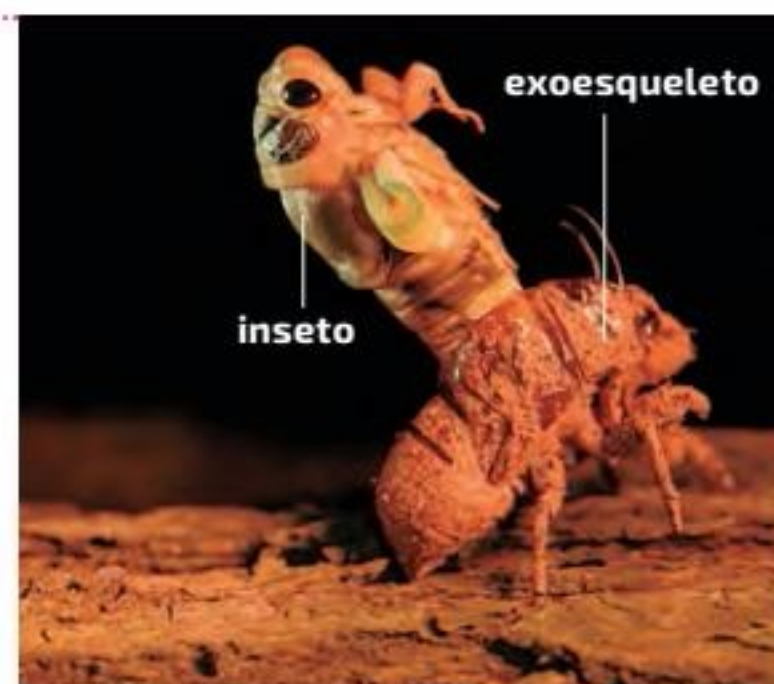
Cigarra: pode atingir até 4 cm de comprimento.

Ao longo do tempo, enquanto um animal não artrópode apresenta um crescimento linear, o artrópode cresce aos "saltos" durante as mudas.

As mudas são controladas por hormônios e ocorrem de forma periódica. Logo após a muda***, o animal apresenta um exoesqueleto mole, que o torna vulnerável a predadores, mas que permite o aumento do seu tamanho corporal. Após o crescimento, o animal inicia o processo de enrijecimento do exoesqueleto, que pode envolver, até mesmo, a deposição de carbonato de cálcio, aumentando ainda mais a resistência e a rigidez da estrutura.

***O estágio entre uma muda e outra é chamado de instar (plural: instares).

Cigarra saindo do exoesqueleto.



O exoesqueleto apresenta uma porção dorsal chamada tergito e uma ventral denominada esternito, entre as quais se observa uma região fina e flexível conhecida como pleura. Esta, presente também em outros locais do corpo do animal, forma a articulação, que lhe garante liberdade de movimentos. Dos segmentos do corpo, surgem extensões formadas por diferentes peças articuladas e músculos próprios, chamados **apêndices articulados**, os quais podem ser ramificados (**birremes**) ou não (**unirremes**), exercendo funções variadas no organismo, como locomoção, alimentação, percepção sensorial, entre outras.

A segmentação do corpo é mantida apenas externamente, pois internamente os septos são perdidos. O celoma, apesar de presente, é reduzido e substituído por uma cavidade principal, a hemocoele, na qual o fluido corpóreo se encontra disperso e em contato direto com os órgãos e tecidos. Os segmentos do corpo formam divisões especializadas, dependendo do grupo de artrópode, chamadas tagmas, como cabeça e tronco; cabeça, tórax e abdome; e cefalotórax e abdome.

Classificação dos artrópodes

Os principais subfilos dos artrópodes atuais são: Crustacea, Hexapoda*, Chelicerata e Myriapoda. Há também um subfilo extinto de artrópodes, o Trilobitomorpha, que inclui os trilobitas.**

Os **crustáceos** (subfilo Crustacea) incluem lagostas, caranguejos, camarões, tatuzinhos-de-jardim, entre outros. Os representantes desse grupo são principalmente

aquáticos, embora existam algumas espécies terrestres. Os crustáceos possuem o corpo dividido em cabeça, tórax e abdome ou cefalotórax e abdome. A cabeça apresenta dois pares de antenas, um par de mandíbulas e dois pares de maxilas. Geralmente, cada um dos segmentos torácicos e abdominais possui um par de apêndices, os quais podem ou não ser ramificados. A cutícula dos crustáceos contém, além da quitina, material calcário e, em muitas espécies, sua porção dorsal pode se estender posteriormente, formando a carapaça.

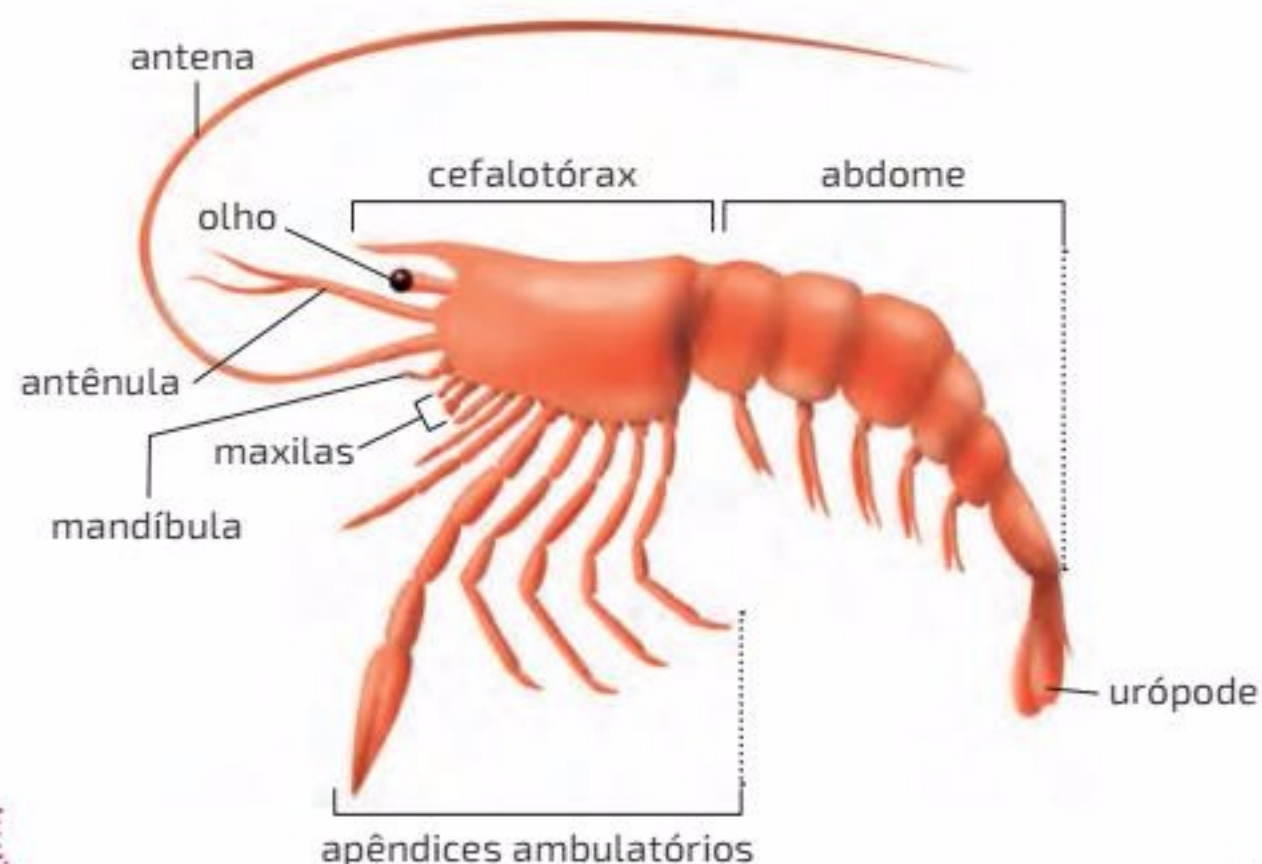
Os **hexápodes** (subfilo Hexapoda), maior grupo de animais do planeta, são representados basicamente pelos insetos (Classe Insecta), que constituem o maior grupo dos artrópodes. O corpo desses animais é dividido em cabeça, tórax e abdome. A cabeça possui, normalmente, um par de olhos compostos, um par de antenas e três ocelos (olhos simples), além de um par de mandíbulas e outro de maxilas (peças bucais). Já o tórax apresenta três pares de pernas (unirremes) e, na maioria dos insetos, dois pares de asas. As laterais do corpo apresentam pequenos orifícios, os espiráculos, que correspondem às aberturas do sistema respiratório. Já na região posterior dos insetos, é observada uma genitália externa. Tanto as pernas quanto as peças bucais e antenas podem ser modificadas dependendo do hábito do inseto. Os hexápodes são encontrados, praticamente, em todos os habitats terrestres e de água doce. De forma geral, eles são organismos de vida livre, embora existam espécies parasitas.

*Alguns autores classificam os artrópodes em três subfilos atuais: Chelicerata, Crustacea e Uniramia. Este último inclui as classes Insecta, Diplopoda e Chilopoda.

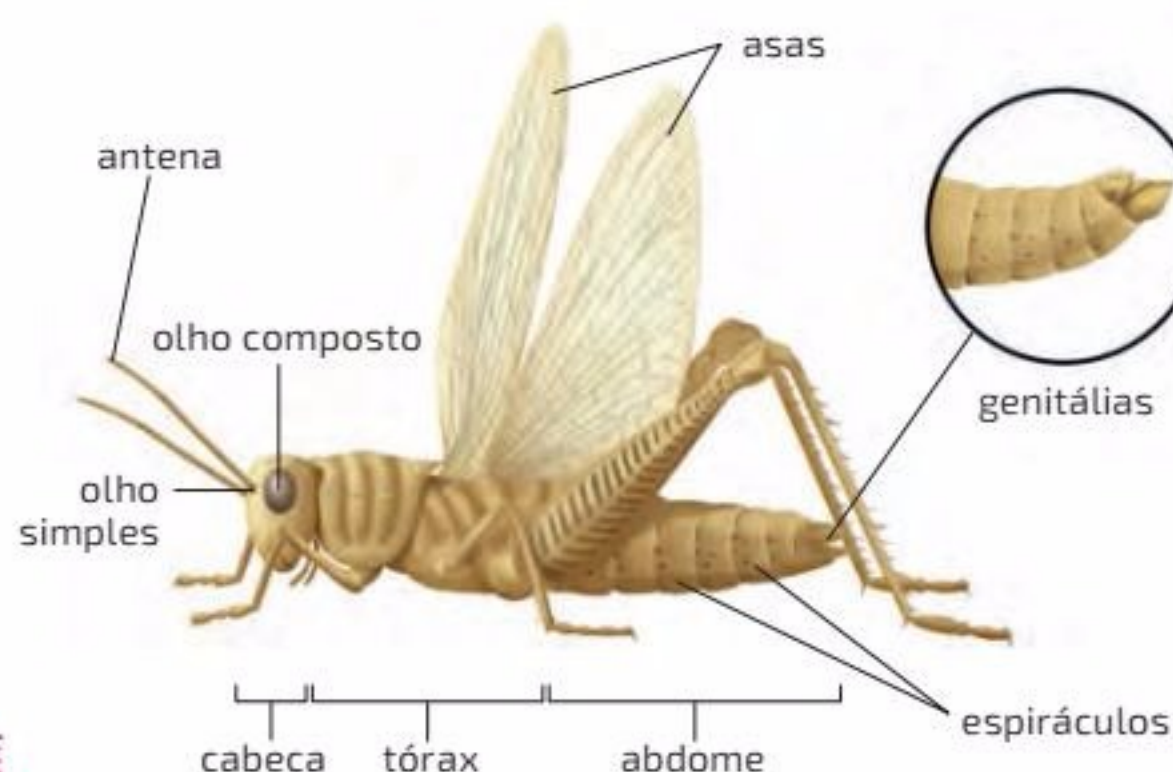
**Veja mais informações sobre Trilobitomorpha nas Orientações para o professor.



Morfologia externa de um camarão



Morfologia externa de um gafanhoto



Ilustrações: A7 Studio

Ilustrações produzidas com base em: HICKMAN, C. L.; ROBERTS, L. S.; LARSON, A. *Princípios integrados de zoologia*. Tradução Antonio Carlos Marques et al. 11. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2009. p. 369, 392.

*Veja mais informações sobre as classes Pycnogonida (aranhas-do-mar) e Merostomata (límulo) nas Orientações para o professor.



Os **quelicerados** (subfilo Chelicerata) incluem animais como límulos, aranhas, escorpiões, carrapatos, ácaros, aranhas-do-mar, entre outros. Geralmente, o corpo dos animais desse grupo é formado por cefalotórax e abdome. Há quatro pares de pernas, além dos pedipalpos de das quelíceras. Destes, o primeiro par é modificado em quelíceras, apêndices modificados para a alimentação, e o segundo em apêndices articulados chamados de pedipalpos, seguidos por quatro pares de pernas. A cabeça é desprovida de mandíbulas e antenas, e a maioria possui quatro olhos simples.

Os quelicerados são formados por três classes principais. Veja a seguir três ordens que fazem parte dessa classe. No entanto, neste capítulo, a classe Arachnida (aracnídeos) será abordada mais detalhadamente.*

Ordem Araneae

Nas aranhas, o cefalotórax e o abdome não são segmentados e são unidos por um pedicelo. As quelíceras possuem garras associadas a glândulas de veneno. Geralmente, as aranhas possuem oito olhos simples e dois pares de fiandeiras ligadas a glândulas produtoras de seda.



Representação da morfologia externa de uma aranha.

Ilustração produzida com base em: STORER, T. I. et al. Zoologia geral. 6. ed. São Paulo: Companhia Editora Nacional, 2000. p. 465, 468.

Explique aos alunos que a seda é produzida por aranhas, alguns insetos e também por miriápodes. Destaque que ela é utilizada na produção de casulos, teias de alimentação e de reprodução, bolsa de flutuação, entre outras.

**Também conhecidas como milípedes ou lacraias.

Ilustrações produzidas com base em: RUPPERT, E. E.; FOX, R. S.; BARNES, R. D. Zoologia dos invertebrados: uma abordagem funcional-evolutiva. 7. ed. São Paulo: Roca, 2005. p. 821, 829.



Representação da morfologia externa de um quilópode (centopeia).

Ordem Scorpionida

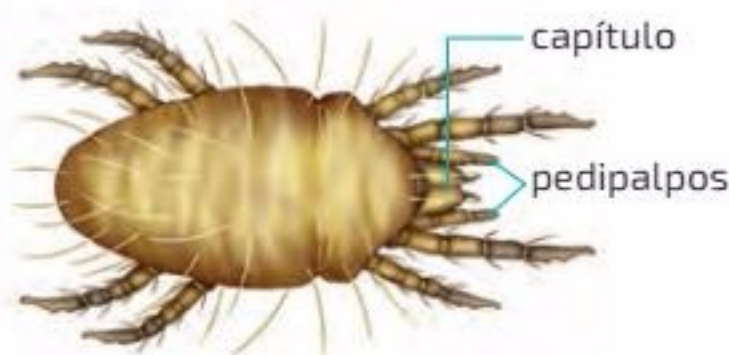
Os escorpiões apresentam um cefalotórax curto, um par de olhos grandes e dois a cinco pares laterais de olhos pequenos. O abdome termina em um aguilhão. As quelíceras são pequenas e os pedipalpos grandes e dotados de pinças, também conhecidas como quelas.



Representação da morfologia externa de um escorpião.

Ordem Acari

Os ácaros (ácaros e carrapatos) têm cefalotórax e abdome fundidos, sem sinal de segmentação. As peças bucais se localizam em uma projeção anterior, a qual é denominada capítulo.



Representação da morfologia externa de um ácaro.

Ilustrações produzidas com base em: RUPPERT, E. E.; FOX, R. S.; BARNES, R. D. Zoologia dos invertebrados: uma abordagem funcional-evolutiva. 7. ed. São Paulo: Roca, 2005. p. 658, 688.

Os **miriápodes** (subfilo Myriapoda) incluem as centopeias* (classe Chilopoda) e os piolhos-de-cobra (classe Diplopoda), representados por mais de 11 mil espécies terrestres viventes. Esses animais possuem o corpo alongado e dividido em cabeça e tronco, além de apresentar inúmeros pares de pernas em quase toda a sua extensão. Os apêndices são unirremes, e há um par de antenas na cabeça.

Classe Chilopoda

Os quilópodes apresentam o corpo relativamente achatado com um par de pernas na maioria dos segmentos. Na cabeça, localizam-se antenas longas, um par de mandíbulas e um ou dois pares de maxilas. Os olhos correspondem a grupos de ocelos na cabeça. Nessa região do corpo, o primeiro par de apêndices é modificado em garras denominadas forcípulas, as quais são dotadas de veneno. Por fim, a maioria das espécies é carnívora.

Classe Diplopoda

Os diplópodes apresentam corpo cilíndrico com dois pares de pernas na maioria dos segmentos do corpo. A cabeça possui grupos de olhos simples, antenas curtas, um par de mandíbulas e um par de maxilas. Além disso, não têm garras, mas, como estratégia de defesa, podem produzir, ao longo da lateral do corpo, fluidos tóxicos ou repelentes por meio de glândulas denominadas repugnatórias. Por fim, a maioria das espécies desse grupo é herbívora.



Representação da morfologia externa de um diplópode (piolho-de-cobra).

Ilustrações:
Luciane Mori

Fisiologia dos artrópodes

O **sistema digestório** dos artrópodes é completo. Quanto aos hábitos alimentares, são encontrados animais filtradores, predadores, detritívoros, entre outros. O **sistema circulatório** é aberto,* apresentando um coração dorsal, que bombeia o sangue para o corpo. No sangue, também chamado de hemolinfa, há diferentes pigmentos respiratórios, principalmente a hemocianina. Já o **sistema nervoso** é similar ao dos anelídeos, ou seja, apresenta um gânglio cerebral na região cefálica, que se liga a nervos ventrais por meio de um anel ao redor do tubo digestivo. Além disso, há presença de gânglios ao longo dos segmentos do corpo.

A fisiologia dos artrópodes é bastante variada entre os diferentes grupos e, em virtude dessa diversidade, ela será mostrada de acordo com as características de cada um deles.

Crustáceos

As trocas gasosas em crustáceos juvenis ou na fase larval são realizadas pela superfície do corpo, enquanto os animais adultos respiram por meio de brânquias. O sistema sensorial é constituído de olhos, em sua maioria compostos, elevados em um pedúnculo; estatocistos, estruturas que auxiliam no ajuste da posição do animal no ambiente; células táteis, distribuídas ao longo do corpo; e sensores químicos (olfatórios e gustatórios), observados principalmente nas antenas e nas peças bucais. A movimentação dos crustáceos ocorre basicamente com o auxílio dos apêndices.

Em crustáceos adultos, a excreção é feita por meio de glândulas antenais, também conhecidas como maxilares ou verdes.** A hemolinfa é filtrada no interior dessas estruturas, resultando na formação da urina, que é eliminada do corpo do animal por meio de um poro. A amônia é a principal excreta nitrogenada, sendo eliminada principalmente por difusão em áreas finas da cutícula.

Quelicerados

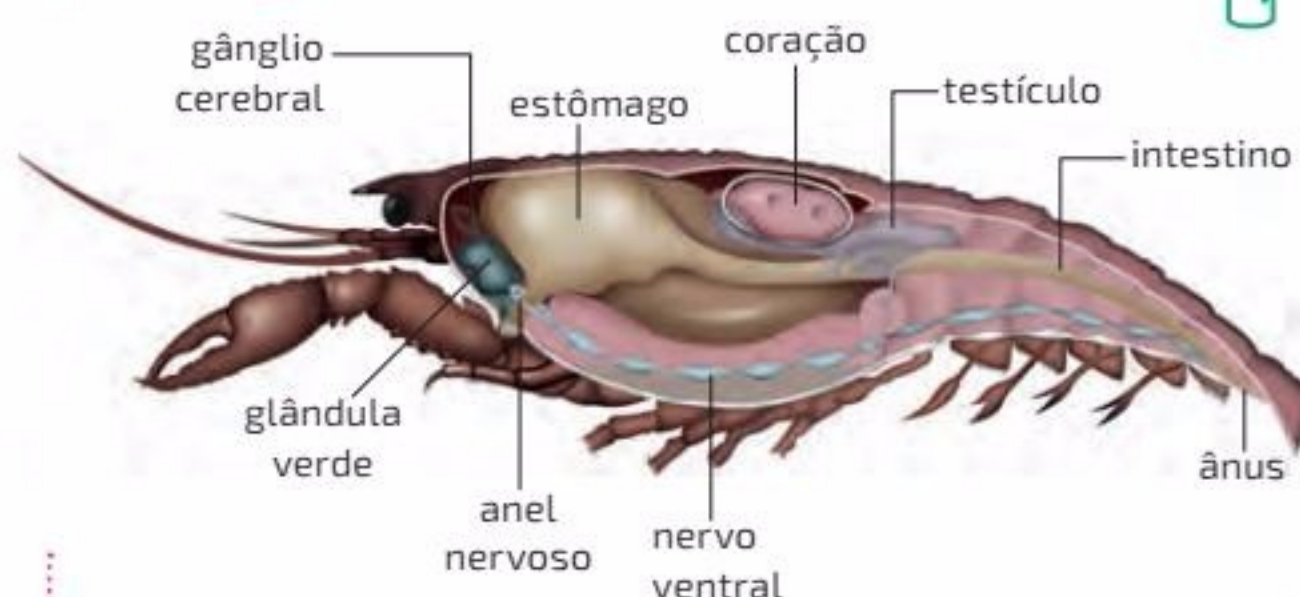
As trocas gasosas dos aracnídeos são realizadas por meio de pulmões foliáceos, de traqueias ou, ainda, de ambos. Os primeiros constituem bolsas de ar, com aberturas na parede do corpo, denominadas espiráculos (por onde o ar entra). Estes se estendem para o interior da cavidade preenchida com hemolinfa. A excreção pode ser realizada por meio de túbulos de Malpighi ou por glândulas coxais. Os túbulos de Malpighi são conectados ao sistema digestório e ligados ao intestino e apresentam extremidade livre em contato direto com a hemolinfa na hemocoele. Já as glândulas coxais são encontradas em muitas espécies e se caracterizam como nefrídios modificados, que se abrem nas coxas de algumas pernas locomotoras. As excretas nitrogenadas são variadas e podem incluir ácido úrico.

O sistema sensorial dos aracnídeos é bem desenvolvido. Assim, de modo geral, eles possuem o corpo coberto por muitas cerdas que os auxiliam na percepção de uma ampla variedade de estímulos ambientais (mecânicos, químicos, de umidade, entre outros). Em escorpiões, por exemplo, observa-se uma estrutura em forma de pente chamada de pecten, localizada na face ventral do abdome, que atua na percepção de vibrações no substrato e no reconhecimento de parceiros sexuais. A movimentação dos quelicerados é feita, basicamente, por meio de apêndices locomotores.

*Ao contrário do sistema fechado, em que o sangue circula sempre dentro de vasos, o líquido circulante (hemolinfa) é bombeado por um coração dorsal para vasos que são abertos em suas extremidades. Esse fluido sai dos vasos, banha os espaços intercelulares das diferentes regiões do corpo e, por fim, retorna ao coração.

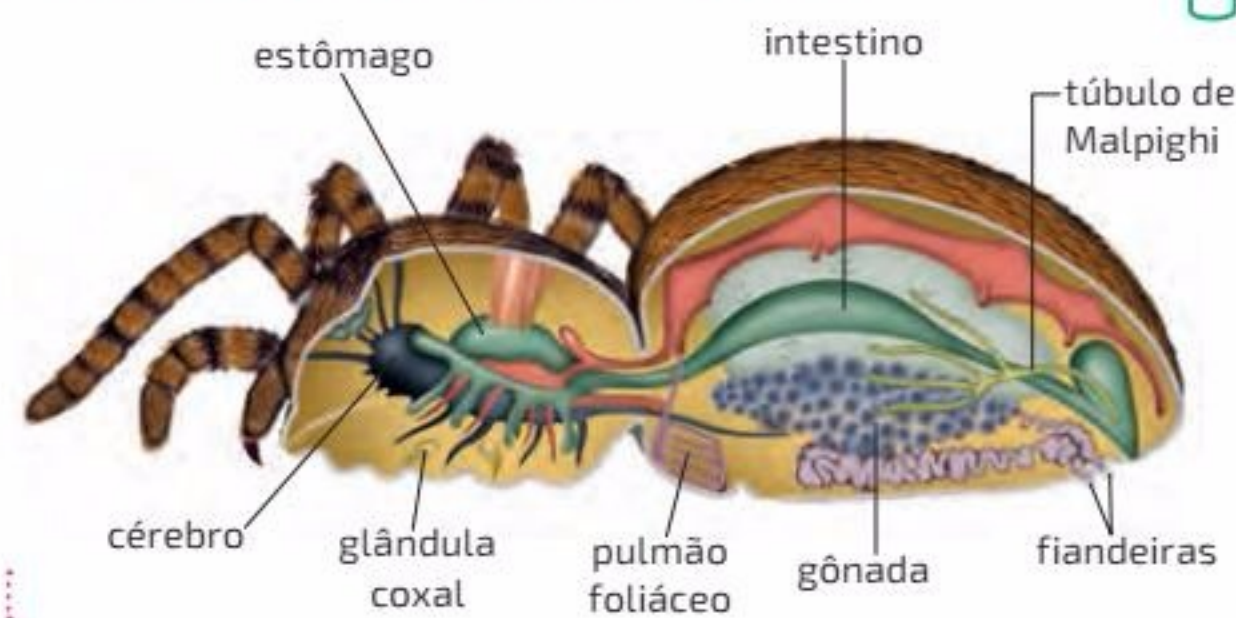
**As glândulas antenais se abrem na base das antenas, e as glândulas maxilares, na base das maxilas. Em decápodes, como o camarão, as glândulas excretoras são chamadas de glândulas verdes.

Morfologia interna de um camarão



Ilustrações produzidas com base em: HICKMAN, C. L.; ROBERTS, L. S.; LARSON, A. *Princípios integrados de Zoologia*. Tradução Antonio Carlos Marques et al. 11. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2009. p. 360, 373.

Morfologia interna de uma aranha





Ilustrações produzidas com base em: HICKMAN, C. L.; ROBERTS, L. S.; LARSON, A. Princípios integrados de zoologia. Tradução Antonio Carlos Marques et al. 11. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2009. p. 396, 399.

Insetos

O sistema digestório dos insetos apresenta, entre outras estruturas, glândulas digestivas e salivares, papo e moela.

Nos insetos adultos, a respiração ocorre por meio do sistema traqueal, formado por uma extensa rede de tubos de parede fina, os quais se ramificam em estruturas cada

vez menores, ligadas diretamente às células. Isso permite certa independência dos pigmentos respiratórios para o transporte de gases, pois estes são transportados diretamente às células por meio das traqueias. O sistema traqueal se abre na superfície do corpo por meio de pequenos espiráculos, que podem conter válvulas de controle de abertura e fechamento ou, até mesmo, filtros para evitar a entrada de poeira, água e parasitas. As formas larvais ou aquáticas realizam a respiração por difusão na superfície corpórea ou via brânquias.

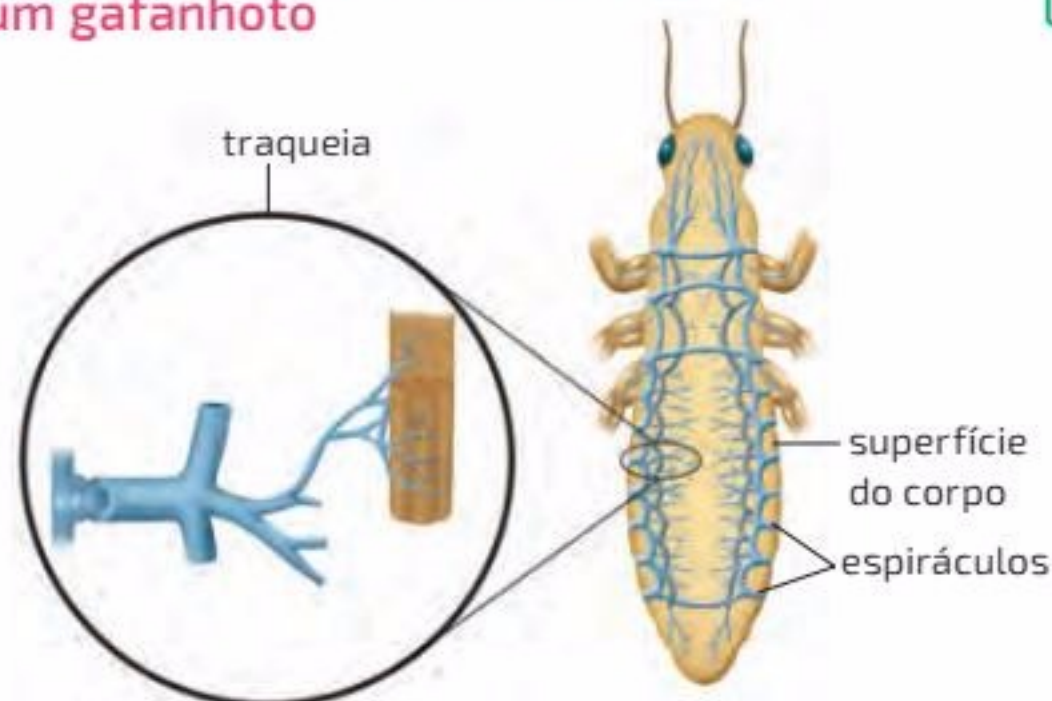
A excreção dos hexápodes ocorre por meio dos túbulos de Malpighi. Assim, à medida que a hemolinfa flui pelos tubos, as excretas são filtradas e passam para o intestino, onde a água e os sais minerais são reabsorvidos, resultando na formação de uma mistura quase seca de excretas nitrogenadas e fezes. O resíduo nitrogenado predominante nos insetos é o ácido úrico (praticamente insolúvel em água), o qual auxilia na conservação de água no organismo.

O sistema sensorial dos insetos é bastante desenvolvido e possui vários órgãos e estruturas sensoriais dispostas especialmente nas antenas, pernas e peças bucais. Essa característica permi-

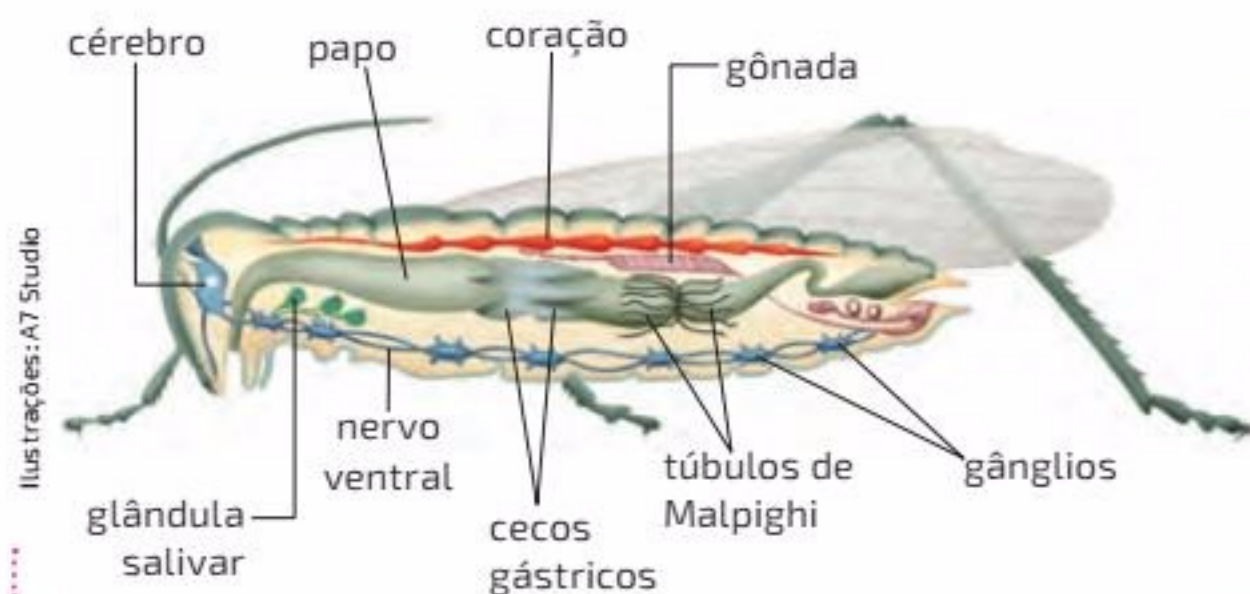
te a esses animais responder a estímulos mecânicos, auditivos, visuais, químicos (gosto e olfato), bem como perceber variações de temperatura, gravidade, umidade, posição do corpo no ambiente, entre outros. Alguns insetos apresentam órgão timpânico, dotado de uma membrana timpânica, responsável por detectar sons do ambiente (audição). Há, ainda, insetos que possuem estruturas produtoras de sons e luzes.

As características marcantes da maioria dos insetos adultos são a presença de asas e a capacidade de realizar voo. As asas são prolongamentos vascularizados da cutícula que podem sofrer modificações (em diferentes grupos de insetos) ou ser ausentes (como nas pulgas e piolhos). A movimentação das asas está relacionada à contração e ao relaxamento de músculos específicos inseridos na cutícula do tórax. A frequência de batimento das asas é variável entre as espécies. Em relação à movimentação, os insetos podem caminhar, saltar, correr e voar. Cada uma dessas variedades interfere na estrutura dos apêndices.

Representação do sistema traqueal de um gafanhoto



Morfologia interna de um gafanhoto



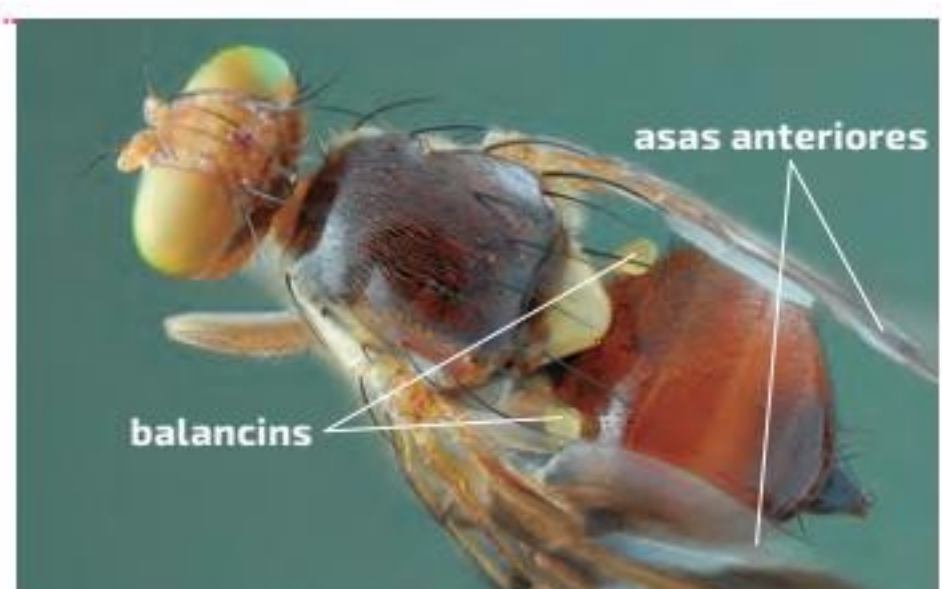
3. Por que as espécies terrestres de artrópodes excretam ácido úrico?

Porque essa substância possui baixa toxicidade e é insolúvel em água, o que contribui para a conservação da água no organismo dos artrópodes terrestres.

Ser vivo adulto

Mosca: pode atingir até 5 mm de comprimento.

Insetos como as moscas e os mosquitos possuem a asa posterior modificada, como observado na mosca (*Drosophila melanogaster*) apresentada na fotografia ao lado. Essas estruturas, chamadas balancins ou halteres, movimentam-se na mesma frequência das asas anteriores e auxiliam na execução dos movimentos e na estabilidade durante o voo.



Wim Van Egmond/Visuals Unlimited, Inc./SPL/Latin stock

Miriápodes

Esses animais possuem glândulas salivares e, em alguns casos, apresentam papo e moela. A excreção, principalmente de amônia, envolve dois pares de túbulos de Malpighi, e a respiração ocorre por meio de um sistema de traqueias, como nos insetos. Os miriápodes possuem olhos simples, sendo os olhos compostos raramente encontrados nesse grupo. O sistema sensorial de centopeias e dos milípedes está representado principalmente pelas antenas, altamente sensíveis e equipadas com órgãos táteis e quimiorreceptores. A movimentação desses animais depende da impulsão dos apêndices locomotores. No entanto, ondulações laterais podem ocorrer durante a movimentação rápida, como no caso das centopeias.

Reprodução dos artrópodes

A maioria dos artrópodes é dioica e a reprodução envolve algum tipo de acasalamento. Geralmente, a fertilização é interna e o cuidado parental é observado, pelo menos durante os estágios iniciais de desenvolvimento. Esse cuidado compreende a incubação em alguma parte do corpo do adulto e a proteção do embrião em estruturas parentais, como as cápsulas. Alguns poucos artrópodes apresentam partenogênese, ou seja, formam um novo indivíduo sem que ocorra a fertilização, a partir do desenvolvimento apenas do gameta feminino.

Crustáceos

Após a cópula, os espermatozoides são transferidos, em fluido seminal ou **espermatóforo**, diretamente ao receptáculo seminal do sistema reprodutor feminino (fertilização interna). A maioria dos ovos dos crustáceos é incubada até o momento da eclosão, sendo fixados do lado de fora do corpo da fêmea. Há também aqueles que liberam o zigoto diretamente na água ou prendem seus ovos em estruturas do ambiente. Assim, o desenvolvimento pode ser direto, com a eclosão de juvenis semelhantes a adultos, ou indireto, com a eclosão de larvas.

Miriápodes

Considerados organismos dioicos, os miriápodes, em sua maioria, não apresentam órgão copulador. Vale destacar que todos possuem desenvolvimento direto. Entre os quilópodes, as fêmeas produzem uma rede nupcial de seda, tecida por glândulas genitais modificadas, sobre a qual os machos depositam o espermatóforo. Essa bolsa de espermatozoides também pode ser depositada no ambiente e, em ambos os casos, a fêmea recolhe o espermatóforo e o deposita em seu gonópore. Assim, a fecundação ocorre no interior do corpo da fêmea e, posteriormente, os ovos são depositados no ambiente.

Já nos milípedes (Diplopoda), é observada a presença de órgãos copuladores nos machos: pênis, mandíbulas ou apêndices modificados para transferir os espermatozoides para a fêmea. Normalmente, os ovos são depositados sobre o solo ou acomodados em sacos de seda. Ao contrário das centopeias, os milípedes não exibem cuidado parental.

Ser vivo adulto

Caranguejo: pode atingir até 12 cm de comprimento.



Fêmea de caranguejo (*Gecarcoidea natalis*) incubando os ovos no abdome.

Ingo Arndt/Minden Pictures/Latinstock



Representação de cuidado parental de quilópodes. Geralmente, a fêmea de centopeias se enrola ao redor dos ovos ou carrega os filhotes recém-eclodidos no dorso.

Ilustração produzida com base em: BRUSCA, R. C.; BRUSCA, G. J. Invertebrados. Tradução Fábio Lang da Silveira et al. 2. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2007. p. 676.

A7 Estúdio

4. Qual é a importância da incubação dos ovos e do cuidado parental para a perpetuação da espécie?

A incubação dos ovos e o cuidado parental aumentam a probabilidade de os novos indivíduos nascerem, conseguirem evitar a predação e, até mesmo, buscarem alimentos.

Espermatóforo: cápsula ou compartimento que envolve os espermatozoides produzidos em diversos grupos de invertebrados e alguns vertebrados.

Quelicerados



Os quelicerados são dioicos e geralmente apresentam comportamentos complexos de acasalamento. A fertilização realizada por eles é interna, e o desenvolvimento pode ser direto ou indireto.



Fêmea da aranha viúva-negra (*Latrodectus mactans*), próxima à sua ooteca, e filhotes recém-eclodidos.



Fêmea de escorpião (*Hadrurus arizonensis*) carregando filhotes no dorso.

Nas aranhas, antes do acasalamento, o macho tece a teia esper-mática e deposita uma gota de esperma sobre ela. Assim, esse es-perma é recolhido e armazenado nos pedipalpos, modificados para exercer essa função. Durante o acasalamento, o macho insere os pedipalpos na abertura genital da fêmea. Quando a fêmea libera seus ovos, estes são fertilizados pelos espermatozoides e deposita-dos em uma bolsa de seda denominada ooteca, a qual é carregada pela fêmea ou fica fixada em uma teia ou outra estrutura no ambien-te. Após a eclosão dos ovos, os jovens permanecem no interior da ooteca por algumas semanas, de onde se dispersam independentes do adulto.

Já entre os escorpiões não existe cópula, pois os machos deposi-tam o espermatóforo sobre o solo e direcionam a fêmea a ele. A pres-são do corpo da fêmea sobre o espermatóforo faz com que este libe-re os espermatozoides, que penetram no gonópore feminino.

Os representantes da ordem Scorpionida podem ser ovovivíparos ou vivíparos. Em ambos os casos, os embriões se desenvolvem no interior do trato reprodutor das fêmeas. Após a eclosão, os filhotes se acomodam sobre o dorso da fêmea, no qual permanecem até a primeira muda pelo menos.

A maioria dos ácaros, por exemplo, transfere seus espermatozoides diretamente para o sistema reprodutor feminino por meio de um órgão copulador, o pênis. Algumas espécies, no entanto, utilizam os espermatóforos. Do ovo, eclode uma larva que passa por um ou mais estágios de ninfa até atingir a fase adulta. Assim, os ácaros são os únicos aracnídeos que apresentam desenvolvimento indireto, com a eclosão de uma forma larval do ovo.

Ser vivo adulto

Escorpião: pode atingir 18 cm de comprimento.

Viúva-negra: os machos podem atingir cerca de 3,5 mm e as fêmeas cerca de 9 mm de comprimento.

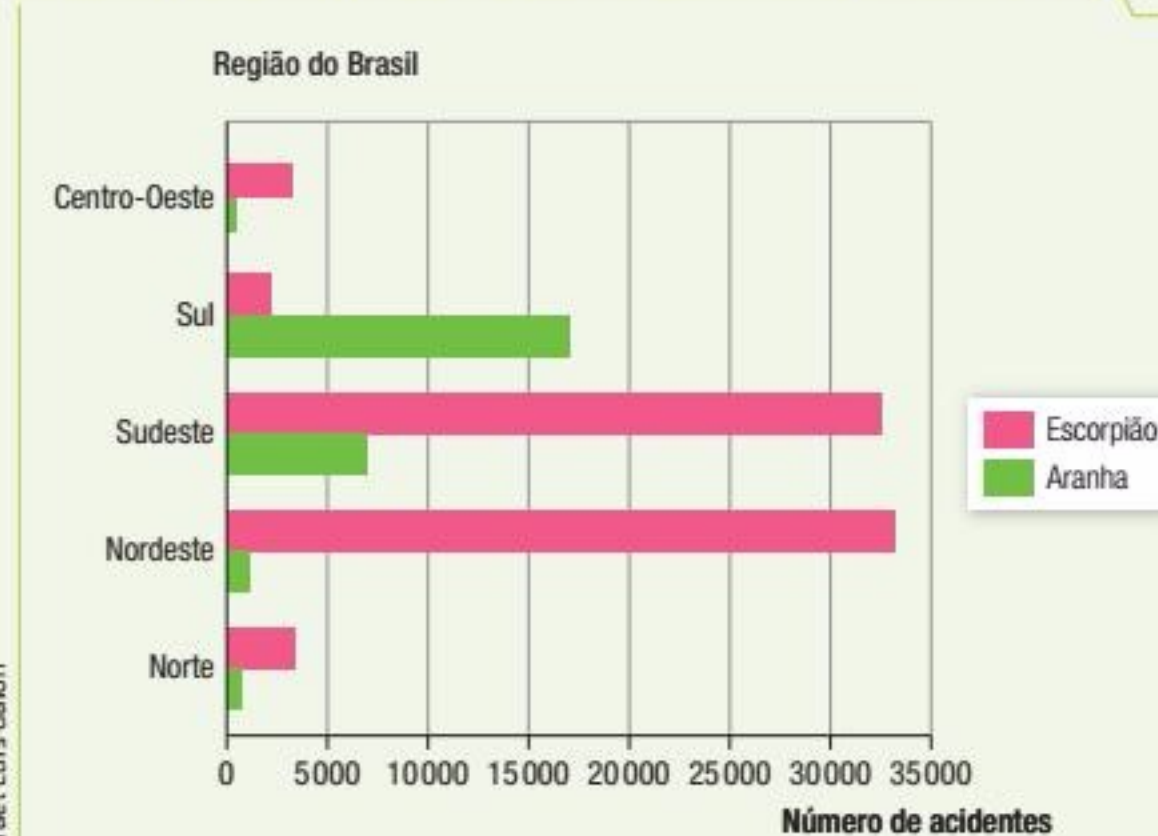
5. A maior quantidade de acidentes com aranhas foi observada na região Sul e, com escorpiões, na região Nordeste.



Acidentes com aracnídeos no Brasil em 2015

Acidentes envolvendo animais peçonhentos e seres humanos ocorrem no Brasil, tanto em ambientes rurais quanto em urbanos. Entre as espécies relacio-nadas a esses acontecimentos, destacam-se a aranha-marrom (*Loxosceles* sp.) e o escorpião-amarelo (*Tytius* sp.).

Acidentes com aracnídeos no Brasil em 2015



6. Resposta pessoal. Resposta esperada: sim, pois esse comportamento facilita o contato desses aracnídeos com o ser humano, aumentando a probabilidade de ocorrer acidentes.

Fontes: PORTAL SAÚDE. Animais peçonhentos. Disponível em: <<http://portalsaude.saude.gov.br/images/pdf/2016/janeiro/20/1-Casos-Escorpionismo-2000-2015.pdf>>; <<http://portalsaude.saude.gov.br/images/pdf/2016/janeiro/20/1-Casos-Araneismo-2000-2015.pdf>>. Acesso em: 29 fev. 2016.

- Analizando o gráfico ao lado, qual(is) região(ões) apresentou(aram) maior quantidade de acidentes com aranhas e escorpiões em 2015?
- A aranha-marrom e o escorpião-amarelo são aracnídeos adaptados para viver em ambientes urbanos e domésticos. Em sua opinião, esse fato está relacionado à grande quantidade de acidentes envolvendo esses animais? Justifique.
- Os animais citados na questão anterior se abrigam principalmente em roupas, calçados e entulhos de terrenos baldios. Com base nessas informações, cite duas atitudes que podem prevenir acidentes com esses animais.

7. Possíveis respostas: examinar o interior de calçados e roupas antes de vesti-los; evitar o acúmulo de entulhos, detritos e resíduos em quintais e terrenos baldios.

Insetos

Geralmente, os insetos apresentam sexos separados e fecundação interna. Para atrair seus respectivos parceiros sexuais, eles utilizam diferentes estratégias e tipos de comportamento, tais como: a liberação de **feromônios**, a produção de pulsos luminosos e sons e a exibição de sinais de cor. Normalmente, os machos depositam o esperma na vagina da fêmea durante a cópula, embora, em algumas espécies, o esperma seja acondicionado em espermatóforos, os quais podem ser transferidos à espermateca da fêmea durante a cópula ou depositados no substrato.

Feromônio: substância química liberada por um ser vivo que influencia o comportamento ou os processos fisiológicos de outro.

Dessa forma, os ovos fertilizados são depositados em locais específicos do ambiente, onde há disponibilidade de alimentos para o filhote, ou, até mesmo, em outros seres vivos. Após a eclosão do ovo, o jovem inseto pode apresentar desenvolvimento do tipo direto ou passar por uma série de modificações morfológicas chamada de **metamorfose**. Esse processo envolve mudanças hormonais e uma série de mudas. Co-nheça, a seguir, os tipos de desenvolvimento.



No desenvolvimento direto, os perigos envolvidos na fase larval e a metamorfose são evitados.

Desenvolvimento direto ou ametábolo de um inseto

No **desenvolvimento direto**, observado em insetos (como as traças e os colêmbolos), as formas jovens se assemelham aos adultos, mas apresentam menor tamanho e não são capazes de se reproduzir. Os estágios observados nesse tipo de desenvolvimento são: ovo, jovem e adulto.

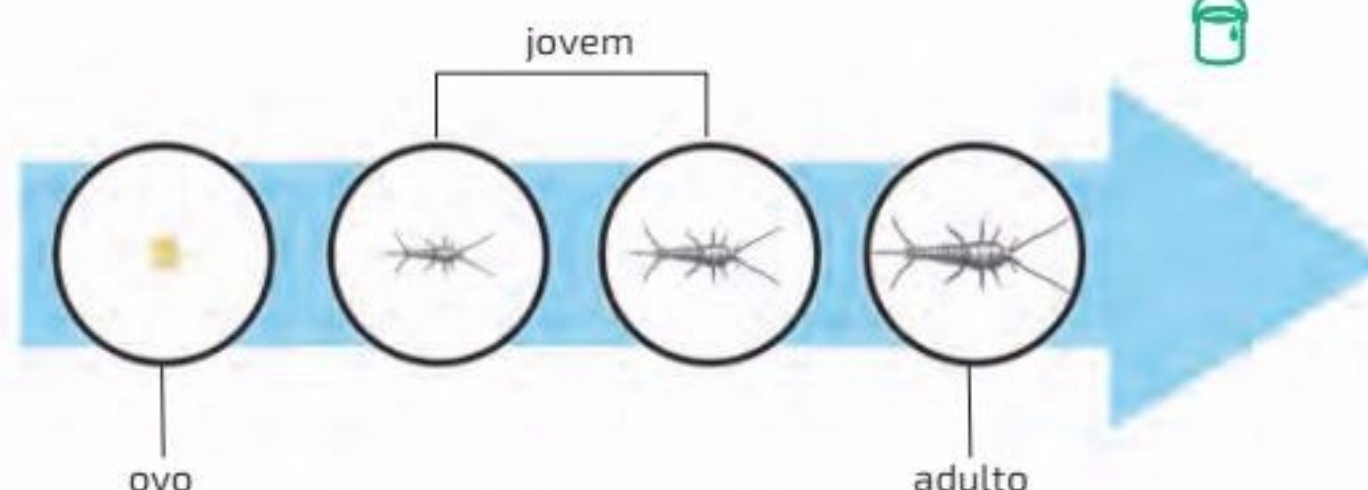


Ilustração produzida com base em: AMERICAN Museum of Natural History. Arthropod Morphology. Disponível em: <www.amnh.org/learn/biodiversity_counts/ident_help/Parts_Arthropods/metamorphosis.htm>. Acesso em: 23 abr. 2015.

Desenvolvimento indireto de um inseto hemimetábolo

A **metamorfose hemimetábola** (ou incompleta) é observada em gafanhotos, cigarras e louva-a-deus. Nesse tipo de desenvolvimento, as formas que eclodem dos ovos, chamadas de ninfas, são parcialmente semelhantes ao organismo adulto e, geralmente, apresentam brotos de asas que crescem em tamanho conforme o inseto se desenvolve. Os estágios observados nesse tipo de desenvolvimento são: ovo, ninfa e adulto.

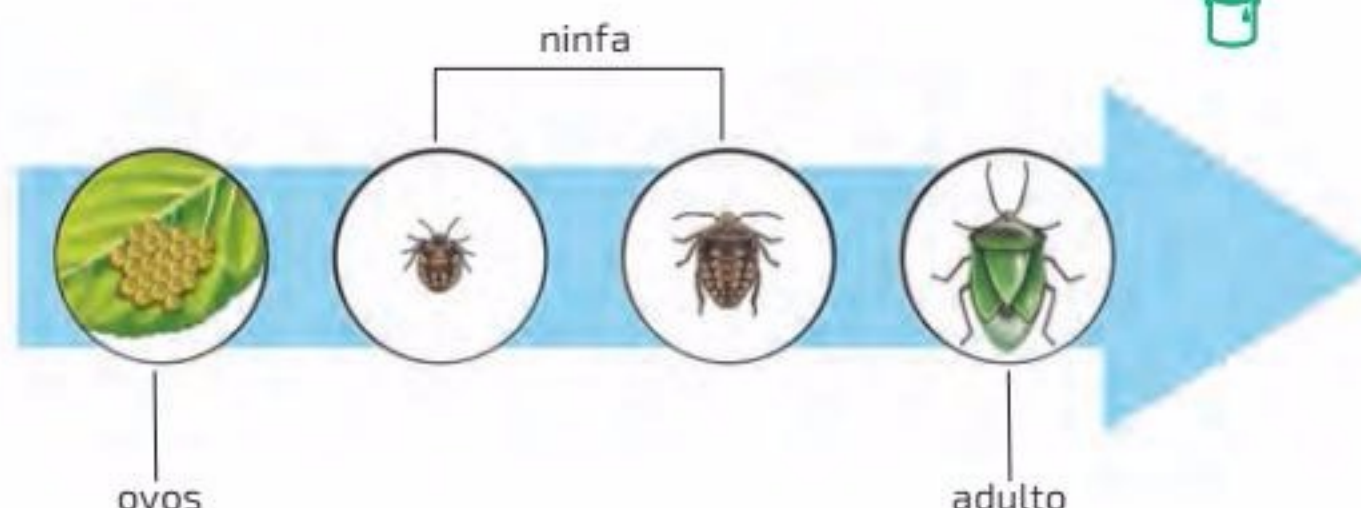


Ilustração produzida com base em: GULLAN, P. J.; CRANSTON, P. S. Os insetos: um resumo de Entomologia. 3. ed. São Paulo: Roca, 2007. p. 126.

Desenvolvimento indireto de um inseto holometábolo

A **metamorfose holometábola** (ou completa), considerada a forma mais comum de desenvolvimento entre os insetos, é observada, por exemplo, em borboletas e mariposas. Do ovo, eclode uma larva (também conhecida como lagarta, coró ou broca), que é diferente da forma adulta, tanto em relação ao habitat que ocupa quanto ao hábito alimentar. Depois de várias mudas, a larva produz um casulo ao seu redor e transforma-se em pupa, também chamada de crisálida. Quando o adulto está totalmente desenvolvido, ele sai da pupa. Os estágios observados nesse tipo de desenvolvimento são: ovo, larva, pupa e adulto.

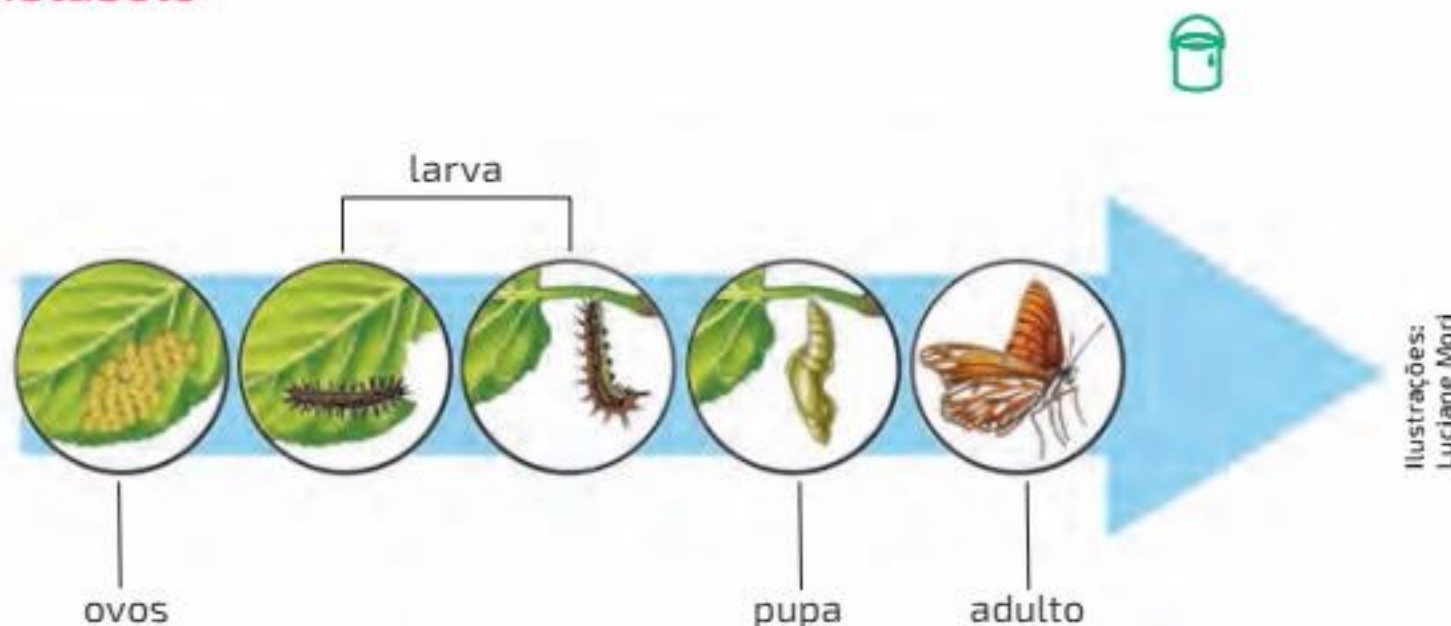


Ilustração produzida com base em: GULLAN, P. J.; CRANSTON, P. S. Os insetos: um resumo de Entomologia. 3. ed. São Paulo: Roca, 2007. p. 123.

Equinodermos

Os equinodermos (filo Echinodermata), representados por cerca de 7 mil espécies viventes (estrelas-do-mar, pepinos-do-mar, ouriços-do-mar, lírios-do-mar, serpentes-do-mar, entre outros), são exclusivamente marinhos. Além disso, são considerados organismos deuterostômios, celomados, triblásticos, com corpo não segmentado e apresentam alternância entre simetria bilateral na fase larval e simetria radial na fase adulta. Em geral, os equinodermos são formados por cinco partes corpóreas que partem de um disco central, configurando uma simetria radial pentâmera ou pentarradial. Ao contrário dos animais que pertencem ao grupo dos seres com simetria bilateral, os equinodermos não possuem formação de cabeça.

O corpo dos equinodermos, por sua vez, é dividido em superfície oral (onde se localiza a boca) e aboral (região oposta). Além disso, contém ossículos calcários, os quais podem estar dispersos no tecido dérmico ou firmemente unidos, formando placas e são recobertos por uma epiderme. Esses ossículos formam o **endoesqueleto**, característico dos equinodermos e que pode formar espinhos e pedicelárias na superfície do corpo dos equinodermos. As **pedicelárias** são apêndices com formatos variados que auxiliam no afastamento de detritos e larvas, na captura de alimento, na defesa, na absorção de nutrientes, entre outras funções.

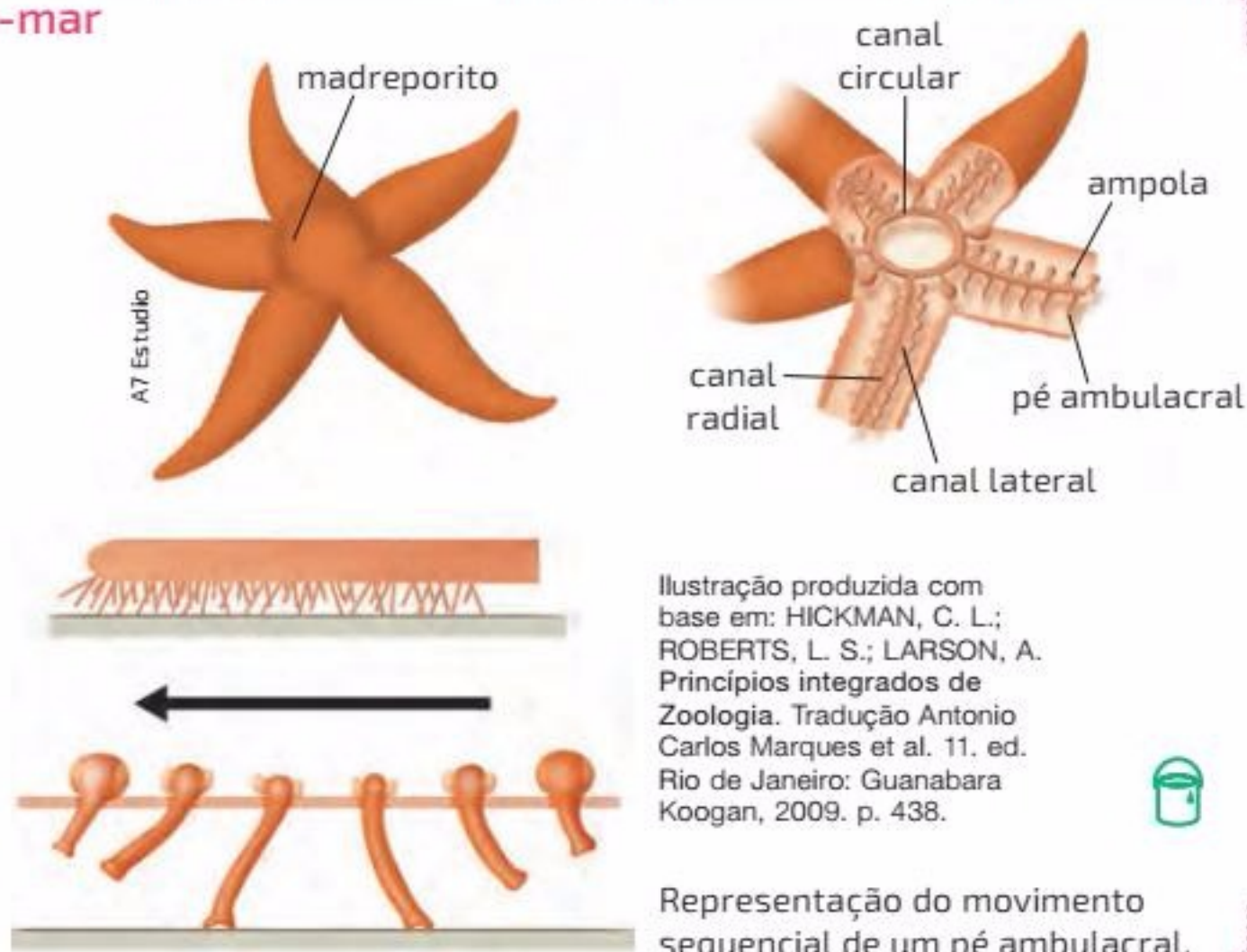
Os equinodermos apresentam o **sistema vascular hidráulico**, também conhecido como **sistema aquífero** ou **ambulacral**, que executa diferentes funções nesses animais, como excreção, respiração, locomoção e captura de alimentos. Veja, a seguir, mais informações sobre ele.

Sistema vascular aquífero de uma estrela-do-mar

O sistema vascular hidráulico dos equinodermos é formado por uma rede de canais e pés ambulacrais. Os **pés ambulacrais** são tubos musculares ocos com a extremidade interna terminando em uma ampola, que é um saco musculoso, e a extremidade externa, geralmente, em uma ventosa. Esse sistema é preenchido por um fluido similar à água do mar, que inclui, além da água, várias células, compostos orgânicos e íons, que auxiliam no transporte interno e na movimentação dos pés ambulacrais.

A abertura do sistema vascular ocorre pelo **madreporito**, por meio do qual a água do mar entra no sistema vascular aquífero.

A locomoção baseada no sistema ambulacral envolve a contração e o relaxamento da ampola, que promove a distensão e a retração dos pés ambulacrais.



Classificação dos equinodermos

Os **asteroides** (classe Asteroidea), representados pelas estrelas-do-mar, apresentam um corpo ligeiramente achatado e, geralmente, têm cinco braços. Além disso, a boca ocupa uma posição central na superfície oral (voltada para o substrato) do animal. Nessa superfície, são observadas fileiras de pés ambulacrais, geralmente protegidos por espinhos. Já a superfície aboral, áspera e espinhosa, é onde se encontram o ânus e o madreporito.



Estrela-do-mar *Fromia* sp.

Ser vivo adulto

Estrela-do-mar: pode atingir até 15 cm de diâmetro.

O corpo dos **equinoides** (classe Echinoidea), cujos representantes são os ouriços-do-mar (fotografia A) e as bolachas-do-mar (fotografia B), é desprovido de braços e pode ser globoso ou ter forma de disco. Nesses animais, os ossículos dérmicos estão firmemente encaixados, formando uma carapaça, a qual apresenta espinhos rígidos e móveis.



Ouriço-do-mar (*Strongylocentrotus purpuratus*).



Bolacha-do-mar (*Echinarachnius parma*).



Ser vivo adulto

Bolacha-do-mar: pode atingir de 5 cm a 10 cm de diâmetro.

Lírio-do-mar: pode atingir 30 cm de altura.

Ouriço-do-mar: pode atingir 7 cm de diâmetro.

Pepino-do-mar: pode atingir 50 cm de comprimento.

Serpente-do-mar: pode atingir 12 cm de comprimento.

Nesse grupo, a boca localiza-se na superfície oral e o ânus e o madreporito se encontram na região aboral. Existem espécies cujas pedicelárias podem produzir toxinas, por exemplo, em certos ouriços-do-mar.

Como exemplos de **holoturoides** (classe Holothuroidea), podemos citar os pepinos-do-mar, cujo corpo é alongado no eixo oral-aboral, com a boca e o ânus em extremidades opostas. Geralmente, os ossículos dérmicos são reduzidos, resultando em um corpo mole com parede coriácea. Por isso, nesses animais, o celoma passa a atuar como um esqueleto hidrostático. Normalmente, os pés ambulacrais se distribuem apenas nas áreas que se apoiam no substrato, podendo estar totalmente ausentes em algumas espécies escavadoras. Os holoturoides podem, ainda, apresentar tentáculos ao redor da boca, e o madreporito é interno, abrindo-se no celoma.

Os **ofiuroides** (classe Ophiuroidea), cujos representantes são as serpentes-do-mar, possuem corpo com cinco braços delgados e articulados, que podem ser ramificados e se movem vigorosamente. Esses animais não possuem pedicelárias na superfície do corpo, e os pés ambulacrais são desprovidos de ventosas, estando mais relacionados à alimentação do que à locomoção. O madreporito, frequentemente reduzido, localiza-se, assim como a boca, na região oral.

Como o intestino e o ânus são ausentes nos ofiuroides, a boca é o local de entrada e saída de substâncias do sistema digestório desses animais.

Os lírios-do-mar, exemplos de **crinoides** (Classe Crinoidea), possuem o corpo em formato de cálice ou taça e, geralmente, permanecem fixos ao substrato durante parte da vida. Esses animais apresentam cinco braços flexíveis, que se ramificam e formam outros, com pínulas laterais, podendo apresentar pés ambulacrais modificados em tentáculos. A boca e o ânus estão voltados para cima e localizados lado a lado. Os crinoides não possuem madreporito externo, e a superfície do corpo é desprovida de espinhos e pedicelárias.



Pepino-do-mar (*Holothuria mexicana*).



Serpente-do-mar (*Ophiothrix suensoni*).



Lírio-do-mar (*Oxycomantus bennetti*).

Fisiologia dos equinodermos

O sistema digestório dos equinodermos é completo, exceto em ofiuroides que não apresentam ânus e intestino (o estômago é o local de digestão e absorção de nutrientes).

Os hábitos alimentares dos equinodermos são variados, incluindo animais suspensívoros (alimentam-se de alimentos em suspensão na água), predadores e detritívoros.

Alguns equinodermos possuem estruturas ou comportamentos específicos relacionados à nutrição. Certas espécies de estrelas-do-mar, por exemplo, evertem o estômago sobre a presa, liberando enzimas digestivas que iniciam a digestão extracorpórea. Após a digestão parcial do alimento, o estômago retorna ao corpo do animal, e os nutrientes são sugados. Alguns equinoides possuem um aparato mastigador complexo, chamado **lanterna de Aristóteles**, dotado de dentes articulados que auxiliam a raspagem do substrato e a retirada de pedaços do alimento.

As trocas gasosas nos equinodermos são realizadas por meio de estruturas variadas, como brânquias nos asteroides; pés ambulacrais; superfície corpórea; árvores respiratórias, um sistema de túbulos ramificados, encontrados no celoma do trato digestório nos holoturoides; e invaginações na superfície oral nos ofiuroides. O sistema circulatório é reduzido, desempenhando pouca ou nenhuma função circulatória, a qual é exercida principalmente pelo fluido do celoma. Os equinodermos são desprovidos de um sistema excretor. Assim, a eliminação dos resíduos nitrogenados (principalmente amônia) é feita por difusão em diferentes estruturas do corpo.

O sistema nervoso dos equinodermos apresenta um anel ao redor do esôfago e nervos radiais. Os órgãos sensoriais são rudimentares e compostos de receptores táteis e químicos, fotorreceptores, estatocistos e, em algumas espécies, ocelos. Essas estruturas se encontram espalhadas pela superfície do corpo do animal e permitem reações ao toque, à temperatura, a substâncias químicas e a variações na intensidade luminosa.

Geralmente, a movimentação dos equinodermos é feita por meio dos pés ambulacrais. No entanto, espinhos, contrações musculares da parede do corpo e até mesmo os braços podem exercer essa função.

Reprodução dos equinodermos

A maioria dos equinodermos apresenta sexos separados, exceto algumas espécies hermafroditas, como certos ofiuroides e holoturoides. Os animais do filo Equinodermata não possuem estruturas copuladoras elaboradas, e os gametas são liberados diretamente na água. Por isso, a fecundação costuma ser externa, mas pode ocorrer a incubação dos zigotos em algumas espécies. Geralmente, o desenvolvimento é indireto, com a eclosão de uma larva com simetria bilateral, a qual passa por uma série de mudanças até se tornar um adulto com simetria radial.

Algumas espécies de equinodermos podem apresentar **partenogênese**, bem como se reproduzir assexuadamente, graças a sua elevada capacidade de regeneração. Assim, os equinodermos podem regenerar partes perdidas e eliminá-las por **autotomia** em diferentes situações. A regeneração, nesse sentido, pode repor partes perdidas ou formar um animal completo a partir de uma porção do corpo, desde que esta possua parte do disco central.

Estrela-do-mar (*Astrofoma polypora*) originando um novo indivíduo a partir de um único braço.



dentes



Complexo mastigador (lanterna-aristóteles) em ouriço-do-mar (*Strongylocentrotus droebachiensis*).

Morfologia interna de um ouriço-do-mar

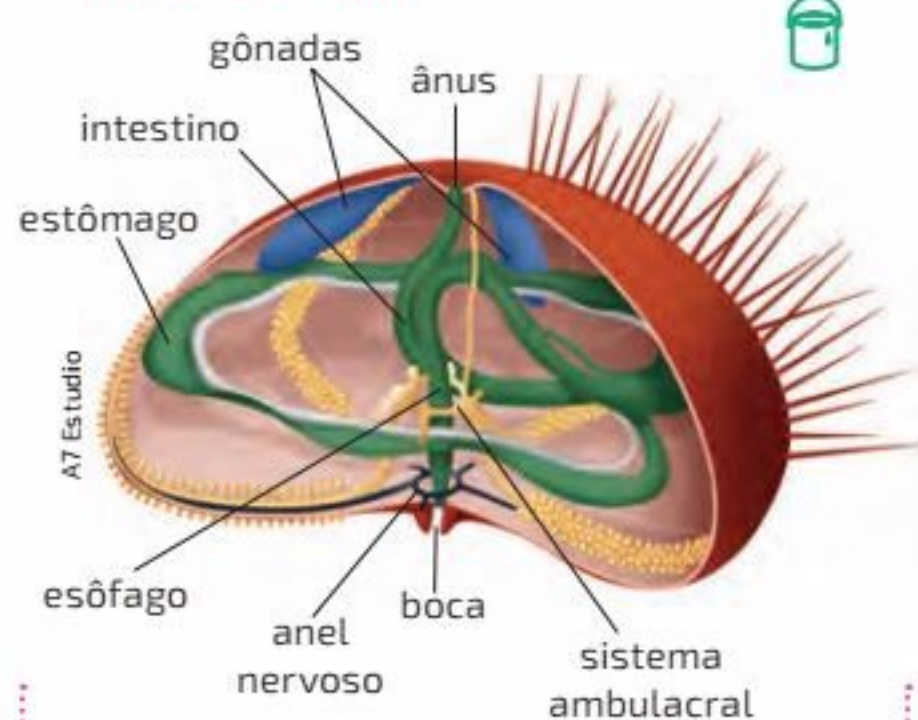


Ilustração produzida com base em: HICKMAN, C. L.; ROBERTS, L. S.; LARSON, A. Princípios integrados de zoologia. Tradução Antonio Carlos Marques et al. 11. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2009. p. 447.

Autotomia: eliminação espontânea de parte(s) do corpo, observada em alguns animais.

Ser vivo adulto

Estrela-do-mar: pode atingir 12 cm de diâmetro.

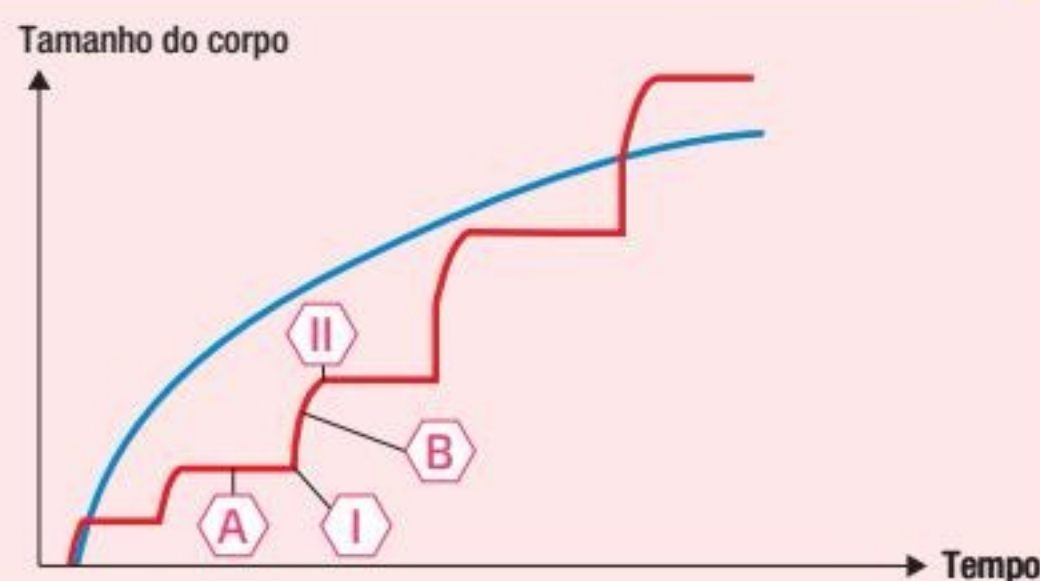




Veja as respostas das questões desta seção nas **Orientações para o professor**.

- Sobre os anelídeos, responda às questões:
 - Explique as principais características do corpo dos anelídeos.
 - Quais dessas características podem ser utilizadas para diferenciar cada um dos grupos do filo Annelida?
 - Descreva a fisiologia desse grupo de invertebrados de acordo com o que foi estudado na página 167 deste capítulo.
- Qual é a principal excreta nitrogenada produzida pelos insetos? De que forma ela contribui para a sobrevivência desse animal no ambiente terrestre?
- Qual é a função dos pigmentos respiratórios? Eles têm a mesma importância para os insetos e os demais grupos estudados neste capítulo? Justifique.
- No caderno, elabore um quadro apresentando informações sobre os grupos de artrópodes estudados neste capítulo (crustáceos, insetos, aracnídeos quilópodes e diplópodes). Para isso, destaque a divisão do corpo (tagmas), a quantidade de antenas e de pernas desses animais.
- Cite uma vantagem e uma desvantagem do exoesqueleto para os artrópodes.
- Sobre o crescimento dos artrópodes, observe o gráfico ao lado e responda às questões propostas.
 - Qual das linhas do gráfico ao lado representa o crescimento de artrópode: a azul ou a vermelha? E qual delas representa um não artrópode? Justifique.
 - O que as indicações A, B, I e II representam? Justifique.
 - Descreva o crescimento dos artrópodes citando as indicações ao lado em sua resposta.

Crescimento do corpo em função do tempo



Fonte: BRUSCA, R. C.; BRUSCA, G. J. Invertebrados. 2. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2007. p. 502.

- Sobre a classificação dos equinodermos, reescreva as frases abaixo no caderno, substituindo as letras pelas palavras corretas.
 - Os A possuem sistema digestório bastante simples: intestino e ânus são ausentes, a digestão e a absorção de nutrientes são feitas pelo estômago e as excretas são eliminadas pela B. Além disso, são representados pelas C.
 - Os D têm formato globoso e não possuem braços. Possuem E, um conjunto de dentes articulados (complexo mastigador) na região da boca, utilizado para raspar o substrato e triturar o alimento. São representados pelos F e pelas G.
 - Alguns H alimentam-se projetando o I sobre o alimento, no qual liberam enzimas para iniciar sua digestão. Possuem alta capacidade de regeneração e são representados pelas J.
 - Os K vivem a maior parte da vida fixos ao substrato e apresentam boca e ânus lado a lado e voltados para cima. São representados pelos L.
 - Os M têm o corpo dividido em regiões anterior e posterior. Possuem N, órgãos responsáveis pelas trocas gasosas e são representados pelos O.
- Relacione a coluna da esquerda com a da direita, de acordo com a fisiologia de anelídeos, artrópodes e equinodermos.

a) Túbulos de Malpighi	I) Órgãos excretores dos crustáceos.
b) Espiráculo	II) Órgãos respiratórios dos aracnídeos.
c) Glândulas antenais	III) Órgãos excretores dos aracnídeos, insetos e miriápodes.
d) Pulmões foliáceos	IV) Órgãos excretores dos oligoquetas.
e) Metanefrídios	V) Órgãos respiratórios dos holoturoídeos.
f) Árvores respiratórias	VI) Abertura do sistema respiratório traqueal dos insetos.

9. (Fuvest-SP) Tatuzinhos-de-jardim, escorpiões, siris, centopeias e borboletas são todos artrópodes. Compartilham, portanto, as seguintes características:
- a) simetria bilateral, respiração traqueal e excreção por túbulos de Malpighi.
 - b) simetria bilateral, esqueleto corporal externo e apêndices articulados.
 - c) presença de cefalotórax, sistema digestório incompleto e circulação aberta.
 - d) corpo não segmentado, apêndices articulados e respiração traqueal.
 - e) corpo não segmentado, esqueleto corporal externo e excreção por túbulos de Malpighi.
10. (PUC-SP) O animal A é hermafrodita e tem respiração cutânea, enquanto o animal B é dioico (tem sexos separados) e excreção por túbulos de Malpighi; já o animal C apresenta simetria pentarradial e sistema ambulacral. Os animais A, B e C podem ser, respectivamente:
- a) minhoca, gafanhoto e estrela-do-mar.
 - b) minhoca, planária e estrela-do-mar.
 - c) barata, planária e ouriço-do-mar.
 - d) barata, gafanhoto e hidra.
 - e) gafanhoto, barata e hidra.
11. (UEL-PR) Observe a figura e responda à questão a seguir.



A figura lembra o sistema hidrovascular ou ambulacral de um equinodermo. Esse sistema atua na locomoção, respiração, captura de alimento e como órgão sensorial, consistindo em um conjunto de canais no interior do corpo e de prolongamentos tubulares, os pés ambulacrais, que se projetam para fora através de poros.

Com relação às principais características das classes de equinodermos, [escreva no caderno] a alternativa correta.

- a) As estrelas-do-mar apresentam cinco braços ramificados e flexíveis, com a boca e o ânus localizados na região oposta ao substrato.
- b) As serpentes-do-mar possuem cinco braços finos e flexíveis, separados uns dos outros e ligados a um disco central, com a boca localizada na região voltada para o substrato.
- c) Os lírios-do-mar possuem cinco braços, a boca e os pés ambulacrais localizados na região voltada para o substrato e o ânus na região superior.
- d) Os ouriços-do-mar, desprovidos de braços, diferem do padrão do filo, com a boca localizada em uma das extremidades do corpo, rodeada por tentáculos, e o ânus na região oposta.
- e) Os pepinos-do-mar têm a boca localizada na região voltada para o substrato, o ânus na região superior e os pés ambulacrais distribuídos por todo o corpo.

Refletindo sobre o capítulo

Veja as respostas das questões desta seção nas **Orientações para o professor**.

- A Considerando que o animal da página 165 possui pedipalpos, seu nome popular, caranguejo-ferradura, condiz com o grupo de animais no qual ele é classificado? Justifique.
- B Qual é a principal vantagem do desenvolvimento indireto, que envolve a metamorfose completa?
- C O ambiente aquático ou terrestre pode interferir na fisiologia dos animais estudados neste capítulo. Cite pelo menos um exemplo que comprove essa afirmação.

Insetos de qualidade

[...]

Pequenos, quase imperceptíveis. Se a ausência de insetos dentro de casa representa limpeza, nos rios e córregos essa ausência pode, justamente, indicar poluição. Pesquisas recentes [...] têm demonstrado a eficácia do uso de macroinvertebrados* como bioindicadores para avaliar a qualidade da água. Degradados principalmente pela mão do homem, os ecossistemas aquáticos configuram um grande desafio para os estudos ecológicos [...]

[...]

INSETOS de qualidade. *Click Ciência*, São Carlos, edição 17. Reportagem. Disponível em: <www.clickciencia.ufscar.br/portal/edicao17/materia5_detalhe.php>. Acesso em: 9 mar. 2016.

*Informe aos alunos que os macroinvertebrados incluem grupos como crustáceos, moluscos, anelídeos e insetos.

Um indicador é conhecido como uma medida ou um índice que permite avaliar a saúde de um sistema, podendo ser físico, biológico ou econômico. Dessa forma, o indicador biológico ou bioindicador corresponde à biota de um ecossistema que pode ser utilizada para estimar a qualidade do ambiente. As alterações ambientais afetam o metabolismo e o comportamento dos indicadores biológicos. Por isso, eles são estudados para informar sobre a degradação de um ambiente. Assim, a presença, a ausência ou qualquer alteração na população desses seres vivos pode indicar uma alteração ambiental.



Fabio Colombini



As abelhas e vespas são ótimos indicadores biológicos. Por exemplo, as abelhas sem ferrão do gênero *Melipona* são sensíveis a mudanças na composição vegetal, à presença de inseticidas, fungicidas e poluentes presentes nas plantas. As alterações em sua população podem indicar alterações ambientais em ecossistemas, áreas agrícolas, urbanas e de mineração.

Abelha do gênero *Melipona*.

Visuals Unlimited/naturepic.com/EasyPix



Formigas da espécie *Wasmannia auropunctata* são indicadores de ambientes alterados, por causa da reduzida presença de vegetação nativa.

Formiga da espécie *Wasmannia auropunctata*.

Ser vivo adulto

Abelha: pode atingir cerca de 1 cm de comprimento.

Formiga: pode atingir 1,5 mm de comprimento.

Veja a resposta da questão desta seção nas **Orientações para o professor**.

- Junte-se a um colega e proponha uma situação em que um bioindicador poderia contribuir para a conservação de determinado ambiente.



Peixe góbio ou peixe-saltador-do-lodo, saltando em ambiente terrestre.

10

capítulo

Cordados: peixes e anfíbios

O animal da fotografia acima é um peixe pertencente à família Gobiidae, conhecido popularmente como peixe-saltador-do-lodo. Esse vertebrado está presente em regiões costeiras tropicais e subtropicais dos oceanos Índico e Pacífico e em manguezais da costa ocidental da África.

O peixe-saltador-do-lodo possui nadadeiras modificadas que auxiliam em sua locomoção, no ambiente terrestre, por meio de saltos, para caçar pequenos caranguejos ou até mesmo insetos terrestres.

Bastante ativo fora da água, ele possui grandes câmaras branquiais, nas quais armazena água, e pode retirar delas o gás oxigênio de que precisa quando se encontra em ambiente terrestre. Outra adaptação presente nesse animal que consegue respirar fora d'água é a capacidade de realizar trocas gasosas por meio do epitélio da boca e da faringe.

Os peixes desse gênero também têm o comportamento de escavar o lodo para formar um túnel, no qual permanecem para regular a temperatura de seu corpo. Além disso, utilizam-no para se proteger contra predadores e também para armazenar os ovos fecundados, de onde eclodem as larvas.

A Apesar de apresentar algumas adaptações para a vida em ambiente terrestre, o peixe-saltador-do-lodo pertence ao grupo dos peixes. Quais são as principais características observadas nesse grupo de vertebrados?

B Quais características o peixe-saltador-do-lodo apresenta que o assemelha a um anfíbio? *A presença de nadadeiras modificadas em forma de membros e a capacidade de respirar por meio da pele.*

C Explique como ocorre a respiração nos anfíbios.

D Os anfíbios formam um grupo de vertebrados que apresenta diversas adaptações para viver em ambiente terrestre. Cite três dessas adaptações.

Possíveis respostas: membros para se locomover em ambiente terrestre, estrutura do corpo, presença de pulmões, sistema circulatório com a passagem do sangue pelos pulmões.

Ser vivo adulto

Peixe-saltador-do-lodo: pode atingir 15 cm de comprimento.

A) Os peixes possuem um esqueleto com coluna vertebral de origem óssea ou cartilaginosa. A maioria vive em ambientes aquáticos, e utiliza as brânquias para realizar as trocas gasosas. Possuem nadadeiras distribuídas pelo corpo e linha lateral, que os auxiliam a perceber o ambiente ao seu redor.

C) Os anfíbios respiram por meio de brânquias na fase larval e, quando adultos, a maioria deles respira pela pele e pelos pulmões.

Cordados

O filo dos cordados é composto de alguns animais invertebrados e, também, de todos os animais vertebrados, isto é, aqueles que possuem um esqueleto interno com vértebras, tais como peixes, anfíbios, répteis, aves e mamíferos.

Os cordados apresentam simetria bilateral, são triblásticos e celomados. Eles ocorrem em todos os tipos de ambiente – marinho, de água doce e terrestre.

A principal característica que classifica um animal como um cordado é: a presença, em alguma fase de sua vida, da notocorda, de um tubo nervoso dorsal oco, de fendas faríngeas e de uma cauda pós-anal.

A **notocorda** é um bastão de células rígido, mas flexível. Ela não só fornece sustentação para o corpo dos cordados, mas também funciona como um eixo firme sobre o qual agem os músculos durante a locomoção. A formação da notocorda inicia-se nos primeiros estágios de desenvolvimento embriológico. Em alguns cordados, como os anfioxos, a notocorda dura por toda a vida, mas, nos vertebrados, ela é substituída por vértebras formadas por tecido ósseo ou cartilaginoso.

O **tubo nervoso** nos cordados é oco e dorsal, e é formado pelo dobramento de células ectodérmicas acima da notocorda. Nos vertebrados, ele se transforma na medula espinal e no encéfalo, que é protegido por um crânio cartilaginoso ou ósseo.

As **fendas faríngeas** são estruturas formadas durante o desenvolvimento embrionário, e que permanecem durante toda a vida em alguns cordados, como nos anfioxos e nos peixes. Nesses cordados, elas se desenvolvem e comunicam a faringe com o meio externo. Em vertebrados tetrápodes, aqueles que possuem quatro membros, tais como anfíbios, répteis, aves e mamíferos, essas fendas se desenvolvem em outras estruturas.

A **cauda pós-anal** está presente na grande maioria dos cordados e auxilia em sua movimentação. No ser humano, ela é vestigial, ou seja, não funcional e seria formada pelas vértebras do final da coluna, o cóccix.

Os cordados são classificados em três subfilos: urocordados, cefalocordados e craniados, também chamados de vertebrados.

Urocordados

Os urocordados são animais marinhos, encontrados em todas as regiões costeiras. A maioria das espécies é sésil na fase adulta, mas existem espécies livre-natantes.

Esses animais secretam uma túnica externa, por isso também são chamados **tunicados**. Entre seus representantes está a ascídia, animal que pode ter vida solitária ou colonial.

A ascídia possui um sifão oral, que serve de entrada para a água do mar, e um sifão atrial para a saída da água. No interior da túnica, estão as fendas faríngeas, uma das quatro características dos cordados presentes na fase adulta. A faringe é responsável por capturar o alimento em uma rede de muco e realizar as trocas gasosas. Ela também pode gerar uma corrente de água em seu interior pelo movimento de cílios. Os alimentos capturados pelo muco da faringe são direcionados até o esôfago e o estômago, depois são absorvidos pelo intestino e eliminados pelo ânus, próximo ao sifão atrial.

Características gerais de um cordado

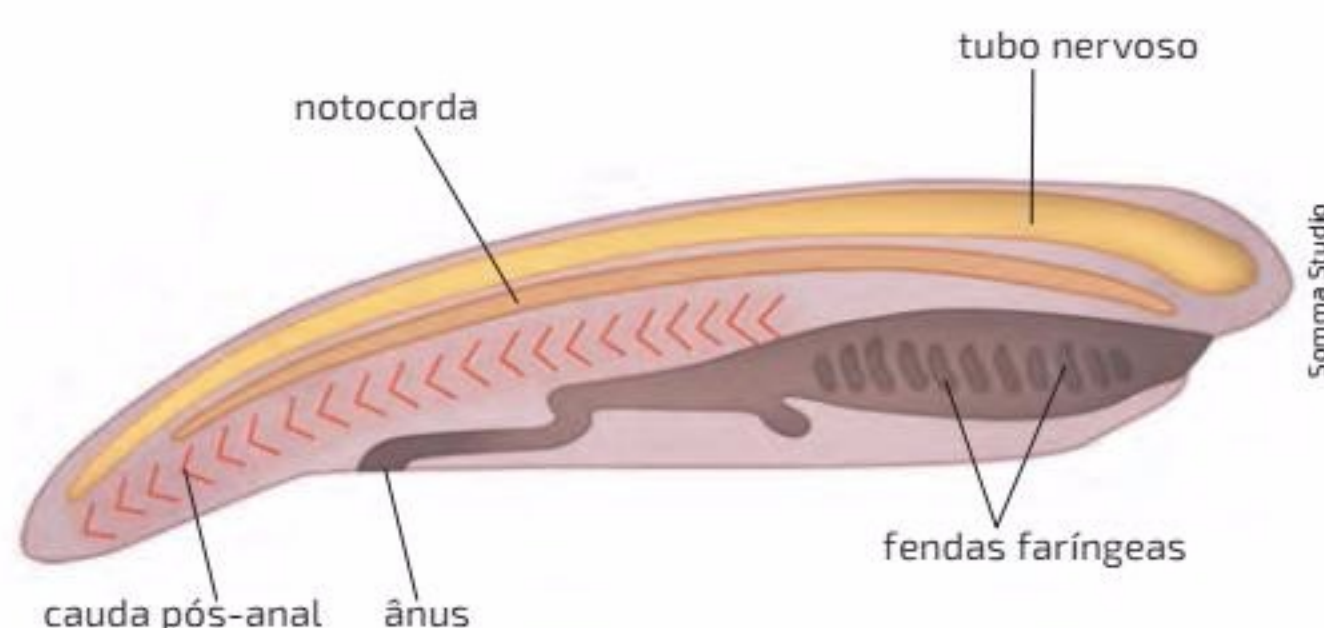


Ilustração produzida com base em: CAMPBELL, N. A. et al. *Biology*. 8. ed. San Francisco: Pearson Benjamin Cummings, 2009. p. 699.



O sistema circulatório dos tunicados é fechado. O coração realiza um movimento incomum: envia o sangue para uma direção, por meio de algumas contrações; em seguida, para e reverte o movimento, levando o sangue à direção oposta. As ascídias são hermafroditas, ou seja, um mesmo indivíduo tem gônada masculina e feminina.

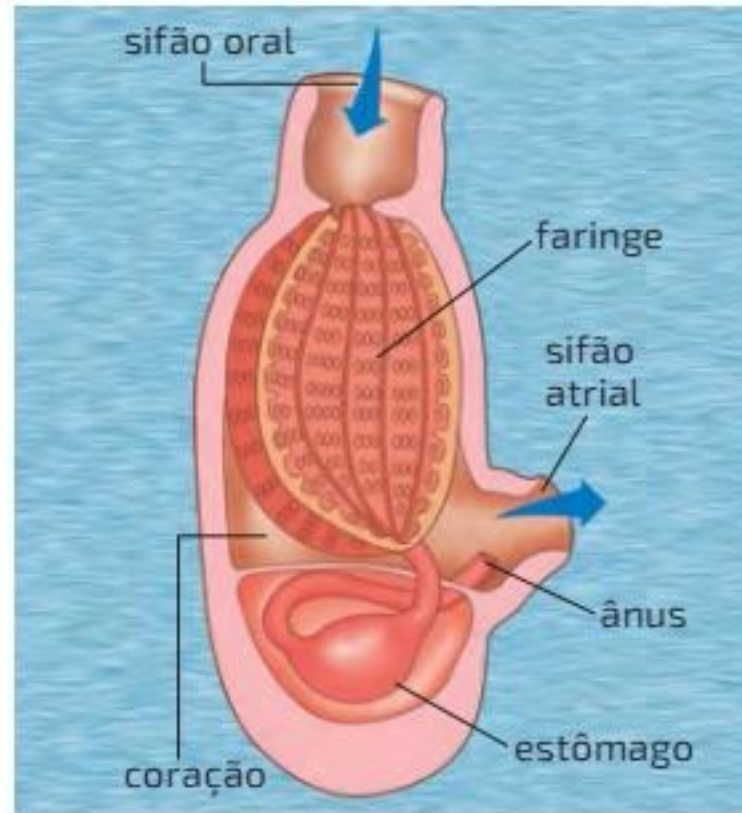
Os urocordados possuem uma fase larval que lembra um pequeno girino dos anfíbios. Nessa fase, a notocorda encontra-se restrita à cauda, fato que origina o nome urocordado (do grego, *uro* significa cauda; *codon*, cordão). Conforme a larva se desenvolve, a cauda é perdida juntamente com a notocorda, e o tubo nervoso, também presente nessa fase, se reduz a um gânglio simples.



Ilustrações produzidas com base em: CAMPBELL, N. A. et al. *Biology*. 8. ed. San Francisco: Pearson Benjamin Cummings, 2009. p. 701.



Estrutura da larva de uma ascídia.



Estrutura de uma ascídia adulta.



Ascídia.

Cefalocordados

Os cefalocordados são cordados que mantêm a notocorda por toda a vida. Eles podem variar de 5 a 15 cm, e a grande maioria habita o fundo de mares arenosos rasos.

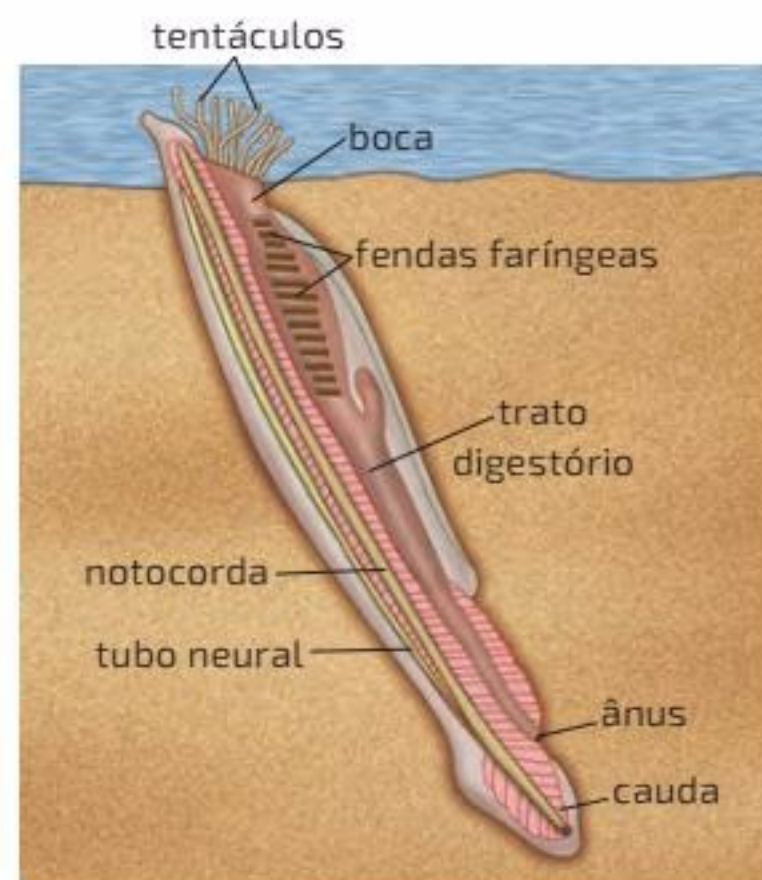
O anfioxo é o representante mais conhecido desse grupo. Ele tem pequenos tentáculos que auxiliam a criar um fluxo de água que flui até as fendas faríngeas, alimenta-se por meio de filtração e vive grande parte do tempo enterrado no substrato dos oceanos.

Nas fendas faríngeas, existe um tipo de muco no qual o alimento é aprisionado e dirigido pelos cílios até o esôfago e o estômago. Os nutrientes são absorvidos no intestino, e as partículas não digeridas são eliminadas pelo ânus.

O sistema circulatório dos animais pertencentes a esse subfilo é fechado. Esses animais eliminam suas excretas por meio de nefrídios. Os sexos são separados, e a fecundação é externa, com espermatozoides e óvulos dispersos no oceano.



Ilustração produzida com base em: CAMPBELL, N. A. et al. *Biology*. 8. ed. San Francisco: Pearson Benjamin Cummings, 2009. p. 700.



Estrutura de um anfioxo.



Anfioxo.

Ser vivo adulto

Anfioxo (*Branchiostoma lanceolatum*): pode atingir 6 cm de comprimento.

Ascídia (*Rhopalaea* sp.): pode atingir 5 cm de comprimento.

Craniados ou vertebrados

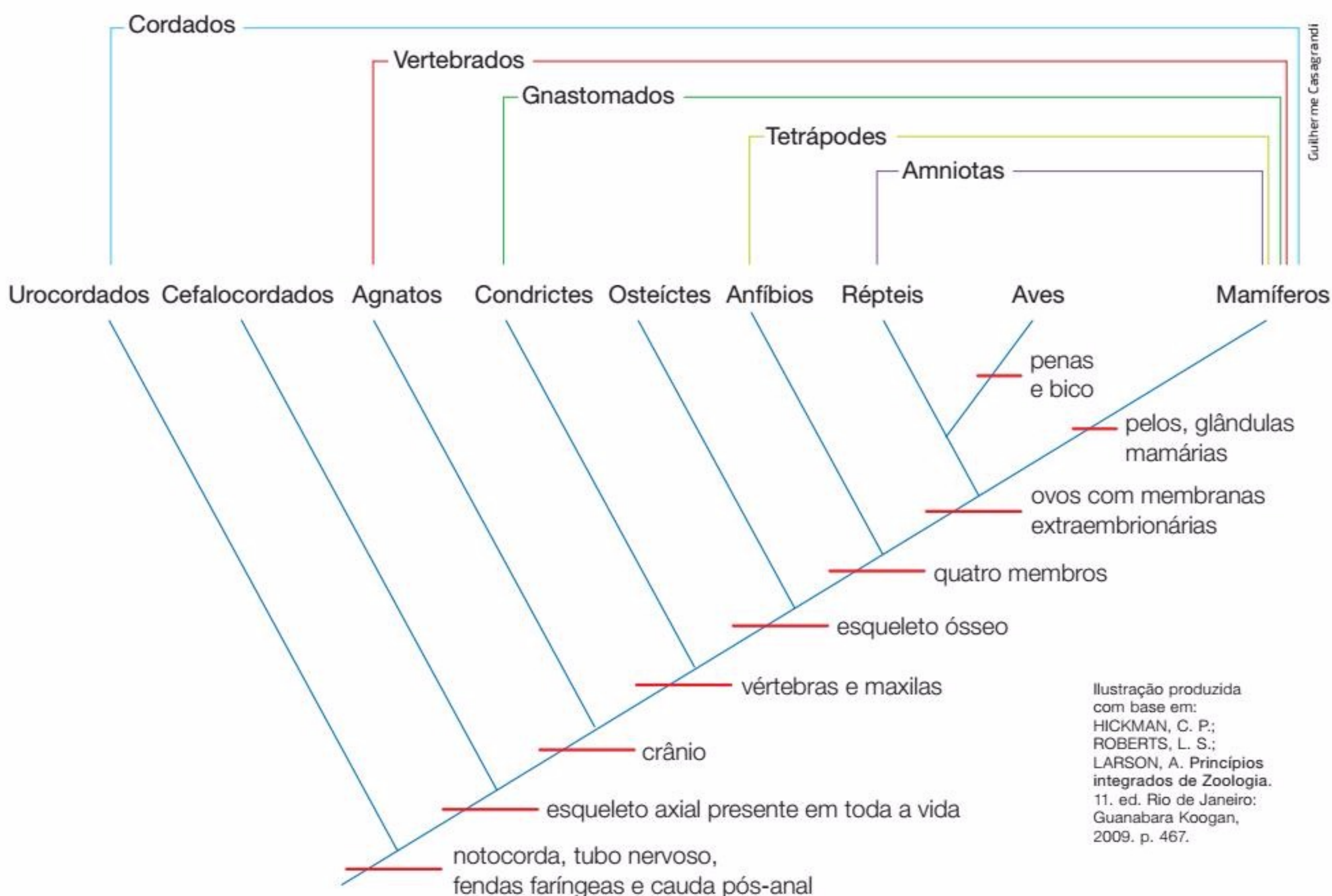
Uma das principais características dos craniados é que apresentam um crânio ósseo ou cartilaginoso, que protege o encéfalo bastante desenvolvido em relação aos invertebrados. No esqueleto desses animais, há uma coluna vertebral formada por vértebras ósseas ou cartilaginosas, as quais se articulam e protegem a medula espinal que passa em seu interior.*

Desse subfilo fazem parte os chamados animais agnatos e os gnatostomados. Entre os **agnatos**, vertebrados sem mandíbula, destacam-se as feiticeiras e as lampreias. As feiticeiras não têm vértebras, e as lampreias apresentam rudimentos de cartilagem ao redor do tubo nervoso. Já os **gnatostomados**, vertebrados com mandíbula, entre eles peixes, anfíbios, répteis e mamíferos, têm vértebras verdadeiras.

Os vertebrados formam um grupo bem diversificado. Seus representantes têm sistema digestório completo, sistema excretor com rins e um coração ventral com duas, três ou quatro câmaras. De maneira geral, apresentam sexos separados, cada sexo com um par de gônadas, com aberturas que descarregam os gametas na cloaca ou em aberturas genitais próximas ao ânus.

Classificação dos vertebrados

Os vertebrados são formados por sete grupos: os agnatos ou ciclóstomos, condrictes (peixes cartilagosos), osteíctes (peixes ósseos), anfíbios, répteis, aves e mamíferos. Observe, a seguir, o cladograma dos cordados e veja nele a classificação dos vertebrados.



*No entanto, nem todos os craniados possuem coluna vertebral. Assim, o emprego desse termo é mais apropriado para descrever o grupo. Apesar disso, nesta coleção, optamos por utilizar o termo **vertebrado**, que é mais conhecido.

1. Qual é a importância da coluna vertebral?

Ela dá suporte ao crânio e protege a medula espinal.

2. O que se pode concluir sobre a relação filogenética entre as aves e os répteis?

As aves se ramificaram a partir dos répteis.

Ilustração produzida com base em:
HICKMAN, C. P.;
ROBERTS, L. S.;
LARSON, A. *Princípios integrados de Zoologia*.
11. ed. Rio de Janeiro:
Guanabara Koogan,
2009. p. 467.

Peixes

Os peixes são animais aquáticos que respiram por meio de brânquias e possuem nadadeiras. Essas características se aplicam à grande maioria das espécies do grupo, com algumas exceções, como os peixes pulmonados, que também têm estruturas modificadas em pulmões para respirar.

Os peixes apresentam adaptações para a vida aquática presente no planeta, e, atualmente, são conhecidas mais de 26 mil espécies. A sobrevivência desses animais no meio aquático foi possível em razão das características citadas acima, e também da capacidade que eles têm de manter certa flutuação na coluna de água.

A denominação “peixes” não consiste em uma classificação, mas faz referência a um grupo de animais que apresentam as características descritas acima. Quanto à classificação, os peixes são separados em três grupos: agnatos ou ciclóstomos, os condrites e os osteíctes.

Ser vivo adulto

Feiticeira (*Eptatretus stouti*): pode atingir 64 cm de comprimento.

Lampreia (*Petromyzon marinus*): pode atingir 30 cm de comprimento.



Boca circular da lampreia, característica dos agnatos.

3. Que outro grupo de peixes possui esqueleto cartilaginoso?

Os condrites.



A pele dos agnatos não apresenta escamas e tem glândulas de muco. O esqueleto dos agnatos é cartilaginoso, e neles a notocorda persiste na fase adulta. Esses animais possuem nadadeiras ímpares dorsal, caudal e anal pouco desenvolvidas, respiram por meio de aberturas branquiais, apresentam sistema urinário formado por rins simples e sua excreção é feita pela cloaca.

Os agnatos não têm órgãos reprodutores especializados. Os gametas são produzidos pelo celoma e liberados através de poros urinários. Esses animais se reproduzem por fecundação externa, e o desenvolvimento é direto nas feiticeiras e indireto nas lampreias, que apresentam uma fase larval.

Os agnatos dividem-se em duas classes: os mixíneos e os petromizontes. Os mixíneos são formados pelas feiticeiras, com aproximadamente 60 espécies conhecidas, entre elas a *Myxine sotoi*, encontrada no Brasil. Seus olhos são rudimentares e cobertos por uma pele. Para localizar seus alimentos, utilizam o olfato e o tato.

Esses animais secretam grande quantidade de muco, presente na parede do corpo para inibir predadores. Esse muco adere ao predador e pode obstruir suas brânquias, forçando-o a se retirar.

A boca é circundada por seis tentáculos, que podem ser estendidos e movimentados para a procura de alimento.

Feiticeira ou peixe-bruxa.



As lampreias são as representantes da classe dos **petromizontes**. Vivem principalmente no Hemisfério Norte, e delas são conhecidas aproximadamente de 40 a 50 espécies.



A boca circular e o esôfago localizam-se ao longo do funil oral, cuja superfície interna contém diversas fileiras de dentículos queratinizados bem desenvolvidos, em forma de cone. Essa estrutura permite à lampreia utilizar sua boca como uma ventosa, que a ajuda a se fixar no corpo de outros peixes maiores, perfurando-lhes a pele com a língua e os dentes, para sugar o sangue e os demais tecidos do hospedeiro. O peixe parasitado, geralmente, não morre, mas fica muito debilitado. Em virtude de seu hábito parasita, a respiração das lampreias ocorre pela entrada e pela saída da água pelas brânquias.

Diferentemente das feiticeiras, as lampreias têm olhos grandes e desenvolvidos. Algumas espécies são parasitas somente na fase larval, e outras, somente na fase adulta.

• Condrictes

Os condrictes, também conhecidos como peixes cartilaginosos, são animais principalmente marinhos, com aproximadamente 840 espécies conhecidas. Entre seus representantes estão os tubarões, as raias e as quimeras. A origem do nome desse grupo se deve à presença de seu esqueleto cartilaginoso (do grego, *chondros* significa cartilagem; *ichthys*, peixe).

Esse é o primeiro grupo, na linha evolutiva dos cordados, que apresenta mandíbula (gnatostomados) e vértebras. O desenvolvimento de maxilas nos gnatostomados permitiu-lhes uma variedade de novos comportamentos alimentares, tais como agarrar presas, cortar o alimento com o auxílio dos dentes e moer alimentos duros.

Esses animais apresentam nadadeiras peitorais e pélvicas pares, que, estão presentes uma de cada lado do corpo do peixe e podem variar de número conforme a espécie. Também têm uma nadadeira caudal, uma dorsal e uma anal.

As raias têm o corpo achatado e as nadadeiras peitorais expandidas. Já os tubarões apresentam uma nadadeira caudal bem desenvolvida, que proporciona o impulso para a natação, graças aos movimentos da cauda. Esta é dividida em dois lobos, e o lobo superior contém o final da coluna vertebral e é ligeiramente maior que o inferior. Essa característica é uma adaptação que impulsiona o corpo do tubarão para cima.

Em algumas espécies de tubarões e raias, os machos apresentam uma nadadeira anal, que se modifica em órgão copulador chamado cláspere.

Tubarão-lixo (*Ginglymostoma cirratum*), que ocorre em toda a costa brasileira. Vive próximo ao fundo do mar e alimenta-se de invertebrados.



Lampreia parasitando um peixe.

Ser vivo adulto

Peixe (*Argyrosomus regius*): pode atingir 2 m de comprimento.

Quimera (*Hydrolagus colliei*): pode atingir 1 m de comprimento.

Raia (*Potamotrygon motoro*): pode atingir 1 m de comprimento.

Tubarão-lixo (*Ginglymostoma cirratum*): pode atingir 3 m de comprimento.



Raia (*Potamotrygon motoro*).



Quimera (*Hydrolagus colliei*).



Os condrites estão divididos em dois grupos: os **holocéfalos**, formados pelas quimeras, e os **elasmobrânquios**, formados por raias e tubarões.

Os holocéfalos não possuem escamas e apresentam quatro brânquias recobertas por um tipo de membrana chamada **opérculo**.

Os elasmobrânquios têm o corpo revestido por **escamas placoides**. A parte externa dessas escamas é de origem epidérmica e composta de esmalte. Elas formam uma pele resistente, protetora e flexível, que facilita o fluxo de água na superfície do corpo durante a natação, reduzindo seu atrito. Essas escamas são continuamente adicionadas ao tegumento conforme o animal cresce. A parte interna das escamas placoides é de origem dérmica, composta de dentina, que envolve um canal central – a polpa. Essa estrutura é semelhante aos dentes de mamíferos.

Os tubarões e as raias possuem de cinco a sete pares de brânquias visíveis externamente. Observe.

Ilustrações produzidas com base em: HICKMAN, C. P.; ROBERTS, L. S.; LARSON, A. *Princípios integrados de Zoologia*. 11. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2009. p. 489, 494.



Anatomia externa de um tubarão com destaque para as escamas placoides.

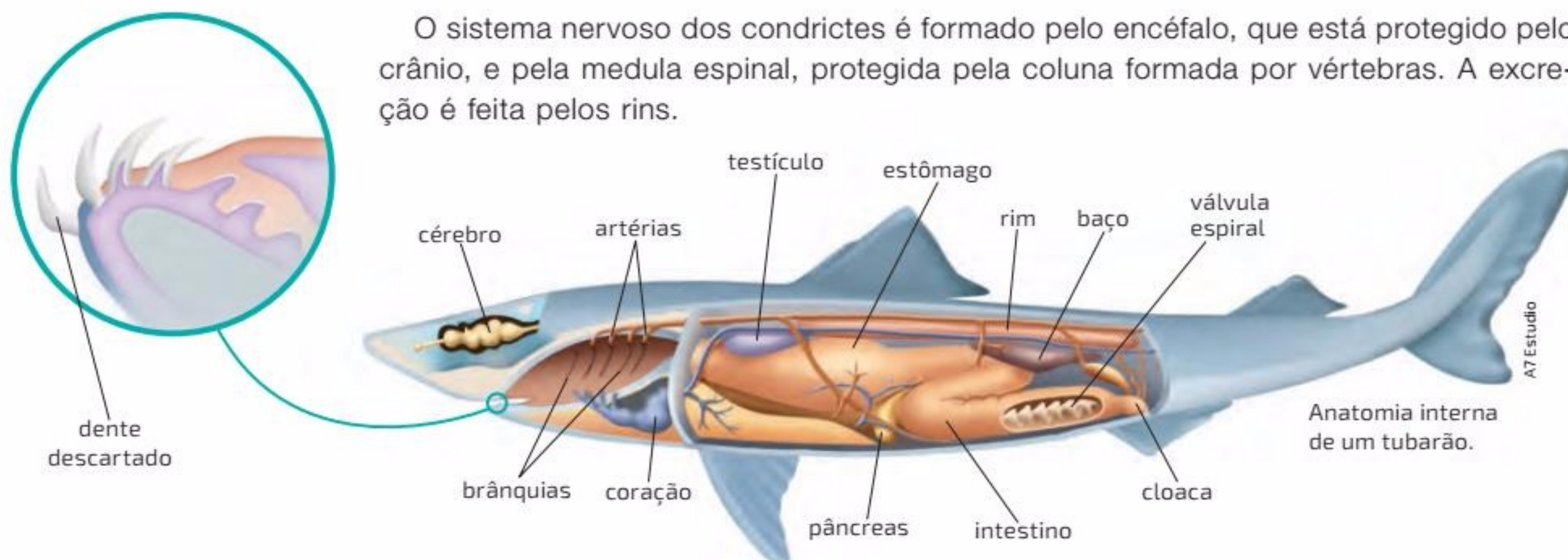
Nos tubarões, a boca ventral apresenta várias fileiras de dentes pontiagudos e com formato triangular, estruturalmente similares às escamas placoides. A fileira anterior possui os dentes mais desenvolvidos, que estão em uso. Há outras fileiras com dentes em desenvolvimento. Ao se tornarem desgastados pelo uso, os dentes da primeira fileira caem e são substituídos pela fileira seguinte, em um processo que ocorre periodicamente.

Após a boca, tem início a faringe onde estão localizadas as fendas branquiais. O esôfago é curto e largo e comunica-se com o estômago. O intestino possui uma **válvula espiral**, a qual consiste em uma dobra interna que retarda a passagem do alimento e aumenta a superfície de absorção de nutrientes. Ele termina em uma cloaca, que, além do conteúdo intestinal, também recebe os produtos do rim e das gônadas.

Esses animais têm, ainda, fígado e pâncreas que se abrem para o intestino; não possuem **vesícula gasosa**, também conhecida como **bexiga natatória**, estrutura relacionada à flutuação, presente nos osteíctes.

O sistema nervoso dos condrites é formado pelo encéfalo, que está protegido pelo crânio, e pela medula espinal, protegida pela coluna formada por vértebras. A excreção é feita pelos rins.

Ilustração produzida com base em: HICKMAN, C. P.; ROBERTS, L. S.; LARSON, A. *Princípios integrados de Zoologia*. 11. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2009. p. 489, 491.

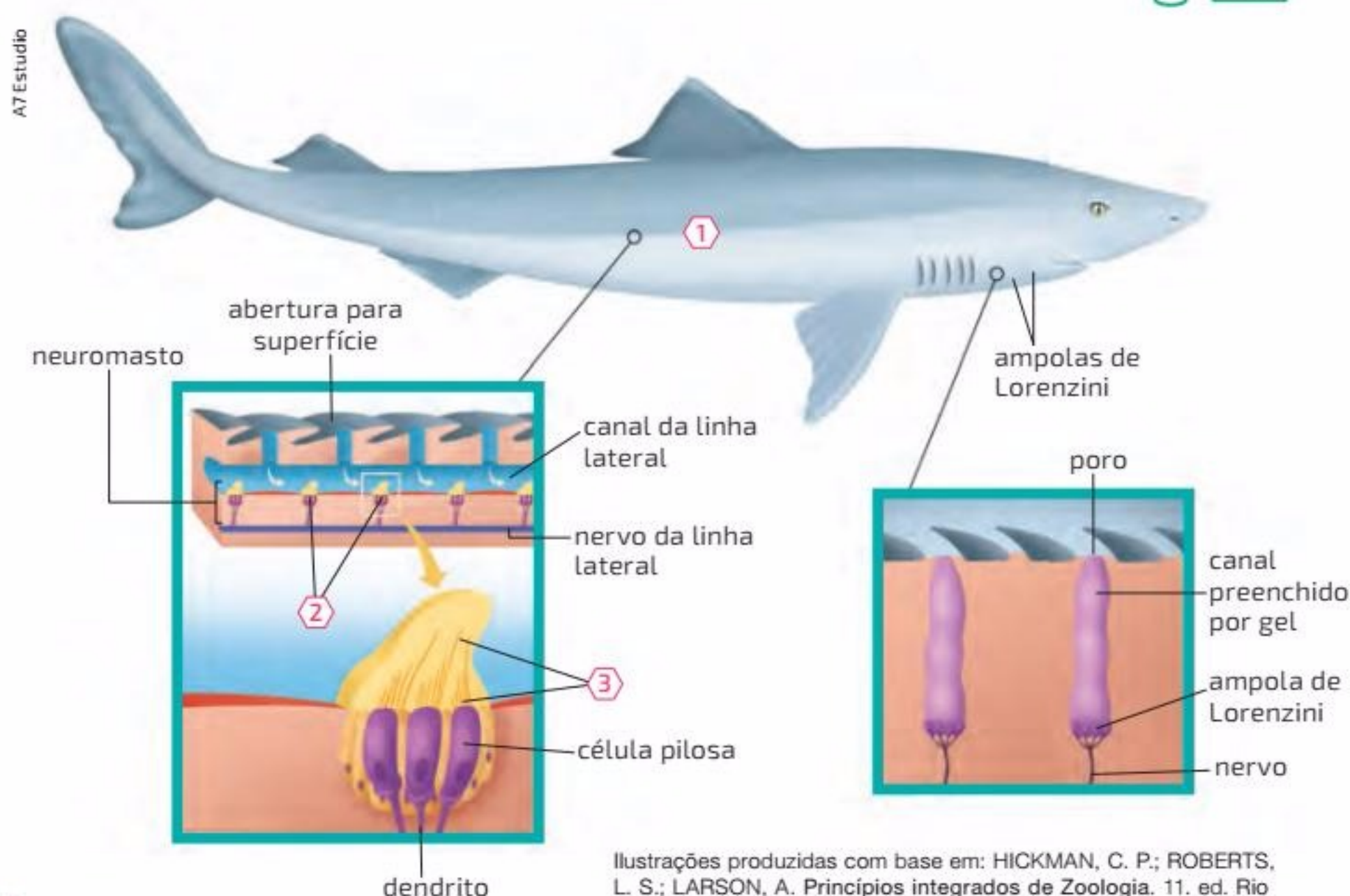


Anatomia interna de um tubarão.

A maioria dos tubarões é predadora e apresenta adaptações importantes para esse hábito. As presas podem ser detectadas a vários metros de distância por meio do olfato ou por um sistema que detecta vibrações a certas distâncias, chamado de **linha lateral**. Esse sistema é formado por órgãos receptores mecânicos de vibrações, que consistem em uma sequência de orifícios distribuídos na cabeça e ao longo da lateral do corpo, nos quais se encontram células sensíveis às movimentações na água. A partir desse órgão, o animal obtém informações sobre o ambiente ao seu redor.

Ao se aproximar da presa, o tubarão utiliza seus olhos bem desenvolvidos para identificá-la e atacá-la. No estágio final do ataque, ele usa um sistema formado por eletorreceptores chamados de **ampolas de Lorenzini**, que captam o campo bioelétrico da presa. Esse sistema pode ser encontrado na cabeça dos tubarões e nas nadadeiras peitorais das raias.

Funcionamento da linha lateral



Ilustrações produzidas com base em: HICKMAN, C. P.; ROBERTS, L. S.; LARSON, A. *Princípios integrados de Zoologia*. 11. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2009. p. 489-490.

A linha lateral ① encontra-se logo abaixo da superfície da pele. No interior da linha, existe um canal com líquido e estruturas chamadas de **cúpulas** ②, as quais contêm células pilosas. Conforme o peixe se movimenta, esse líquido movimenta as cúpulas, alterando a posição de **estereocílios** ③, que ficam sobre as células pilosas. Essa alteração estimula essas células a enviar sinais, por meio dos dendritos, para o cérebro do peixe, os quais são traduzidos em informações sobre a localização do estímulo recebido.

• Osteíctes

Os representantes dessa classe somam mais de 95% dos peixes vivos. Diferenciam-se dos condríctes porque possuem o esqueleto ósseo, característica que dá nome ao grupo (do grego, *osteon* significa osso; *ichthys*, peixe).

Os osteíctes são classificados em dois grupos: os **actinoptérigeos** – peixes com nadadeiras raiadas (do grego, *actinos* significa raio; *pteryg*, nadadeira); e os **sarcoptérigeos** – peixes que possuem nadadeiras lobadas (do grego, *sarco* significa carnosos; *pteryg*, nadadeira). O foco do estudo será dado para os actinoptérigeos, que representam a grande maioria dos peixes ósseos.

Actinoptérigeos

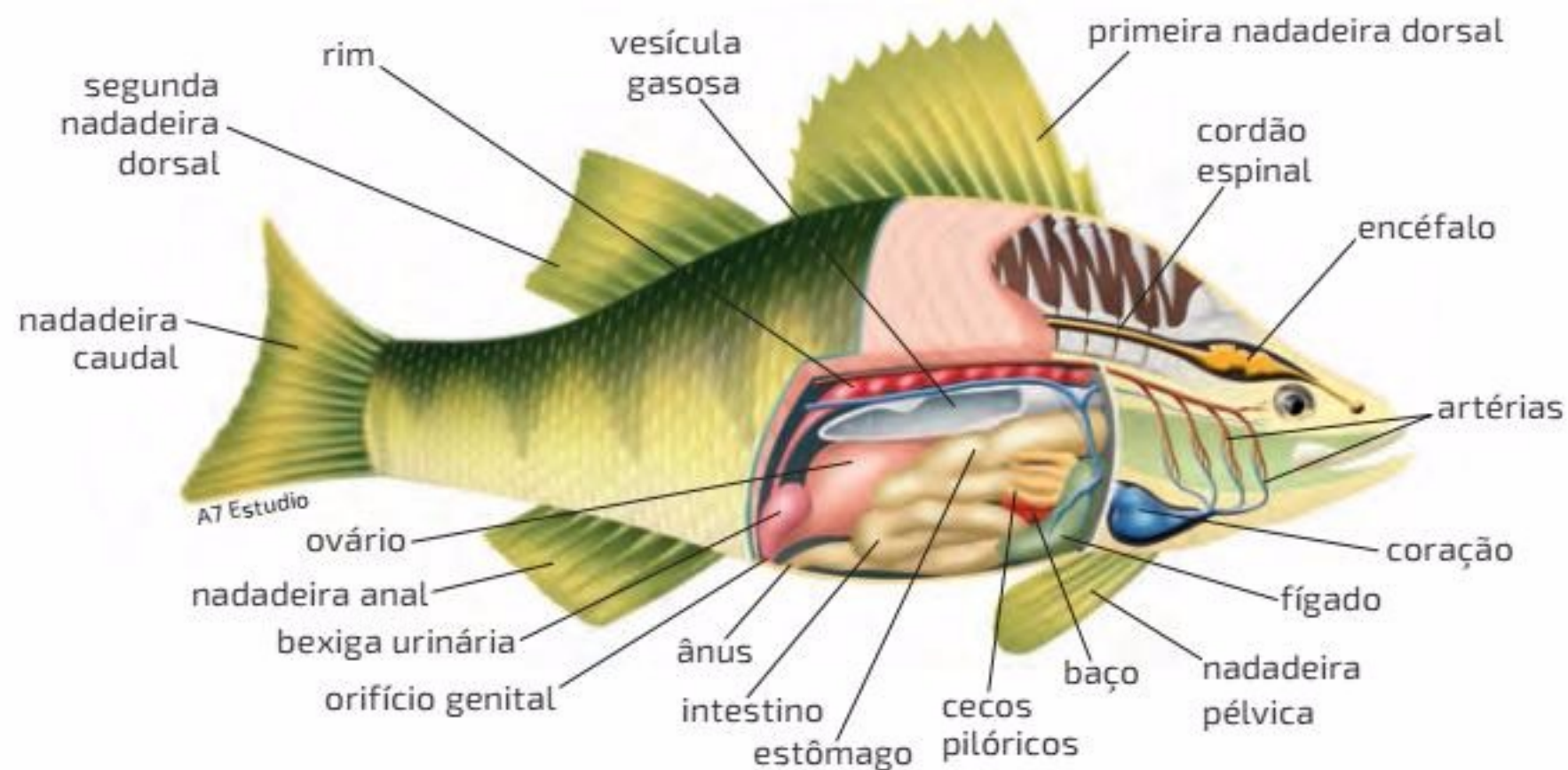
Essas espécies têm nadadeiras com feixes de ossos finos em forma de leque. São flexíveis, o que ajuda na mudança de direção e permite manobras mais rápidas. Apresentam epiderme com glândulas produtoras de muco e escamas dérmicas. No entanto, alguns peixes ósseos são totalmente desprovidos de escamas, como é o caso dos bagres e das enguias.

A boca contém dentes geralmente iguais entre si, mas que podem variar de formato conforme a espécie. Após a boca, segue a faringe, que é formada por um par de câmaras laterais onde se alojam de quatro a cinco pares de aberturas branquiais protegidas por **opérculos** – estruturas ósseas móveis que aumentam a eficácia da circulação de água e das trocas de gases.

Um curto esôfago chega até o estômago, que se comunica com o intestino. Diferentemente dos condrites, o intestino não tem válvula espiral. Nesse caso, as enzimas digestivas são produzidas nos cecos pilóricos, estruturas que também contribuem para aumentar a superfície de contato entre a mucosa intestinal e os alimentos. O intestino termina em ânus e abre-se externamente próximo ao orifício genital.



Ilustração produzida com base em: HICKMAN, C. P.; ROBERTS, L. S.; LARSON, A. *Princípios integrados de zoologia*. 11. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2009. p. 493.



Anatomia externa e interna de uma perca-amarela.

A respiração dos peixes osteíctes, e também dos condrites, ocorre por meio do fluxo de água através das brânquias, local onde ocorrem as trocas gasosas. Observe como ela ocorre, no esquema a seguir.

Respiração dos peixes

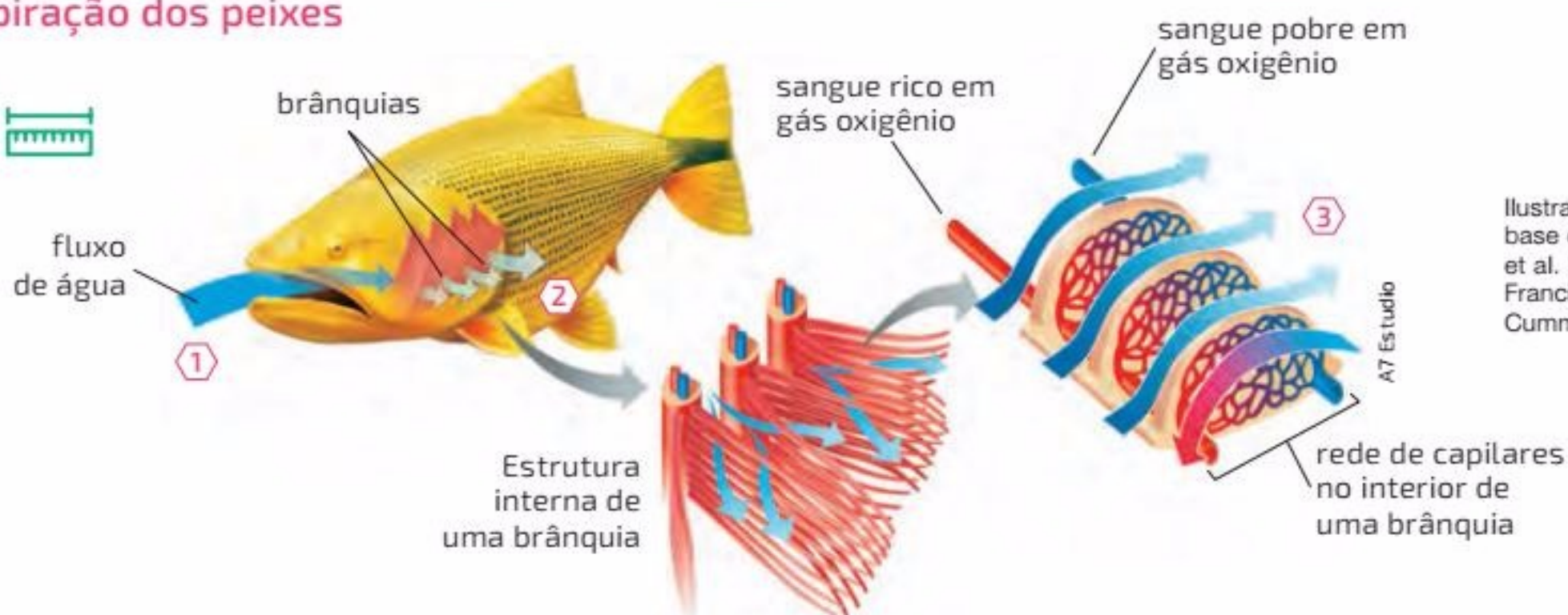
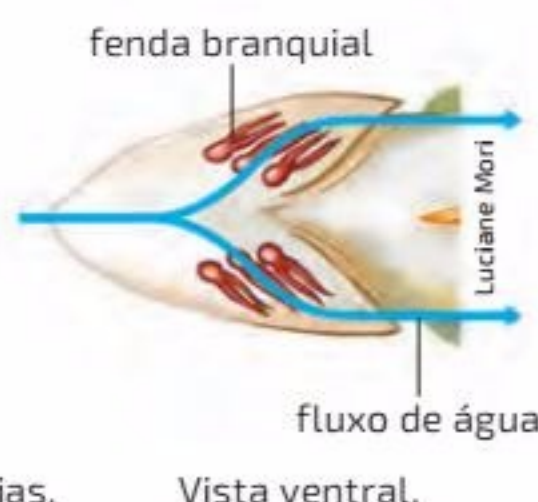
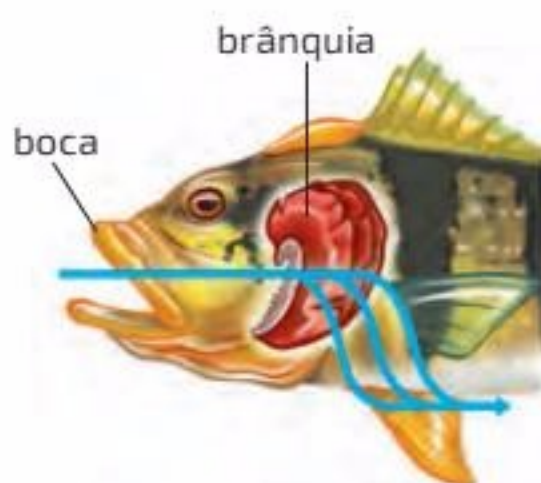


Ilustração produzida com base em: CAMPBELL, N. A. et al. *Biology*. 8. ed. San Francisco: Pearson Benjamin Cummings, 2009. p. 917.

A água entra pela **boca** (1), passa pelas brânquias e sai pelas **fendas branquiais** (2). As brânquias possuem vasos sanguíneos que recebem o gás oxigênio da água e liberam nela o gás carbônico (3).



Ilustrações produzidas com base em: POUGH, F. H. et al. *A vida dos vertebrados*. 3. ed. São Paulo: Atheneu, 2003. p. 84.

O sistema circulatório dos peixes osteíctes é **fechado e completo**, formado por um coração com duas cavidades – um átrio e um ventrículo –, artérias, veias e capilares. Esse sistema é chamado **simples**, pois o sangue passa somente uma vez pelo coração antes de seguir para o corpo. Já o sistema circulatório de anfíbios, répteis, aves e mamíferos é **duplo**, pois o sangue passa duas vezes pelo coração antes de seguir para o corpo. Observe o esquema abaixo.

Sistema circulatório dos peixes

O sangue rico em gás carbônico, que vem de todas as partes do corpo, é levado pelas veias **1** até o **seio venoso** **2**, e depois para o átrio **3**. Do átrio, o sangue passa para o ventrículo **4**, de onde é bombeado para a **aorta ventral** **5**, até chegar aos capilares que circundam as **brânquias** **6**. Nesse local, o gás carbônico sai dos capilares para a água, e o gás oxigênio dissolvido nela entra nos capilares. O sangue oxigenado é conduzido pela **aorta dorsal** **7**, que se ramifica até atingir todas as partes do **corpo** **8**.

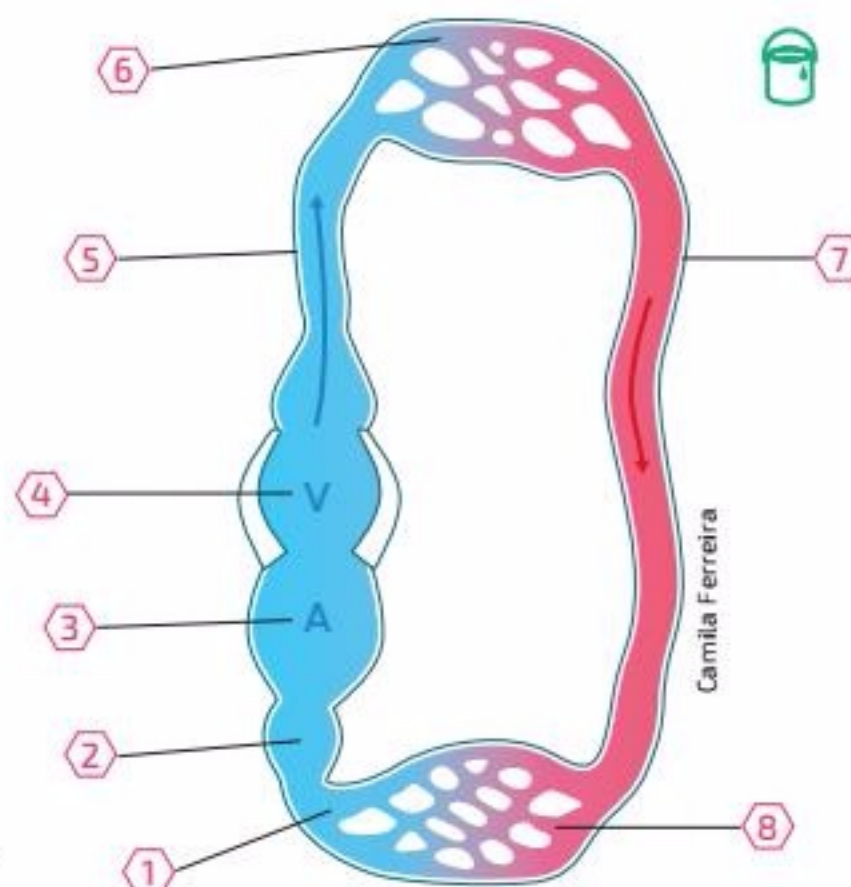


Ilustração produzida com base em: CAMPBELL, N. A. et al. *Biology*. 8. ed. San Francisco: Pearson Benjamin Cummings, 2009. p. 901.

*Aproveite esse assunto e trabalhe com os alunos a seção **Encontro com... Física**, na página 192, para que compreendam melhor como ocorre essa relação do volume de gás e a posição do peixe na água.

Os peixes ósseos têm, ainda, um órgão chamado **vesícula gasosa** ou **bexiga natatória**. Conforme o peixe muda de posição na coluna de água, a variação do volume de gás no interior desse órgão permite que o peixe mantenha sua flutuabilidade. Quando ele nada para o fundo, o volume do gás reduz; quando ele nada para cima, o volume do gás aumenta*. Veja a seguir.

Ilustrações produzidas com base em: SCHMIDT-NIELSEN, K. *Fisiologia Animal: adaptação e meio ambiente*. 5. ed. São Paulo: Santos, 2002. p. 453.

Vesícula gasosa

- 1** A vesícula gasosa, quando preenchida por gás, aumenta seu volume. Como o ar é menos denso do que a água, o peixe consegue nadar em áreas mais rasas.
- 2** Quando o peixe nada para o fundo, a vesícula gasosa se esvazia, reduzindo a densidade do peixe e permitindo-o nadar em áreas mais profundas.



Ilustrações: Luciane Mori

Esses peixes excretam amônia, um resíduo nitrogenado, produto do metabolismo de proteínas e de ácidos nucleicos. A amônia é altamente solúvel em água, mas tóxica ao organismo, e por isso, sua eliminação deve ser imediata. O meio aquático favorece a eliminação de amônia, que é prontamente diluída ao ser eliminada.

Seu sistema nervoso apresenta um encéfalo relativamente desenvolvido, com prolongamentos nervosos a partir da medula espinal. Assim como os peixes cartilaginosos, os peixes ósseos também possuem uma linha lateral sensível às vibrações e aos movimentos da água. O olfato apresenta receptores na narina e na boca, e a visão é variável, mais desenvolvida em determinadas espécies e pouco desenvolvida nos peixes que vivem em águas turvas e sem iluminação.

Vesícula gasosa e flutuação dos peixes

Conforme sobem ou descem na coluna de água, os peixes alteram a densidade de seu corpo por meio do preenchimento ou do esvaziamento da vesícula gasosa. Mas como isso ocorre?

Densidade é a relação correspondente à massa (m) de um corpo e à quantidade que ele ocupa no espaço, ou seja, seu volume (v). A densidade é calculada pela seguinte fórmula:

$$d = \frac{m}{v}, \text{ onde}$$

d = densidade (kg/m^3 , g/cm^3)

m = massa (em quilos ou gramas)

v = volume da amostra (em metros ou centímetros cúbicos)

A flutuação dos peixes é possível graças à diferença de densidade entre a vesícula gasosa e a densidade da água. Observe o esquema.

Além da densidade, as forças de empuxo (\vec{E}) e peso (\vec{P}) também influenciam na estabilidade do peixe na coluna de água.

Para que o peixe flutue, a densidade da vesícula gasosa deve ser menor que a da água. Logo, o aumento do volume da vesícula gasosa implica a redução da densidade do corpo do animal.

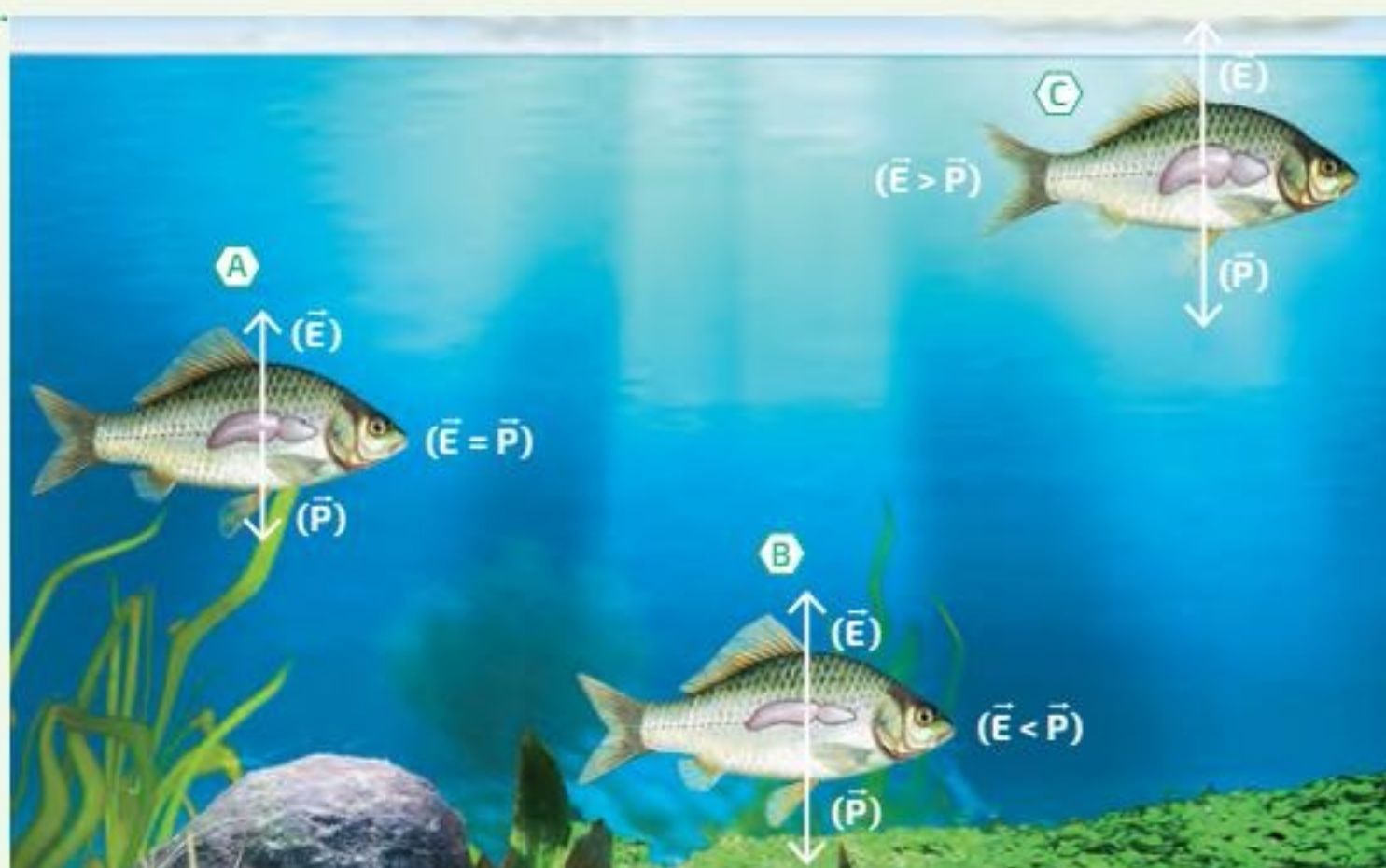


Ilustrações produzidas com base em: SCHMIDT-NIELSEN, K. Fisiologia animal: adaptação e meio ambiente. 5. ed. São Paulo: Santos, 2002. p. 453.



O empuxo é uma força vertical que atua de baixo para cima, sobre qualquer corpo que esteja imerso em um fluido. A intensidade da força de empuxo é equivalente à quantidade do fluido que é deslocada pelo corpo. O peso (\vec{P}) corresponde ao produto da massa de um corpo pela gravidade ($P = m \cdot g$). A relação entre as forças de empuxo e peso determina se um corpo submerso afunda ou flutua. Observe.

Para que o peixe fique em equilíbrio na coluna d'água, a quantidade de gás dentro da vesícula gasosa deve permitir que as forças de empuxo e peso se igualem. A força de empuxo corresponde à quantidade de água deslocada pelo volume do corpo do peixe. Quando ela se iguala à força peso, o peixe se mantém estático na coluna de água **A**. Se a força de empuxo for menor que a força peso, o peixe é puxado para baixo e afunda **B**. Em contrapartida, se a força de empuxo for maior, o peixe é puxado para cima e flutua **C**.



Ilustrações: Studio Caparroz

Sarcopterígeos

Os sarcopterígeos são peixes ósseos que possuem nadadeiras carnosas ou lobadas, com sustentação óssea semelhante aos tetrápodes. Atualmente, há poucas espécies desses peixes na natureza, entre elas a piramboia, popularmente chamada de peixe pulmonado, e o celacanto.

Esses peixes têm vesícula gasosa e opérculo sobre as brânquias, pelas quais realizam as trocas gasosas. Além das brânquias, eles apresentam pulmões primitivos, não funcionais nos celacantos, mas operantes em outras espécies, como na piramboia.

A piramboia, nome de origem tupi que significa “peixe-cobra”, pode ser encontrada nos rios da região Amazônica, que sofre constantes cheias e secas. Na época da seca, essa espécie utiliza suas nadadeiras pélvicas e peitorais para construir uma toca vertical na lama. Essa toca apresenta uma abertura que se liga ao ambiente, por meio da qual o peixe consegue realizar a respiração pulmonar.

O celacanto é uma espécie que se acreditava já estar extinta há milhões de anos. Entretanto, em 1938, na costa da África do Sul, um celacanto foi capturado em um barco de pescadores. Até então, somente espécies fossilizadas, com milhões de anos, haviam sido encontradas.

Essa espécie é a única viva atualmente e é considerada remanescente de um grupo de peixes que viveu aproximadamente entre 400 e 70 milhões de anos atrás, que deu origem aos tetrápodes.

Reprodução dos peixes

Os peixes possuem sexo separado, ou seja, são dioicos, e o desenvolvimento pode ser direto ou indireto, com a formação de um alevino.

A maioria das espécies é **ovípara**, e os gametas masculinos e femininos são depositados no ambiente onde ocorrem a fecundação e a formação do ovo. Existem também espécies **ovovivíparas**, nas quais a fecundação é interna e o saco vitelínico do embrião (de onde provêm os nutrientes) está preso ao útero da mãe. Nas espécies **vivíparas**, o embrião desenvolve-se dentro do útero da mãe, de quem recebe nutrientes por meio do saco vitelínico, altamente vascularizado.

Em geral, as espécies marinhas colocam grande quantidade de ovos, pois a taxa de sobrevivência é baixa. Por outro lado, as espécies de água doce colocam menor quantidade de ovos, mas o cuidado parental é maior. Por exemplo, algumas espécies constroem ninhos nos leitos dos rios e ali depositam seus ovos, enquanto outras os carregam na boca.

Os machos do cavalo-marinho possuem uma bolsa incubadora em seu corpo, onde carregam os ovos para protegê-los.



Lepidosiren paradoxa, peixe pulmonado conhecido como piramboia, encontrado na Bacia Amazônica.



Latimeria chalumnae, peixe pulmonado conhecido como celacanto.

Ser vivo adulto

Cavalo-marinho (*Hippocampus coronatus*): pode atingir 10,5 cm de comprimento.

Celacanto (*Latimeria chalumnae*): pode atingir 2 m de comprimento.

Piramboia (*Lepidosiren paradoxa*): pode atingir até 1,5 m de comprimento.





Alguns peixes cujo comportamento é migratório sobem os rios até sua nascente para desovarem. Esse acontecimento é chamado **piracema** e corresponde ao período reprodutivo dos peixes. A palavra “piracema” tem origem na língua indígena tupi e significa saída do peixe.

Na época da piracema, a pesca é proibida por lei, para que os animais possam se reproduzir e sua população não corra o risco de ser reduzida.

Além da pesca predatória, outras ações humanas prejudicam a biodiversidade dos peixes, como a construção de usinas hidrelétricas que causam o represamento dos rios. Apesar de as usinas hidrelétricas serem necessárias para produzir a maior parte da energia elétrica em nosso país, a edificação de barragens para a formação de represas e reservatórios altera o fluxo natural dos rios e interfere na migração de determinadas espécies de peixes. Porém, algumas alternativas são desenvolvidas para tentar minimizar esses impactos, entre elas a construção de escadas de transposição, que permitem a ascensão dos peixes ao longo do rio represado por meio de canais alternativos.

A pesca predatória é um dos principais fatores que, atualmente, contribuem para a redução da biodiversidade marinha. Segundo a Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura (FAO), a pesca já alcançou ou ultrapassou os limites da exploração para 80% das espécies de peixes marinhos.

Durante a pesca, grandes redes são jogadas no oceano e arrastadas pelos barcos pesqueiros para a retirada de uma enorme quantidade de peixes. Dependendo da profundidade, essas redes tocam o fundo do oceano e arrastam consigo não somente peixes, mas também diversos outros animais da fauna marinha, além de destruir os corais.

Há cerca de 50 anos, ainda se acreditava que os oceanos proporcionariam uma fonte inesgotável de alimentos. Entretanto, a pesca exploratória vem reduzindo drasticamente os recursos pesqueiros, em virtude da extração exagerada das espécies, sem considerar suas capacidades reprodutivas. De acordo com alguns estudos, se a atividade pesqueira fosse interrompida imediatamente, seriam necessários pelo menos 20 anos para o restabelecimento das populações das espécies predadas no ambiente.

É possível praticar uma pesca de maneira sustentável. No entanto, é necessário haver a preservação de um número suficiente de indivíduos aptos à reprodução para a manutenção da espécie e proibir a pesca durante a época reprodutiva.



Canal da Piracema na Usina de Itaipu, maior hidrelétrica do mundo, localizada na fronteira entre o Brasil e o Paraguai, em 2014.



Ismar Ingber/Pulsar



Jeff Rotman/Science Source/Latinstock

Animais marinhos capturados em uma rede de arrasto.

► Origem e evolução dos tetrápodes

Diversas evidências fósseis indicam que os tetrápodes surgiram há aproximadamente 360 milhões de anos, durante o período Devoniano, a partir de linhagens ancestrais dos sarcopterígeos, peixes bentônicos e com nadadeiras pares bastante desenvolvidas.

Nessa época, alguns ambientes aquáticos sofriam constantes secas e, com isso, os animais ficavam “presos” nas lagoas sem comunicação. Acredita-se que a necessidade de se locomover de uma lagoa para outra, antes da seca total, favoreceu a sobrevivência de espécies ancestrais que possuíam nadadeiras modificadas em membros, as quais permitiam rastejar ou até mesmo “caminhar” no sedimento.

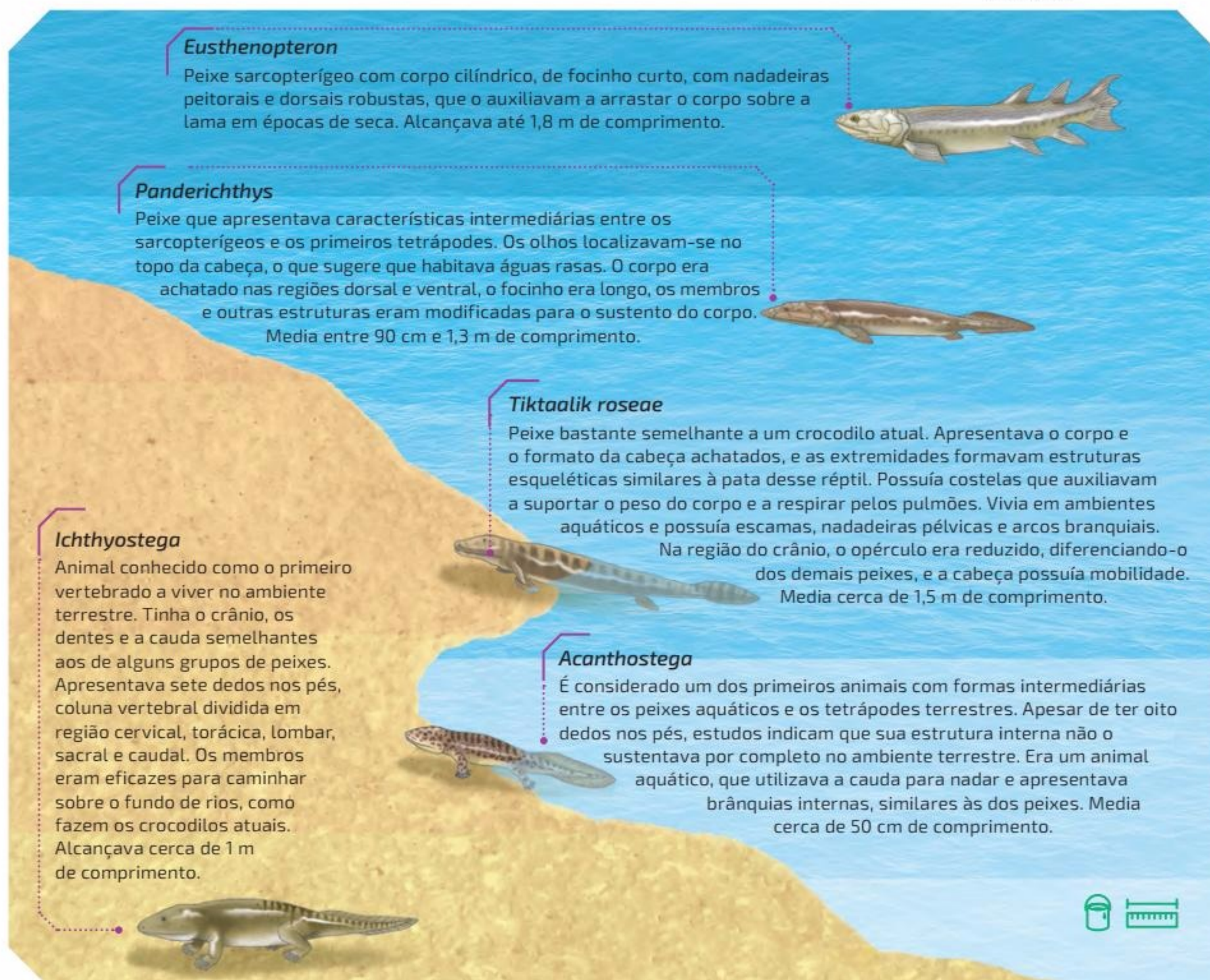
A respiração aérea também foi outro fator determinante para essa transição. Enquanto a quantidade de gás oxigênio dissolvido era bastante reduzida nas lagoas lodosas, no ar atmosférico, o gás oxigênio era encontrado em grandes quantidades. Dessa maneira, os indivíduos que possuíam “pulmões primitivos” (pequenas projeções da faringe presentes até hoje nos peixes sarcopterígeos) podiam sobreviver com mais independência da água. Nos tetrápodes atuais, esses pulmões encontram-se altamente adaptados para as condições terrestres.

Associada à presença de **pulmões**, a circulação do sangue também sofreu adaptações, deixou de ser simples (coração → brânquias → corpo) e passou a ser **dupla**, ou seja, a cada ciclo, o sangue passa duas vezes pelo coração (coração → pulmões → coração → corpo).

Outras adaptações também foram importantes para a vida terrestre, como a sustentação do corpo, a manutenção da temperatura e a retenção da água no corpo dos animais.

Alguns fósseis documentam a transição do ambiente aquático para o ambiente terrestre. Observe alguns exemplos a seguir.

Ilustrações produzidas com base em: PUGH, F. H. et al. A vida dos vertebrados. 3. ed. São Paulo: Atheneu, 2003. p. 198, 207. WHAT has the head of a crocodile and the gills of a fish? Understanding Evolution, maio 2006. University of California Museum of Paleontology/ National Center for Science Education. Disponível em: <http://evolution.berkeley.edu/evolibrary/news/060501_tiktaalik>. Acesso em: 8 fev. 2016.



► Anfíbios

Os anfíbios evoluíram a partir de ancestrais de nadadeira lobada, por exemplo, o *Ichthyostega*, que é considerado um animal pertencente a um grupo extinto de anfíbios.

Embora as espécies ancestrais tivessem o corpo revestido por escamas, os anfíbios atuais apresentam pele nua, muito vascularizada, e mucosa, responsável pelas trocas gasosas.

Atualmente, os anfíbios formam uma classe com cerca de 6 mil espécies, divididas em três ordens: anuros, urodelos e ápodes.

Anuros

Os anuros são formados pelos sapos, rãs e pererecas. É a ordem mais diversificada de anfíbios, com mais de 4300 espécies. São encontrados em todo o planeta, exceto na região Antártica, e a maior quantidade de espécies é encontrada no Brasil.

Esses animais possuem quatro membros e não apresentam cauda na fase adulta, característica que dá o nome ao grupo (do grego, *an* significa sem; *uro*, cauda). O corpo é curto e inflexível, com membros posteriores bem desenvolvidos para o salto, mas também podendo caminhar, escalar e nadar.

As rãs possuem pele mais lisa e úmida, e as longas pernas posteriores são adaptadas para extensos saltos e para a natação, pois têm membranas entre os dedos.



Rã (*Rana clamitans*).

Os sapos têm a pele mais grossa e rugosa e vivem mais tempo fora da água. Suas pernas posteriores são menores que as das rãs, por isso realizam saltos mais curtos.



Sapo (*Bufo marinus*).

As pererecas têm discos adesivos na ponta dos dedos que as ajudam a subir em árvores e a agarrar superfícies verticais. A cabeça e os olhos são grandes, a cintura fina e os membros longos.



Perereca (*Hyla geographica*).

Urodelos

Esse grupo é representado pelas salamandras. Elas têm dois pares de pernas, que apresentam o mesmo tamanho, corpo alongado e cauda comprida. Algumas salamandras são aquáticas durante toda a vida, mas grande parte apresenta uma fase larval aquática e uma fase adulta terrestre. A maioria delas é encontrada no Hemisfério Norte, e algumas, na América do Sul.

Ser vivo adulto

Axolote (*Ambystoma mexicanum*): pode atingir 30 cm de comprimento.

Perereca (*Hyla geographica*): pode atingir 8 cm de comprimento.

Rã (*Rana clamitans*): pode atingir 11 cm de comprimento.

Salamandra (*Ambystoma californiense*): pode atingir 12 cm de comprimento.

Sapo (*Bufo marinus*): pode atingir 25 cm de comprimento.

Sebastian Kennerknecht/Minden Pictures/Latinstock



Salamandra (*Ambystoma californiense*).



Axolote (*Ambystoma mexicanum*), espécie de salamandra que continua a respirar por brânquias externas ao corpo, na fase adulta.

Ápodes

Esses animais são representados pelas cecílias e são encontrados em ambientes tropicais de todo o mundo. Possuem corpo alongado, cauda curta e não apresentam pernas, característica que dá o nome à ordem (do latim, *a* significa sem; *podos*, pés). Locomovem-se por ondulações do corpo, rastejando, e podem ser escavadores ou aquáticos.

Esses anfíbios também são conhecidos como cobras-cegas, pois seus olhos podem ser recobertos por um tegumento ou por um osso, e não há pálpebras. Algumas espécies têm escamas incrustadas na pele.



Cecília (*Ichthyophis* sp.).

Daniel Heuclin/Nature Pictures Library/Other Images

Ser vivo adulto

Cecília (*Ichthyophis* sp.): pode atingir 60 cm de comprimento.

Sapo (*Bufo japonicus*): pode atingir 15 cm de comprimento.

Fisiologia dos anfíbios

Os anfíbios formam o primeiro grupo dos tetrápodes a viver fora da água. Apesar disso, são animais que dependem diretamente da água, principalmente em relação à reprodução de sapos, rãs e pererecas, que necessitam do ambiente aquático para a fertilização dos ovos e o desenvolvimento de suas larvas, chamadas de girinos. Por isso, o nome desse grupo (do grego, *amphi* significa ambos; *bios*, vida) reflete o tipo de vida desses animais – parte em ambiente aquático e parte em ambiente terrestre.

Algumas características dos anfíbios permitiram a ocupação do ambiente terrestre, como o desenvolvimento da respiração pulmonar, da circulação dupla e da capacidade de reter água no corpo. Além disso, a estrutura do esqueleto e dos músculos, associada à presença de quatro membros articulados, fornece-lhe sustentação ao corpo e permite uma diversidade de movimentos, como caminhar, nadar, escalar e saltar.

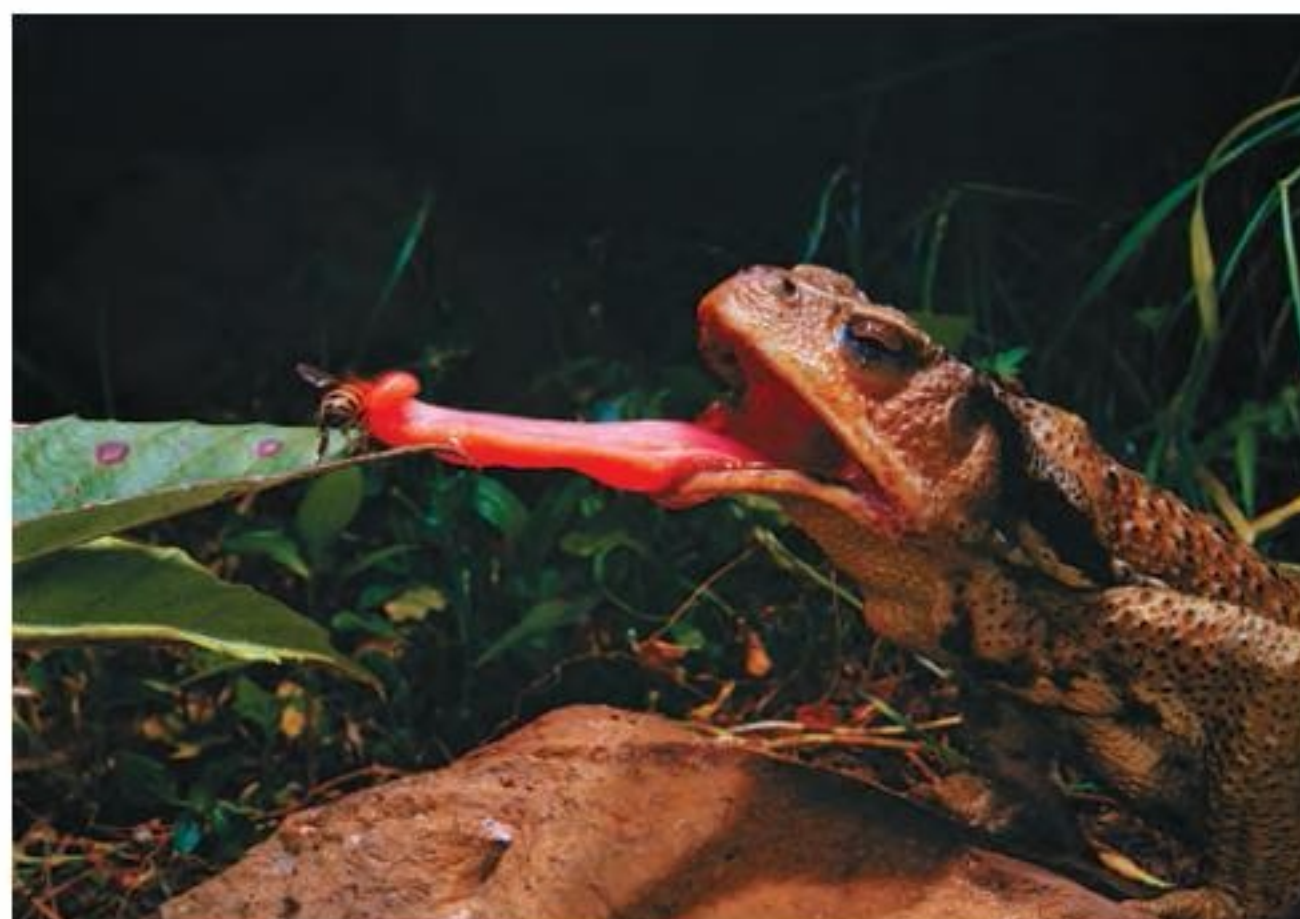
Os anfíbios apresentam pele úmida, sem escamas, e altamente permeável a gases. Essa permeabilidade é auxiliada pela umidade de seu revestimento, que é mantida pela constante secreção de muco, produzido pelas **glândulas mucosas** presentes na pele. A maioria desses animais também possui glândulas de veneno sobre a pele.

Em geral, os anfíbios são carnívoros quando adultos. Na fase de girinos, eles se alimentam principalmente de algas e microrganismos suspensos na água. Na fase adulta, alimentam-se de animais vivos, como insetos, vermes e pequenos moluscos. Há, ainda, algumas espécies de grande porte que podem se alimentar de pequenos vertebrados, como peixes, aves, mamíferos, e até de outros anfíbios.

A maioria deles não tem dentes. Nas espécies com dentes, estes são pouco desenvolvidos, servindo apenas para segurar as presas dentro da boca.

A presa é capturada pela língua, que é recoberta por uma substância viscosa, produzida por algumas glândulas. Essa língua é projetada em direção à presa a uma grande velocidade, aderindo a esta; em seguida, é rapidamente recolhida para o interior da boca do anfíbio. A presa é engolida inteira, passando por faringe, esôfago, estômago e intestino delgado. O fígado e o pâncreas liberam enzimas para auxiliar na digestão, e as fezes são formadas no intestino grosso e liberadas pela cloaca.

Sapo (*Bufo japonicus*) capturando, com a língua, uma abelha.



Satoshi Kuribayashi/Nature Production/Minden Pictures/Latinstock

Em geral, os anfíbios realizam as trocas gasosas por meio da pele. No entanto, dependendo da fase da vida ou da espécie do animal, também podem respirar por meio de pulmões ou de brânquias. Na fase larval, respiram por meio de brânquias e, quando chegam à fase adulta, essas brânquias desaparecem, permanecendo somente em algumas espécies de salamandras.

Respiração dos anfíbios

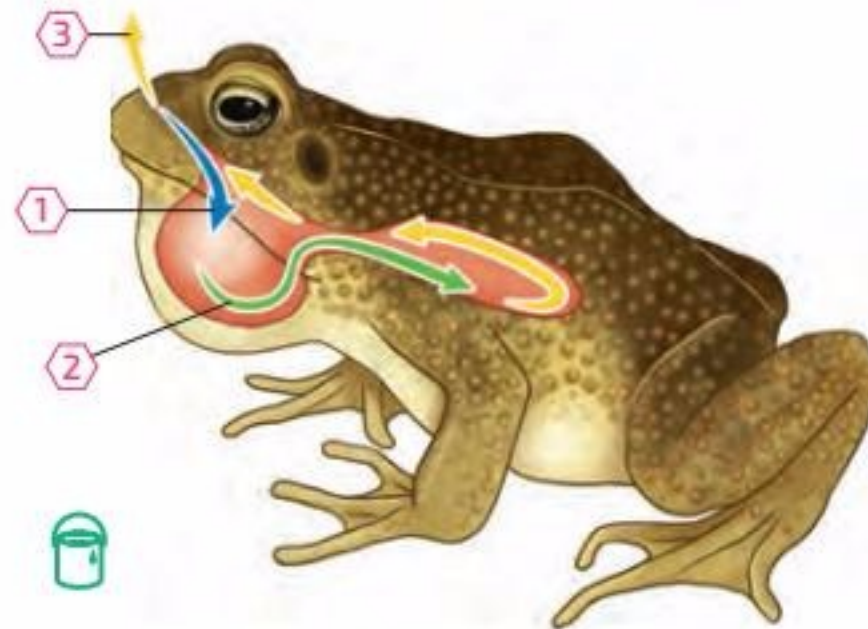


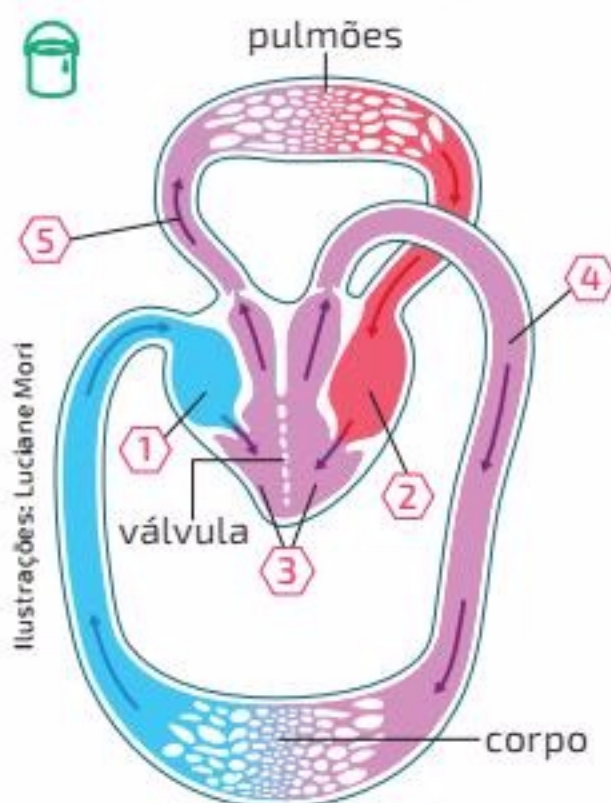
Ilustração produzida com base em: HICKMAN, C. P.; ROBERTS, L. S.; LARSON, A. Princípios integrados de zoologia. 11. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2009. p. 523.

- 1 Ao inspirar, o ar do meio externo entra pelas narinas e enche a parte inferior da cavidade bucal do anfíbio.
- 2 Em seguida, o anfíbio pressiona o assoalho da cavidade bucal e empurra o ar contido nela para os pulmões.
- 3 A cavidade bucal ventila por um tempo por meio da entrada e da saída de ar ritmada. O ar que se encontra nos pulmões é expelido para fora do corpo através das narinas, por meio da contração da musculatura da parede do corpo.



O sistema circulatório desses animais é **fechado e incompleto**, pois ocorre uma mistura de sangue arterial, que passou pelos pulmões e foi oxigenado, e sangue venoso, que veio do corpo e possui alta concentração de gás carbônico dissolvido. Isso acontece porque o coração dos anfíbios é dividido em três câmaras: dois átrios e um ventrículo, tornando a circulação dupla (pulmonar e sistêmica). Observe a seguir.

Circulação dos anfíbios



- 1 O sangue pobre em gás oxigênio que vem do corpo entra no **átrio direito**.
- 2 O sangue rico em gás oxigênio segue dos pulmões para o **átrio esquerdo**.
- 3 Os átrios direito e esquerdo contraem-se ao mesmo tempo, empurrando o sangue para o **ventrículo**. Uma válvula presente no ventrículo impede parcialmente a mistura do sangue rico em gás oxigênio com o sangue pobre em gás oxigênio.
- 4 O ventrículo se contrai e o sangue rico em gás oxigênio segue para o corpo.
- 5 A outra parte do sangue pobre em gás oxigênio que estava no ventrículo segue para os pulmões.

Ilustração produzida com base em: CAMPBELL, N. A. et al. Biology. 8. ed. San Francisco: Pearson Benjamin Cummings, 2009. p. 902.

4. Cite duas diferenças entre o sistema circulatório de peixes e o de anfíbios.

Possíveis respostas: o sistema circulatório de peixes é completo e o de anfíbios é incompleto. O coração de peixes apresenta duas câmaras, um átrio e um ventrículo, enquanto o coração de anfíbios apresenta três câmaras, dois átrios e um ventrículo. Os peixes têm circulação simples e os anfíbios, circulação dupla.

A circulação pulmonar diminui quando o animal está submerso, pois o pulmão se torna inativo em virtude da incapacidade de o animal respirar pelas narinas. Dessa maneira, o sangue é bombeado principalmente para a pele, onde ocorrem as trocas gasosas. Em seguida, o sangue é direcionado ao átrio direito do coração, que, nessa situação, recebe sangue já oxigenado.

O sangue é filtrado por um par de rins, que produzem excretas ricas em ureia. A ureia é uma substância menos tóxica ao organismo e precisa de menos água para ser eliminada em relação à amônia. Quando ainda são larvas, estas se desenvolvem no meio aquático e excretam amônia.

O sistema nervoso dos anfíbios é bem desenvolvido. Ele é formado pelo encéfalo e pela medula espinal, de onde partem nervos para todo o resto do corpo. Os sentidos são aguçados, com uma visão sensível a movimentos. Na fase larval, possuem linha lateral, como os peixes.

Reprodução dos anfíbios

Os anfíbios são animais **dioicos** e possuem ampla variedade de modos reprodutivos e de cuidado parental.

Nos anuros, a maioria das espécies é ovípara, e o desenvolvimento é indireto, ou seja, dos ovos eclodem larvas aquáticas chamadas de **girinos**, que passam por diversos estágios de metamorfose.

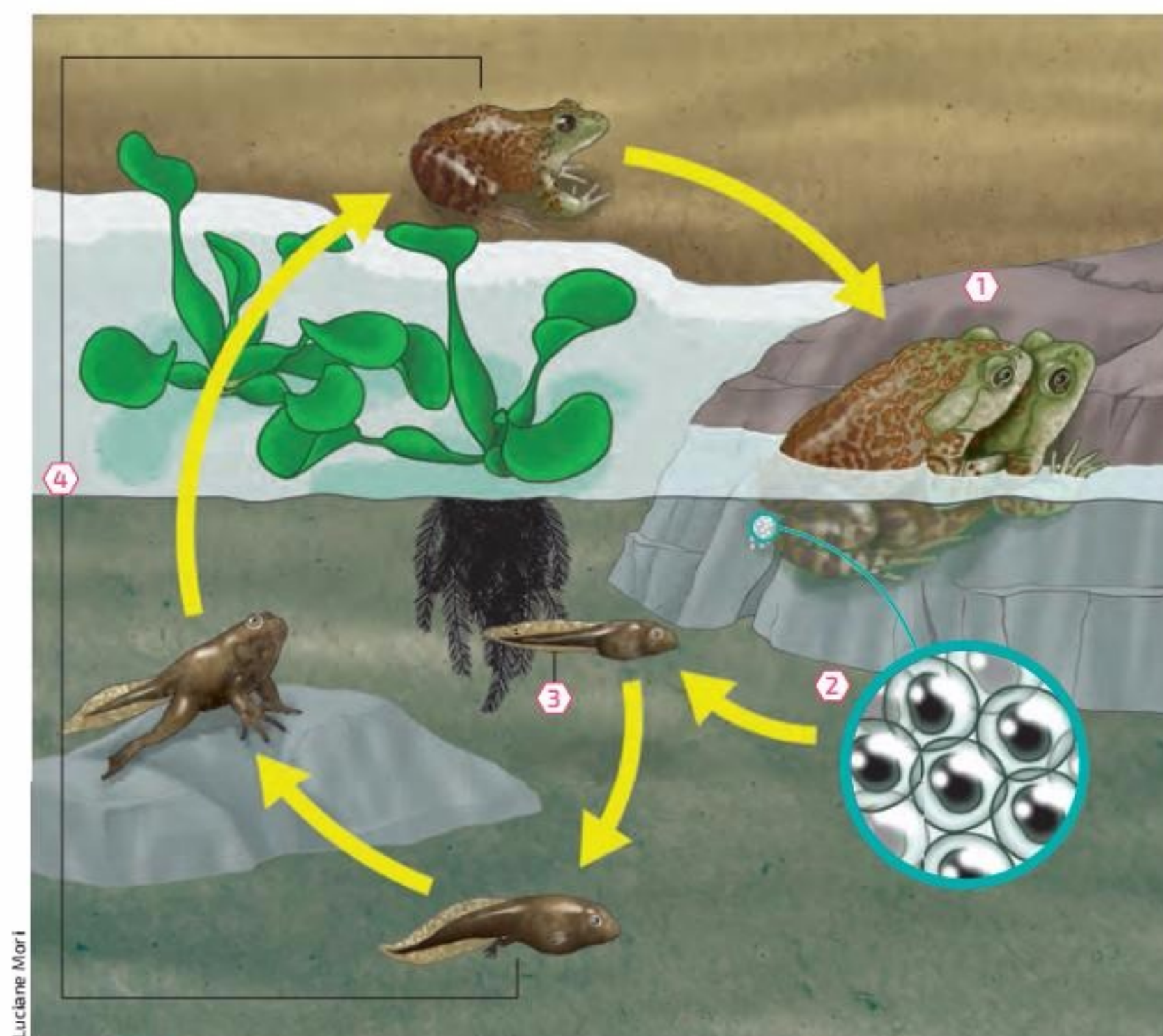
Durante a época reprodutiva, algumas espécies retornam para o ambiente aquático, onde formam grandes aglomerações e emitem vocalizações na forma de coaxos para atrair parceiros sexuais.

Veja, a seguir, como ocorre a reprodução dos anfíbios.

Além da finalidade reprodutiva, os coaxos dos anuros servem para espantar intrusos e predadores, ou para marcar território. Visite o site a seguir para ouvir a gravação de vocalizações emitidas por diferentes espécies de anuros.

• <http://tub.im/n5taqs>
Acesso em: 11 fev. 2016.

Reprodução dos anuros



Luciane Mori



Ilustração produzida com base em: STORER, T. I. et al. Zoologia geral. 6. ed. São Paulo: Companhia Editora Nacional, 2000. p. 633.

- 1 O macho segura o corpo da fêmea em um abraço chamado **amplexo**, para que ela libere os ovos. Assim que são liberados na água, os ovos são fecundados pelos espermatozoides do macho.
- 2 Os ovos são revestidos por uma camada gelatinosa e depositados em locais úmidos para serem protegidos da dessecação.
- 3 As larvas de anuros são chamadas **girinos**. Neles, a cabeça e o corpo são fundidos e apresentam nadadeiras.
- 4 O girino cresce e sofre metamorfose. Primeiro, desenvolvem os membros posteriores e, em seguida, os anteriores. Nesse processo, também desenvolvem pulmões e reabsorvem a cauda e as brânquias.

Na maioria das espécies dos urodelos, a reprodução ocorre por fecundação interna. Ela é realizada pela transferência de um pacote de espermatozoides para o corpo da fêmea, chamado **espermatóforo**, que é produzido na cloaca do macho. Os espermatozoides são liberados quando o espermatóforo se dissolve, e a fecundação ocorre dentro da fêmea.

Após a fecundação, os ovos são depositados na água, desenvolvem-se e liberam larvas aquáticas, que passam por metamorfose para se tornarem animais adultos. Porém, algumas espécies completamente terrestres não possuem fase larval, e seu desenvolvimento é direto.

Entre os ápodes, a maioria é vivípara. Neles, a fecundação é interna e o desenvolvimento direto. No entanto, também existem espécies ovíparas, nas quais as fêmeas depositam os ovos em solo úmido para se desenvolverem. Em algumas espécies, as larvas migram para a água para completar seu desenvolvimento, em outras, o desenvolvimento ocorre no interior dos ovos.

Os anfíbios apresentam uma grande variedade de cuidado parental. Por exemplo, na espécie conhecida como sapo-pipa, as fêmeas carregam os ovos fecundados pelos machos sob a pele, onde se desenvolvem os girinos. Outras espécies de anuros carregam os ovos em sacos vocais, ou no estômago, e algumas espécies de ápodes fazem ninhos e se enrolam ao redor dos ovos.

Ser vivo adulto

Perereca kambô (*Phyllomedusa bicolor*): pode atingir cerca de 11,8 cm de comprimento.

Sapo-pipa (*Pipa pipa*): pode atingir 20 cm de comprimento.

Sapo-veneno-de-flecha (*Phyllobates terribilis*): pode atingir cerca de 4,7 cm de comprimento.

Andrea Florence/Biosphoto/Ardea/Other Images



A fêmea do sapo-pipa, com ovos sobre seu dorso.



Sathyabhama Das Biju/AFP Photo

Cecília enrolada sobre seus ovos em um ninho.



Biologia e Cultura



A aplicação da vacina do kambô é realizada por meio de um ritual indígena. Para conhecê-lo, acesse o site:

• <http://tub.im/n2r4p8>.
Acesso em: 12 fev. 2016.



Sapo-veneno-de-flecha, vacina do Kambô e os indígenas

Entre os animais, colorações intensas como azul, amarelo, vermelho e verde, ou uma combinação dessas cores com preto e branco, são indícios de que eles são venenosos ou impalatáveis. Essa sinalização visual é chamada **aposematismo**.

Certas espécies de anfíbios de tamanho reduzido desenvolveram essa estratégia para sobreviver ao ataque de predadores. Um exemplo é o sapo-veneno-de-flecha (*Phyllobates terribilis*). Esse anuro de coloração amarelada intensa possui glândulas sob sua pele que liberam uma potente toxina quando está em situações de estresse, como um ataque de predador.

O nome desse sapo provém de uma prática comum entre povos indígenas nativos da Colômbia, que utilizam as toxinas da pele do sapo para envenenar as flechas usadas na caça de animais. O veneno é obtido por meio de uma suave fricção da flecha nas costas do sapo, que libera as toxinas. A flecha permanece envenenada por até dois anos.

Alguns povos indígenas da Amazônia brasileira utilizam as propriedades das toxinas de uma perereca conhecida como kambô ou kampu para fortalecer o corpo contra doenças e afastar o “panema”, ou seja, a má sorte. Outros povos, como os Katukina e Kaxinawá, realizam a aplicação dessa substância no próprio corpo em uma técnica conhecida como a “vacina do kambô”.

Vários estudos têm sido realizados para entender as propriedades dessa toxina e sua possível utilização para a fabricação de medicamentos.

Sabe-se que peptídeos encontrados em sua composição apresentaram resultados importantes no combate a microrganismos causadores de doenças, como algumas bactérias, o vírus HIV e alguns protozoários.

Martin Fowler/Shutterstock.com



Sapo-veneno-de-flecha (*Phyllobates terribilis*).

Piotr Naskrecki/Minden Pictures/Latinstock



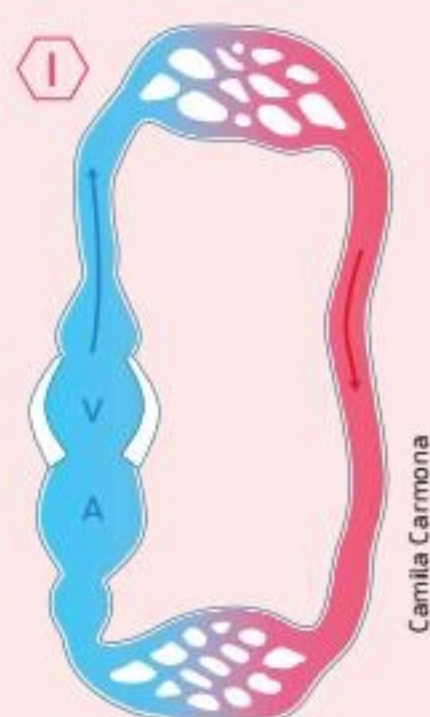
Perereca kambô (*Phyllomedusa bicolor*).



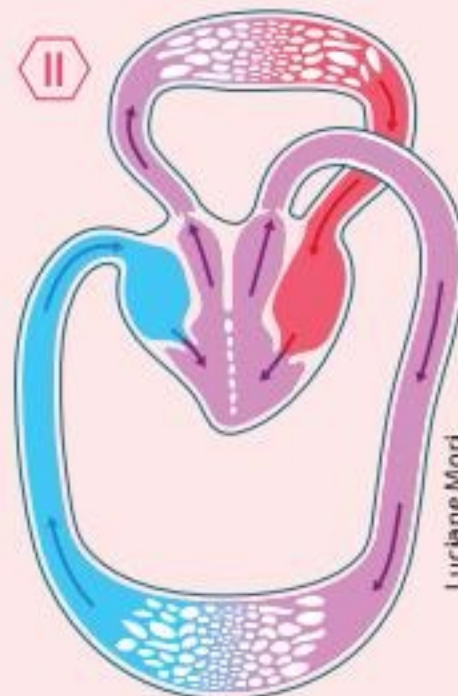
Veja as respostas das questões desta seção nas **Orientações para o professor**.

1. Quais são as principais características de um cordado?
2. Como os cordados são classificados? Cite duas características de cada subfilo.
3. Descreva as principais diferenças entre peixes condrictes e osteíctes.
4. De que modo os peixes controlam sua flutuação na coluna de água?
5. Os anfíbios evoluíram a partir de quais animais? Cite as principais características dos anfíbios.
6. Quais características permitiram aos primeiros tetrápodes conquistar o ambiente terrestre?
7. Qual é a importância do cuidado parental realizado por peixes e anfíbios?
8. Explique o que são escamas placoides e identifique em quais animais elas são encontradas.
9. Quais são as características que permitem aos tubarões serem grandes animais predadores?
10. No caderno, faça um esquema representando o processo de respiração pulmonar nos anfíbios.
11. A piramboia habita regiões pantanosas, riachos e pequenos afluentes, que, por vezes, sofrem secas e se tornam grandes lamaçais. Como esse peixe consegue sobreviver nessas condições?
12. Relacione as estruturas à sua respectiva descrição.

<ol style="list-style-type: none"> a) Opérculo b) Ampolas de Lorenzini c) Vesícula gasosa d) Clásper e) Válvula espiral 	<ol style="list-style-type: none"> I) Estrutura que auxilia na flutuação dos peixes ósseos. II) Órgão copulatório dos peixes cartilaginosos. III) Estrutura responsável por retardar a passagem de alimentos e aumentar a superfície de absorção nos peixes cartilaginosos. IV) Estrutura composta de placas ósseas, que fica localizada sobre as brânquias dos peixes ósseos. V) Eletorreceptores presentes na cabeça de tubarões.
----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------
13. Sobre a linha lateral, responda às questões a seguir.
 - a) Qual é a sua importância nos peixes?
 - b) Nos anfíbios, a linha lateral está presente apenas nas larvas e em alguns adultos de espécie aquáticas. Por que elas estão ausentes em anfíbios terrestres?
14. Observe as ilustrações abaixo e, com base em seus conhecimentos, responda às questões.



Camila Carmona



Luciane Mori



Ilustração produzida com base em: CAMPBELL, N. A. et al. *Biology*. 8. ed. San Francisco: Pearson Benjamin Cummings, 2009. p. 901-902.

- a) Qual das ilustrações representa a circulação que ocorre nos peixes? E nos anfíbios?
- b) Como são denominados os tipos de circulação que ocorrem em peixes e anfíbios? Por quê?
- c) Explique a diferença entre a circulação que ocorre na ilustração **I** e a que ocorre na ilustração **II**.
- d) Nos anfíbios, ocorre a mistura do sangue rico em gás oxigênio com o sangue pobre em gás oxigênio? Justifique sua resposta.

15. Leia o trecho do texto a seguir, e, em seguida, responda às questões propostas.

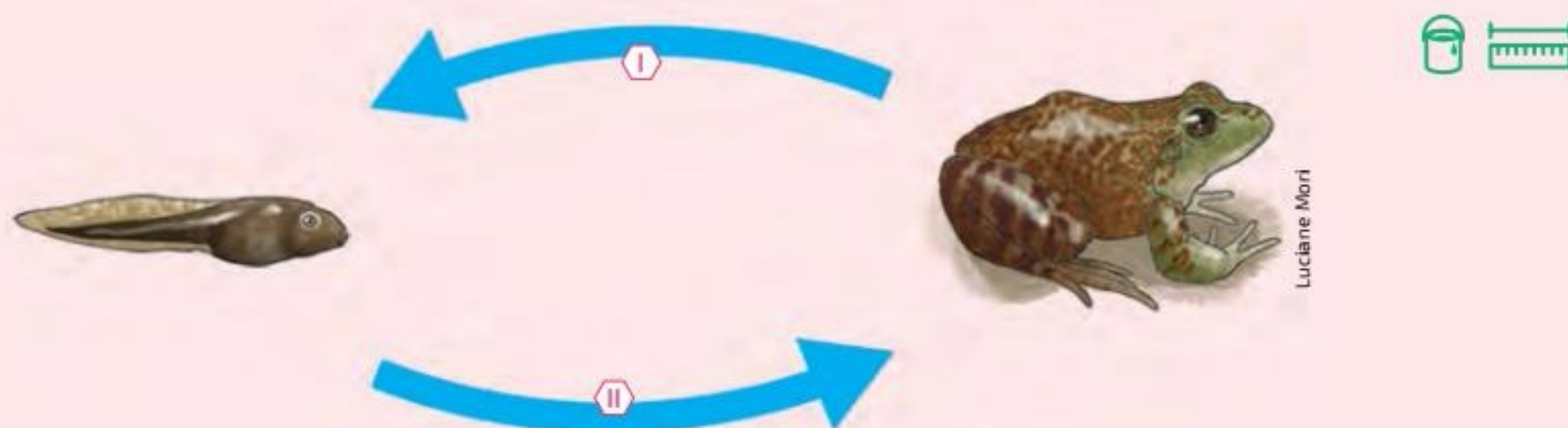
[...]

A responsabilidade brasileira sobre a biodiversidade de anfíbios é enorme. De fato somos os campeões em sapos. No território brasileiro, já foram registradas 817 espécies de anfíbios e a cada ano muitas espécies são acrescentadas à lista. Na Mata Atlântica, que já sofreu dematamento de cerca de 93%, mais de 480 espécies de anfíbios já foram registradas, e cerca de 80% deles dependem de água para completar seu ciclo de vida [...]

[...]

FONSECA, Carlos R. et al. Metamorfose. Scientific American Brasil. São Paulo. Disponível em: <www2.uol.com.br/sciam/reportagens/metamorfose.html>. Acesso em: 15 abr. 2016.

- a) Que características climáticas e geográficas o Brasil apresenta que favorecem a presença de uma grande biodiversidade de anfíbios?
- b) Pesquise o nome científico, o popular e a ocorrência de três espécies de anfíbios encontradas no Brasil.
- c) Muitas espécies de anfíbios brasileiros possuem potentes toxinas. Em que local do corpo do animal elas são produzidas e qual é a sua importância para os anfíbios?
16. A ilustração abaixo representa, de forma simplificada, fases do ciclo de vida de um anfíbio anuro. As setas I e II indicam algumas etapas deste ciclo. Explique, resumidamente, as principais etapas do ciclo de vida deste animal.



17. Leia o trecho abaixo e responda às questões propostas.

[...]

“Os anfíbios são muito sensíveis às rápidas mudanças ambientais atuais. Tanto que funcionam como um termômetro do estado dos ecossistemas. Quando algo vai mal em um ecossistema, os primeiros que o notam são esses animais, por isso são considerados excelentes “bioindicadores” da qualidade do meio”, ressalta Gema Rodríguez, técnico do programa de Biodiversidade da WWF Espanha [...].

Segundo esse especialista, os anfíbios “são tão vulneráveis porque precisam de dois tipos de habitats em muito bom estado para sobreviver: a terra, onde vivem; e a água, onde se reproduzem. Além disso, têm uma pele e um sistema imunológico muito delicado, e isso os torna muito vulneráveis a qualquer tipo de substância tóxica ou agente patogênico [...].

“No caso dos anfíbios, um dos problemas derivados da mudança climática é a possível dessecação de lagos ou pontos de água pelo aumento das temperaturas. Além disso, a permeabilidade da pele das criaturas, seus ciclos de vida bifásicos e seus ovos sem casca protetora os tornam extremamente suscetíveis a pequenas mudanças na temperatura, à radiação solar e aos níveis de umidade”, diz Gema Rodríguez.

[...]

GALILEIA, Daniel. O princípio do fim dos anfíbios. EXAME.com, São Paulo, 20 nov. 2013. Disponível em: <<http://exame.abril.com.br/tecnologia/noticias/o-principio-do-fim-dos-anfibios>>. Acesso em: 13 fev. 2016.

- a) Quais características dos anfíbios os tornam suscetíveis a rápidas mudanças ambientais?
- b) A pele dos anfíbios é altamente vascularizada e úmida. Essas características auxiliam esse órgão a desempenhar que importante função nos anfíbios?
- c) Por que os anfíbios são considerados excelentes bioindicadores da qualidade do ambiente?

18. (Udesc-SC) Analise as proposições quanto às características dos anfíbios.

- I) A reprodução é sexuada, com fecundação externa, e são de sexos distintos (macho e fêmea).
- II) São homeotérmicos, ou seja, mantêm a temperatura corpórea praticamente constante, independente das variações térmicas do ambiente.
- III) Apresentam pele lisa e glândulas mucosas, que são responsáveis pela manutenção da umidade da pele.
- IV) São amniotas, pois apresentam bolsa amniótica ou âmnio que protege o embrião.

Assinale a alternativa correta.

- a) Somente as afirmativas I e III são verdadeiras.
- b) Somente as afirmativas I, II e III são verdadeiras.
- c) Somente as afirmativas I, II e IV são verdadeiras.
- d) Somente as afirmativas III e IV são verdadeiras.
- e) Todas as afirmativas são verdadeiras.

19. (Mackenzie-SP)

- I) Presença de bexiga natatória.
- II) Presença de opérculo protegendo as fendas branquiais.
- III) Corpo coberto por escamas de origem dérmica.
- IV) Arco mandibular não fundido ao crânio.

Das características acima, assinale as que estão presentes nos peixes ósseos e ausentes nos cartilagosos.

- a) I e II.
- b) I, II e III.
- c) II, III e IV.
- d) II e III.
- e) II e IV.

20. (Uece) Analise as seguintes afirmações sobre as características dos tubarões:

- I) suas escamas são homólogas aos dentes dos outros cordados;
- II) possuem bexiga natatória, responsável por sua excelente flutuabilidade;
- III) são animais sensíveis, com a capacidade de detectar campos elétricos gerados por outros animais;
- IV) são sempre animais de grande porte, pois todos são ferozes e vorazes.

Estão corretas as características contidas em:

- a) I, II, III e IV.
- b) I e II.
- c) II e IV.
- d) I e III.

21. (Famema-SP) Referindo-se aos anfíbios, pode-se afirmar que:

- a) apresentam respiração cutânea.
- b) são homeotérmicos.
- c) possuem coração com quatro cavidades.
- d) não apresentam fase larval.
- e) todos apresentam quatro patas.

Refletindo sobre o capítulo

Veja as respostas das questões desta seção nas **Orientações para o professor**.

- A) Verifique a resposta que você deu à pergunta d da página 182 e complemente-a, se necessário.
- B) Observe o cladograma da página 185. Quais características se desenvolveram até que surgissem os animais apresentados na página 196?
- C) Observe as duas fotografias apresentadas na página 186. O que os animais retratados apresentam em comum para serem classificados no mesmo filo?

Filhote de cuco (*Cuculus canorus*)
sendo alimentado por petinha-
-dos-prados (*Anthus pratensis*).



capítulo 11

Cordados: répteis, aves e mamíferos

A) Sim, porque o embrião é capaz de se desenvolver na ausência de água, e o ovo apresenta todos os nutrientes de que necessita para seu desenvolvimento.

[...] B) As aves são ovíparas e a maioria dos mamíferos é vivípara, isto é, o embrião se desenvolve no interior do corpo materno.

Ser vivo adulto

Cuco (*Cuculus canorus*): pode atingir até 34 cm de comprimento.

Petinha-dos-prados (*Anthus pratensis*): pode atingir até 15 cm de comprimento.

As fêmeas dos cucos depositam seus ovos apenas nos ninhos de outras espécies de aves obrigatoriamente, pois elas não constroem os seus. Um ovo de cuco geralmente mimetiza o formato e o colorido dos ovos do hospedeiro. O anfitrião pode reconhecer o ovo e assim abandonar o ninho, ou pode, sem saber, incubar e chocar o ovo de cuco. Logo após a eclosão, o ninhego (assim é chamada a ave recém-eclodida) do cuco empurra instintivamente sobre a borda do ninho qualquer objeto sólido com o qual entra em contato, ou seja, outros ovos ou, eventualmente, os verdadeiros ninhegos do hospedeiro já nascidos, ejetando-os daquele lar aconchegante. Com o desaparecimento de seus ovos ou filhotes, os pais adotivos dedicam toda a sua atenção para o jovem cuco. [...]

RODRIGUES, Marcos. O estranho no ninho pode ser um parasita. O Eco, 25 nov. 2013. Disponível em: <www.oeco.org.br/colunas/colunistas-convidados/27795-o-estranho-no-ninho-pode-ser-um-parasita/>. Acesso em: 18 mar. 2016.

No Brasil, uma ave que possui hábito semelhante ao do cuco é o chupim. Após eclodir do ovo no ninho de outra ave, o filhote é alimentado pelos pais adotivos antes mesmo que os verdadeiros ninhegos eclodam. Quando isso ocorre, o chupim já está grande, e os ninhegos verdadeiros não conseguem disputar o alimento com ele e morrem de fome.

- A) Além das aves, os répteis também colocam ovos com casca. Essa característica é importante para o desenvolvimento em um ambiente terrestre? Por quê?
- B) O cuco eclode a partir de um ovo, que também recebe os cuidados da fêmea. Qual é a diferença entre a reprodução das aves e a dos mamíferos?
- C) Qual é a diferença entre o controle da temperatura corpórea exercido pelos répteis do exercido por aves e mamíferos?

C) A temperatura dos répteis varia conforme a do ambiente, por isso eles controlam sua temperatura expondo-se ou escondendo-se de fontes de calor. Já a temperatura das aves e dos mamíferos tem pouca oscilação. Eles controlam a temperatura por meio da produção de calor pelo metabolismo, sem a necessidade de outras fontes de calor.

Répteis

Como estudamos no capítulo anterior, os anfíbios foram o primeiro grupo de craniados tetrápodes a conquistar o ambiente terrestre. Vimos também que, apesar das diversas adaptações, algumas características desse grupo ainda o tornam dependente da água, como a presença de ovos sem casca e de larvas que respiram por meio de brânquias.

Com o passar do tempo, outras adaptações permitiram que determinado grupo de animais superasse essa dependência da água. Considera-se que a principal adaptação tenha sido o aparecimento de um ovo com casca, resistente ao ressecamento, e com uma série de anexos embrionários em seu interior, os quais fornecem as condições necessárias para o desenvolvimento do embrião em ambiente terrestre. Esse grupo de animais recebeu o nome de **amniotas**, em referência ao âmnio, anexo embrionário que forma uma bolsa ao redor do embrião, a qual é preenchida por um líquido que impede sua desidratação.*

Os primeiros amniotas surgiram há aproximadamente 360 milhões de anos, na era Paleozóica. Posteriormente, eles se diferenciaram em todos os grupos de répteis, de aves e de mamíferos. Atualmente, os répteis são formados pelas tartarugas, crocodilos, lagartos e serpentes.

*Caso considere interessante, retome com os alunos os conceitos sobre os anexos embrionários estudados no capítulo 14 do volume de 1º ano desta coleção.

Ser vivo adulto

Calango (*Ameiva ameiva*): pode atingir até 10 cm de comprimento.

A era dos répteis

Durante 165 milhões de anos, uma grande variedade de grupos de répteis desenvolveu-se a partir dos ancestrais amniotas. Entre eles está o extinto grupo dos dinossauros, que, durante aproximadamente 135 milhões de anos, foram os animais dominantes na Terra.



Elenarts/Shutterstock.com

Esses animais desapareceram da Terra há 65 milhões de anos, e ainda não se sabe ao certo o motivo de sua extinção. Acredita-se, porém, que os dinossauros tenham sido extintos por uma série de fatores, entre eles as consequências causadas pelo impacto de um meteoro que teria caído no território que, hoje, corresponde ao México. Atualmente, os crocodilos são os répteis com parentesco mais próximo dos dinossauros.

Braquiossauros, alguns dos maiores dinossauros que já existiram. Esses animais mediam aproximadamente 25 m de comprimento.

Diversos fósseis de dinossauros já foram encontrados por pesquisadores em solo brasileiro. Acesse o site a seguir e veja alguns desses répteis pré-históricos que viveram em nossas terras há milhões de anos.

• <<http://tub.im/mntbq3>>.

Acesso em: 3 mar. 2016.



1. Resposta esperada: a respiração por pulmões, a presença de membros articulados, a circulação dupla, a manutenção da temperatura e a retenção da água no corpo dos animais em razão da pele seca e da espessura da derme.

Características dos répteis

A pele dos répteis é seca, não apresenta glândulas e possui uma espessa derme, características que evitam o ressecamento. Ela é revestida por escamas com queratina, em lagartos e serpentes, e por placas, em crocodilos e jacarés. Nas tartarugas, essas placas revestem uma carapaça óssea formada pela fusão de alguns ossos. As cobras e os lagartos sofrem **ecdise**, em que a pele é trocada periodicamente. Associados à epiderme encontram-se os **cromatóforos**, células com pigmentos coloridos que fornecem coloração característica a alguns répteis.

A locomoção dos répteis é realizada por meio de quatro membros que ficam paralelos ao corpo. No entanto, as serpentes são uma exceção, pois não possuem membros e utilizam movimentos ondulatórios do corpo para se movimentar.

Algumas espécies apresentam membranas entre os dedos das patas, que auxiliam em sua locomoção quando estão na água. Outras possuem nadadeiras, como é o caso das tartarugas marinhas.

Calango. Os pigmentos dos cromatóforos são responsáveis por suas cores.



Ricardo Siqueira/Argosfoto

Classificação dos répteis

O grupo dos répteis sofreu mudanças importantes em sua classificação, deixando de ser considerado como um grupo válido por cientistas. Isso ocorreu porque o agrupamento popularmente conhecido como répteis não constitui um grupo biológico verdadeiro, monofilético, no qual um ancestral comum origina as diferentes linhagens de animais.

Hoje, sabe-se que os extintos dinossauros e os atuais crocodilos e aves correspondem a um grupo denominado **arcossauros**. Assim, as aves também deveriam ser incluídas na classe dos répteis. Apesar dessa classificação, optamos por estudar as aves separadamente do grupo dos répteis.

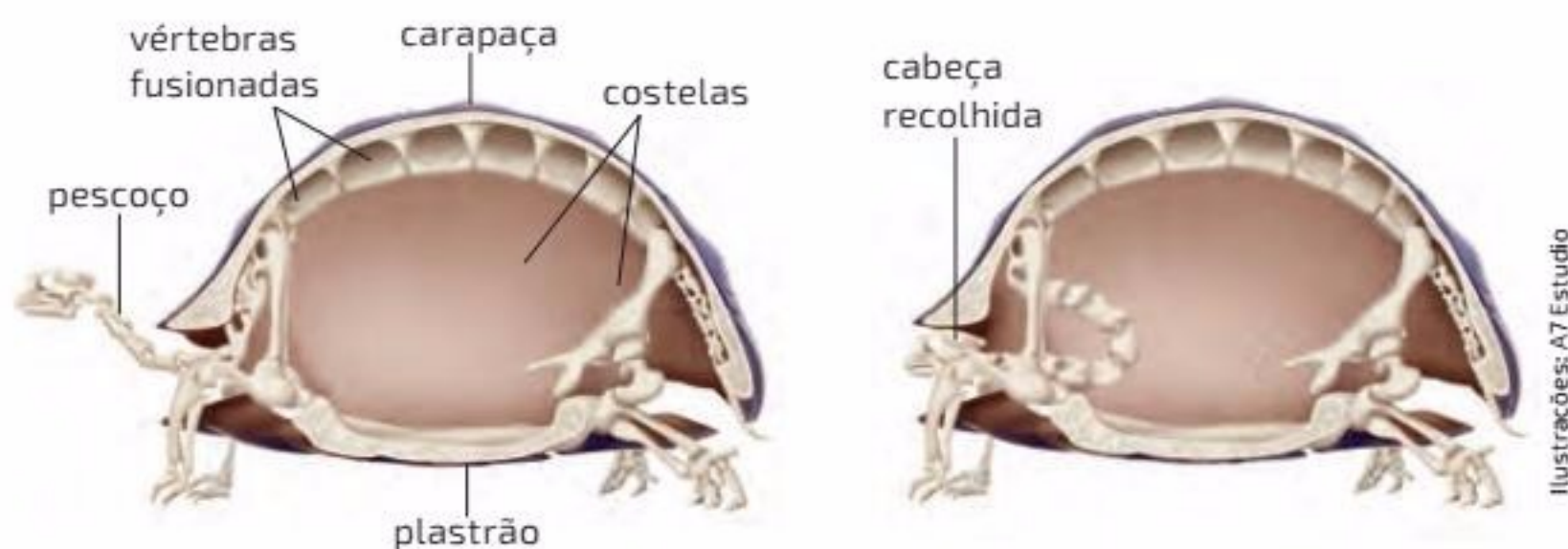
Os répteis atuais são classificados em três ordens principais: os quelônios ou testudíneos, os crocodilianos e os escamados.

Quelônios

Os quelônios são representados por tartarugas, jabutis e cágados. Esses animais são ovíparos e não possuem dentes.



Estrutura do corpo de um quelônio



Ilustrações produzidas com base em: HICKMAN, C. P.; ROBERTS, L. S.; LARSON, A. Princípios integrados de Zoologia. 11. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2009. p. 536.

Ilustrações: A7 Estúdio

Há cerca de 320 espécies viventes. A característica mais marcante nesses animais é a presença de uma **carapaça** (casco), que recobre a parte dorsal do corpo, e o **plastrão**, localizado na parte ventral. Somente a cabeça e os membros permanecem para fora do casco, mas, em algumas espécies, podem ser totalmente retraídas para seu interior, garantindo-lhes proteção contra predadores.

As tartarugas são quelônios aquáticos. Seu corpo é um pouco achatado e apresenta nadadeiras, sendo as dianteiras maiores do que as traseiras. Essas características auxiliam em sua movimentação na água.



Andrey Arnyagov/Shutterstock.com

Tartaruga-de-pente (*Eretmochelys imbricata*), encontrada no litoral brasileiro.

Os jabutis são quelônios terrestres. Sua carapaça é alta, suas pernas são rígidas e retas e seus dedos são curtos e sem membranas.



Charles V. Angelo/Science Source/BSIP/Getty Images

Jabuti-gigante (*Geochelone gigantea*).

Os cágados são quelônios de água doce, que vivem em rios e lagos. Possuem corpo achatado e pescoço longo. Apresentam membranas entre os dedos e sua carapaça é oval.



Pete Oxford/Minden Pictures/Latinstock

Cágado-tracajá (*Podocnemis unifilis*), presente na Amazônia.

Ser vivo adulto

Cágado-tracajá: pode atingir até 68 cm de comprimento.

Jabuti-gigante: pode atingir até 1,2 m de comprimento.

Tartaruga-de-pente: pode atingir até 1,14 m de comprimento.

Crocodilianos

Esse grupo de répteis é representado por crocodilos, jacarés e gaviais. Os crocodilianos atuais são animais semiaquáticos. Eles apresentam quatro pernas e membranas entre os dedos, que os auxiliam na locomoção dentro da água. A cauda achatada lateralmente impulsiona o corpo do animal na água. Possuem pálpebras para proteger os olhos, e suas narinas, localizadas na parte superior da cabeça, podem ficar fora da água enquanto o resto do corpo permanece submerso.

A cabeça dos jacarés é mais larga e o focinho é mais curto do que o dos outros crocodilianos. Esses animais são encontrados na África e na América do Sul.



Os crocodilos possuem cabeça comprida, em formato triangular, e focinho comprido. São animais encontrados na América do Norte e na Ásia.



Crocodilo-do-nilo (*Crocodylus niloticus*).

Jacaré-de-papo-amarelo (*Caiman latirostris*), encontrado no Pantanal.

Os gaviais são crocodilianos que têm cabeça pequena e focinho muito comprido e fino, eficaz na captura de peixes. Esses animais vivem em rios, principalmente da Índia e do Nepal.



Gavial (*Gavialis gangeticus*).

Escamados

O grupo escamado é o mais numeroso, com cerca de 9 mil espécies viventes, as quais apresentam características bem diversificadas. Os escamados são divididos em três grupos: os lacertílios, formados pelos lagartos; os ofídios, constituídos pelas serpentes; e os anfisbenídeos, compostos das anfisbenas.

Entre os lacertílios estão as iguanas, os teiús, as lagartixas e os camaleões.

A maioria das serpentes tem uma visão deficitária e uma audição limitada. Entretanto, próximo de suas narinas, no teto da boca, elas possuem os chamados **órgãos de Jacobson**. Esses órgãos, que também estão presentes nos lagartos, possuem quimiorreceptores responsáveis por identificar os odores capturados pela língua bífida desses répteis, após agitá-la para fora da boca.

Algumas serpentes, como as cascavéis, possuem órgãos especializados em perceber fontes de calor, chamados **fossetas loreais**. Com isso, mesmo em um ambiente com total ausência de luz, a serpente pode localizar outro animal pelo calor emitido por seu corpo.

As anfisbenas têm o formato do corpo semelhante ao das serpentes. São popularmente conhecidas como cobras-de-duas-cabeças, por causa da semelhança entre suas extremidades.

Ser vivo adulto

Anfisbena: pode atingir até 60 cm de comprimento.

Crocodilo-do-nilo: pode atingir até 6 m de comprimento.

Gavial: pode atingir até 7 m de comprimento.

Jacaré-de-papo-amarelo: pode atingir até 2,5 m de comprimento.

Lagarto: pode atingir até 1,5 m de comprimento.

Sucuri: pode atingir até 9 m de comprimento.



Serpente agitando a língua para captar odores do ambiente.

Os lagartos são animais que geralmente têm o corpo alongado. Podem possuir dois, quatro ou nenhum membro. São encontrados em florestas ou em regiões desérticas.



Lagarto (*Tupinambis merianae*).

As serpentes apresentam corpo alongado e podem ser peçonhentas ou não. Algumas, como a sucuri, se enrolam sobre sua presa e a matam por asfixia, provocada pela constrição.



Sucuri (*Euneectes murinus*).

As anfisbenas possuem olhos reduzidos, o corpo é segmentado e a pele não é presa ao corpo, o que as auxilia a escavar.



Anfisbena (*Blanus cinereus*).

Serpentes peçonhentas

Os animais peçonhentos são assim caracterizados pela presença de glândulas específicas que produzem substâncias tóxicas, que só fazem efeito quando são injetadas em outro animal, por meio de estruturas inoculadoras.

Ryu Uchiyama/Nature Production/
Minden Pictures/Latinstock



Pesquisador extraindo veneno de uma cascavel.

Ilustrações: A7 Estúdio



Dentição de uma serpente áglifa.



Dentição de uma serpente solenóglifa.

Ilustrações produzidas com base em: MUSA (Museu da Amazônia). Dentição. Disponível em: <<http://museudaamazonia.org.br/2015/12/11/denticao-das-serpentes/>>. Acesso em: 20 maio 2016.

As serpentes peçonhentas possuem presas específicas para a inoculação do veneno produzido em glândulas localizadas no maxilar. Essas presas são dentes modificados, que, geralmente, contêm canais por onde o veneno é transportado durante o ataque a uma presa.

Embora esteja presente em muitas espécies, a peçonha, ou veneno, não é uma característica comum a todas as serpentes. É possível saber se uma serpente é peçonhenta ou não analisando sua dentição. Serpentes não peçonhentas são chamadas **áglifas** e não possuem presas inoculadoras de veneno. É o caso, por exemplo, da sucuri e da jiboia.

Nas serpentes peçonhentas, a posição das presas inoculadoras é variável. As serpentes **opistóglifas** possuem presas na região posterior da boca. Nas serpentes **proteróglifas**, as presas localizam-se na região anterior da boca. Nas serpentes **solenóglifas**, as presas também localizam-se na região anterior da boca, porém são grandes e permanecem retraídas, tornando-se expostas somente quando estão com a boca aberta.

No Brasil, a maioria dos acidentes envolvendo serpentes ocorre com as solenóglifas do grupo dos **crotalíneos**, entre elas a jararaca, a cascavel e a surucucu. As jararacas são as que mais causam acidentes ofídicos, pois são encontradas em diversos ambientes, como áreas úmidas, rurais e periurbanas. As cascavéis distribuem-se por locais arenosos e campos abertos e possuem um guizo no final da cauda, cuja agitação serve como sinal de advertência a predadores. A surucucu é considerada a maior serpente peçonhenta das Américas e é muito comum na Floresta Amazônica e na Mata Atlântica.

Outro grupo, o dos **elapíneos**, causa a minoria dos acidentes, mas com alta gravidade. Uma das representantes desse grupo é a coral-verdadeira, uma serpente proteróglifa.

Ser vivo adulto

Cascavel (*Crotalus* sp.): pode atingir até 1,5 m de comprimento.

Coral-verdadeira (*Micrurus* sp.): pode atingir até 1,3 m de comprimento.

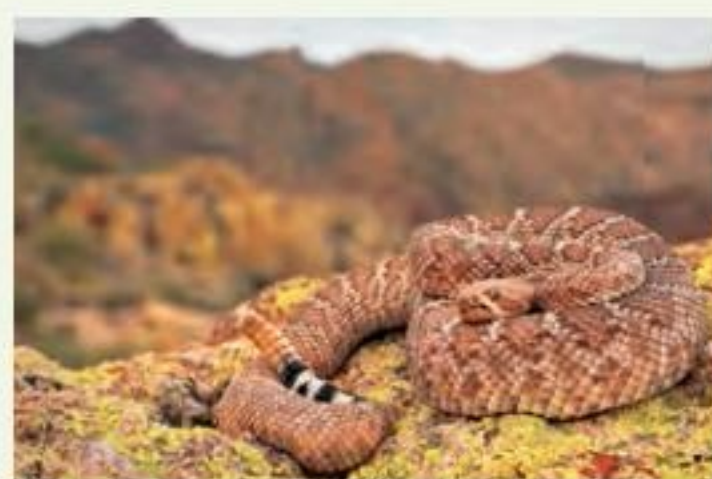
Jararaca (*Bothrops* sp.): pode atingir até 1,6 m de comprimento.

Surucucu (*Lachesis* sp.): pode atingir até 3 m de comprimento.

Claus Meyer/Minden Pictures/
Latinstock



Jararaca.



Cascavel.

Ryan M. Bolton/Shutterstock.com

Dr. Morley Read/SPL/Latinstock



Surucucu.



Coral-verdadeira.

Claus Meyer/Minden Pictures/
Latinstock

Se desejar conhecer mais sobre os acidentes ofídicos, acesse o site a seguir.

• <<http://tub.im/c8hf8f>>.

Acesso em: 8 mar. 2016.



Na grande maioria, os casos de envenenamentos causados por serpentes peçonhentas ocorrem quando as pessoas estão trabalhando sem a devida proteção. Em aproximadamente 60% dos casos, o local acometido é o pé ou o tornozelo. Por esse motivo, a utilização de uma bota de couro que cubra essas regiões, de preferência até o joelho, pode prevenir até 70% desses acidentes.

Fisiologia dos répteis

O sistema digestório dos répteis é completo. Ele é composto de faringe, esôfago, estômago, intestino delgado, reto, cloaca e ânus. Também estão presentes o fígado e o pâncreas.

A maioria dos répteis é carnívora, mas existem espécies herbívoras e onívoras. Eles possuem uma boca com dentes, que são utilizados para atacar, defender e cortar alimentos. No entanto, as tartarugas não possuem dentes, mas placas córneas com as quais podem esmagar o alimento.

No interior da boca, existe uma língua que apresenta diferentes adaptações, conforme a espécie. Em jacarés, por exemplo, a língua, ao ser comprimida contra o palato (parte superior da cavidade bucal), impede a entrada de água nos pulmões, permitindo ao animal abrir a boca debaixo da água. Nas serpentes e nos lagartos, a língua é projetada no ar e capta partículas odoríferas, trazendo-as para o interior da boca, para serem identificadas. Os camaleões são lagartos que lançam sua língua sobre a presa para capturá-la, de maneira semelhante aos anuros.

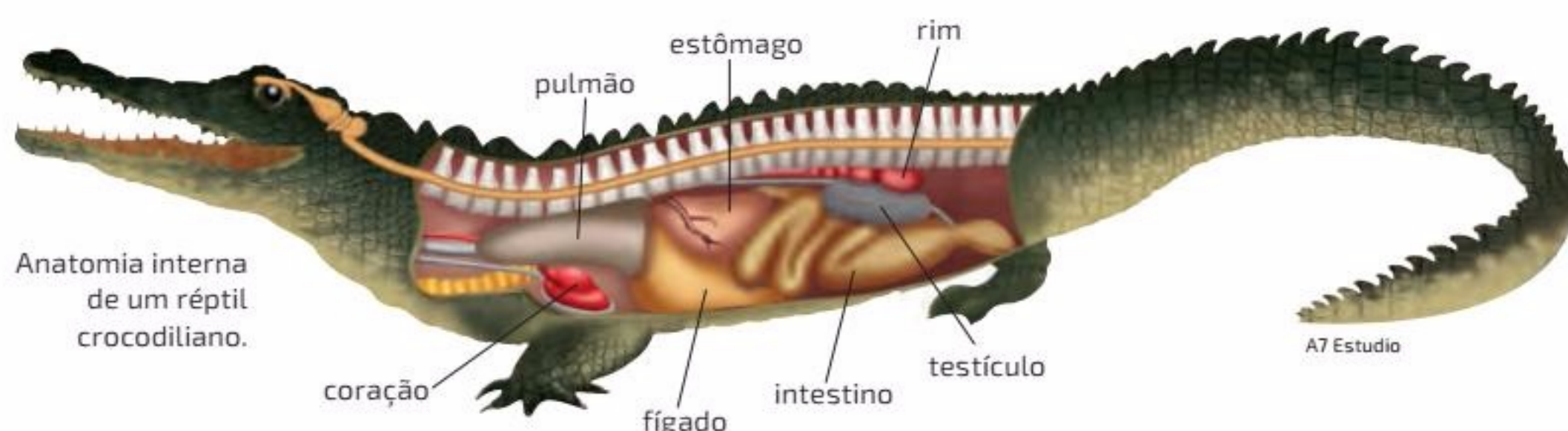


Ilustração produzida com base em: HICKMAN, C. P.; ROBERTS, L. S.; LARSON, A. *Princípios integrados de Zoologia*. 11. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2009. p. 536.

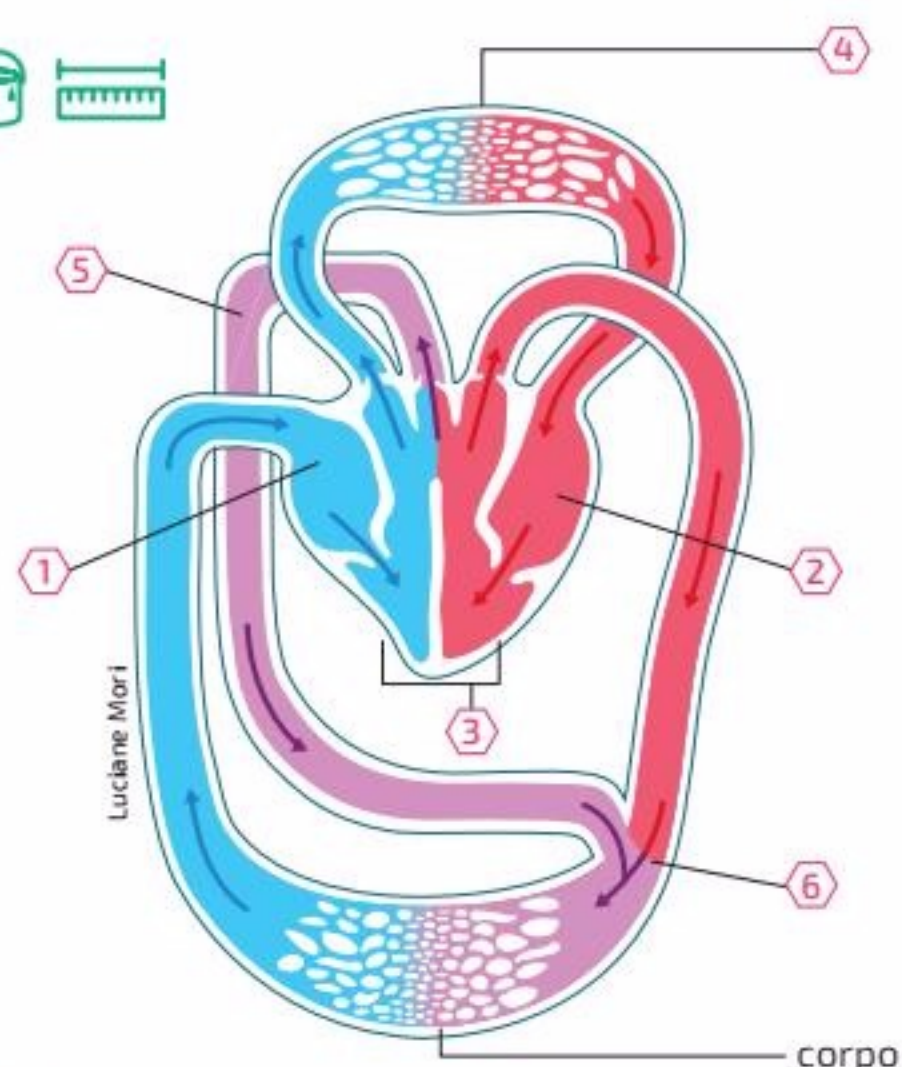
A7 Estúdio

O sistema circulatório dos répteis é fechado, duplo e incompleto, mas a mistura do sangue venoso com o arterial ocorre em menor proporção se comparada aos anfíbios. O coração é composto de três cavidades, dois átrios e um ventrículo parcialmente separado por um septo. Já nos crocodilos e jacarés, a divisão do ventrículo é completa, ou seja, o coração é dividido em quatro câmaras* e a circulação é dupla e completa.

Observe, no esquema a seguir, o sistema circulatório de um réptil.

*Apesar de possuir o ventrículo completamente dividido, o sangue dos crocodilianos pode ser parcialmente misturado por meio de uma conexão entre as duas artérias que saem do coração.

Sistema circulatório de um quelônio



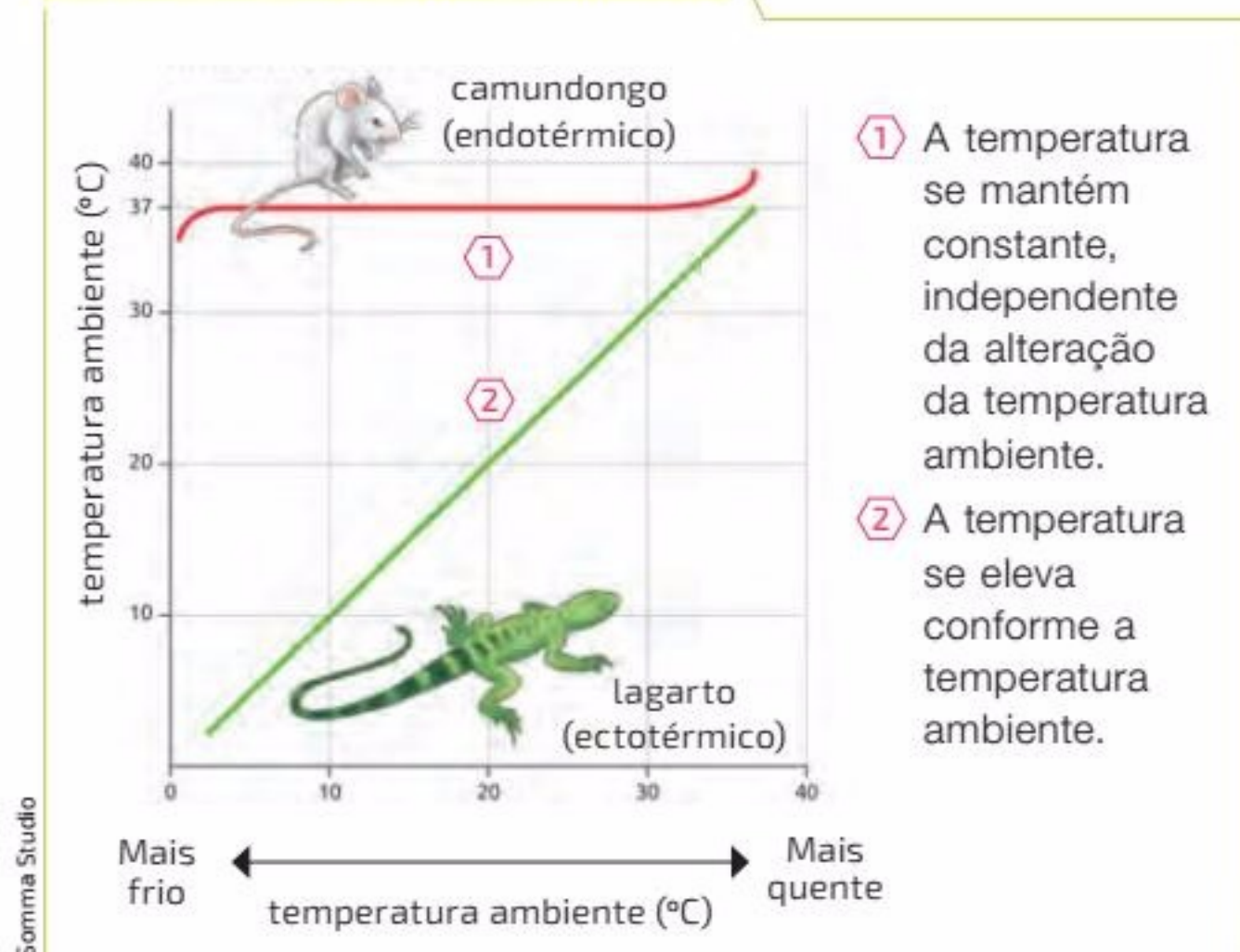
- Sangue pobre em gás oxigênio
- Sangue rico em gás oxigênio
- Sangue misturado

Ilustração produzida com base em: PURVES, W. K. et al. *Vida: a ciência da Biologia*. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2002. p. 870.

A excreção dos répteis é feita por um par de rins que realizam a filtração e são capazes de reabsorver grandes quantidades de água. Dessa maneira, as excretas dos répteis são altamente concentradas e eliminadas em consistência pastosa na forma de ácido úrico pela cloaca, juntamente com as fezes.

Alguns répteis, como as tartarugas marinhas, possuem **glândulas de sal**, localizadas perto das narinas, dos olhos ou da língua. Essas glândulas auxiliam a manter o equilíbrio osmótico, pois eliminam uma solução com excesso de sais do corpo do animal.

Ectotérmicos e endotérmicos



Assim como os peixes e os anfíbios, os répteis são animais que dependem, principalmente, de fontes externas de calor para manter a temperatura do corpo. Esses animais são chamados **ectotérmicos** e utilizam o sol como uma das suas principais fontes de calor. Eles possuem certos padrões de comportamento para aproveitar ao máximo a exposição ao sol e evitar a perda de calor na sua ausência. Por isso, é muito comum observarmos, por exemplo, lagartos sob o sol em busca de troca de calor entre o ambiente e seu corpo, promovendo o aquecimento. No entanto, se a temperatura ambiente estiver alta, o lagarto permanecerá na sombra, na tentativa de reduzir sua temperatura corporal.

Fonte: PURVES, William K. et al. Vida: a ciência da Biologia. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2002. p. 701.

Já os animais que regulam sua temperatura por meio de seu metabolismo e que também apresentam mecanismos para eliminar esse calor são chamados **endotérmicos**. Nesses animais, a temperatura corpórea não varia conforme a do ambiente, mas se mantém relativamente constante. As aves e os mamíferos são exemplos de animais endotérmicos.

O sistema nervoso dos répteis é composto de cérebro, cerebelo e nervos e é relativamente mais complexo do que o dos anfíbios.

Reprodução dos répteis

Os répteis são animais dioicos, com poucas espécies hermafroditas. Apresentam desenvolvimento direto, e a maioria das espécies é ovípara. No entanto, há algumas ovovíparas e outras vivíparas. Os machos possuem um órgão copulador para introdução dos gametas no interior do corpo da fêmea.

Embrião de um réptil

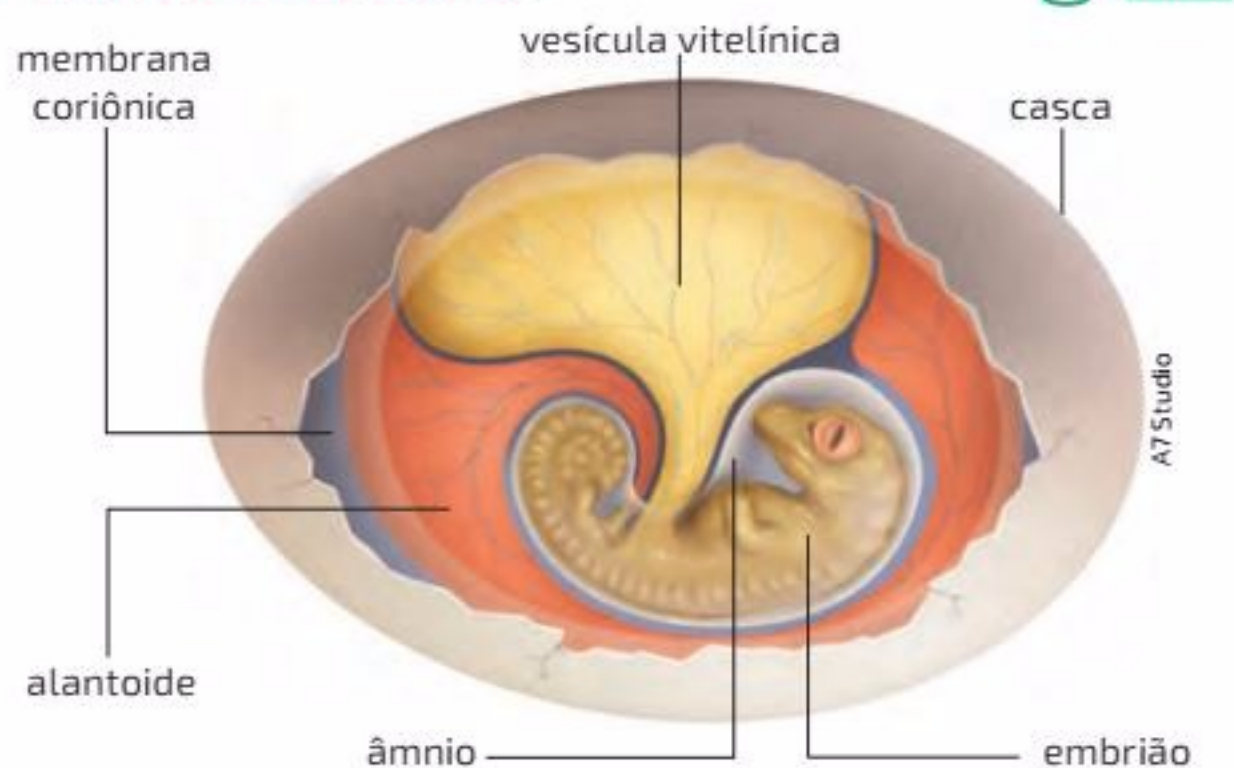


Ilustração produzida com base em: HICKMAN, C. P.; ROBERTS, L. S.; LARSON, A. Princípios integrados de Zoologia. 11. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2009. p. 535.

Nas espécies ovíparas, além da casca e do âmnio, os ovos possuem a vesícula vitelínica, que envolve o vitelo (substância nutritiva para o embrião); a membrana coriônica ou cório, que auxilia na proteção e nas trocas gasosas; e o alantoide, que armazena as excretas produzidas pelo embrião.

A maioria dos répteis não realiza cuidado parental, mas existem exceções. Algumas espécies, como as serpentes pítons, enrolam-se ao redor de seus ovos e, com movimentos corporais, produzem calor para incubá-los. Outras espécies, como os jacarés, constantemente visitam seu ninho, girando, umedecendo e protegendo os ovos de predadores. Nessas espécies, as fêmeas podem carregar os recém-nascidos pela boca para outros lugares.

Aves

Como vimos na página 206 deste capítulo, as aves correspondem a uma linhagem que evoluiu a partir dos arcossauros, mesmo grupo dos dinossauros e crocodilianos. Isso significa que, evolutivamente, as aves são mais próximas dos dinossauros e dos crocodilianos do que estes são dos lagartos, das serpentes e das tartarugas.

Diversas evidências baseadas no estudo de fósseis indicam que as aves se originaram a partir de um grupo de répteis extintos, parentes dos dinossauros.

Segundo essas evidências, um grupo de dinossauros bípedes, que utilizava os membros anteriores na captura de presas, apresentava algumas características semelhantes às aves modernas, entre elas a presença de penas. Estudos indicam que essa presença estava relacionada à regulação da temperatura corpórea e que a capacidade de voo surgiu posteriormente. Com o passar do tempo, esse grupo de dinossauros evoluiu e, além das penas, passou a apresentar um corpo cuja estrutura foi favorável ao desenvolvimento das asas e do voo.

Das sete espécies de aves primitivas, a mais conhecida é *Archaeopteryx lithografica*. Esse animal apresentava penas no corpo, membros anteriores modificados em asas e pés semelhantes aos de algumas aves atualmente existentes. *Archaeopteryx* possuía características que o assemelhavam tanto aos dinossauros quanto às atuais aves, evidências que sugerem o parentesco entre ambos os grupos.

Fóssil de *Archaeopteryx lithografica* encontrado em 1861, na Alemanha.



Reconstituição baseada em fósseis de *Archaeopteryx lithografica*, que tinha aproximadamente 50 cm de comprimento.



Características gerais das aves

As aves atuais formam um grande e diversificado grupo de vertebrados, com mais de 10 mil espécies distribuídas em quase todo o planeta. Entre as principais características desses animais estão as que se relacionam ao voo.

Seus membros anteriores são modificados, formando asas, o que capacita a maioria das aves a voar. O corpo é revestido por penas, característica exclusiva desse grupo de vertebrados. As penas são importantes para o aquecimento e para a proteção corporal e auxiliam na flutuação durante o voo. O corpo é aerodinâmico, permitindo que a passagem de ar durante o voo confira certa sustentação.

O esqueleto das aves apresenta diversas adaptações que permitem o voo. Os ossos são **pneumáticos**, ou seja, com seus espaços preenchidos por ar, o que reduz a densidade. Para auxiliar na redução da massa corporal, há a presença de **sacos aéreos**, estruturas interconectadas entre si e que fazem parte do sistema respiratório. No interior desses sacos, o ar é aquecido, tornando-se menos denso que o ar atmosférico, o que contribui para a flutuação da ave. Além disso, o fluxo de ar dentro dos sacos aéreos auxilia no controle da temperatura do corpo das aves e na eficiência das trocas gasosas.



espaços com ar

Estrutura de um osso pneumático.

Ilustração produzida com base em: POUGH, F. H. et al. A vida dos vertebrados. 3. ed. São Paulo: Atheneu, 2003. p. 434.

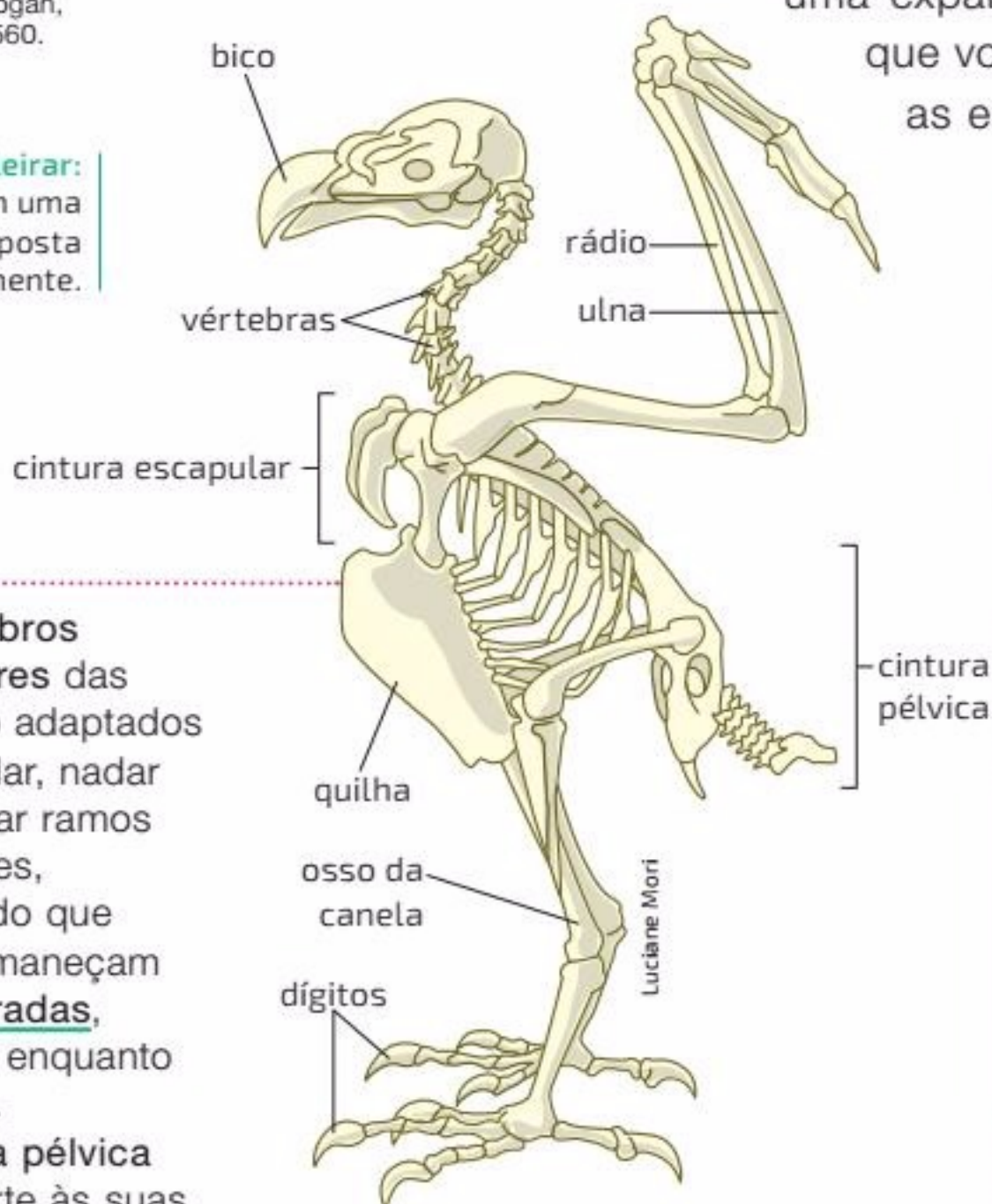
2. Resposta esperada: asas; corpo leve e aerodinâmico, com a presença de um esqueleto formado por ossos pneumáticos; presença de sacos aéreos; não armazenamento de excretas; um alto metabolismo.

2. Quais características as aves possuem que estão adaptadas para o voo?



Alguns músculos das aves possuem grande massa, como é o caso do músculo peitoral, que está diretamente associado ao movimento de descida da asa. Esse músculo se liga à **quilha** ou **carena**, uma expansão do osso esterno que está presente nas aves que voam. Nas aves que não voam, como os avestruzes e as emas, a quilha está ausente ou reduzida.

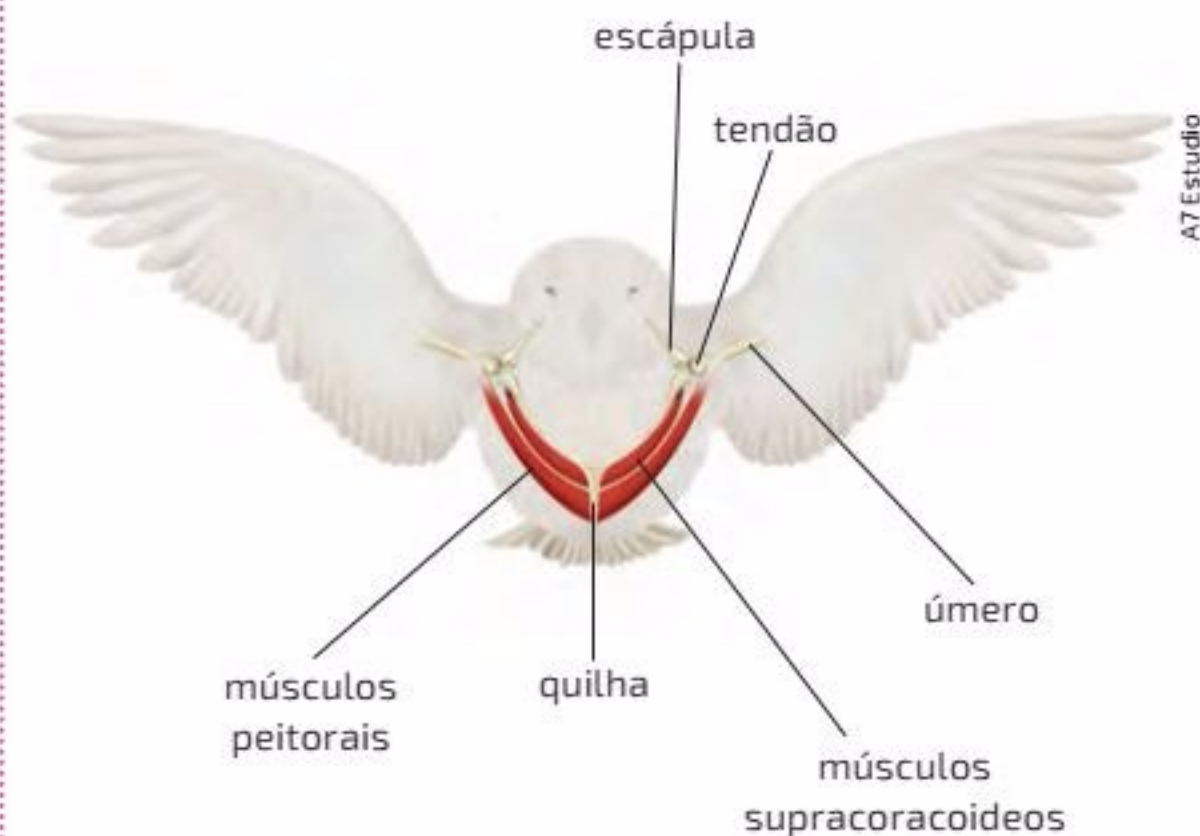
Empoleirar: repousar em uma vara disposta horizontalmente.



Esqueleto de uma águia.

Os membros posteriores das aves são adaptados para andar, nadar ou agarrar ramos de árvores, permitindo que elas permaneçam **empoleiradas**, inclusive enquanto dormem. A cintura pélvica dá suporte às suas pernas, e a cintura escapular, às asas.

A contração do músculo supracoracoideo puxa a asa para cima, enquanto a contração do músculo peitoral puxa a asa para baixo, impulsionando o corpo da ave para cima durante o voo.



Músculos de voo inseridos na quilha.

Por serem animais endotérmicos, as aves possuem adaptações que auxiliam a retenção do calor produzido pelo corpo, como as penas. Além delas, a **glândula uropigiana**, localizada na região da cauda, libera uma substância oleosa e impermeabilizante, que a ave espalha com o bico sobre as penas. Dessa maneira, mesmo em contato com a água, as penas permanecem secas, evitando, assim, a perda de calor pela umidade. O comportamento de esfregar o bico na glândula uropigiana é comum em aves aquáticas, como os patos e os cisnes.

As aves possuem hábitos alimentares variados. Algumas são carnívoras, outras herbívoras ou onívoras, e o formato de bico que elas possuem são adaptações ao seu tipo de alimentação. Observe alguns exemplos.

Ser vivo adulto

Arara-vermelha (*Ara chloropterus*): pode atingir até 90 cm de comprimento.

Beija-flor (*Clytolaema rubricauda*): pode atingir até 12 cm de comprimento.

Harpia (*Harpia harpyja*): pode atingir até 1 m de comprimento.

Talha-mar (*Rynchops niger*): pode atingir até 46 cm de comprimento.

Alguns bicos são adaptados para quebrar sementes, como é o caso da arara-vermelha, presente em diversas regiões do Brasil.

O talha-mar possui um bico adaptado para a pesca. A parte de baixo é maior que a de cima, e serve para recolher pequenos peixes e camarões quando sobrevoa a superfície da água.

Aves que se alimentam de néctar das flores, como o beija-flor, possuem um bico longo e fino. Isso facilita o acesso aos nectários, locais de armazenamento do néctar das flores.

As aves carnívoras, como as águias e corujas, possuem um bico adaptado para dilacerar a carne da presa. Na fotografia, uma harpia, considerada uma das maiores águias do mundo e encontrada no Brasil.



Arara-vermelha.



Talha-mar.



Beija-flor.



Harpia.

Classificação das aves

As espécies de aves estão organizadas em 28 ordens. Algumas dessas ordens são formadas por aves que não possuem a quilha para inserção dos músculos peitorais. Essas aves não voam e algumas são chamadas **ratitas**. Observe três exemplos de ordens de aves que não voam.

*Existe grande divergência sobre a filogenia das aves. Uma hipótese alternativa considera os Tinamiformes como um grupo irmão das ratitas.

Optamos por apresentá-la por ser uma ave que faz parte da cultura brasileira, classificando-a somente como uma ordem de aves que não voam.

Rheiformes: é a ordem das emas, aves grandes e corredoras, encontradas na América do Sul. Elas possuem três dedos em cada pé. É uma ratita.



Konrad Wothe/Minden Pictures/Latinstock

Ema.

Struthioniformes: ordem representada pela maior ave existente na atualidade, o avestruz. Possui dois dedos nos pés. É uma ratita.



blckwinkl/Alamy Stock Photo/Latinstock

Avestruz.

Tinamiformes: fazem parte dessa ordem os macucos, os inhambus e as codornas. Todas essas aves são encontradas na América Central e do Sul.



Haroldo Palo Jr/Kino.com.br

Inhambu.

Ser vivo adulto

Avestruz (*Struthio camelus*): pode atingir até 2,7 m de altura.

Bem-te-vi (*Pitangus sulphuratus*): pode atingir até 25 cm de comprimento.

Ema (*Rhea americana*): pode atingir até 2 m de altura.

Inhambu (*Crypturellus parvirostris*): pode atingir até 22 cm de comprimento.

Mutum (*Crax fasciolata*): pode atingir até 85 cm de comprimento.

Papagaio (*Amazona aestiva*): pode atingir até 40 cm de comprimento.

Entre as aves que possuem a quilha, nem todas têm a capacidade de voar, como é o caso dos pinguins. Apesar disso, a grande maioria das ordens das aves apresenta quilha e voa. Observe alguns exemplos a seguir.

Passeriformes: representam cerca de 60% de todas as espécies de aves viventes. Possuem pés adaptados para empoleirar e uma siringe bem desenvolvida, o que permite que algumas espécies apresentem cantos melodiosos. São conhecidas popularmente como passarinhos. Exemplos: bem-te-vi, joão-de-barro, andorinha, sabiá, chupim, sanhaço, juruviara e pardal.



Ricardo de Paula Ferreira/Shutterstock.com

Bem-te-vi.

Psittaciformes: são aves de bico curto, forte e curvado na extremidade. Possuem língua carnosa, e as penas apresentam tons brilhantes em verde, amarelo, vermelho ou azul. Exemplos: papagaio e arara.



Andrew M. Allport/Shutterstock.com

Papagaio.

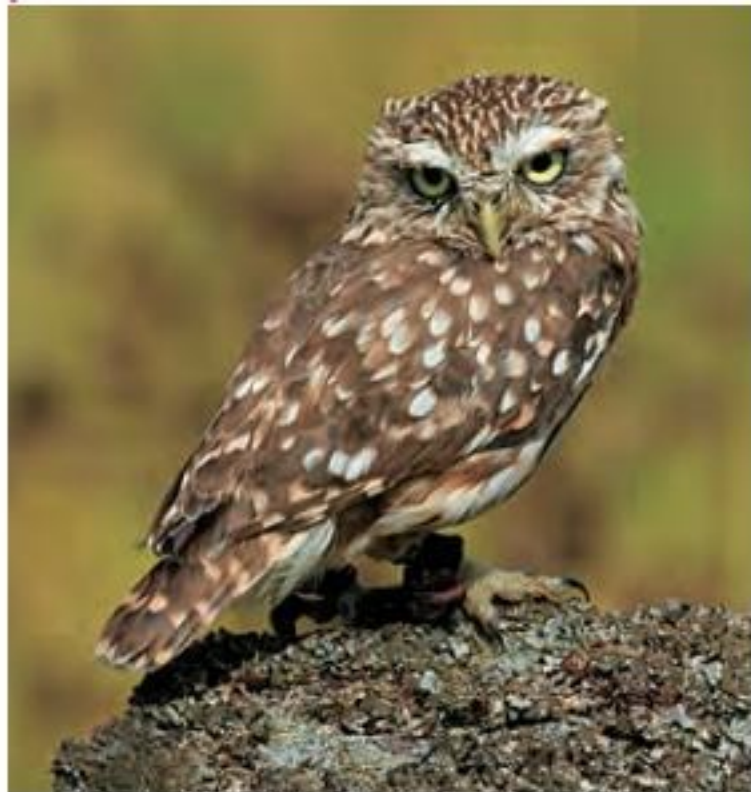
Galliformes: são aves com bicos fortes, pés pesados e asas curtas, semelhantes às galinhas. São capazes de realizar voos rápidos e de curta distância. Exemplos: galinha, peru, mutum, jacutinga e perdiz.



Palê Zuppani/Pulsar

Mutum.

Strigiformes: são aves noturnas e predadoras. Possuem cabeça grande, bico curvo na extremidade, olhos virados para a frente, e os pés são fortes, com a presença de garras. Exemplos: coruja e suindara.



Coruja.

Anseriformes: são aves aquáticas e semiaquáticas, que apresentam membranas entre os dedos dos pés para facilitar a natação. Exemplos: pato, ganso, cisne e anhuma.



Pato.

Falconiformes: são aves de rapina diurnas, com asas bem desenvolvidas para voos potentes e visão aguçada. Exemplos: águias, gaviões, falcões e condores.



Falcão-peregrino.

Fisiologia das aves



Por não possuírem dentes, o sistema digestório das aves apresenta algumas adaptações que auxiliam no processamento dos alimentos. Veja no esquema a seguir.

Ser vivo adulto

Coruja (*Athene noctua*): pode atingir até 23 cm de comprimento.

Falcão-peregrino (*Falco peregrinus*): pode atingir até 53 cm de comprimento.

Pato (*Anas undulata*): pode atingir até 35 cm de comprimento.

Sistema digestório das aves

Papo: dilatação do esôfago onde o alimento é armazenado. Algumas aves, como os pombos, possuem células especializadas no papo, que produzem uma secreção rica em proteína e lipídios, utilizada para alimentar o filhote recém-nascido.

Moela: compartimento que, junto com o proventrículo, forma o estômago. Contém grossas paredes musculares que servem para triturar o alimento. Para auxiliar nesse processo, as aves engolem partículas sólidas e ásperas que ficam armazenadas nesse órgão.



Proventrículo: um dos compartimentos que forma o estômago, junto com a moela. É responsável por secretar sobre o alimento o suco gástrico, que é formado por enzimas e ácidos.

Fígado e pâncreas: órgãos produtores de enzimas e outras substâncias que auxiliam na digestão.

Ceco: local de armazenamento de vitaminas, ou também câmara de fermentação, em aves herbívoras.

Ilustração produzida com base em:
HILDEBRAND, M.; GOSLOW, G. E. J.
Análise da estrutura dos vertebrados. 2. ed.
São Paulo: Atheneu Editora, 2006. p. 208.

O sistema respiratório das aves é adaptado para conseguir o máximo de eficiência nas trocas gasosas. Isso é importante porque, para voar, elas necessitam de uma grande demanda energética*.

A traqueia se ramifica em dois brônquios que entram nos pulmões. No interior dos pulmões, os brônquios se ramificam em **parabrônquios**, onde o gás oxigênio é absorvido e o gás carbônico liberado, conforme o ar vai passando por eles. Essa estrutura permite que o ar passe pelos pulmões em um fluxo contínuo, e não entre e saia deles como ocorre nos mamíferos, por exemplo.

Conectados a essas estruturas estão nove sacos aéreos que se distribuem na parte anterior e posterior do corpo da ave. Essas adaptações fazem a porção de ar inspirado sair somente após dois ciclos de inspiração e expiração. A vantagem desse sistema é que os pulmões recebem ar rico em gás oxigênio tanto na inspiração quanto na expiração. Observe, no esquema abaixo, como isso ocorre.

*Se achar conveniente, converse com os alunos sobre a importância do gás oxigênio na obtenção de energia durante a respiração aeróbia.

Sistema respiratório das aves

O ar que entra pelas narinas durante a primeira inspiração segue pela traqueia até os sacos aéreos posteriores (→). Durante a primeira expiração, esse ar oxigenado é enviado para os pulmões (→). Na segunda inspiração, o ar sai dos pulmões e segue para os sacos aéreos anteriores, agora cheio de gás carbônico (→). Durante a segunda expiração, o ar segue dos sacos aéreos anteriores para a traqueia e, em seguida, para as narinas, de onde é eliminado para o ambiente (→).



Ilustração produzida com base em: POUGH, F. H. et al. A vida dos vertebrados. 3. ed. São Paulo: Atheneu, 2003. p. 434.

Ao final da traqueia e no começo dos brônquios, está a **siringe**, estrutura responsável por produzir o canto das aves. Esse órgão possui membranas que vibram conforme o ar passa por elas, gerando os sons característicos do canto.

O sistema circulatório das aves é fechado, duplo e completo. Diferentemente dos anfíbios e répteis, a circulação das aves é completa, pois o coração é composto de quatro cavidades, dois átrios e dois ventrículos completamente separados, e, dessa maneira, o sangue pobre em gás oxigênio não se mistura ao sangue rico em gás oxigênio. Observe o esquema a seguir.

Sistema circulatório das aves

O sangue rico em gás carbônico chega do corpo e entra no **átrio direito** (1). Dele, o sangue passa para o **ventrículo direito** (2), depois é bombeado para as veias pulmonares até chegar aos **pulmões** (3), onde ocorrem as trocas gasosas. Dos pulmões, o sangue já oxigenado segue para o **átrio esquerdo** (4) e, em seguida, vai para o **ventrículo esquerdo** (5). A contração desse ventrículo empurra o sangue para as artérias que distribuirão o sangue para todo o **corpo** (6).

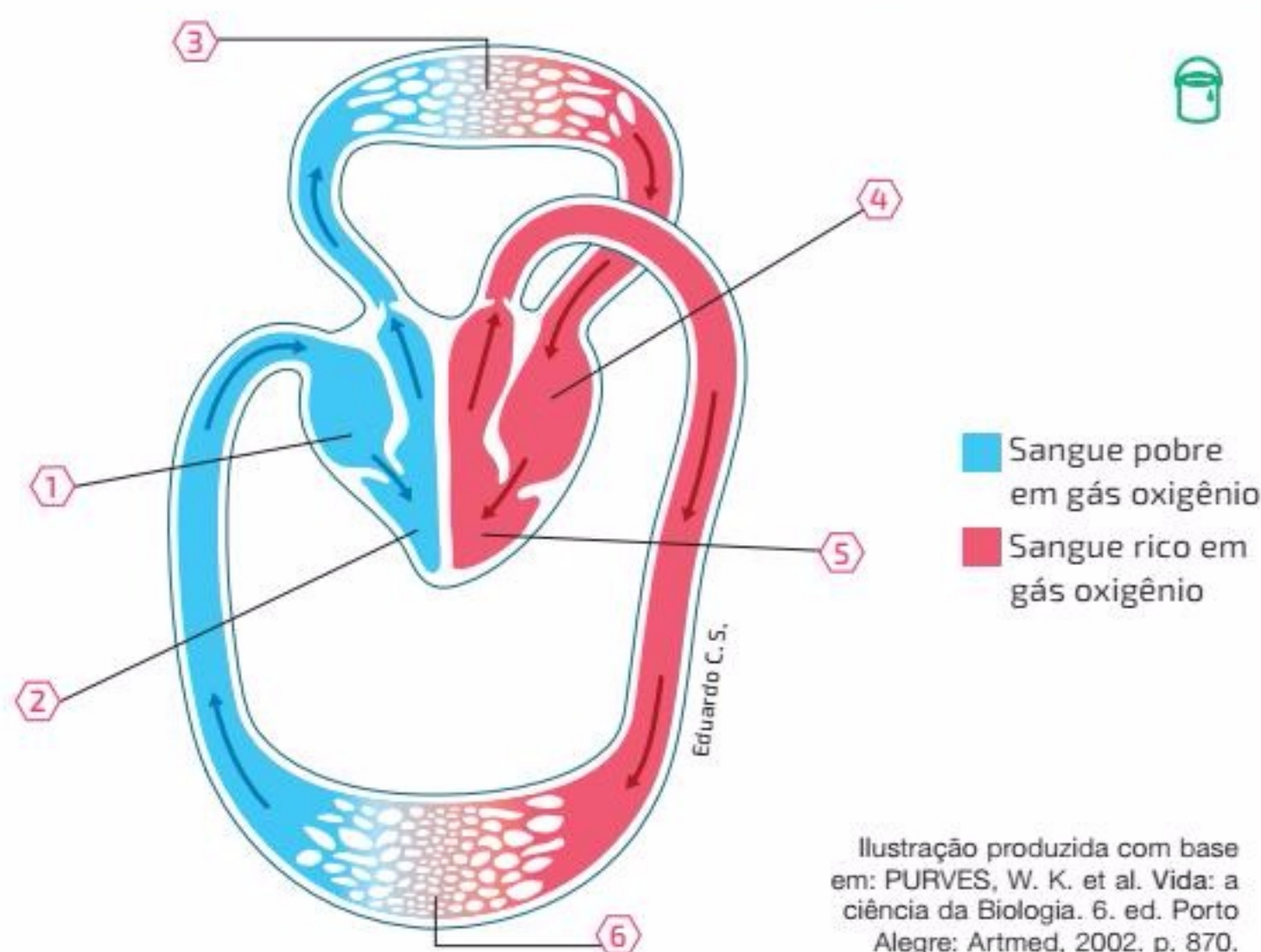


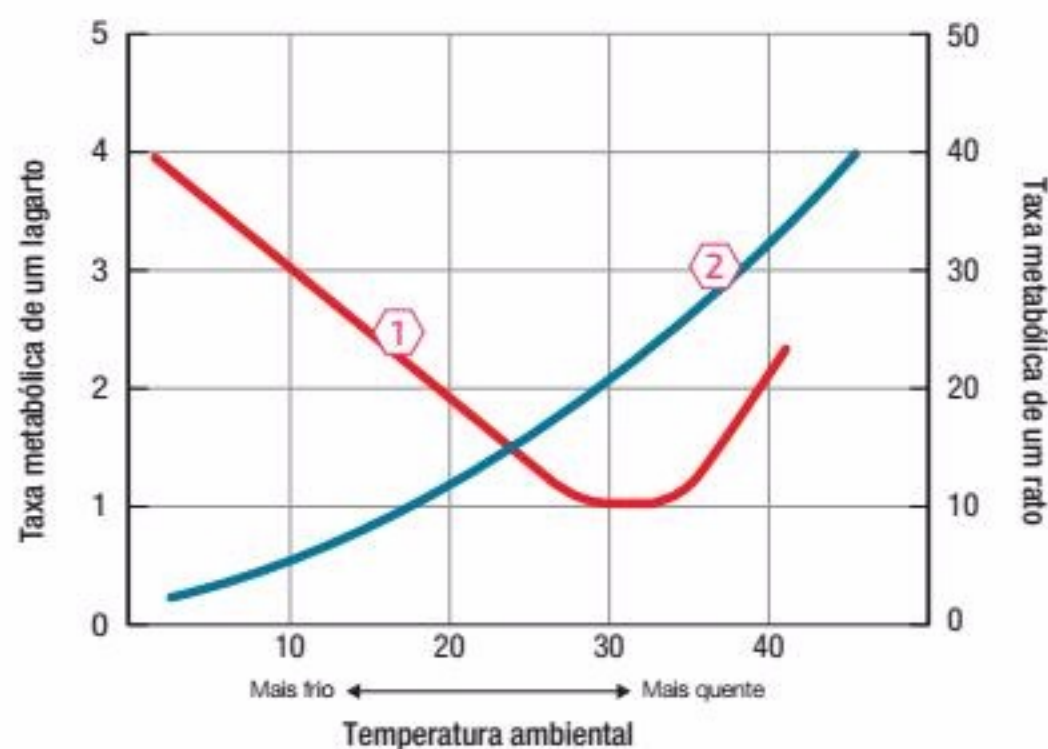
Ilustração produzida com base em: PURVES, W. K. et al. Vida: a ciência da Biologia. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2002. p. 870.

As aves possuem dois rins, que filtram os fluidos corporais e reabsorvem a água, de maneira que, assim como os répteis, excretam pela cloaca uma pasta de ácido úrico misturada às fezes. Elas não possuem bexiga urinária, e a urina é eliminada assim que é produzida, da mesma forma que ocorre com as fezes. Essa característica consiste em uma adaptação para o voo, pois, sem a retenção da urina, não há aumento de massa corpórea.

O sistema nervoso das aves é formado por um encéfalo com hemisférios cerebrais e um cerebelo, responsável pela coordenação dos movimentos e do equilíbrio. O paladar e o olfato das aves não são muito desenvolvidos, mas elas possuem boa audição e uma excelente visão.

Conforme já vimos, as aves são animais endotérmicos; dessa maneira, a produção do calor é realizada por mecanismos internos, principalmente pelo metabolismo.

Metabolismo de endotérmicos e de ectotérmicos



- ① A taxa metabólica responsável pela produção de calor em um animal endotérmico reduz conforme aumenta a temperatura do ambiente.
- ② A taxa metabólica de um animal ectotérmico aumenta conforme se eleva a temperatura do ambiente.

Fonte: PURVES, W. K. et al. Vida: a ciência da Biologia. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2002. p. 701.

A resposta de um animal endotérmico à redução ou ao aumento da temperatura do ambiente é diferente da resposta de um animal ectotérmico. Observe no gráfico ao lado que, quanto menor a temperatura, maior é a taxa metabólica dos animais endotérmicos. Já a taxa metabólica dos ectotérmicos varia conforme a temperatura do ambiente. Com isso, percebe-se que os endotérmicos conseguem controlar sua temperatura por meio do controle da taxa metabólica, o que não ocorre com os animais ectotérmicos.

Reprodução das aves

As aves são ovíparas, e, assim como ocorre com os répteis, seus ovos possuem casca, âmnio, vesícula vitelínica, membrana coriônica e alantoide. O desenvolvimento é direto e a fecundação é interna.

A maioria dos machos não possui pênis, e os espermatozoides produzidos em seus **testículos** acumulam-se em estruturas denominadas **vesículas seminais**. Durante o acasalamento, esses gametas saem das vesículas seminais e chegam até a cloaca através de **ductos deferentes**. Por fim, o macho pressiona sua cloaca sobre a da fêmea para transferir os espermatozoides.

As fêmeas possuem **ovário** e **oviduto**, mas, na maioria das aves, essas estruturas desenvolvem-se somente do lado esquerdo, ficando as do lado direito atrofiadas. Após serem liberados pelo óvulo, os ovócitos podem ser fertilizados ou não. Eles descem pelo oviduto e recebem albumina (a clara do ovo) de algumas glândulas. Outras glândulas produzem a casca calcária, que será responsável por revestir e proteger o ovo.

Algumas espécies constroem ninhos, que podem ser fabricados com pedaços de vegetais, como é o caso da gaivota, ou com barro, como faz o João-de-Barro. Determinadas espécies constroem seus ninhos em troncos de árvores, como as andorinhas, e outras cavam buracos em árvores, como os pica-paus. Nas espécies que não constroem ninhos, a postura dos ovos é realizada sobre o solo ou sobre rochas.

A maioria dos filhotes necessita do cuidado dos pais logo após a eclosão, como alimentação e proteção contra o frio, o calor ou a chuva. Eles são protegidos até que atinjam determinado estágio de vida, quando, enfim, passam a viver independentemente dos pais.

Ser vivo adulto

Rouxinol-pequeno-dos-canicos: pode atingir até 13 cm de comprimento.



Rouxinol-pequeno-dos-canicos (*Acrocephalus scirpaceus*) alimentando seus filhotes.

Mamíferos

Assim como os répteis e as aves, os mamíferos também constituem uma linhagem evolutiva de animais amniotas. Estima-se que os mamíferos tenham surgido há pelo menos 200 milhões de anos, e já estavam presentes quando os dinossauros dominavam o planeta. A hipótese atual é que eles tenham se originado dos **terapsídeos**, um grupo de animais (único que sobreviveu após a era Paleozoica) cujos membros eram posicionados verticalmente abaixo do corpo, diferentemente dos répteis, cujos membros saíam para os lados do corpo, como os jacarés, por exemplo.

Um dos grupos de mamíferos mais antigos que se conhece e que possuía características dos atuais mamíferos eram os morganucodontídeos. Eles se assemelhavam aos atuais musaranhos e mediam aproximadamente 10 cm de comprimento.



Ilustração produzida com base em: PALMER, D. *Evolução: a história da vida*. São Paulo: Larousse do Brasil, 2009. p. 276.

Características gerais dos mamíferos

Atualmente, existem mais de 5 mil espécies de mamíferos espalhadas por diversas regiões da Terra, até mesmo em mares e desertos. Entre elas, há espécies que vivem nas copas das árvores, em tocas abaixo do solo ou sobre ele. Um dos fatos relacionados a essa ampla distribuição é o de que, assim como as aves, os mamíferos são endotérmicos. Essa característica favorece que esses animais habitem com sucesso ambientes de temperatura extrema, como o ártico ou os desertos.

A pele dos mamíferos possui **queratina**, uma proteína que deixa suas células mais resistentes ao atrito e impermeáveis, de modo que não absorvam nem percam muita água.

Uma das principais características dos mamíferos é a presença de pelos. Eles são muito importantes para a manutenção da temperatura do corpo, evitando a perda excessiva de calor para o ambiente. Na maioria dos mamíferos, os pelos estão distribuídos por todo o corpo, durante toda a vida. Em algumas espécies, eles estão restritos a algumas regiões do corpo na fase adulta, como no interior das narinas de algumas baleias.

Há espécies cujos pelos podem ser modificados. No porco-espinho, por exemplo, eles são modificados para defesa. No focinho da maioria dos mamíferos, existem as **vibrissas**, popularmente chamadas bigodes, que são pelos modificados com funções táteis.

Os mamíferos são os animais vertebrados que apresentam maior diversidade de glândulas. De maneira geral, as glândulas derivam do tecido epidérmico e se organizam em quatro tipos principais: **sebáceas**, **sudoríferas**, **odoríferas** e **mamárias**.

As glândulas sebáceas são responsáveis pela produção de uma substância gordurosa, conhecida como sebo, que serve como proteção dos pelos. As sudoríferas eliminam o suor, que auxilia a refrigerar o corpo. As glândulas odoríferas são responsáveis por produzir secreções relacionadas a diversas funções, entre as quais a comunicação entre membros da mesma espécie (para marcação de território, atração de parceiros sexuais, entre outros), aviso da presença de predadores ou defesa contra eles. As glândulas mamárias estão presentes de forma vestigial nos machos e são desenvolvidas nas fêmeas para a produção de leite. Elas podem aumentar de tamanho quando a fêmea está grávida, por causa da produção de leite, que é influenciada pela ação de hormônios.

3. Resposta esperada: os pelos, pois eles auxiliam na manutenção da temperatura do corpo dos mamíferos.

3. Que estrutura reveste o corpo dos mamíferos? Por que ela é importante?



Porco-espinho (*Coendou prehensilis*). Encontrado na maior parte do território brasileiro.

Ser vivo adulto

Porco-espinho: pode atingir até 50 cm de comprimento.



Além de pelos, os mamíferos podem apresentar unhas, garras, cascos, chifres e cornos. As **garras** estão presentes nos felinos e são projeções da pele com queratina, comprimidas lateralmente e bastante afiadas. As **unhas** são projeções achatadas encontradas em primatas. Os **cascos** são placas de queratina compactas. Os **chifres** são formados por um osso, recoberto inicialmente por pele. Eles se desenvolvem uma vez por ano, em épocas de acasalamento, para disputar um território ou uma fêmea com um oponente. Passado esse período, o chifre cai. Os **cornos** perduram a vida inteira do animal e podem ser de origem dérmica, como nos rinocerontes, ou óssea, como nos bovinos e antílopes.

Classificação dos mamíferos

Os mamíferos são divididos em três grupos principais: os **monotremados** ou **proto-térios**, os **metatérios** ou **marsupiais** e os **placentários** ou **eutérios**. Observe abaixo.

Principais grupos de mamíferos

Monotremados

Esses mamíferos são ovíparos, possuem pelos e glândulas mamárias, mas não têm mamilos e apresentam cloaca. Também apresentam um esporão, pelo qual passam glândulas de veneno (presentes nos machos). Os adultos não possuem dentes, e sua boca tem uma extensão na forma de bico. Exemplos: équidna e ornitorrinco.

Marsupiais

São mamíferos vivíparos, que possuem glândulas mamárias e mamilos. Em geral, apresentam marsúpio, uma bolsa de pele na qual os filhotes completam o desenvolvimento. Exemplos: canguru, coala, lobo-da-tasmânia, vombate e gambá.

Ser vivo adulto

Capivara (*Hydrochoerus hydrochaeris*): pode atingir até 1,3 m de comprimento.

Golfinho (*Stenella longirostris*): pode atingir até 2 m de comprimento.

Macaco-bugio (*Alouatta seniculus*): pode atingir de 95 cm a 1,4 m de comprimento.

Morcego (*Rhinolophus hipposideros*): pode atingir até 10 cm de comprimento.

Placentários

São animais vivíparos e que possuem placenta embrionária. Não apresentam marsúpio nem cloaca. Eles são divididos em várias ordens. Observe alguns exemplos abaixo.



Morcego.



Capivaras.



Golfinhos.



Macaco-bugio.

Quirópteros: mamíferos placentários voadores. Possuem dedos alongados e cobertos por uma membrana, que é ligada ao corpo e estende-se até o tornozelo. Os membros posteriores são relativamente pequenos e possuem cinco dígitos com unhas curvas, que permitem que o animal se pendure. Exemplos: morcegos.

Roedores: caracterizam-se por apresentar dentição adaptada para roer, formada por um par de dentes incisivos superiores e um par de incisivos inferiores. Não possuem dentes caninos e constituem o grupo mais abundante entre os mamíferos. Exemplos: capivara, cotia, esquilo e rato.

Cetáceos: mamíferos placentários adaptados ao ambiente aquático. Seus membros anteriores possuem o formato de nadadeiras e não há membros posteriores. Os adultos não apresentam pelos e possuem uma espessa camada de gordura. Não têm orelhas e possuem narinas modificadas em espiráculos no topo da cabeça. Exemplos: baleias e golfinhos.

Primatas: mamíferos placentários, que apresentam sistema nervoso altamente desenvolvido. Os olhos são direcionados para a frente, possuem cinco dedos com unhas e não apresentam garras, cascos, chifres ou cornos. O cérebro é grande em relação ao corpo. Exemplos: ser humano, lêmures e macacos.

Fisiologia dos mamíferos

O sistema digestório dos mamíferos é formado por boca, faringe, esôfago, estômago, intestino delgado, intestino grosso, reto e ânus. Além disso, apresentam fígado e pâncreas, que liberam enzimas no intestino delgado para auxiliar na digestão.

Os mamíferos não possuem cloaca, e as fezes e a urina são eliminadas separadamente.

Eles podem ser carnívoros, herbívoros ou onívoros. Os herbívoros possuem algumas adaptações em seu sistema digestório relacionadas à digestão da celulose*. Um exemplo são os **ruminantes**, animais que possuem um estômago dividido em quatro porções diferentes: retículo, rúmen, omaso e abomaso. Observe, no esquema abaixo, como ocorre o processo de digestão nos ruminantes. Entre esses animais, estão: boi, carneiro, veado, girafa e camelo.

*Retome com os alunos as propriedades da celulose dos vegetais.

Sistema digestório de um ruminante

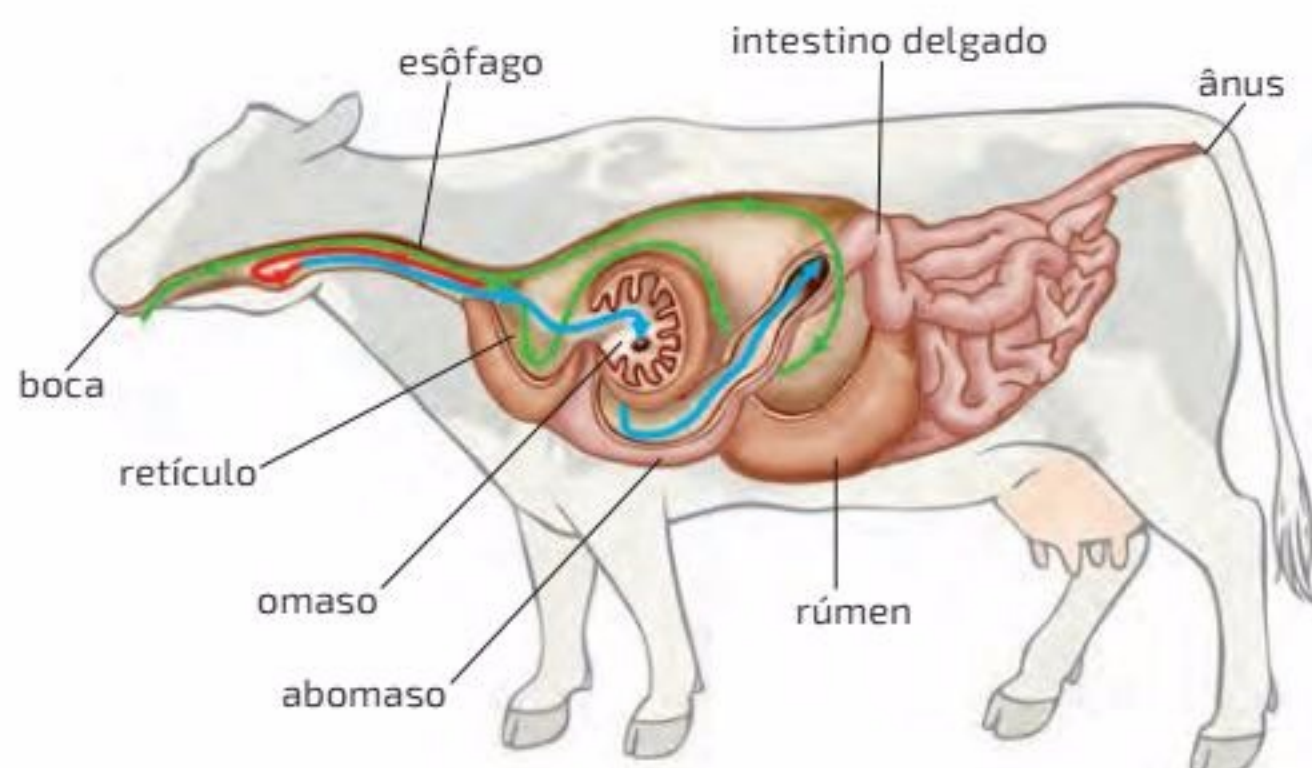


Ilustração produzida com base em: POUGH, F. H. et al. A vida dos vertebrados. 3. ed. São Paulo: Atheneu, 2003. p. 568.

Os vegetais engolidos são armazenados no rúmen, onde há microrganismos que degradam a celulose formando uma massa de vegetais. Em seguida, essa massa volta aos poucos até a boca, onde é novamente mastigada para a quebra das fibras. O alimento é engolido novamente e passa pelo retículo e pelo omaso, onde ocorre a absorção da água. Depois, segue para o abomaso, onde enzimas digestivas são liberadas para sua digestão. Por fim, o alimento segue para o intestino, e os restos são liberados pelo ânus.

A maioria dos mamíferos apresenta dentes, com algumas exceções, como o tamanduá e algumas espécies de baleia. Dependendo dos hábitos alimentares, os dentes apresentam diferentes formatos. Eles podem ser de quatro tipos: **incisivos**, utilizados para cortar ou raspar alimentos; **caninos**, usados para agarrar e matar presas; **pré-molares** e **molares**, utilizados para cortar e esmagar. Observe.



Mamíferos carnívoros possuem caninos bem desenvolvidos.



Crânio de um cachorro.

Ilustração produzida com base em: STORER, T. I. et al. Zoologia geral. 6. ed. São Paulo: Companhia Editora Nacional, 2000. p. 707.

Os mamíferos onívoros, como o porco e o ser humano, possuem molares e pré-molares com a superfície mais arredondada.



Crânio de um porco.

Ilustração produzida com base em: COLORADO State University. Dental Anatomy of Pigs. Disponível em: <www.vivo.colostate.edu/hbooks/pathophys/digestion/pregastric/pigpage.html>. Acesso em: 14 mar. 2016.

Os herbívoros possuem molares e pré-molares bem desenvolvidos para a maceração dos vegetais que consomem.



Crânio de uma vaca.

Ilustração produzida com base em: INSTITUTO de Ciências Biológicas da Universidade Federal De Minas Gerais. Osteologia. Disponível em: <<http://depto.icb.ufmg.br/dmor/mof007/estudo/imagens/Osteologia/osteologia.htm>>. Acesso em: 14 mar. 2016.

Ilustrações: Luciane Mori

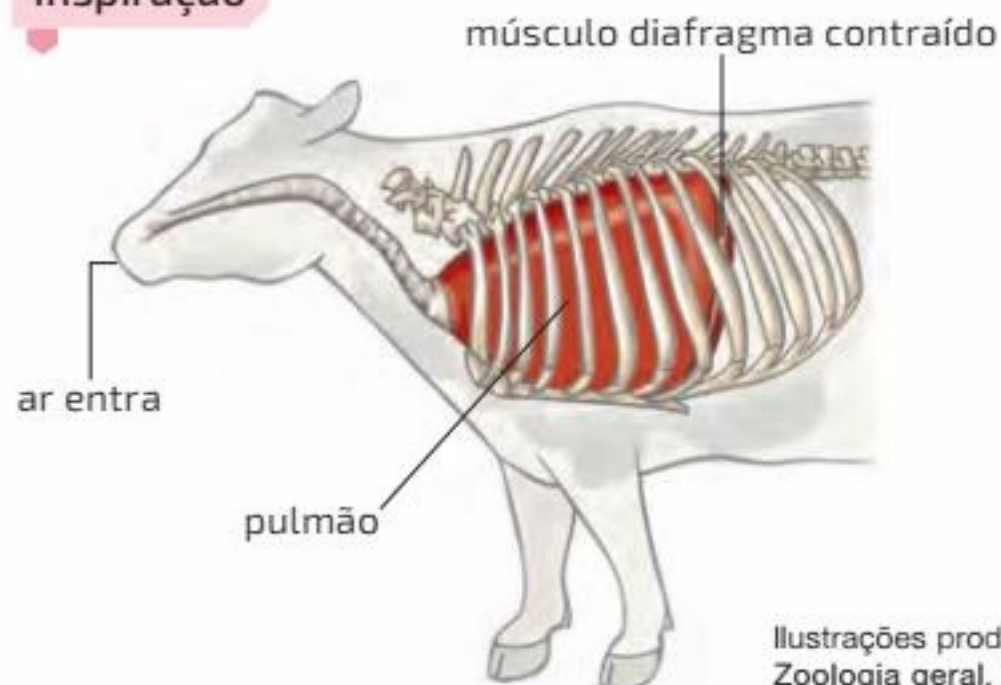
A respiração de todos os mamíferos, incluindo os aquáticos, ocorre por meio de pulmões. O sistema respiratório é formado pelas narinas, onde o ar entra e é filtrado, aquecido e umedecido. Em seguida, ele passa pela laringe e pela traqueia, que se divide em dois brônquios ligados aos pulmões. Os brônquios se subdividem até formar os **alvéolos pulmonares**, estruturas que realizam as trocas gasosas.

Outra característica do sistema respiratório dos mamíferos é a presença do **diafragma**, um músculo que se situa na caixa torácica, logo abaixo dos pulmões. Ao se contrair, o diafragma aumenta o volume da caixa torácica e consequentemente dos pulmões, favorecendo a entrada do ar. Ao relaxar, ele diminui o volume da caixa torácica, forçando o ar para fora.

Ação do diafragma na respiração dos mamíferos



Inspiração



Expiração



Ilustrações produzidas com base em: STORER, T. I. et al. *Zoologia geral*. 6. ed. São Paulo: Companhia Editora Nacional, 2000. p. 109.

Ilustrações: Luciane Mori

O sistema circulatório dos mamíferos é do tipo fechado, duplo e completo, como o das aves. O coração é formado por quatro câmaras, átrio direito, ventrículo direito, átrio esquerdo e ventrículo esquerdo, e o fluxo sanguíneo é similar ao das aves. O sangue é formado por hemácias **anucleadas**, de forma a aumentar a capacidade de transporte de gás oxigênio, característica exclusiva dos mamíferos.

O sistema excretor dos mamíferos é composto de um par de rins, que filtram o sangue para a formação da urina. Após ser formada, a urina é armazenada na **bexiga urinária**, para, posteriormente, ser eliminada pela **uretra**, canal que sai da bexiga e se abre para o meio externo. O principal metabolito excretado pelos mamíferos é a ureia.

Comparativamente com os outros vertebrados, o encéfalo dos mamíferos é maior e faz parte de um sistema nervoso mais complexo. O olfato é bem desenvolvido e é especializado na localização de alimentos e membros da mesma espécie. Alguns mamíferos têm hábitos noturnos e, por isso, possuem adaptações em relação à visão. Apresentam células especializadas em captar uma quantidade maior de luz, para que possam enxergar melhor em ambientes sem luminosidade.

O aparelho auditivo dos mamíferos apresenta várias modificações em relação aos dos outros vertebrados. Entre elas está a presença de um pavilhão auditivo, que pode direcionar o som para dentro da orelha. Esse pavilhão auditivo também é importante para auxiliar a regulação da temperatura em alguns mamíferos, como o elefante, que perde calor para o ambiente por meio das orelhas. Alguns mamíferos possuem uma especialização para o sentido da audição, chamada **ecolocalização**. Ela é baseada na emissão de ultrassons pelo animal e na captação de seu eco. Morcegos e golfinhos são exemplos de animais que possuem essa especialização.

De maneira geral, os vertebrados podem realizar uma regulação da temperatura corporal aproximando-se ou afastando-se de uma fonte de calor. Por exemplo, o animal pode permanecer exposto aos raios solares, caso precise aumentar sua temperatura corporal, ou permanecer na sombra de uma árvore, caso necessite reduzi-la.

Como já vimos, além desse controle comportamental, os animais endotérmicos, como aves e mamíferos, dependem principalmente de fontes internas de calor, como o metabolismo, para manter a temperatura corporal. Vimos também que a taxa metabólica pode aumentar ou reduzir em resposta à variação da temperatura ambiental.

A endotermia permite um controle mais eficiente dos processos bioquímicos envolvidos na manutenção da temperatura, mas, em contrapartida, exige algumas mudanças comportamentais e fisiológicas. Por exemplo, animais endotérmicos normalmente precisam ingerir uma maior quantidade de alimento e ser mais ativos; necessitam de sistemas de respiração e de digestão bem eficientes; e um sistema nervoso com estruturas desenvolvidas para coordenação das respostas para regulação da temperatura. Enquanto nas aves as penas funcionam como isolante térmico, nos mamíferos, esse papel será suprido pela gordura corporal e pelos pelos.

Outro mecanismo de controle da temperatura em mamíferos, que está relacionado à perda de calor, é a produção de suor pelas glândulas sudoríferas. Ao evaporar, o calor transferido para o suor é dissipado no ambiente, auxiliando na redução da temperatura. Em mamíferos que não possuem glândulas sudoríferas, como os cachorros, por exemplo, o ato de ofegar auxilia na eliminação de calor.

Ser vivo adulto

Gambá (*Didelphis marsupialis*): pode atingir até 88 cm de comprimento.

Ornitorrinco (*Ornithorhynchus anatinus*): pode atingir de 40 a 60 cm de comprimento.



Reprodução dos mamíferos

Os mamíferos são vivíparos, com desenvolvimento direto e fecundação interna. A exceção se encontra no grupo dos monotremados, formados pela équidna e pelo ornitorrinco, que são animais ovíparos. Apesar disso, os filhotes recém-nascidos de todos os mamíferos alimentam-se do leite produzido pela mãe.

Existem basicamente três padrões de reprodução nos mamíferos. O primeiro ocorre nos monotremados. Os ovos fertilizados são colocados em ninhos subterrâneos, incubados, e, após eclodirem, os filhotes sugam o leite materno ejetado por glândulas mamárias, que fica retido no pelo do animal, pois não existem mamilos.

O segundo padrão é encontrado entre os animais marsupiais, como os cangurus, coalas e gambás. Esses animais possuem marsúpios, bolsas constituídas de dobras da pele na região abdominal e que contêm glândulas mamárias em seu interior. Após nascerem imaturos, os filhotes sobem pelo corpo da mãe e se prendem a um mamilo. O leite é ejetado na boca dos filhotes até que tenham tamanho suficiente para sugá-lo.

O terceiro padrão reprodutivo, que se estende para o restante de toda a classe, é o dos mamíferos placentários. Neles, o embrião desenvolve-se no interior do útero, que permanece ligado à placenta durante toda a gestação. No útero, ele recebe os nutrientes necessários para o seu desenvolvimento inicial, além de realizar trocas gasosas e eliminar os resíduos. Após o nascimento, o filhote é amamentado pela mãe por meio das glândulas mamárias.

O cuidado parental dos mamíferos é mais intenso do que em outros vertebrados. Em geral, os pais investem um longo período de tempo na amamentação e no desenvolvimento dos filhotes. A amamentação garante aos mamíferos a disponibilidade de alimento à cria em qualquer época do ano, enquanto em outros vertebrados a época de reprodução geralmente ocorre durante as estações quentes, quando há maior disponibilidade de alimentos.



Ornitorrinco, mamífero monotremado.



Gambá, mamífero marsupial.



Placenta, presente em animais placentários.



Veja as respostas das questões desta seção nas **Orientações para o professor**.

1. Quais adaptações permitiram aos répteis a conquista definitiva do ambiente terrestre?
2. Como os répteis são classificados? Cite uma característica de cada grupo.
3. Cite as principais adaptações ao voo presentes nas aves.
4. Quais glândulas estão presentes na pele dos mamíferos? Qual é a sua importância?
5. Mamíferos e aves estão distribuídos por quase todas as regiões do globo terrestre, das mais frias às mais quentes. Qual é a relação entre a taxa metabólica desses animais e a temperatura do ambiente em que vivem?
6. Sobre a fisiologia dos répteis, aves e mamíferos, reescreva as frases a seguir, corrigindo-as no caderno.
 - a) Nos crocodilos, o coração possui três câmaras: dois átrios e um ventrículo, enquanto nos demais répteis estão presentes quatro câmaras: dois átrios e dois ventrículos.
 - b) Nas aves e nos mamíferos, o coração possui três cavidades e a circulação é dupla e incompleta, pois há mistura de sangue rico em gás oxigênio com sangue pobre em gás oxigênio.
 - c) Os sacos aéreos são estruturas presentes nas aves, responsáveis pelas trocas gasosas.
 - d) A excreta de aves, répteis e mamíferos é rica em ureia.
7. A expressão “chorar lágrimas de crocodilo” é utilizada na língua portuguesa quando alguém finge um sentimento de tristeza. Essa expressão surgiu a partir da observação de gotas que escorrem das glândulas de sal próximas aos olhos de répteis e de algumas aves marinhas. Qual é a importância dessas glândulas para esses animais?
8. Um hábito comum entre quelônios é o de permanecer sobre rochas durante certos períodos do dia, esticando o pescoço, membros anteriores e posteriores, de modo que seu corpo fique exposto à luz solar. Qual é a explicação fisiológica para esse hábito dos répteis?

Ser vivo adulto

Cágado: pode atingir de 21 cm a 35 cm de comprimento.



Fernando Bueno/Pulsar

Cágados.

9. Leia o texto abaixo e responda às questões.

Um grupo de cientistas estudou detalhadamente a ecologia da palmeira conhecida como palmito-juçara (*Euterpe edulis*) em 22 áreas na Mata Atlântica. Os pesquisadores notaram que, em locais onde os tucanos haviam sido extintos há mais de 50 anos pela caça ou desmatamento, as palmeiras juçaras produziam frutos pequenos, enquanto em florestas conservadas, ainda com as aves, as palmeiras possuíam frutos de tamanhos mais variados, pequenos e grandes. [...]

[...] Se os grandes dispersores somem das matas, sobram as aves e animais de menor porte, que não conseguem dispersar plantas com sementes grandes. “Na falta desses animais, as sementes das plantas que dependem de animais dispersores se concentram próximas à planta-mãe, prejudicando a regeneração da espécie.”

[...]

ALBUQUERQUE, Caio. Extinção de aves reduz tamanho de semente de palmito. Agência USP de notícias, São Paulo, 18 jun. 2013. Disponível em: <www.usp.br/agen/?p=142735>. Acesso em: 15 fev. 2016.

- a) De acordo com o texto, qual é a relação entre a presença de tucanos e o tamanho dos frutos das palmeiras?
- b) Muitas aves se alimentam de frutos e sementes. Ao ingerir o fruto, a semente percorre o trato digestório das aves e é eliminada junto com as fezes, germinando em locais distantes da planta mãe. Quais são as principais características do sistema digestório das aves?
- c) Qual a importância do formato do bico para as aves?
- d) Faça um esquema indicando as principais estruturas do sistema digestório das aves e suas respectivas funções.

10. Observe a fotografia ao lado e responda às questões.
- Em relação à reprodução, que diferenças o animal da fotografia apresenta se comparado a um morcego e a um canguru?
 - Quais semelhanças o animal da fotografia apresenta em relação às aves?
 - Qual anexo embrionário é exclusivo dos mamíferos? Qual a sua importância?



Équidna (*Tachyglossus aculeatus*).

Ser vivo adulto

Équidna: pode atingir de 35 cm a 45 cm de comprimento.

11. (Furg) Os répteis constituem um grupo animal considerado como os verdadeiros colonizadores do ambiente terrestre. São exemplos de características que favoreceram esse processo evolutivo:
- pele seca, rica em glândulas e desenvolvimento indireto.
 - pele úmida, respiração pulmonar e fecundação externa.
 - pele seca, permeável, respiração pulmonar e reprodução sexuada.
 - pele seca, impermeável, respiração pulmonar e fecundação interna.
 - pele úmida, recoberta por escamas e respiração pulmonar.
12. (Ufes) Grande parte da energia obtida pelos alimentos ingeridos por animais homeotérmicos é usada para manter a temperatura de seus corpos, devido ao calor que é perdido através de sua superfície. Essa energia é obtida por meio da respiração celular, processo em que moléculas orgânicas são oxidadas, liberando grande parte da energia que contêm. A unidade de medida da energia contida nos alimentos é a quilocaloria (kcal). As necessidades diárias de vários animais, em termos de quilocalorias, são dadas na tabela a seguir.

FREMONT, H. The Mathematics of Living Things. In: FREMONT, H. Teaching Secondary Mathematics through Applications. 2. ed. Estados Unidos da América: Prindle, Weber & Schmidt, 1979. Adaptado.

Uma análise da tabela mostra que pequenos animais têm de comer maiores quantidades percentuais de seus pesos para manterem a temperatura de seus corpos.

Dentre os vertebrados, aves e mamíferos são endotérmicos, ao passo que os peixes, anfíbios e répteis são ectotérmicos. Considerando o sistema de controle de temperatura desses animais, é INCORRETO afirmar que:

- o grau de parentesco evolutivo entre aves e mamíferos, que são endotérmicos, é maior do que entre aves e répteis.
- os répteis se distribuem principalmente em regiões de clima quente, pois são menos ativos em climas frios.
- as penas das aves e os pelos dos mamíferos atuam como isolantes térmicos, contribuindo para a manutenção da endotermia.
- a capacidade de oxigenação dos pulmões de aves e mamíferos é muito maior do que a de peixes pulmonados, anfíbios e répteis.

Animal	Massa em kg	Total de kcal	Kcal/kg
Coelho	2	116	58,0
Homem	70	2 310	33,0
Cavalo	600	13 200	22,0
Elefante	4 000	52 000	13,0
Baleia	150 000	255 000	1,7

Refletindo sobre o capítulo

Veja as respostas das questões desta seção nas **Orientações para o professor**.

- Observe a ilustração do sistema circulatório apresentado na página 209 e o apresentado na página 215. Quais são as principais diferenças entre eles?
- Observe os gráficos da página 210 e da página 216. É possível estabelecer uma relação entre eles? Justifique.

Ibama combate o tráfico de animais em portos internacionais

A fiscalização do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Renováveis (Ibama) em Santa Catarina apreendeu mais de cem pássaros silvestres, que seriam destinados ao tráfico em [...] São Francisco do Sul (SC).

[...] entre as aves apreendidas, havia 18 arapongas e 96 tié-sangue, espécie relacionada como vulnerável em lista de espécies ameaçadas do estado de Santa Catarina.

O responsável pelo cativeiro foi preso em flagrante e conduzido para a polícia judiciária. Todos os animais foram apreendidos e encaminhados para depósito no zoológico de Pomerode, onde será analisada a possibilidade de reintrodução na natureza.

[...] No local do cativeiro, residência do autuado, foram encontrados ainda 19 pássaros, inclusive papagaio verdadeiro [...].

Devido ao número e variedade de aves, originadas da Mata Atlântica e de grande interesse comercial, e ainda ser o local da apreensão próximo a dois portos catarinenses responsáveis por grande fluxo de navios nacionais e estrangeiros, há indícios de esquema de tráfico internacional de animais silvestres, o que exigirá a continuidade e ampliação das investigações [...].

PORTAL BRASIL. Ibama combate o tráfico de animais em portos internacionais. 28 nov. 2014. Disponível em: <www.brasil.gov.br/meio-ambiente/2014/11/ibama-combate-o-trafico-de-animais-em-portos-internacionais>. Acesso em: 14 jan. 2016.

O tráfico de animais silvestres é um dos crimes de maior incidência no Brasil e no mundo. Segundo a Rede Nacional de Combate ao Tráfico de Animais Silvestres (Renc-tas), os traficantes são, em sua maioria, brasileiros que repassam os animais para uma rede de vendedores instalados em vários países.

Estimativas apontam que, anualmente, mais de 12 milhões de animais sejam retirados ilegalmente do Brasil, o que afeta diretamente a biodiversidade de espécies naturais. Grande parte dessa venda é destinada à utilização de penas, peles, garras e dentes para artesanato e medicina popular.



A rede do tráfico de animais silvestres é ampla e complexa. Ela é formada por fornecedores, intermediários e consumidores.

Os fornecedores geralmente são pessoas simples, que têm essa atividade como única fonte de renda. Os intermediários são desde pequenos comerciantes até mesmo instituições, como zoológicos. Eles repassam os animais aos traficantes nacionais e internacionais. Os consumidores podem ser aquários, zoológicos, proprietários de curtumes, colecionadores particulares, estilistas de moda, indústria farmacêutica, entre outros.

Cartaz do Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade, autarquia em regime especial vinculada ao Ministério do Meio Ambiente, do ano de 2014.

A captura e o transporte dos animais silvestres são feitas de maneiras cruéis. No Brasil, a maior parte das espécies é capturada nas regiões Norte, Nordeste e Centro-Oeste, e transportadas por até 3 mil quilômetros de distância.

O transporte é realizado sem a mínima condição de sobrevivência. Na maioria dos casos, os animais não recebem água nem alimentos e são submetidos a temperaturas elevadas por causa dos métodos de transporte. Os animais são confinados dentro de pequenos espaços, como caixas, gaiolas ou tubos de PVC com furos, para evitar que se movam, além de ser uma forma de facilitar sua ocultação. Em alguns casos, os animais são forçados a ingerir bebidas alcoólicas para se acalmar. Em outros, os traficantes queimam os olhos dos animais, arrancam os dentes, entre outras crueldades, levando a maioria deles à morte.

Estima-se que a mortalidade entre os animais vítimas do tráfico chegue a 90%, ou seja, de cada dez animais retirados de seu ambiente natural, nove chegam mortos ao destino.

Além dos maus-tratos aos animais, o tráfico contribui para gerar diversos problemas ecológicos, tais como diminuição da quantidade de animais disponíveis para a reprodução. Isso promove um empobrecimento da variabilidade genética das populações e, dessa forma, acelera os processos de extinção. Além disso, ocorre um desequilíbrio das teias alimentares, de forma que a ausência de uma determinada presa faz seus predadores buscarem outros animais, aumentando a pressão sobre outras espécies.

Criar animais silvestres como animais de estimação é ilegal e considerado crime ambiental. De acordo com a Lei nº 9.605/98, é proibida a utilização, perseguição, destruição e caça de animais silvestres, com pena de prisão de seis meses a um ano, além de multa para quem desobedecê-la.

Veja as orientações e as respostas das questões desta seção nas Orientações para o professor.

- Reúna-se com seus colegas, façam uma pesquisa e listem cinco espécies de répteis, cinco espécies de aves e cinco espécies de mamíferos silvestres que são alvos comuns do tráfico de animais. Em seguida, conversem sobre as maneiras possíveis de reduzir o tráfico de animais silvestres no país. Montem um cartaz com o tema “Diga não ao tráfico de animais silvestres”, expondo as razões dessa afirmativa. Anotem o resultado das pesquisas que realizaram e as conclusões da conversa que tiveram. Por fim, apresentem o trabalho aos outros grupos.



Iguanas encontradas dentro de uma caixa por funcionários dos correios, em São Paulo, no ano de 2010.

O papagaio-verdadeiro, o pássaro-preto e o curió são aves que estão na lista das espécies mais apreendidas pela polícia federal e pelos órgãos ambientais no país. Araras, periquitos, micos, tartarugas e tucanos também aparecem nesta lista.



Papagaio-verdadeiro.

aaltair/Shutterstock.com

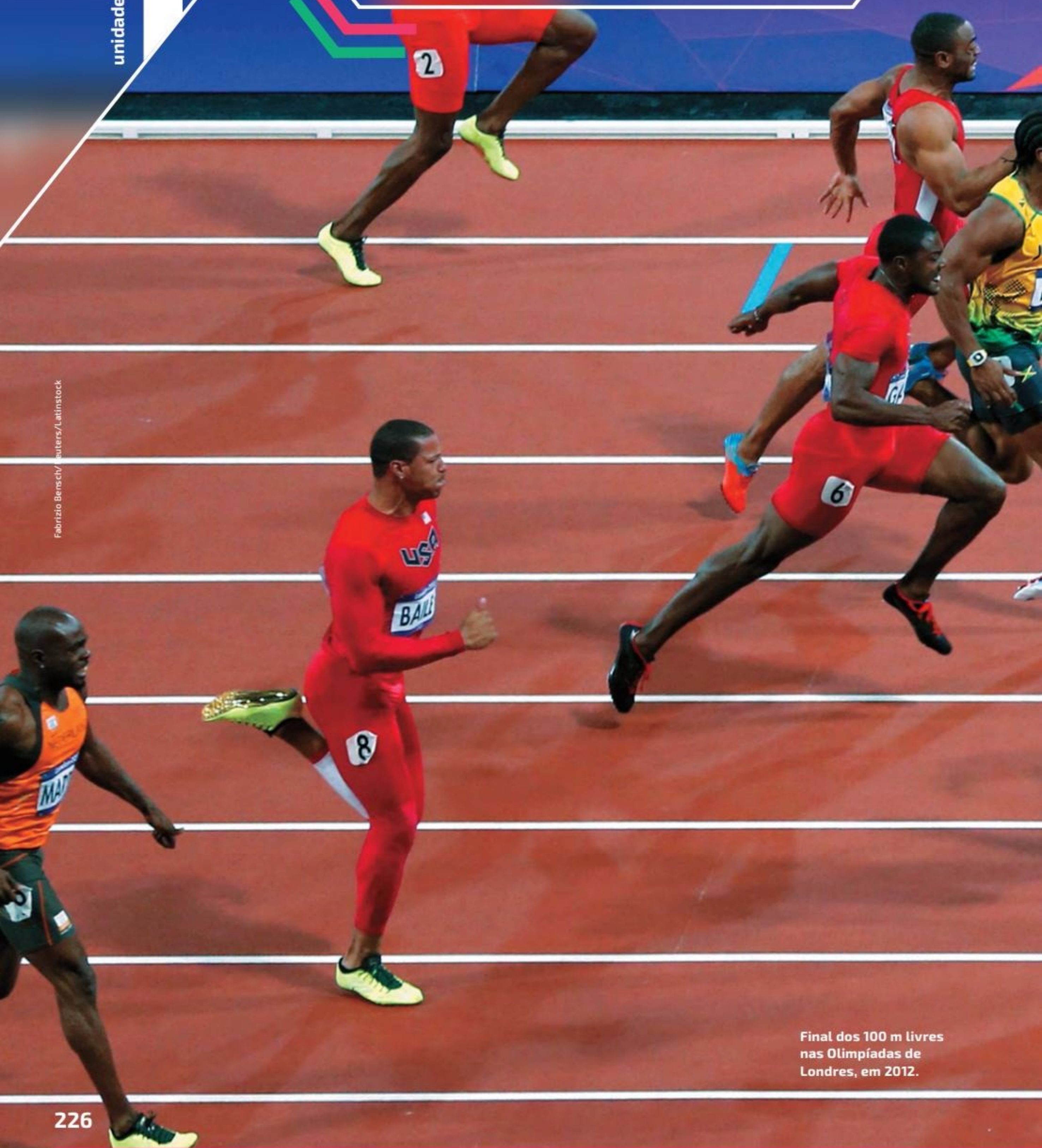
Ser vivo adulto

Papagaio-verdadeiro
(*Amazonia aestiva*):
pode atingir até 35 cm
de comprimento.

4

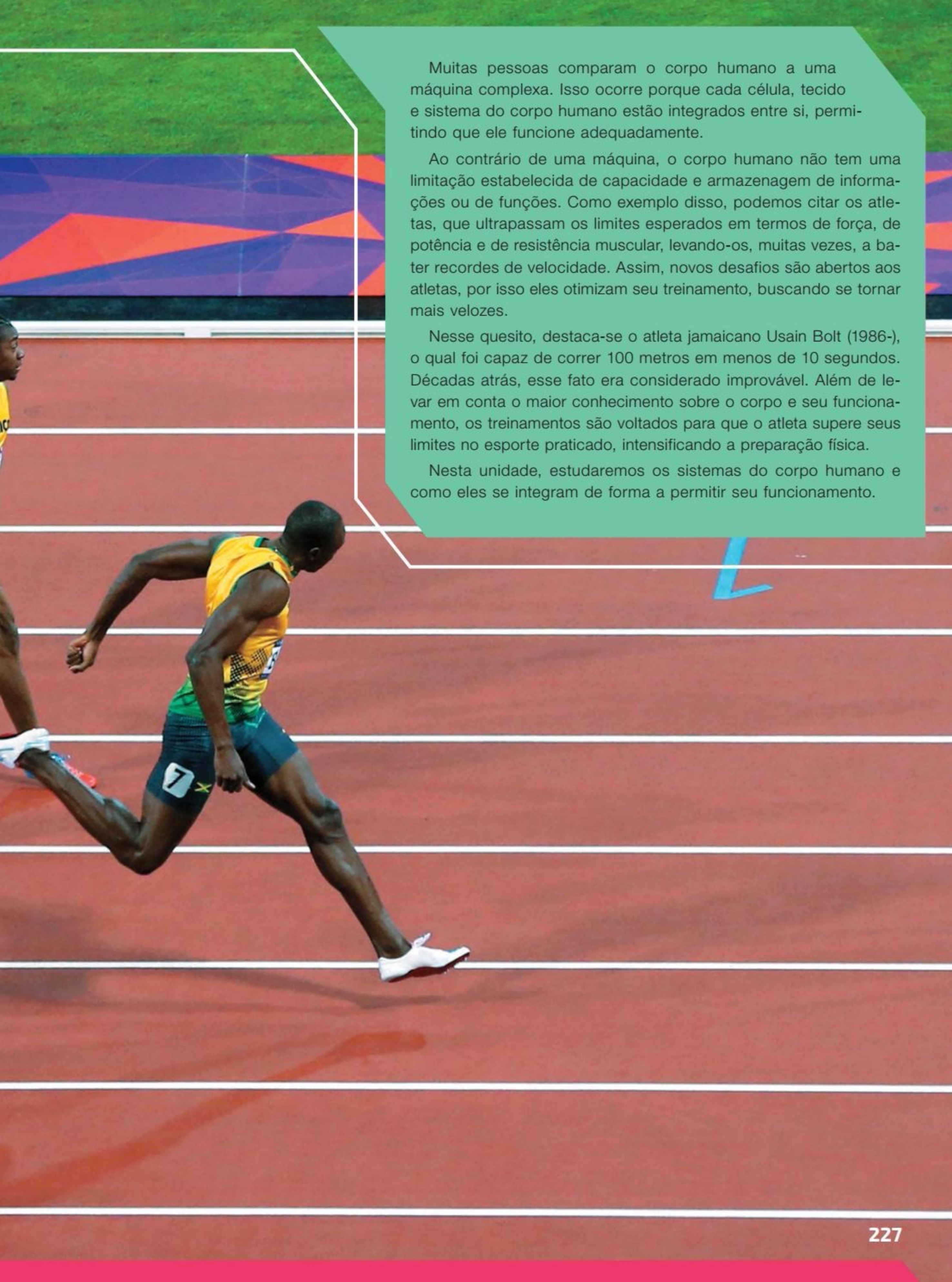
unidade

Corpo humano



Fabrizio Bensch/Reuters/Latinstock

Final dos 100 m livres
nas Olimpíadas de
Londres, em 2012.



Muitas pessoas comparam o corpo humano a uma máquina complexa. Isso ocorre porque cada célula, tecido e sistema do corpo humano estão integrados entre si, permitindo que ele funcione adequadamente.

Ao contrário de uma máquina, o corpo humano não tem uma limitação estabelecida de capacidade e armazenagem de informações ou de funções. Como exemplo disso, podemos citar os atletas, que ultrapassam os limites esperados em termos de força, de potência e de resistência muscular, levando-os, muitas vezes, a bater recordes de velocidade. Assim, novos desafios são abertos aos atletas, por isso eles otimizam seu treinamento, buscando se tornar mais velozes.

Nesse quesito, destaca-se o atleta jamaicano Usain Bolt (1986-), o qual foi capaz de correr 100 metros em menos de 10 segundos. Décadas atrás, esse fato era considerado improvável. Além de levar em conta o maior conhecimento sobre o corpo e seu funcionamento, os treinamentos são voltados para que o atleta supere seus limites no esporte praticado, intensificando a preparação física.

Nesta unidade, estudaremos os sistemas do corpo humano e como eles se integram de forma a permitir seu funcionamento.



Austrian School. Estudantes do sexo feminino em um instituto de Anatomia em Nova York, 1897. Gravura colorida. Bibliothèque Nationale, França.

capítulo 12

B) Espera-se que os alunos percebam que os conhecimentos anatômicos eram fundamentais para realizar diagnósticos e procedimentos cirúrgicos. Sem a dissecação de cadáveres, o conhecimento ficava restrito a livros e não havia o lado prático do conhecimento.

C) Possíveis respostas: sistema locomotor – movimentação do corpo humano; sistema digestório – digestão dos alimentos e absorção de nutrientes; sistema circulatório – circulação do sangue; sistema linfático – circulação de linfa; sistema respiratório – trocas gasosas; sistema nervoso – coordenação do corpo humano.

A) Espera-se que os alunos percebam que os conhecimentos sobre o corpo humano são fundamentais para as profissões relacionadas à saúde, pois para fazer diagnósticos e apresentar tratamento esses profissionais precisam entender o corpo humano e seu funcionamento.

Corpo humano: digestão e respiração

O estudo do corpo humano envolve o conhecimento das estruturas que o compõem, o papel que desempenham e como elas trabalham.

Nesse sentido, a Anatomia humana é o estudo das estruturas do corpo humano, e a Fisiologia humana, o estudo de suas funções. Dessa forma, compreendê-las nos leva a perceber como as partes do corpo humano agem integradamente, mantendo-nos vivos.

Durante muitos séculos, foi proibido dissecar cadáveres, pois essa prática era considerada imoral, fato que causou impacto nos estudos médicos e anatômicos. Por meio do estudo de cadáveres, os profissionais da área de saúde têm a oportunidade de conhecer as estruturas do corpo humano e como elas se conectam entre si, facilitando o diagnóstico, o tratamento e os procedimentos cirúrgicos.

- A** Assim como as estudantes mostradas na pintura acima, por que é importante os alunos dos cursos de saúde estudarem o corpo humano?
- B** A partir do século II, as dissecações foram consideradas práticas imorais e deixaram de ser feitas. No entanto, a partir do Renascimento, ela voltou a ser praticada. De que forma a ausência dessa prática impactou os cursos de saúde? Explique.
- C** Cite os nomes de dois sistemas do corpo humano e sua importância.
- D** Como o estudo do corpo humano, realizado ao longo dos séculos, influencia a saúde do ser humano na atualidade? Os conhecimentos sobre o corpo humano e seu funcionamento, aliados ao desenvolvimento de novas tecnologias, permitiram ao ser humano encontrar tratamentos para vários problemas de saúde.

Organização estrutural do corpo humano

O corpo humano é composto de níveis de organização estrutural: químico, celular, tecidual, orgânico, sistêmico e de organismo. Conheça, a seguir, um pouco mais sobre cada um deles.



Ilustrações produzidas com base em: PARKER, S. O livro do corpo humano. Barueri: Ciranda Cultural, 2007. p. 194-195. TORTORA, G. J. Corpo humano: fundamentos de Anatomia e Fisiologia. 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 2000. p. 66.

Nível químico

Neste nível estão os **átomos** e **moléculas** que constituem o corpo humano. Os átomos se combinam para formar moléculas, essenciais à manutenção do corpo humano.

Exemplos: átomos de carbono, hidrogênio e oxigênio; moléculas de água, carboidratos, lipídios e proteínas.

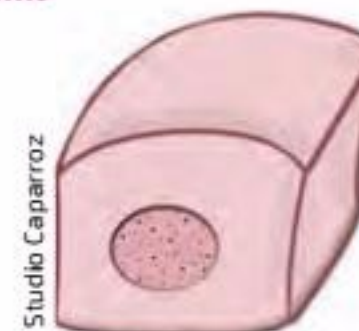


Molécula de água.

Nível celular

Nível composto de **células**, as unidades básicas do corpo humano. Essas células, constituídas por uma combinação de diferentes moléculas, compartilham uma estrutura fundamental, mas com variações dependendo do tipo celular. Além disso, desempenham diferentes funções no organismo.

Exemplos: células musculares, nervosas e epiteliais.



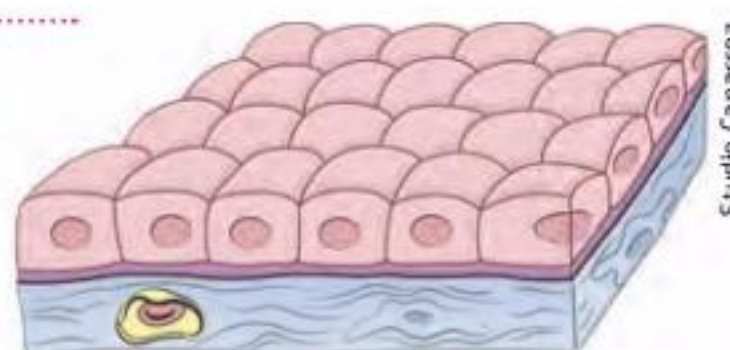
Célula epitelial cúbica dos túbulos coletores.

Nível tecidual

Ele é constituído de **tecidos**. A união de células semelhantes que desempenham uma função específica recebe o nome de tecido*.

Exemplos: epitelial, conjuntivo, muscular e nervoso.

*Retome o conteúdo de Histologia já abordado no volume de 1ª ano desta coleção.

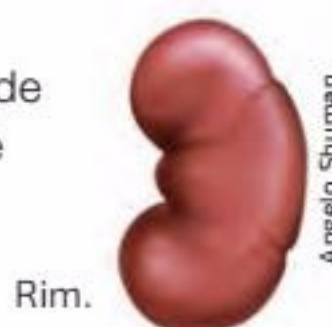


Tecido epitelial.

Nível orgânico

Este nível é formado pelos **órgãos**, constituídos pela união de diferentes tecidos com funções específicas, que geralmente têm uma forma reconhecível.

Exemplos: rins, estômago, pulmão e coração

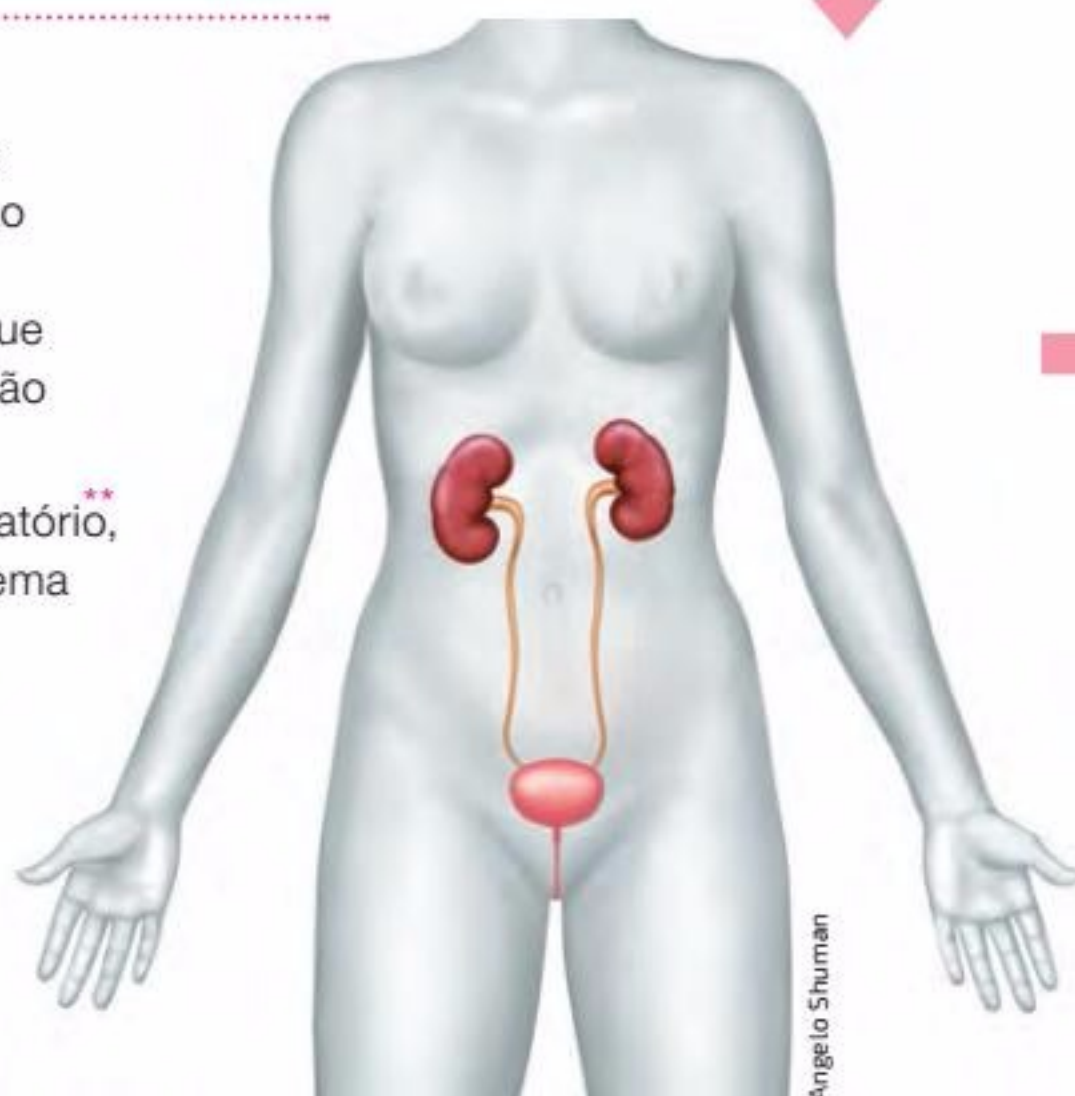


Rim.

Nível sistêmico

Este nível, constituído de **sistemas**, corresponde ao conjunto de órgãos relacionados entre si e que desempenham uma função comum.

Exemplos: sistema circulatório**, sistema digestório e sistema respiratório.



Sistema urinário.



Max Topchil/Shutterstock.com

Nível de organismo

Os sistemas que atuam em conjunto formam o **organismo** – o corpo humano.

**Nesta coleção, utilizamos a terminologia sistema circulatório em vez de sistema cardiovascular, pois seguimos a Terminologia Anatômica Internacional, adotada desde 2001. Para mais informações, leia o livro Terminologia anatômica. Barueri: Manole, 2001.

► Digestão

Durante a alimentação, ingerimos alimentos ricos em nutrientes, os quais precisam ser absorvidos pelas células do organismo. Com exceção de água, vitaminas e sais minerais, as moléculas de carboidratos, proteínas e lipídios devem ser quebradas em componentes menores durante o processo de digestão. Para isso, as enzimas auxiliam nesse processo, atuando sobre determinado substrato e em uma faixa de pH. Após a absorção dos nutrientes, os restos não absorvidos resultam nas fezes, que precisam ser eliminadas do corpo humano.

O sistema digestório é responsável pela ingestão e digestão dos alimentos, pela absorção de nutrientes e pela eliminação das fezes.

Sistema digestório

O sistema digestório pode ser dividido em **trato digestório**, um canal alimentar formado por diferentes órgãos pelos quais os alimentos passam durante a digestão; e **órgãos anexos**, os quais armazenam ou liberam secreções necessárias à digestão, mas não fazem parte do caminho percorrido pelos alimentos.

Observe, a seguir, a estrutura do sistema digestório.

Sistema digestório

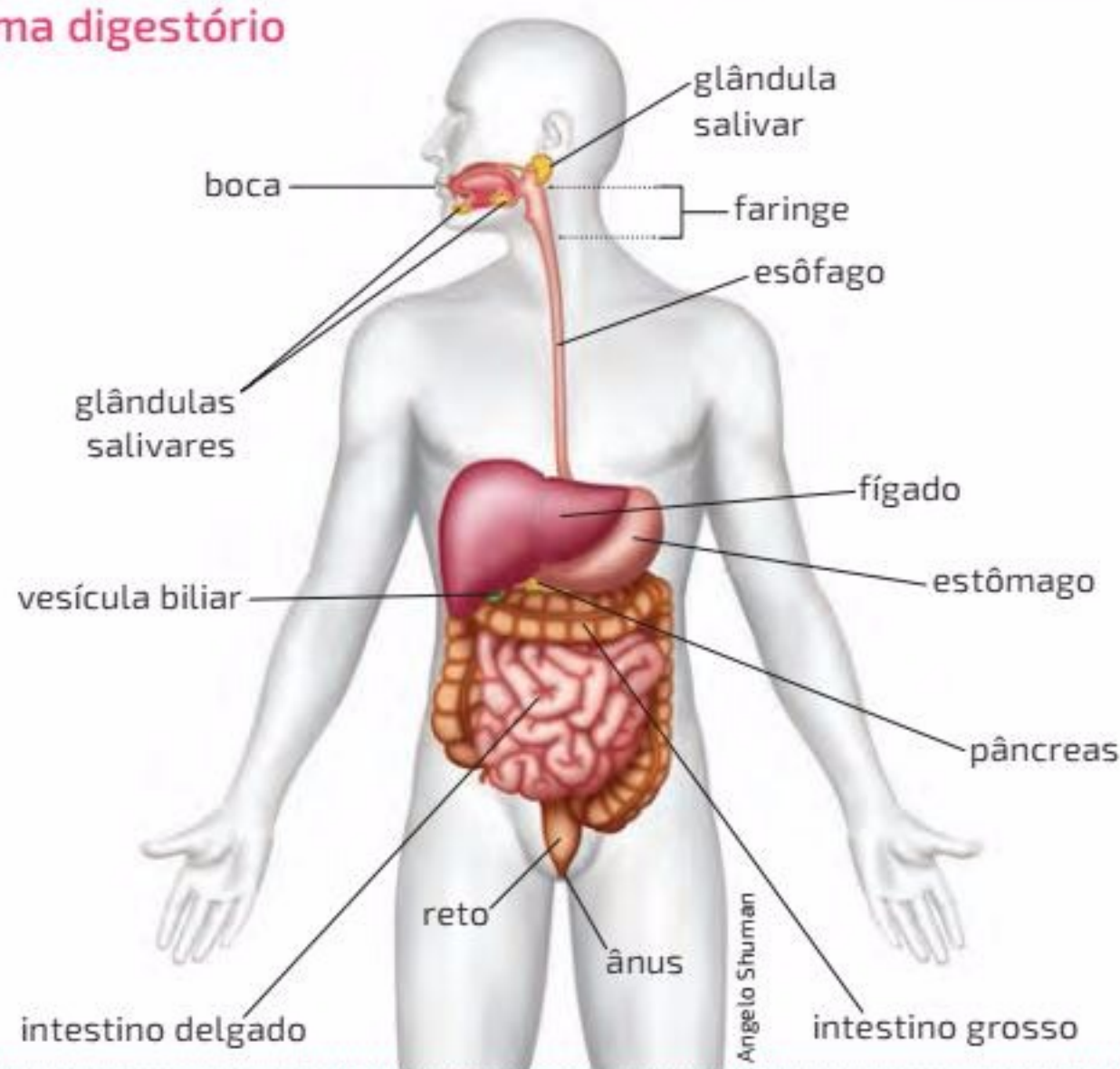


Ilustração produzida com base em:
TORTORA, Gerard J.
Corpo humano: fundamentos de Anatomia e Fisiologia. 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 2000. p. 434.
PAULSEN, Friedrich; WASCHKE, Jens. Sobotta: atlas de Anatomia humana: órgãos internos. v. 2. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2012. p. 86.

1. Qual é o caminho percorrido pelo alimento durante a digestão?

Boca, faringe, esôfago, estômago, intestino delgado, intestino grosso e reto.

2. No caderno, faça um quadro separando os órgãos do trato digestório dos órgãos anexos.

Trato digestório: boca, faringe, esôfago, estômago, intestino delgado, intestino grosso, reto e ânus. Órgãos anexos: glândulas salivares, fígado, pâncreas, vesícula biliar.

A digestão extracelular humana depende de processos mecânicos e químicos. A **digestão mecânica** envolve tanto a quebra do alimento em partes menores, aumentando a superfície disponível para atuação dos processos químicos, quanto seu deslocamento ao longo do canal alimentar. Esse processo digestivo inclui a mastigação, a deglutição e a peristalse, que são ondas de contração e relaxamento responsáveis por empurrar o alimento ao longo do trato digestório.

Já a **digestão química** corresponde ao conjunto de reações químicas que decompõem as moléculas dos alimentos. É importante destacar que esse processo envolve a participação de uma variedade de enzimas digestivas, as quais aumentam a velocidade das reações químicas, além de substâncias como ácido clorídrico e sais biliares.

A digestão mecânica e a digestão química dos alimentos são iniciadas na **boca**, que é formada por lábios, bochecha, palato mole, palato duro, língua e dentes.

Os **lábios** são pregas teciduais presentes na abertura da boca. Com o auxílio das bochechas, os lábios mantêm os alimentos entre os dentes superiores e inferiores enquanto ocorre a mastigação.

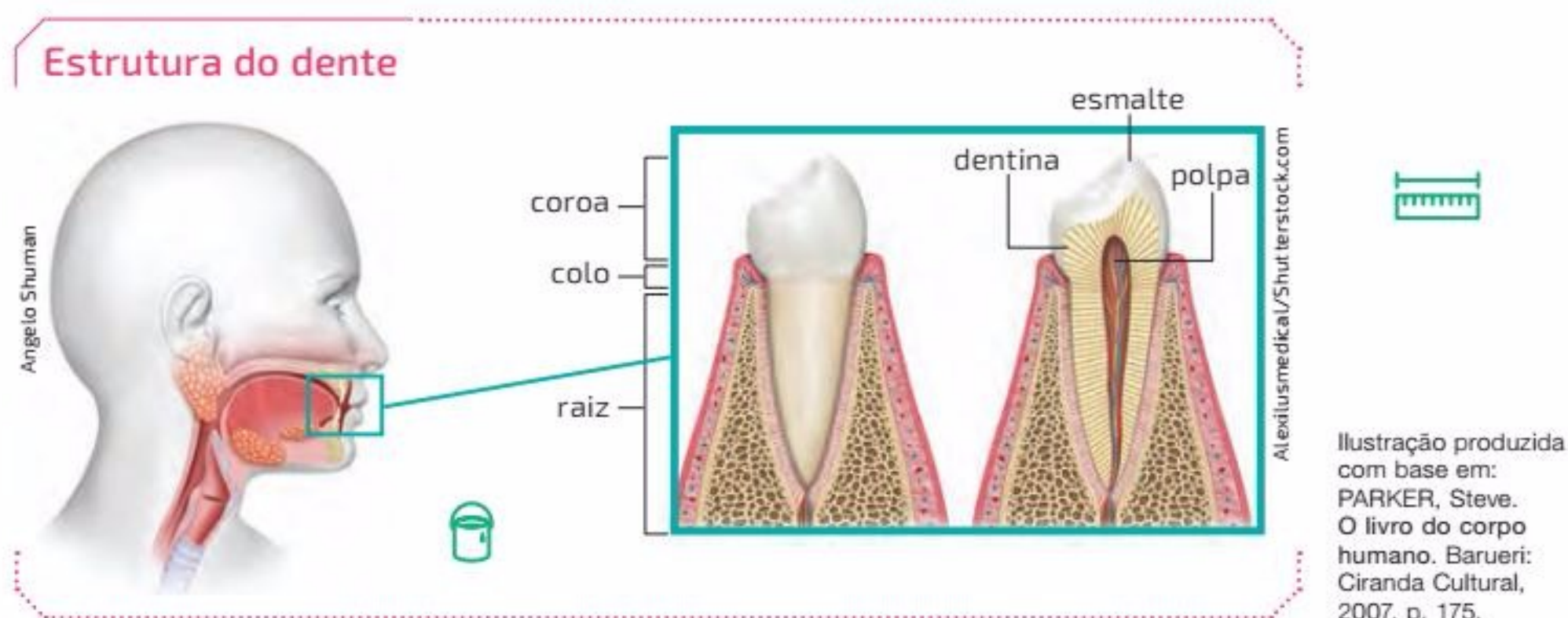
O teto da boca é formado pelo palato duro, composto das maxilas, dos ossos palatinos e do palato mole.

A **língua** é formada por músculos, que participam da movimentação dos alimentos e da deglutição. Além disso, atua na fala, auxiliando na articulação de palavras, e no paladar.

Os **dentes** são estruturas acessórias, inseridas nos ossos da mandíbula e da maxila. Parte da base dos dentes é recoberta pela gengiva, formada por tecido epitelial.

O **esmalte**, formado basicamente por minerais, localiza-se na parte mais superficial do dente. O formato dos dentes deve-se à presença de um tecido rígido denominado **dentina**. A parte mais interna do dente é constituída da **polpa**, formada por tecido conjuntivo e rica em vasos sanguíneos e nervos.

O dente pode ser dividido em três regiões: a **coroa** (região exposta do dente, logo acima da gengiva), o **colo** (parte recoberta pela gengiva) e a **raiz** (localizada abaixo do colo e onde se insere no osso). Veja abaixo a estrutura de um dente.



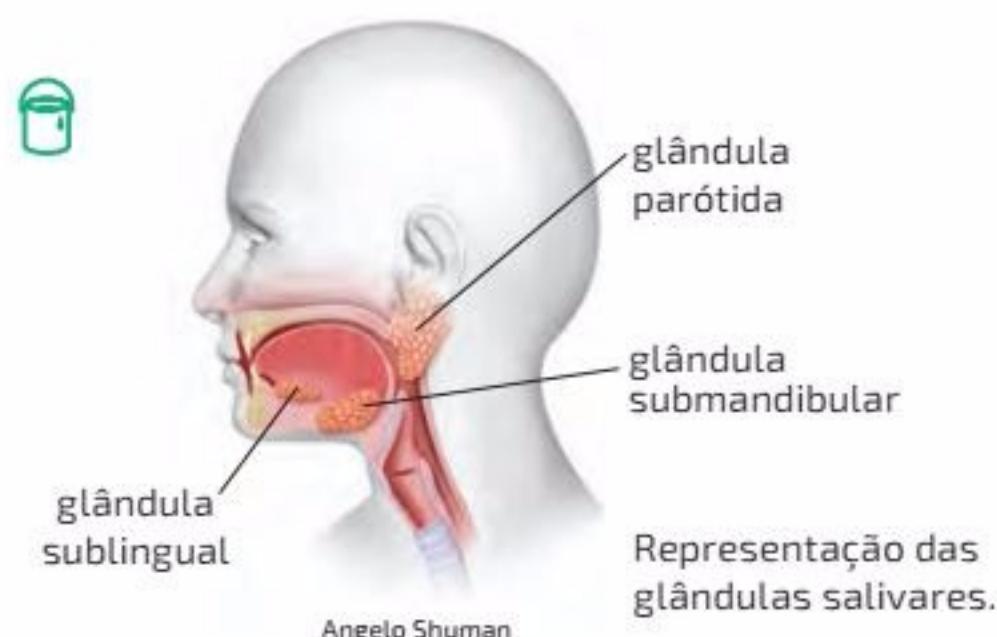
Mastigação e dentição humana

A mastigação consiste na digestão mecânica que ocorre na boca pela ação dos dentes, responsáveis por cortar, rasgar, esmagar e triturar os alimentos. Em geral, um ser humano adulto apresenta 32 dentes, que podem ser agrupados de acordo com suas funções em: incisivos, caninos, pré-molares e molares.

Os dentes humanos, adaptados para uma dieta onívora, estão divididos em duas partes, chamadas arcos dentais. A parte superior é o arco dental maxilar e a parte inferior é o arco dental mandibular. Os dentes molares e pré-molares são especializados em esmagar e triturar os alimentos. Os dentes caninos são especializados em rasgar os alimentos. Já os incisivos, em cortá-los.



As glândulas salivares secretam e liberam saliva na boca por meio de ductos, mas não fazem parte dela. Assim, a saliva umedece o alimento, auxiliando na deglutição. Ela também participa da digestão química dos alimentos, por meio de uma enzima denominada amilase salivar ou ptialina, que atua na quebra de moléculas de amido em pH neutro (igual a 7,0).



Quando sofre digestão química na boca, o alimento apresenta uma consistência pastosa, denominada bolo alimentar. Em seguida, ele é deglutido, por meio de movimentos da língua, a qual empurra o bolo alimentar para a faringe, estrutura responsável por ligar a boca ao esôfago.

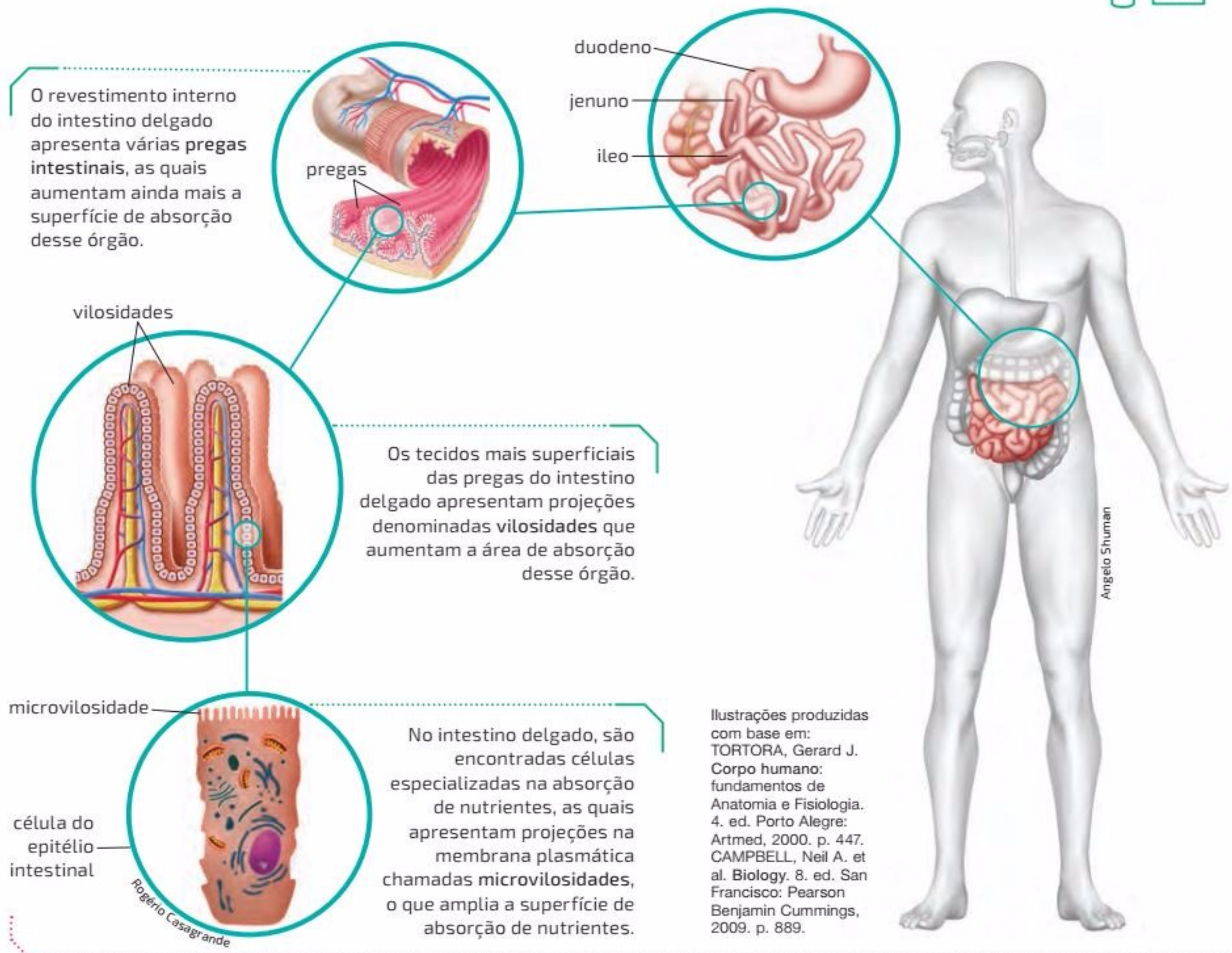
O **esôfago** é um órgão muscular em forma de tubo, cujos músculos lisos se contraem empurrando o alimento até o estômago. Essas contrações musculares são chamadas movimentos peristálticos.

O **estômago** é um saco muscular expandido que apresenta atividade peristáltica (contrações involuntárias dos músculos). Esses movimentos contribuem para que eventuais partículas grandes de alimento ainda persistentes sejam quebradas mecanicamente, além de facilitar a mistura do suco gástrico ao bolo alimentar.

A digestão química no estômago é realizada por uma enzima presente no suco gástrico, chamada pepsina. Esta atua na quebra das ligações químicas das proteínas (possui pH ácido, menor que 7,0). No entanto, essa quebra depende de um meio ácido para ocorrer, sendo possível pela presença de ácido clorídrico no suco gástrico. Após a digestão do bolo alimentar, ele adquire uma consistência mais líquida e passa a ser denominado quimo, seguindo, assim, para o intestino delgado.

O **intestino delgado** é dividido em três regiões: duodeno, jejuno e íleo. Nesse órgão, ocorre a maior parte da absorção dos nutrientes e, por isso, o intestino delgado apresenta algumas células modificadas e organizadas de modo a garantir o aumento da superfície de absorção. Veja o esquema a seguir.

Estrutura do intestino delgado



Nas paredes do intestino delgado, existem músculos lisos que se contraem, contribuindo para a mistura entre o quimo e as secreções encontradas nesse órgão. As substâncias produzidas por esse órgão formam o suco entérico. Este, junto com as substâncias produzidas pelo fígado e pelo pâncreas, atua na digestão química. No suco entérico, estão presentes enzimas que atuam em pH básico (maior que 7,0), principalmente na degradação de carboidratos e de proteínas.

A maior parte das substâncias digeridas no estômago, na boca e no intestino delgado é absorvida no intestino delgado. Com essa absorção, as moléculas entram no sistema circulatório e são distribuídas para diferentes partes do corpo humano. Após passar pelo intestino delgado, os nutrientes que não foram absorvidos chegam ao intestino grosso.

Os órgãos anexos contribuem para a digestão dos alimentos, secretando substâncias e lançando-as no intestino. O **fígado** produz um líquido chamado bile, secretado no duodeno e composto de água, sais minerais e outras substâncias que contribuem para a digestão dos lipídios*. A **vesícula biliar** armazena a bile.

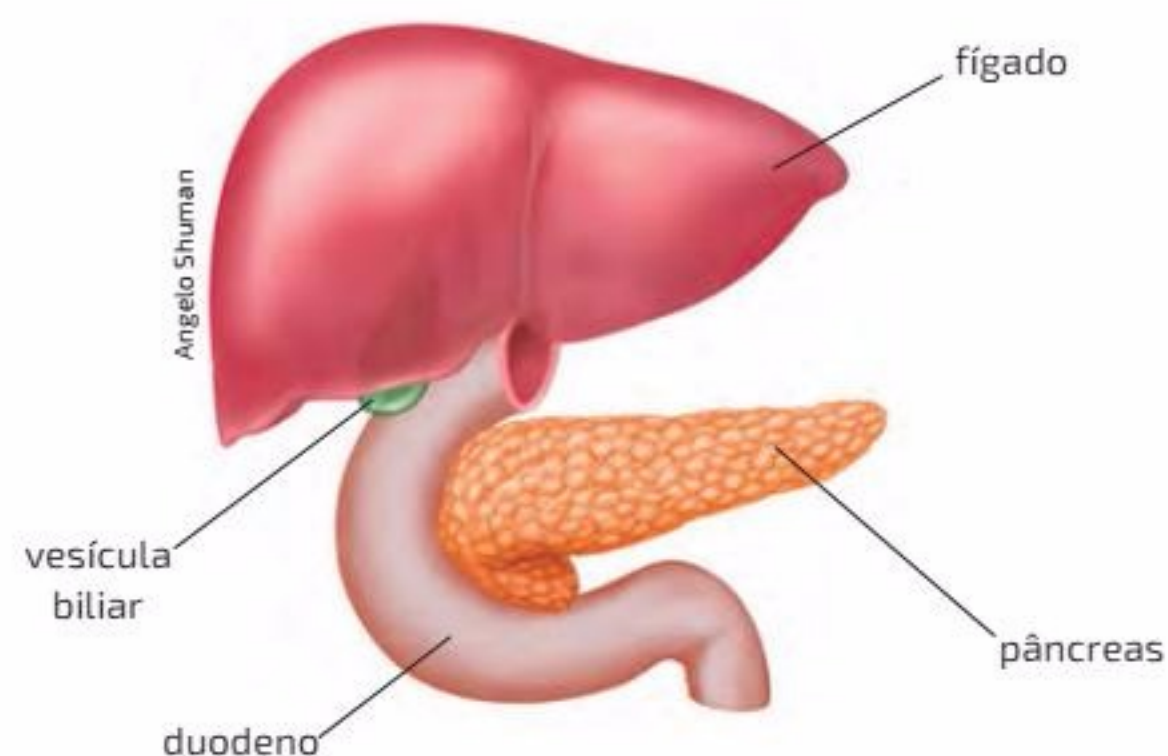
O **pâncreas** é responsável por produzir o suco pancreático (secretado na região do duodeno), composto de bicarbonato, água e enzimas. O bicarbonato reduz a acidez do quimo, após ele ter deixado o estômago. Entre as várias enzimas produzidas pelo pâncreas, há as que atuam na degradação de carboidratos, lipídios e proteínas.

Do intestino delgado, o quimo segue para o intestino grosso, onde termina o processo de digestão dos alimentos.

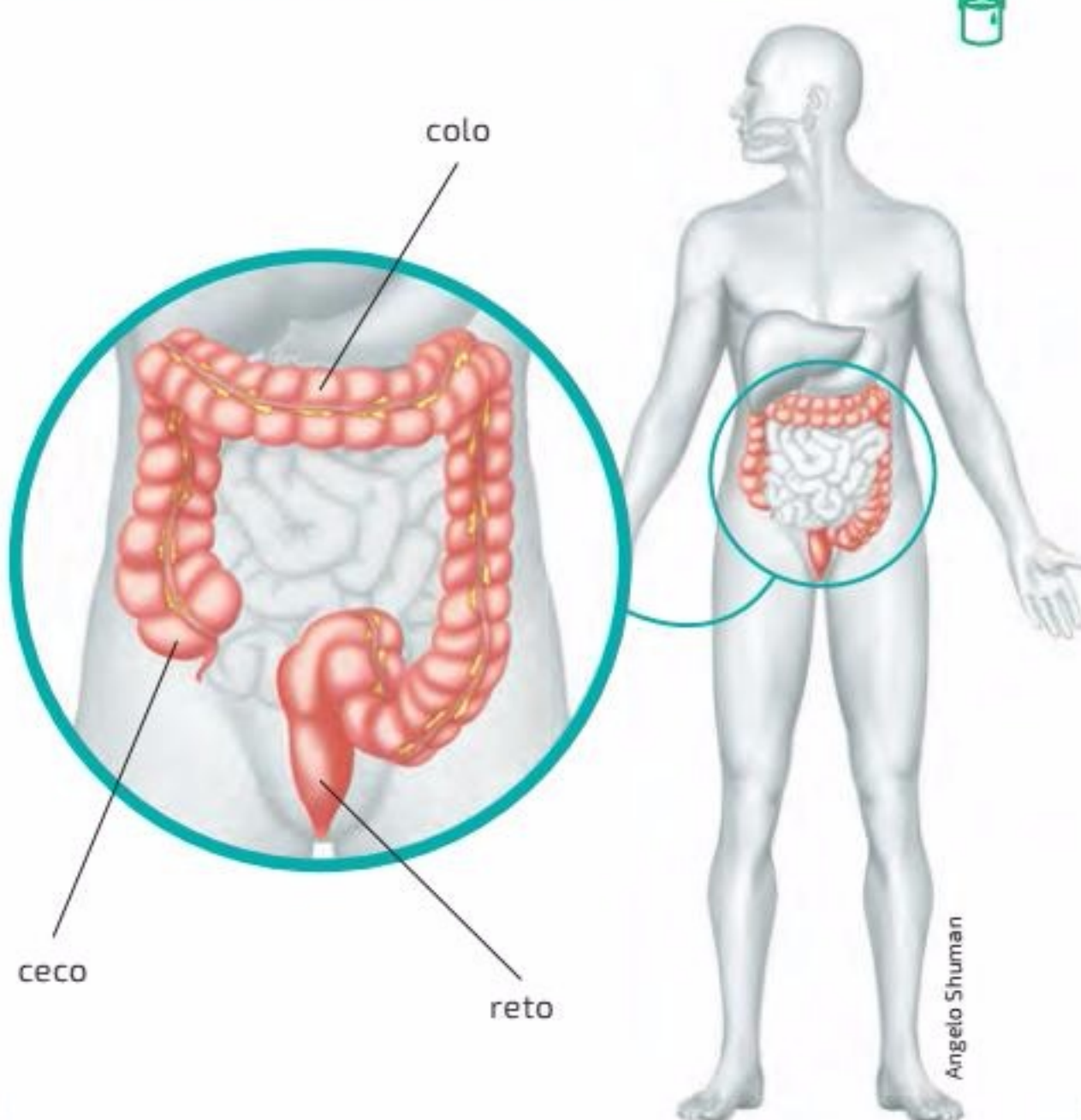
O **intestino grosso** é dividido em três regiões: o **ceco**, região que recebe o quimo proveniente do intestino delgado, o **colo**, que corresponde à maior parte do intestino grosso, e o **reto**, parte final do intestino delgado, que se abre para o meio externo através do ânus.

Conforme o material fecal se move no colo, a água é reabsorvida das fezes pela parede do intestino.

Órgãos anexos do sistema digestório



Estrutura do intestino grosso



A saúde do sistema digestório

Vários problemas de saúde podem afetar os órgãos do sistema digestório. Entre os mais comuns estão: a azia, a gastrite, a úlcera, a esofagite, a hepatite e os cálculos biliares. De maneira geral, uma rotina alimentar saudável ajuda a preveni-los. Por isso, é importante: ter horários regulares para se alimentar; escolher alimentos leves e de fácil digestão; mastigar devagar os alimentos; não comer muito, pouco antes de dormir; alimentar-se a cada três horas; escovar os dentes após as refeições e antes de dormir; procurar o médico se notar qualquer alteração no funcionamento do sistema digestório, evitando a automedicação, que pode mascarar os sintomas, atrasando o diagnóstico correto.

Ilustrações produzidas com base em: PAULSEN, F.; WASCHKE, J. Sobotta: atlas de anatomia humana: órgãos internos. v. 2. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2012. p. 86. TORTORA, G. J. Corpo humano: fundamentos de Anatomia e Fisiologia. 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 2000. p. 444, 452.

*Diga aos alunos que a bile quebra as gotas de gordura em gotículas menores, facilitando as ação das enzimas digestivas, ou seja, atua na digestão física dos alimentos.

*Explique aos alunos que a respiração humana depende da ação conjunta de dois sistemas: o sistema respiratório, que capta o gás oxigênio e elimina o gás carbônico para a atmosfera; e o sistema circulatório, que transporta os gases do sistema respiratório.**

Respiração

A respiração* envolve as trocas gasosas. Nos seres humanos, o gás oxigênio chega aos tecidos, e o gás carbônico é eliminado para a atmosfera. O transporte de gases ocorre por meio do sangue.

**O assunto respiração, aqui apresentado, refere-se às trocas gasosas.

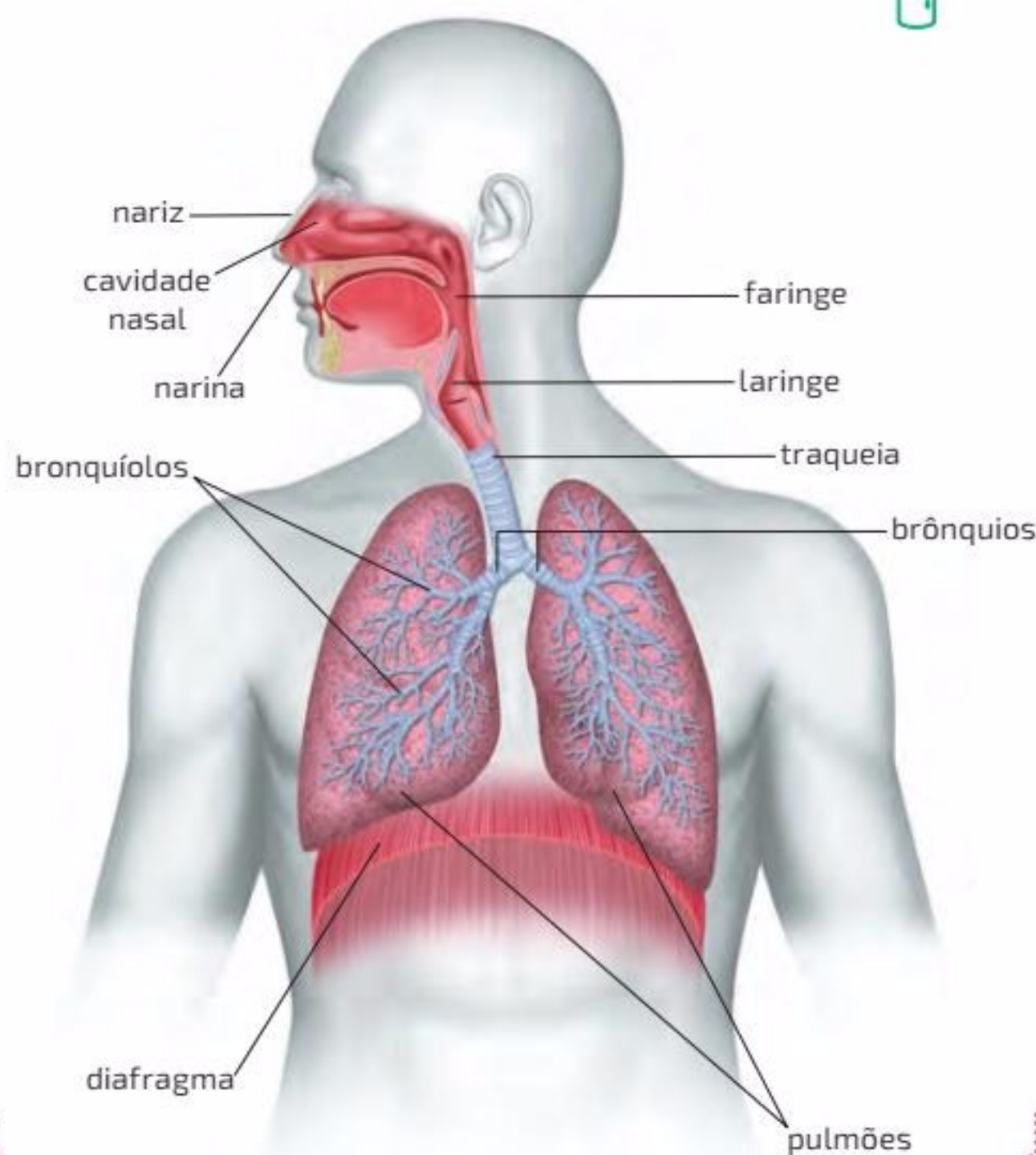
É importante que os alunos não confundam esse conteúdo com a respiração celular, na qual substâncias orgânicas são oxidadas (com uso de O_2) para liberar energia armazenada em forma de ATP.

Sistema respiratório

O sistema respiratório pode ser dividido em duas partes: a porção condutora e a porção respiratória.

Ilustrações produzidas com base em: PARKER, S. O livro do corpo humano. Barueri: Ciranda Cultural, 2007. p. 130. TORTORA, G. J. Corpo humano: fundamentos de Anatomia e Fisiologia. 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 2000. p. 412.

Estrutura do sistema respiratório



A **porção condutora** é formada por estruturas que conduzem o ar da atmosfera até os pulmões. É composta de: nariz, narina, cavidade nasal, septo nasal, faringe, laringe, traqueia, brônquios e bronquíolos.

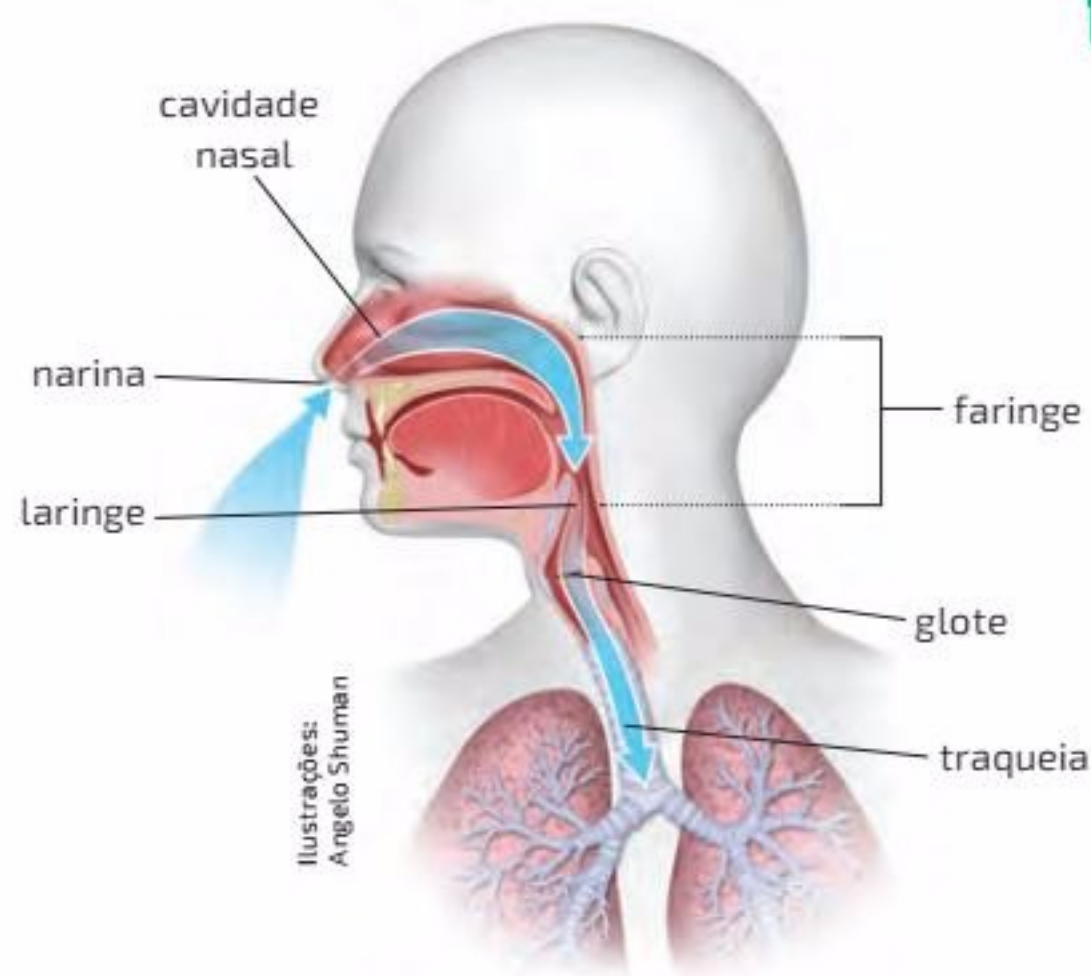
A **porção respiratória** é formada pelos pulmões, estruturas responsáveis por realizar as trocas gasosas.

3. Qual é o caminho do ar ao entrar no sistema respiratório?

Quando o ar é inspirado, ele entra pelo **nariz**, que é formado externamente por cartilagens recobertas por pele. As aberturas do nariz para o meio externo são chamadas **narinas**, cujos pelos atuam na filtração de partículas que possam estar em suspensão no ar. A parte interna do nariz localiza-se no interior do crânio e tem uma cavidade denominada **cavidade nasal**.

3. O ar entra pelas narinas, passa pela cavidade nasal, chega à faringe, à laringe, à traqueia, aos brônquios e segue para os bronquíolos. Por fim, chega aos pulmões, onde ocorrem as trocas gasosas.

Caminho do ar no sistema respiratório



A cavidade nasal, dividida em duas partes pelo **septo nasal**, apresenta dobras em sua parede, chamadas **conchas nasais**. Essas dobras aumentam a superfície de contato com o ar, permitindo que ele seja aquecido, umedecido e filtrado.

A cavidade nasal comunica-se com a **faringe**, um tubo muscular que termina na altura da laringe e faz parte tanto do sistema digestório quanto do respiratório. Por ela, o alimento passa antes de seguir para o esôfago e o ar, antes de chegar à traqueia.

A **laringe** é um tubo curto cartilaginoso que une a faringe e a traqueia. Esta é um tubo oco cujas paredes possuem anéis incompletos de cartilagem em forma de letra "C", que a mantêm aberta, impedindo que ela se comprima e permitindo a passagem de ar.

4. Por que é importante respirar corretamente pelo nariz e não pela boca?

4. Porque o ar tem de passar pelo nariz para ser aquecido, umedecido e filtrado, o que não ocorre na respiração bucal.

No interior da **laringe**, há uma abertura chamada **glote**, onde se encontram as **pregas vocais**, estruturas elásticas relacionadas à produção de som. Sobre a glote, encontra-se a **epiglote**, a qual atua como uma tampa que se fecha durante a passagem de líquidos e alimentos e se abre para a passagem de ar.

A parte final da traqueia ramifica-se em duas partes cartilaginosas chamadas **brônquios**, que entram nos pulmões e se dividem em **bronquíolos**, tubos finos e sem cartilagem. O conjunto formado pelos brônquios e bronquíolos é chamado **árvore brônquica**. Os **pulmões** situam-se acima de um músculo chamado **diafragma**. O pulmão esquerdo possui uma depressão em sua parede, onde se localiza o coração. No interior dos pulmões, existem estruturas microscópicas denominadas **alvéolos pulmonares**, formados de tecido elástico, o qual infla e esvazia para a entrada e a saída de ar.

A respiração pode ser dividida em três etapas: ventilação pulmonar, respiração pulmonar e respiração tecidual.

Na **ventilação pulmonar**, o ar entra pelas cavidades nasais, chega aos alvéolos pulmonares, enchendo-os, e retorna para o ambiente. Ela se divide em dois movimentos respiratórios, a **inspiração** e a **expiração**. A inspiração é a entrada do ar no sistema respiratório até atingir os alvéolos pulmonares, e a expiração é a saída de ar do sistema respiratório.

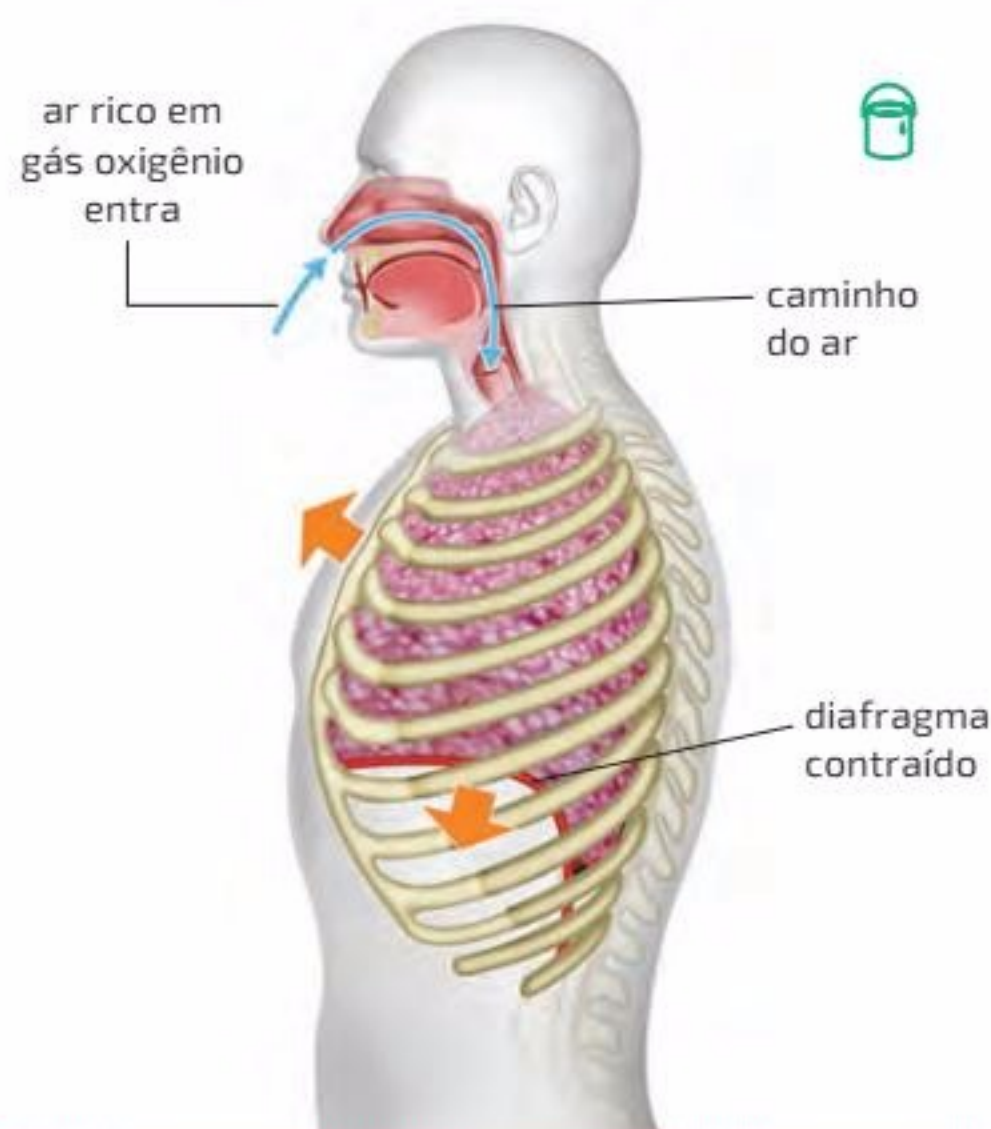
A entrada e a saída de ar ocorrem pela diferença de pressão entre o tórax e o ambiente, e é causada pelos movimentos respiratórios. Estes, por sua vez, ocorrem devido à ação dos músculos diafragma e intercostais. O músculo **diafragma** localiza-se abaixo dos pulmões e recobre toda a cavidade torácica, separando-a da cavidade abdominal. Já os músculos **intercostais** localizam-se entre as costelas.



Ilustrações produzidas com base em: HERLIHY, B.; MAEBIUS, N. K. Anatomia e Fisiologia do corpo humano saudável e enfermo. Barueri: Manole, 2002. p. 374.

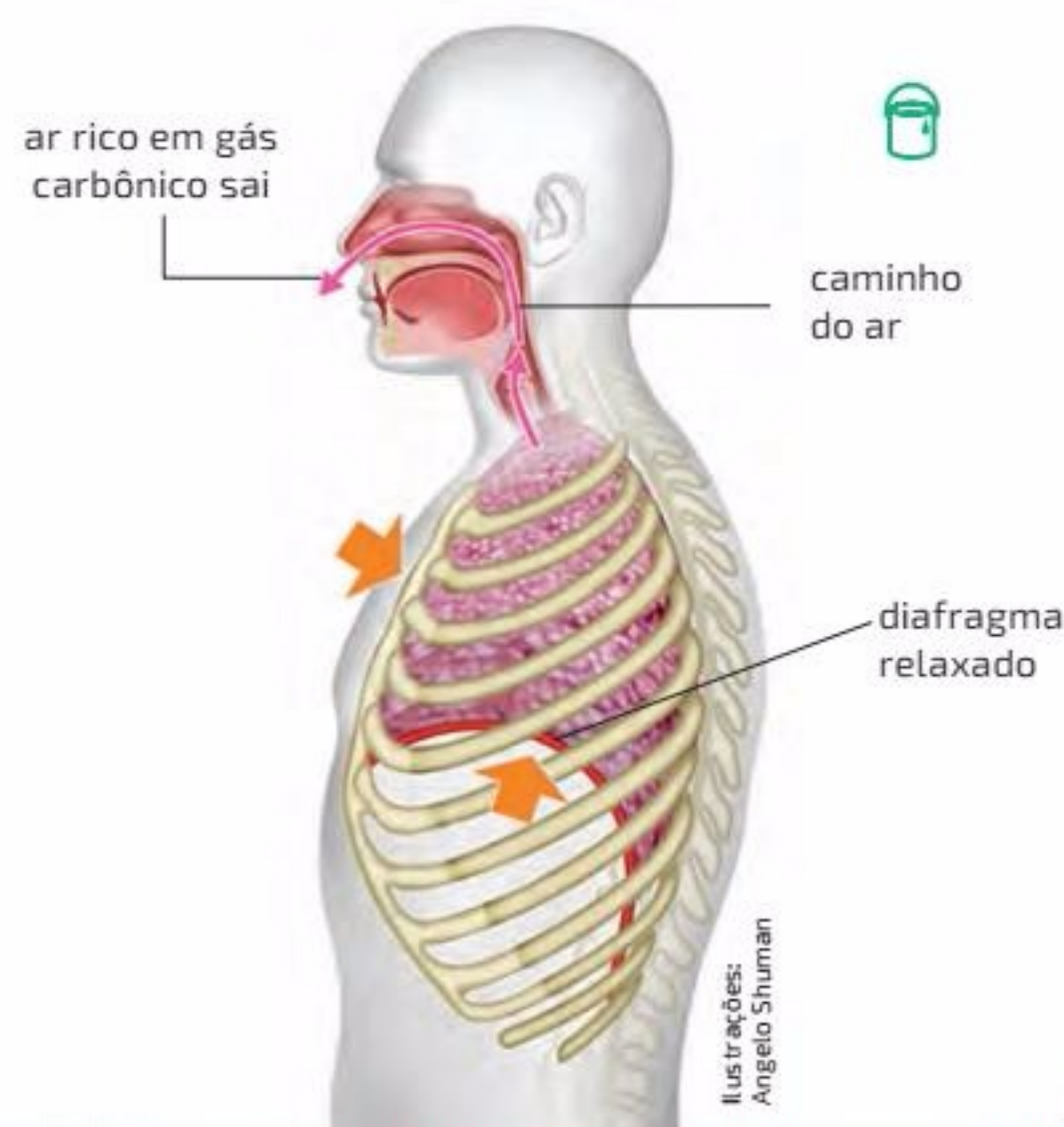
Representação da inspiração

Na **inspiração**, a pressão no interior dos pulmões é inferior à pressão atmosférica. O diafragma se contrai e os músculos intercostais movem as costelas para cima e para fora. Esses movimentos aumentam o espaço interno da caixa torácica, diminuindo a pressão em seu interior. A pressão atmosférica, que nesse momento é maior do que a pressão interna dos pulmões, empurra o ar das narinas para os pulmões.



Representação da expiração

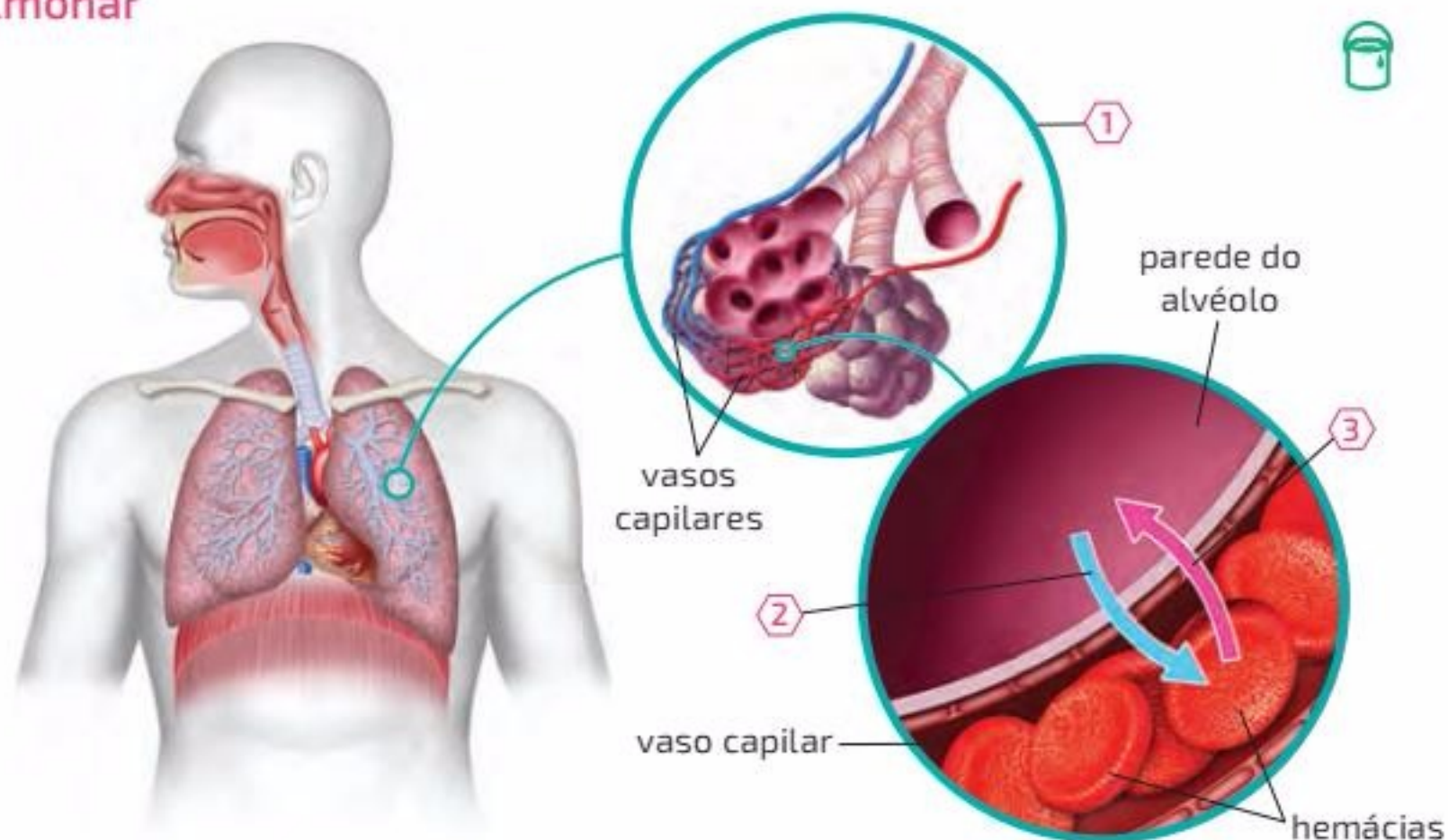
Na **expiração**, a pressão interna dos pulmões é maior do que a pressão atmosférica, permitindo que o ar seja empurrado para fora do corpo. Assim, tanto o diafragma como os músculos intercostais relaxam, fazendo que o ar no interior dos pulmões, que se encontra a uma pressão maior do que a atmosférica, saia para o ambiente por meio das narinas.



Na respiração pulmonar, os gases atravessam a parede dos alvéolos pulmonares e dos vasos capilares sanguíneos ao seu redor.

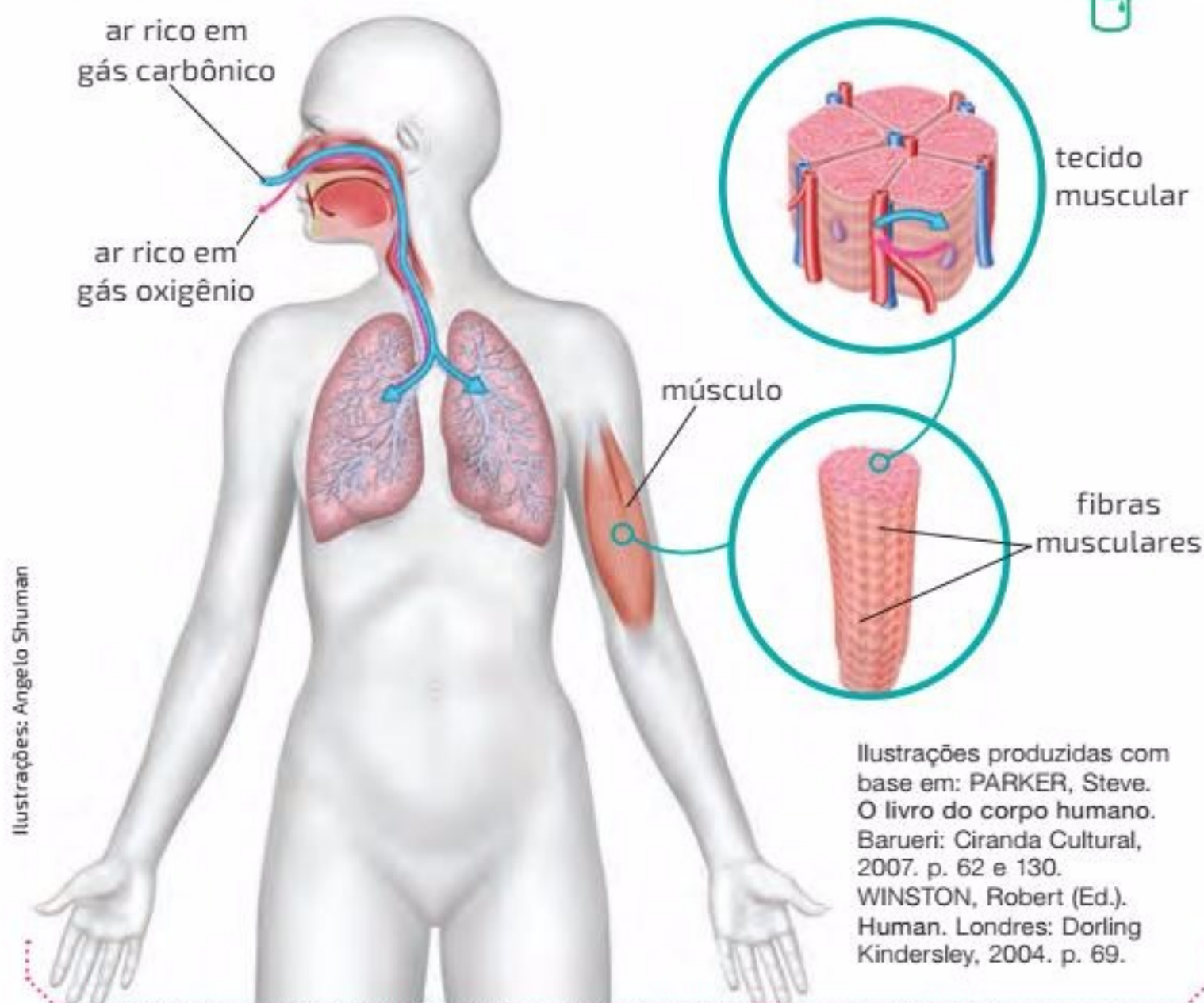
Representação da respiração pulmonar

- 1 Parte do gás oxigênio, obtido durante a inspiração, atravessa as paredes dos alvéolos e dos vasos capilares, entrando na corrente sanguínea.
- 2 No sangue, o gás oxigênio é transportado para o resto do corpo pelas células sanguíneas chamadas hemácias.
- 3 O gás carbônico presente no sangue atravessa as paredes dos capilares e dos alvéolos e entra nos alvéolos. O gás carbônico é expelido do corpo por meio da expiração.



Ilustrações produzidas com base em: PARKER, Steve. O livro do corpo humano. Barueri: Ciranda Cultural, 2007. p. 130, 134.

Respiração tecidual



Ilustrações produzidas com base em: PARKER, Steve. O livro do corpo humano. Barueri: Ciranda Cultural, 2007. p. 62 e 130. WINSTON, Robert (Ed.). Human. Londres: Dorling Kindersley, 2004. p. 69.

Na **respiração tecidual**, o gás oxigênio é transportado dos pulmões aos tecidos por uma rede de vasos sanguíneos. Nos capilares que chegam aos tecidos, dois movimentos de difusão são favorecidos. Um deles é a difusão do gás oxigênio do sangue para a célula e o outro é o do gás carbônico da célula para o sangue. Isso ocorre porque as células obtêm energia a partir da quebra das moléculas de glicose provenientes dos alimentos com o uso do gás oxigênio. Assim, o gás carbônico, considerado um subproduto da respiração celular, acumula-se na célula e precisa ser eliminado.

Além disso, o gás carbônico produzido é recolhido pelos vasos capilares e transportado até os pulmões, onde passa pela respiração pulmonar e é liberado para a atmosfera.



Biologia e Saúde

Tabagismo

O tabagismo caracteriza-se pela dependência química da nicotina, substância presente no tabaco e em seus derivados. Segundo a OMS (Organização Mundial de Saúde), o tabagismo está relacionado à morte por diversas doenças: 85% por bronquite e enfisema pulmonar; 30% por cânceres (pulmão, boca, faringe, laringe, esôfago, pâncreas, rim, bexiga urinária, estômago e fígado); 25% por angina e infarto e 25% por acidente vascular cerebral. Além disso, o tabagismo é um fator de risco para o desenvolvimento de doenças, como tuberculose, infecções respiratórias, úlcera, impotência sexual, infertilidade, osteoporose, entre outras. Por isso, ele deve ser evitado.



Veja as respostas das questões desta seção nas **Orientações para o professor**.

1. Qual é a importância do sistema digestório para o corpo humano?
2. Explique a diferença entre a digestão mecânica e a digestão química, exemplificando-as.
3. Descreva a importância das glândulas salivares para o corpo humano.
4. Sobre o intestino grosso, responda:
 - a) Ele é dividido em quais partes?
 - b) Relacione os movimentos peristálticos com a absorção de água no intestino grosso.
5. O sistema respiratório humano é formado pelos pulmões e vias respiratórias.
 - a) Qual é a importância das vias respiratórias para o organismo humano?
 - b) As vias respiratórias são compostas de quais órgãos e estruturas?
6. Observe a ilustração e responda às questões propostas.

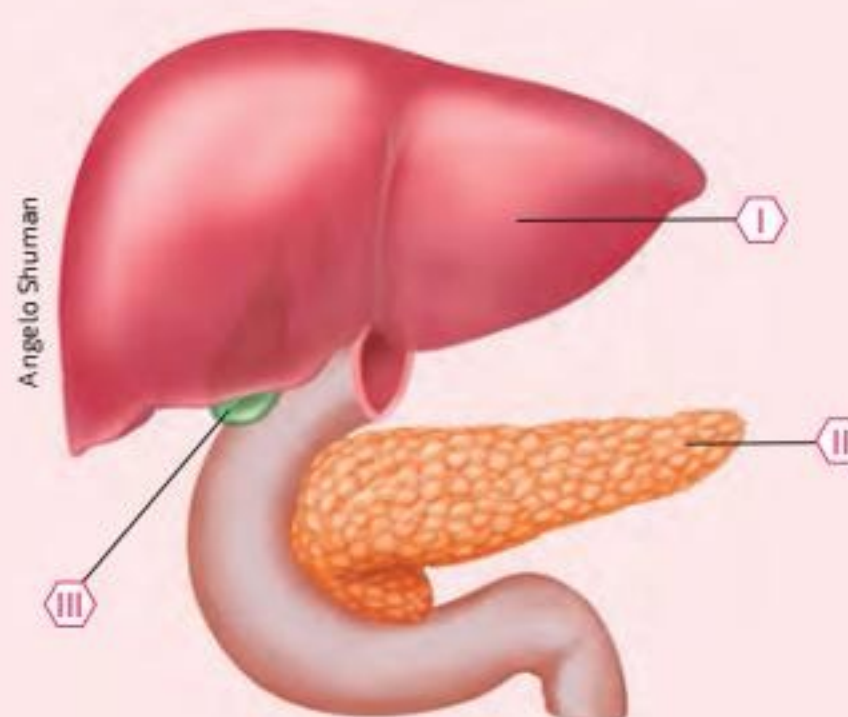


Ilustração produzida com base em: PAULSEN, F.; WASCHKE, J. Sobotta: atlas de Anatomia humana: órgãos internos. v. 2. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2012. p. 86. TORTORA, G. J. Corpo humano: fundamentos de Anatomia e Fisiologia. 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 2000. p. 444.

7. Observe o quadro abaixo e responda às questões propostas.

Enzima	Origem	pH em que atua	O que digere	Transforma em
Amilase salivar (ptialina)	Glândulas salivares	7,0 (neutro)	Polissacarídeos	Dissacarídeos
Pepsina	Estômago	1,5 a 2,0 (ácido)	Proteína	Peptídeos
Amilase pancreática	Pâncreas	7,0 a 8,0 (básico)	Polissacarídeos	Dissacarídeos
Lipase	Pâncreas	7,0 a 8,0 (básico)	Gordura	Ácidos graxos e glicerol
Tripsina e quimotripsina	Pâncreas	7,0 a 8,0 (básico)	Proteína	Peptídeos
Peptidases	Intestino delgado	7,6 (básico)	Peptídeos	Aminoácidos
Dissacaridases	Intestino delgado	7,6 (básico)	Dissacarídeo	Monossacarídeos

- a) Explique a importância das enzimas no processo de digestão.
- b) No quadro acima, podemos observar que as diferentes enzimas atuantes no processo de digestão têm ação em pH diferentes. Por quê?
- c) No refeitório de uma escola, foram servidas aos alunos porções de arroz, feijão, batata-doce, carne, alface, tomate e, de sobremesa, salada de frutas. Em relação ao trajeto desses alimentos pelo sistema digestório, quais enzimas, citadas no quadro acima, atuaram na digestão do arroz, do feijão e da batata-doce (alimentos ricos em amido)?
- d) As enzimas responsáveis por degradar as principais macromoléculas da carne atuam em qual pH? Quais são essas enzimas? Explique a ação digestória dessas enzimas.

8. (UFMG) Observe esta figura:

Alguns órgãos do sistema digestório humano



Ilustração produzida com base em: PAULSEN, F.; WASCHKE, J. Sobotta: atlas de Anatomia humana: órgãos internos. v. 2. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2012. p. 86. TORTORA, G. J. Corpo humano: fundamentos de Anatomia e Fisiologia. 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 2000. p. 434.



Com base nessa figura, é correto afirmar que:

- a) no estômago os carboidratos são transformados em açúcares.
- b) no intestino delgado ocorre absorção de vários nutrientes.
- c) o intestino grosso digere e absorve fibras.
- d) o fígado digere as gorduras presentes nos alimentos.

9. (Unesp-SP) O volume total de ar que cabe no sistema respiratório de um homem adulto, ao nível do mar, é cerca de 6 litros. Nessas condições, os pulmões de um indivíduo em repouso, a cada movimento respiratório, trocam com o meio exterior, em média, apenas 0,5 litro de ar. Essa quantidade de ar inspirado mistura-se ao ar retido nas vias aéreas e apenas parte dessa mistura chega aos alvéolos. Desse modo, considerando a fisiologia e a anatomia do aparelho respiratório humano, é correto afirmar que, durante a inspiração, o ar que chega aos alvéolos possui:

- a) maior concentração de CO_2 que aquela do sangue venoso.
- b) menor concentração de CO_2 que o ar atmosférico.
- c) maior concentração de O_2 que aquela do sangue arterial.
- d) maior concentração de CO_2 que aquele que havia sido expirado.
- e) menor concentração de O_2 que aquele que havia sido expirado.

10. (UFMG) A troca de gases no corpo humano envolve dois processos: a inspiração e a expiração. No primeiro, o ar vai da atmosfera para os pulmões e, no segundo, o ar vai dos pulmões para a atmosfera. Para respirar, o homem deve alterar a pressão interna, o que é feito a partir dos movimentos de um importante músculo: o diafragma. Nessa troca, a principal função do diafragma consiste em fazer variar o volume da cavidade torácica, tal como representado nas figuras a seguir.

Considerando-se essas informações, é correto afirmar que, durante o processo de inspiração, ocorre:

- a) contração do diafragma e, conseqüentemente, redução da pressão na cavidade torácica, o que faz o ar entrar nos pulmões.
- b) contração do diafragma e, conseqüentemente, redução do volume da cavidade torácica, o que faz o ar entrar nos pulmões.
- c) relaxamento do diafragma e, conseqüentemente, redução da pressão na cavidade torácica, o que faz o ar entrar nos pulmões.
- d) relaxamento do diafragma e, conseqüentemente, aumento do volume da cavidade torácica, o que faz o ar entrar nos pulmões.



Refletindo sobre o capítulo

Veja as respostas das questões desta seção nas Orientações para o professor.

- A A classificação apresentada na página 229 pode ser estendida para todos os outros animais abordados na unidade 3 deste volume? Explique.
- B Por que a mastigação é fundamental na digestão de alimentos como o arroz e o feijão?
- C Retome a fotografia apresentada nas páginas 226 e 227. Por que a ventilação pulmonar é fundamental para atletas como os mostrados nessa imagem?
- D O tabagismo, apresentado na página 236, está relacionado à enfisema pulmonar, problema que afeta os alvéolos pulmonares, causando, entre outros sintomas, o aumento do volume da caixa torácica e a dificuldade para respirar. Quais etapas da respiração são mais afetadas nessa doença?

Os transtornos alimentares, distúrbios relacionados aos hábitos alimentares, podem comprometer a saúde dos indivíduos. Os primeiros sinais desses problemas costumam aparecer na infância e na adolescência, embora possam persistir na fase adulta. Na adolescência, os transtornos mais frequentes são o transtorno compulsivo alimentar periódico, a anorexia nervosa e a bulimia nervosa.

O **transtorno compulsivo alimentar periódico** é caracterizado por episódios em que a pessoa deseja se alimentar em grande quantidade, por isso é denominado compulsão alimentar.

Já a **anorexia nervosa** é comum principalmente em adolescentes do sexo feminino, que passam a ter uma visão distorcida do próprio corpo em relação a massa corporal, acreditando que estão muito acima do peso. O que as motiva a diminuir bruscamente a alimentação é o receio de engordar ou de tornar-se obesa. É comum, ainda, que a pessoa crie uma distorção de sua própria imagem, achando que seu corpo é muito maior do que realmente é.

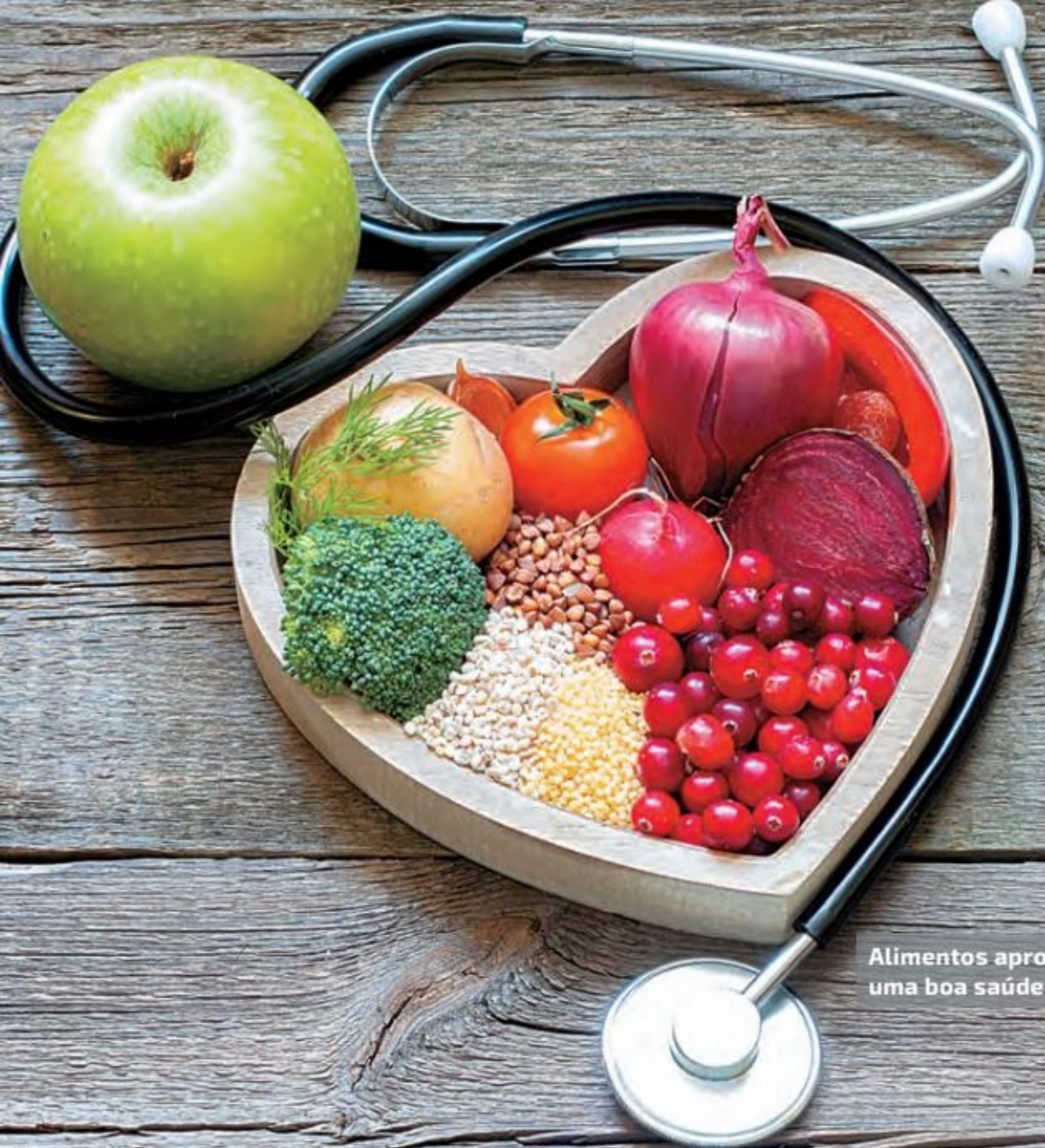
A **bulimia nervosa** caracteriza-se pela vontade de ingerir uma grande quantidade de alimentos em um curto espaço de tempo, acompanhada da sensação de perda de controle e compulsão. Após essa ingestão excessiva, a pessoa passa por uma fase de arrependimento e preocupação em engordar. Por isso, ela induz o vômito e chega a utilizar inibidores de apetite e medicamentos com efeitos diuréticos e/ou laxantes. É importante destacar que o uso desses medicamentos pode afetar as funções dos intestinos, impactando a quebra e absorção de nutrientes. Em alguns casos, a pessoa faz atividade física excessivamente. Esse hábito pode causar danos na musculatura, como a exaustão muscular, uma vez que a pessoa não tem, nas fibras musculares, glicogênio suficiente armazenado para realizar tal esforço.

Os transtornos alimentares, se não tratados, podem levar o paciente à morte. Para tratá-los, é necessário o acompanhamento de diversos profissionais da área da saúde. Os nutricionistas, por exemplo, podem indicar dietas com refeições regulares e com a quantidade de nutrientes adequada para cada pessoa. Além disso, é necessário o acompanhamento médico e psicológico para levar o paciente a superar o problema. Em alguns casos, o acompanhamento psiquiátrico e a prescrição de alguns medicamentos podem ser necessários.

Veja as respostas das questões desta seção nas **Orientações para o professor**.

- Faça uma pesquisa e verifique qual dos transtornos apresentados mais afeta os jovens brasileiros. Em seguida, converse com seus colegas sobre os motivos de esse transtorno ser tão frequente.
- Como os padrões de beleza influenciam o desenvolvimento de transtornos alimentares? Discuta sobre isso com seus colegas.





Alimentos apropriados para uma boa saúde do coração.

capítulo 13

Corpo humano: circulação, imunidade e excreção

Em todo o mundo, milhões de pessoas morrem por causa de problemas relacionados ao sistema circulatório. Entre esses problemas podemos citar: hipertensão arterial, infarto do miocárdio, acidente vascular cerebral, entre outros.

Segundo a Sociedade Brasileira de Cardiologia, algumas atitudes podem evitar que esses problemas ocorram. Veja a seguir.

Hábito	Resultado
Controlar os níveis de colesterol no sangue	Menos 20% de risco de derrame; menos 25% de risco de morte; menos 33% de risco de infarto.
Controlar a pressão arterial	Menos 15% de risco de infarto; menos 42% de risco de derrame.
Parar de fumar	Menos 50% de risco de infarto; menos 70% de risco de morte.
Perder massa corporal e praticar exercícios físicos	Menos 25% de risco de diabetes.

- Manter uma alimentação saudável.
- Praticar atividades físicas.
- Não fumar.
- Manter a massa corpórea em uma faixa saudável.
- Conhecer os níveis de glicose no sangue, de pressão arterial, de IMC (índice de massa corpórea), entre outros valores relacionados à saúde.
- Não consumir bebidas alcoólicas.

Veja, no quadro ao lado, alguns benefícios que as mudanças de hábitos para a saúde do coração podem proporcionar.

Fonte: SOCIEDADE BRASILEIRA DE CARDIOLOGIA. Amor pela vida é... cuidar do coração. Disponível em: <<http://prevencao.cardiol.br/campanhas/pdf/cartilha-amor-2015.pdf>>. Acesso em: 14 abr. 2016.

- A** Por que é importante manter a saúde do coração?
Resposta: Porque o coração é um órgão vital.
- B** Em que sistema o coração se localiza? Qual é a importância desse sistema para o corpo humano?
Resposta: Ele se localiza no sistema circulatório. Ele é responsável pelo transporte de sangue no corpo humano.
- C** Dos hábitos necessários para evitar problemas no coração, quais você pratica frequentemente? Você considera necessário modificar algum de seus hábitos?
Resposta: pessoal.

Circulação

No corpo humano, a circulação envolve dois sistemas: o sistema circulatório e o sistema linfático.

Sistema circulatório

Assim como em outros vertebrados, o sistema circulatório humano é um sistema fechado, responsável pelo transporte de sangue. Basicamente, ele é constituído por três componentes: o sangue, fluido corporal que circula dentro dos vasos; os vasos sanguíneos, uma rede de vasos que permeia todo o corpo, e o coração, que funciona como uma bomba muscular.

Sangue

O **sangue** é um líquido viscoso e de coloração vermelha. Ele corresponde a aproximadamente 8% da massa corporal de um adulto, o que equivale a cerca de 4 a 5 litros em mulheres e de 5 a 6 litros em homens.

No organismo, ele é responsável pelo transporte de gás oxigênio dos pulmões até os tecidos, de nutrientes do sistema digestório aos tecidos, de resíduos celulares até os órgãos responsáveis por sua eliminação e de hormônios por todo o corpo humano. Além disso, é responsável pela circulação de células de defesa no organismo.

O sangue é formado por uma fase líquida, o plasma, e uma fase composta de células variadas e de fragmentos de células. O **plasma** é um líquido de cor amarelada, formado principalmente por água e porções de proteínas, enzimas, hormônios, gases e produtos do metabolismo celular. Ele está relacionado ao equilíbrio entre a quantidade de água no sangue e nos tecidos, à proteção contra agentes estranhos e à redução da perda de sangue em ferimentos.

Estrutura do sistema circulatório

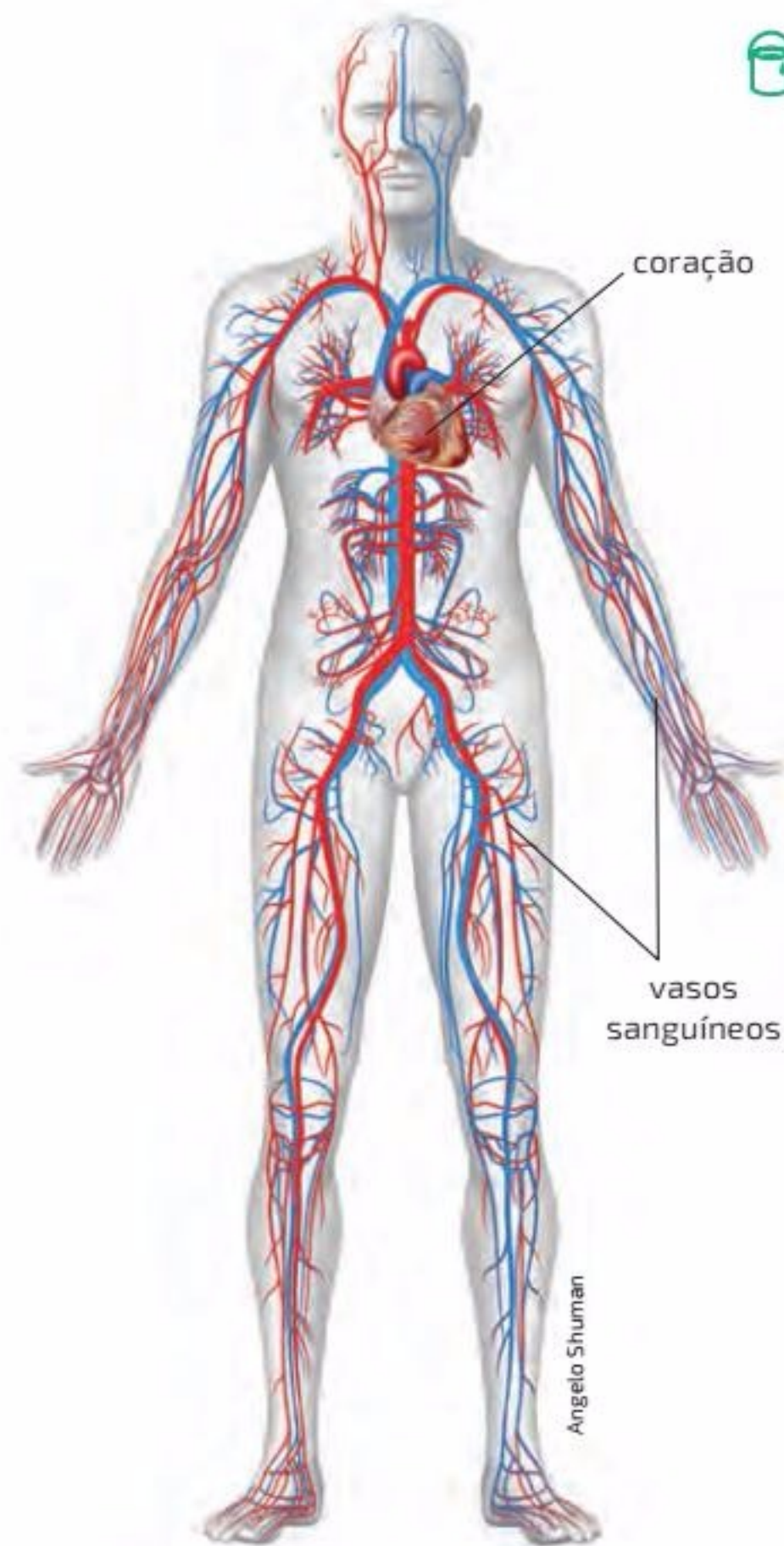
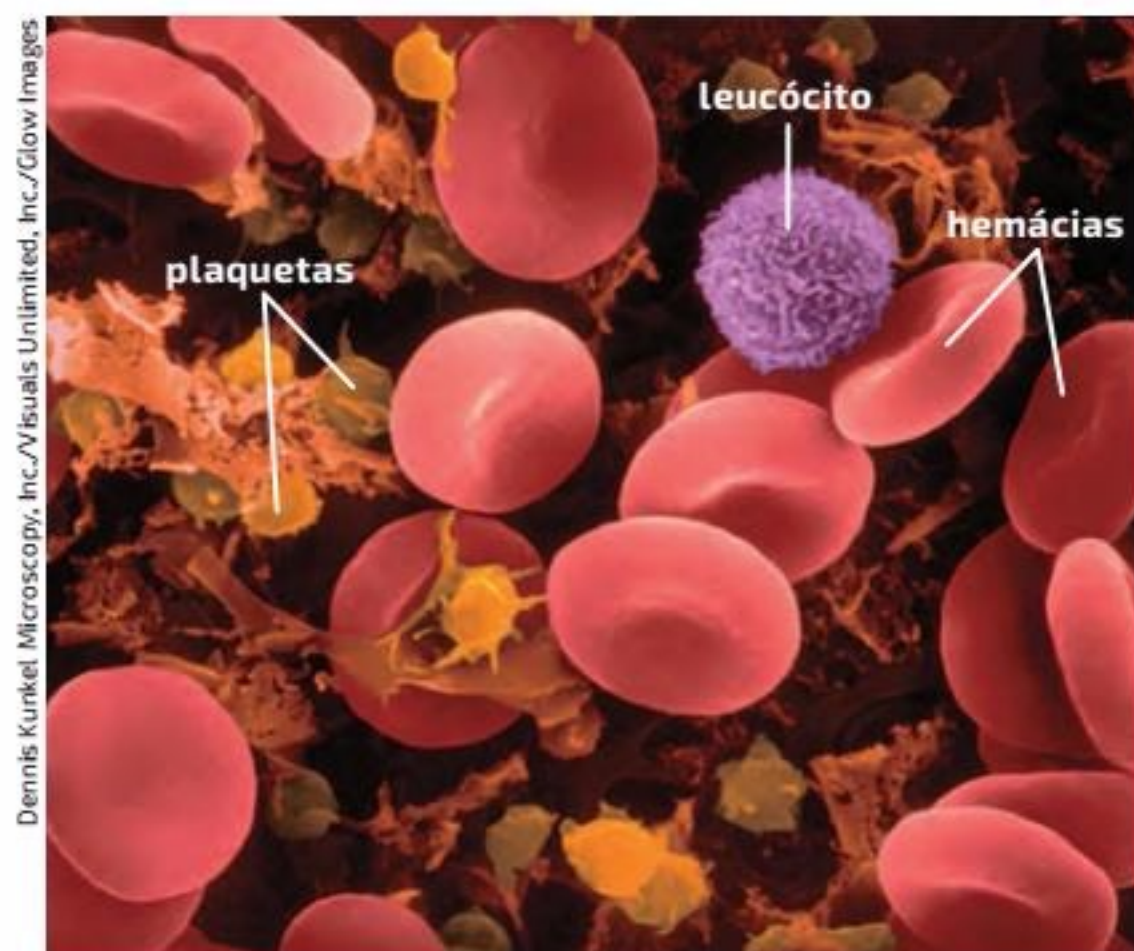


Ilustração produzida com base em: PARKER, S. O livro do corpo humano. Barueri: Ciranda Cultural, 2007. p. 114. TORTORA, G. J. Corpo humano: fundamentos de Anatomia e Fisiologia. 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 2000. p. 364, 371.

Componentes celulares



Tecido sanguíneo (aumento aproximado de 1 150 vezes).

As **plaquetas** são fragmentos de células que participam do processo de **coagulação sanguínea**, formando uma malha de fibras proteicas, na qual as células do sangue ficam aprisionadas. Além de evitar o vazamento do sangue, os coágulos criam uma barreira contra a entrada de microrganismos.

Os **leucócitos** ou **glóbulos brancos** são células que participam das defesas do corpo humano. Vários tipos de célula constituem os leucócitos, e todas estão relacionadas à destruição de agentes estranhos.

As **hemácias** ou **glóbulos vermelhos** são células anucleadas, isto é, não possuem núcleo. Elas apresentam um pigmento vermelho chamado **hemoglobina**, molécula à qual o gás oxigênio se liga após atravessar as paredes dos alvéolos pulmonares e dos capilares para ser transportado pelo corpo.

1. Qual é a importância da coagulação sanguínea?

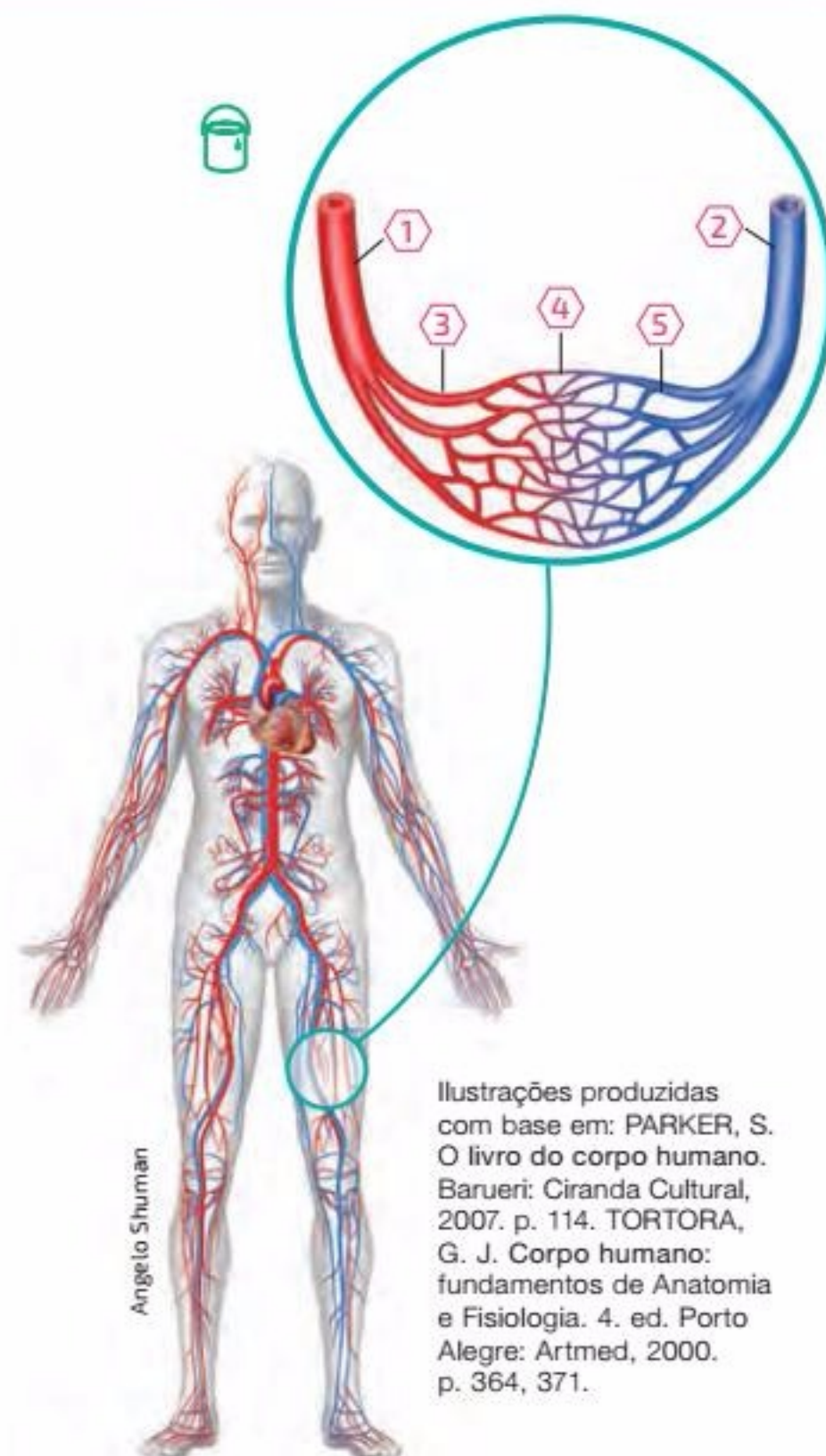
1. A coagulação sanguínea reduz a perda de sangue em ferimentos, bloqueando a saída de sangue do vaso sanguíneo e impede a entrada de microrganismos.

Vasos sanguíneos

Os vasos sanguíneos ramificam-se e espalham-se pelo corpo humano, formando uma rede responsável por distribuir o sangue para todos os tecidos. Eles variam em formato e são classificados em artérias, arteríolas, veias, vênulas e capilares.

Estrutura dos vasos sanguíneos

- ① As **artérias** transportam o sangue rico em gás oxigênio do coração para os tecidos. Suas paredes são espessas e formadas por tecido epitelial, muscular e conjuntivo. Elas recebem o sangue do coração sob pressão elevada e o impulsionam ao longo do sistema circulatório.
- ② As **veias** transportam o sangue pobre em gás oxigênio dos tecidos de volta ao coração. Embora sua estrutura seja semelhante à de uma artéria – formada por tecido epitelial, muscular e conjuntivo –, suas paredes são bem mais finas, pois o sangue em seu interior é conduzido sob pressões mais baixas. Dessa forma, as veias possuem válvulas que impedem o retorno do sangue e contribuem para direcionar o fluxo sanguíneo para o coração.
- ③ As **arteríolas** transportam sangue rico em gás oxigênio para os tecidos. Elas se ramificam a partir das artérias, conforme se afastam do coração. Os vasos formados a partir dessa ramificação ficam menores e, ao chegar aos tecidos, as arteríolas formam os capilares. Elas são compostas de tecido epitelial e tecido muscular.
- ④ Os **capilares** são vasos sanguíneos microscópicos, que alcançam praticamente todas as células. Eles são responsáveis pela troca de gases e de nutrientes entre o sangue e os tecidos. Conforme os capilares passam pelos tecidos, o sangue em seu interior perde o gás oxigênio e recebe o gás carbônico. Esses vasos são formados apenas por uma camada de células epiteliais.
- ⑤ As **vênulas** são pequenas veias que recebem o sangue pobre em gás oxigênio proveniente dos capilares e o encaminham até as veias.



Ilustrações produzidas com base em: PARKER, S. O livro do corpo humano. Barueri: Ciranda Cultural, 2007. p. 114. TORTORA, G. J. Corpo humano: fundamentos de Anatomia e Fisiologia. 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 2000. p. 364, 371.

Estrutura do coração

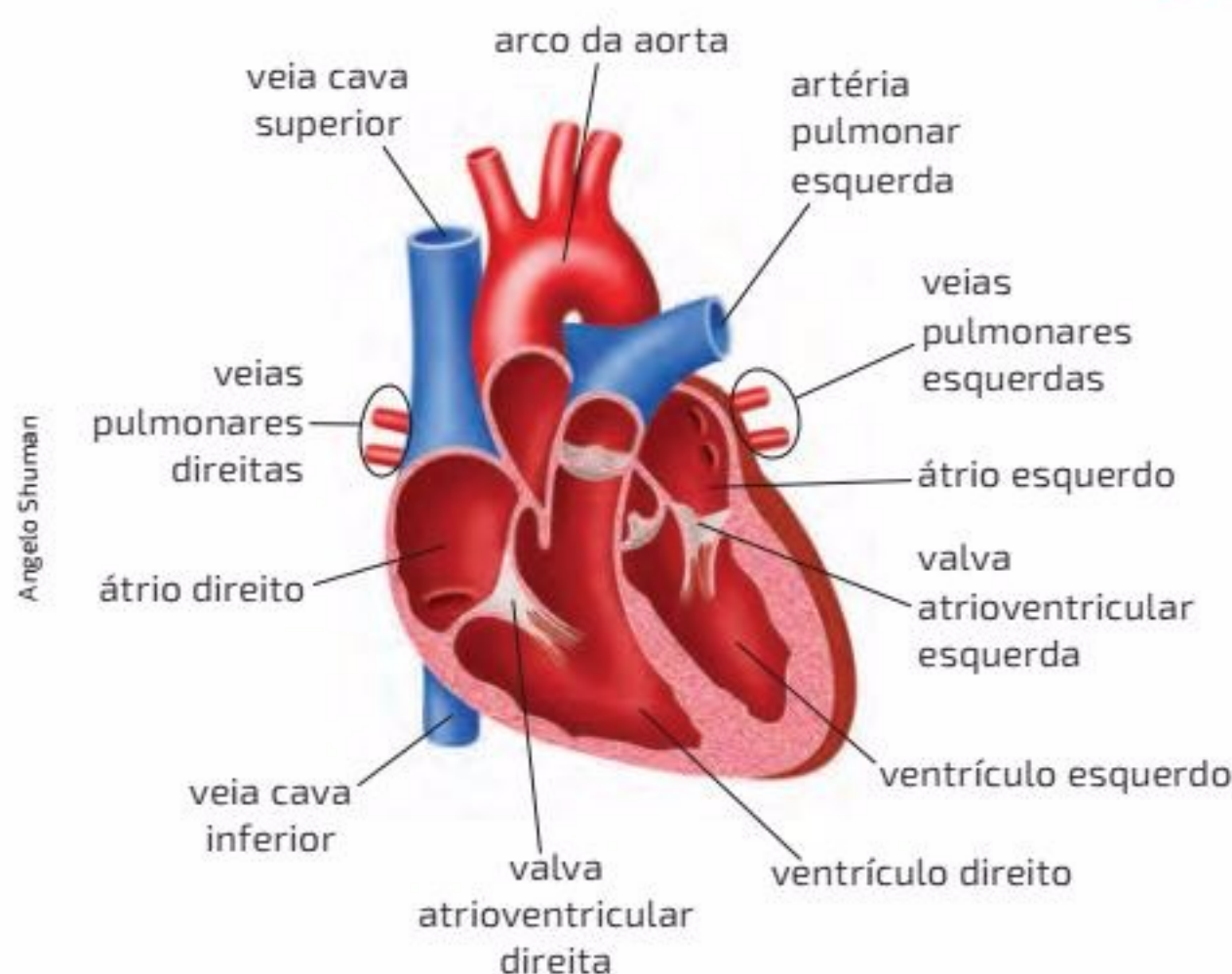
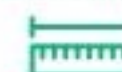


Ilustração produzida com base em: PARKER, S. O livro do corpo humano. Barueri: Ciranda Cultural, 2007. p. 130. PAULSEN, F.; WASCHKE, J. Sobotta: atlas de Anatomia humana: órgãos internos. v. 2. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2012. p. 9.

Coração



O **coração** é o órgão responsável por bombear o sangue através dos vasos sanguíneos. Ele é constituído de tecido muscular estriado cardíaco e situa-se entre os dois pulmões (do esterno até a coluna vertebral). Em geral, a maior parte do coração encontra-se localizada no lado esquerdo do corpo.

Esse órgão apresenta duas câmaras superiores, o átrio direito e o átrio esquerdo; e duas câmaras inferiores, o ventrículo direito e o ventrículo esquerdo.

Os átrios não se comunicam entre si e os ventrículos também não. Com isso, o sangue rico em gás oxigênio (conhecido como **arterial**) não se mistura ao sangue pobre em gás oxigênio (chamado **venoso**).

A valva atrioventricular direita e a valva atrioventricular impedem o refluxo de sangue dos ventrículos para os átrios.

Circulação sanguínea

O caminho percorrido pelo sangue do ventrículo direito até os pulmões e dos pulmões até o átrio esquerdo é chamado **circulação pulmonar**. Já o caminho percorrido pelo sangue do ventrículo esquerdo até os órgãos e o átrio direito é conhecido como **circulação sistêmica**. Veja a seguir como elas ocorrem.

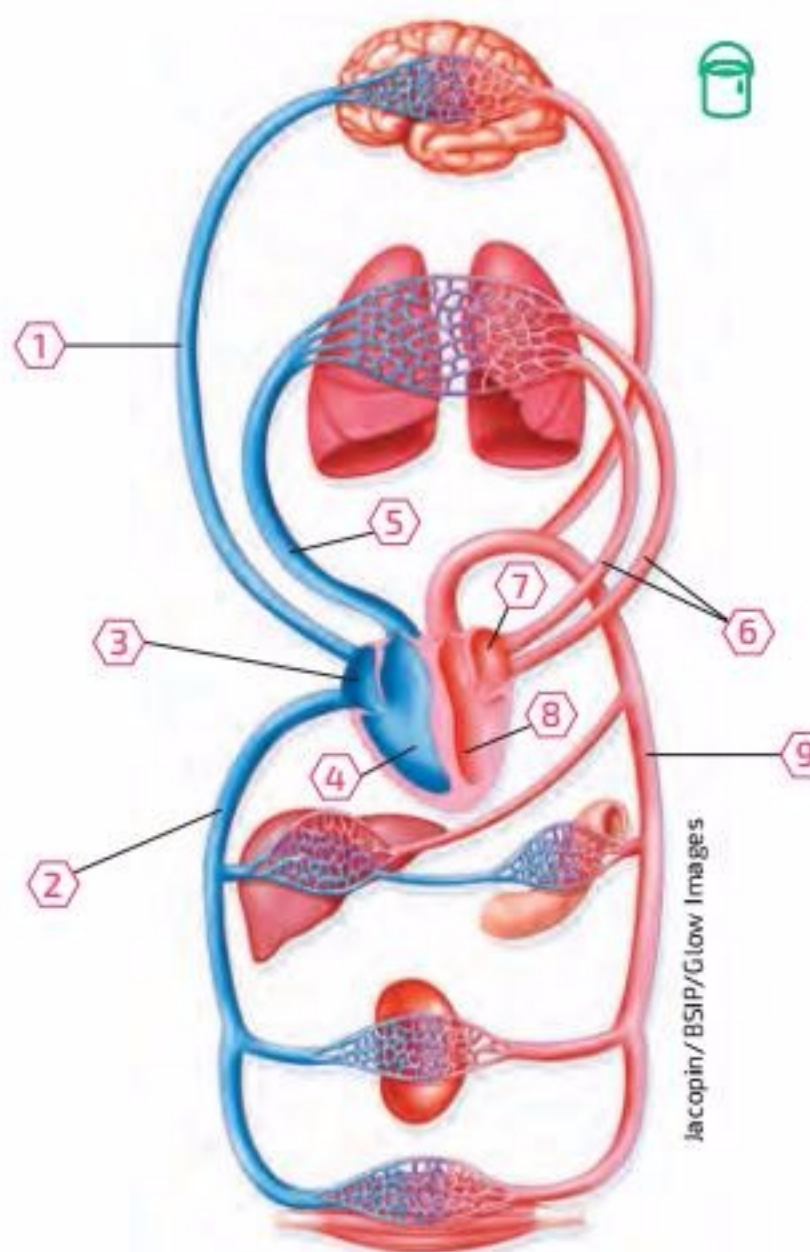
Circulação do sangue

Circulação pulmonar

O sangue proveniente da região da cabeça e das partes superiores do corpo chega ao coração por meio da **veia cava superior** ①; e o sangue proveniente das partes inferiores do corpo chega até a **veia cava inferior** ②. O sangue das veias cavas superior e inferior é direcionado até o **átrio direito** ③. Depois, é encaminhado ao **ventrículo direito** ④, que o bombeia até os pulmões por meio das **artérias pulmonares** ⑤.

Circulação sistêmica

Nos pulmões, o sangue recebe gás oxigênio e elimina o gás carbônico. Por meio das **veias pulmonares** ⑥, o sangue segue até o **átrio esquerdo** ⑦. Do átrio esquerdo, ele segue para o **ventrículo esquerdo** ⑧, de onde é bombeado e segue, por meio da **artéria aorta** ⑨, para ser distribuído ao restante do corpo.



Ciclo cardíaco

O batimento cardíaco pode ser dividido em duas fases – a **sístole** e a **diástole**. A **sístole** é a fase em que a musculatura cardíaca se contrai, e a **diástole** ocorre quando ela relaxa. O período entre o final de uma sístole e o começo de outra é chamado **ciclo cardíaco**. Observe o esquema ao lado.

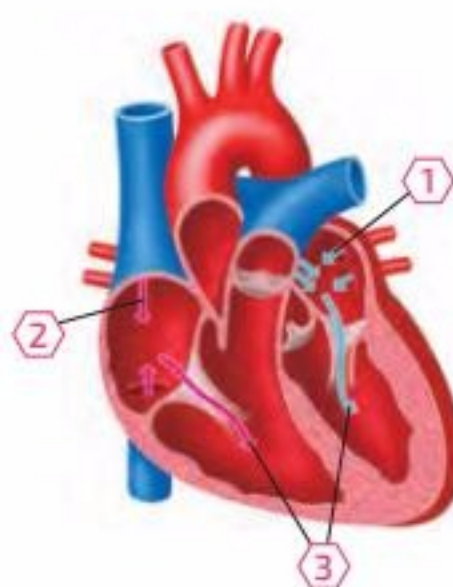
A quantidade de batimentos cardíacos por unidade de tempo indica a frequência cardíaca, isto é, a pulsação por minuto. Essa contração repetitiva dos músculos do coração bombeia o sangue através de vasos sanguíneos.

A frequência cardíaca varia dependendo se a pessoa estiver em repouso ou não. Por exemplo, uma pessoa em repouso apresenta frequência cardíaca entre cerca de 60 e 100 batimentos por minuto.

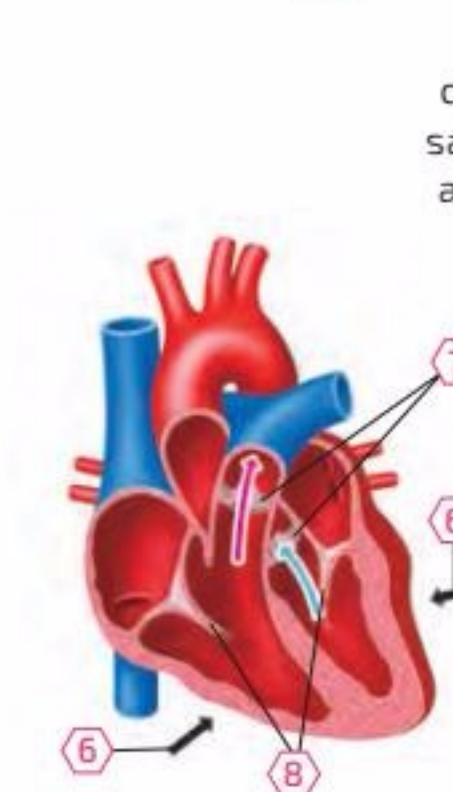
2. Meça sua pulsação durante 15 segundos. Multiplique o valor encontrado por 4 e descubra o valor de sua frequência cardíaca.

Resposta pessoal.

Ciclo cardíaco



O sangue rico em gás oxigênio entra no átrio esquerdo ①, e o sangue pobre em gás oxigênio entra no átrio direito ②. Uma parte do sangue dos átrios segue para os ventrículos ③, que se enchem.



Os átrios ④ contraem-se e o sangue é forçado a passar para os ventrículos ⑤.

Os ventrículos ⑥ contraem-se, aumentando a pressão em seu interior. Isso faz as válvulas da aorta e do tronco pulmonar abrir e o sangue passar por elas, em direção às artérias principais ⑦. As válvulas atrioventriculares ⑧ se fecham.

Ilustrações produzidas com base em: PAULSEN, F.; WASCHKE, J. Sobotta: atlas de Anatomia humana: órgãos internos. v. 2. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2012. p. 9. TORTORA, G. J. Corpo humano: fundamentos de Anatomia e Fisiologia. 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 2000. p. 352.



Doenças cardiorrespiratórias e qualidade de vida

As doenças cardiovasculares estão relacionadas a fatores que afetam a circulação sanguínea. Além da herança genética, fatores externos como a má alimentação, o sedentarismo e o estresse agravam o quadro dessas doenças, que podem levar à morte.

Quando o sangue é bombeado do coração para os vasos sanguíneos, exerce uma pressão sobre a parede desses vasos chamada **pressão arterial**. Ela é medida em milímetros de mercúrio (mmHg), e, em um adulto, é considerada normal quando se mantém em cerca de 120/80 mmHg ou 12 por 8.

Quando a pressão sanguínea se mantém acima dos níveis esperados, ocorre uma doença cardiovascular chamada **hipertensão arterial**, que, inicialmente, não apresenta sintomas, mas aumenta o risco do aparecimento de outras doenças cardiovasculares, como infarto do miocárdio e acidente vascular cerebral. Uma das causas da hipertensão arterial é o consumo excessivo de sódio, presente no sal de cozinha.

O **infarto do miocárdio** ocorre em consequência de uma obstrução do fluxo sanguíneo até o coração, que é causada pelo acúmulo de placas de gordura no interior das artérias coronárias. Por causa disso, algumas regiões do miocárdio param de receber gás oxigênio e morrem, formando cicatrizes incapazes de realizar a contração. O **acidente vascular cerebral (AVC)** é provocado pelo entupimento ou rompimento de vasos sanguíneos no cérebro. No primeiro caso, o fluxo sanguíneo é interrompido; no segundo, há hemorragia cerebral. Dependendo do local e da gravidade da lesão, o AVC resulta em paralisia, transtornos mentais e até mesmo em cegueira.

Alguns hábitos podem prevenir doenças cardiovasculares, entre eles: manter uma alimentação balanceada; evitar alimentos gordurosos e ricos em sódio; não fumar nem ingerir bebidas alcoólicas; praticar atividades físicas regularmente e evitar situações de estresse.

Sistema linfático

Entre as células que formam os tecidos do corpo humano existem espaços conhecidos como espaços **intersticiais** ou **intercelulares**. Quando os capilares sanguíneos passam pelos tecidos, um pouco de plasma sanguíneo contido em seu interior atravessa sua parede. O plasma com algumas proteínas e resíduos do metabolismo celular forma, então, um líquido que preenche os espaços intersticiais chamado **líquido intercelular**. Quando esse líquido sai dos espaços intercelulares e retorna ao sangue,

por meio de vasos, é chamado linfa. Dos capilares, a linfa é conduzida para vasos linfáticos maiores, e é filtrada quando passa pelos linfonodos.

O sistema linfático é responsável por devolver a linfa ao sangue, absorver gorduras e algumas vitaminas no intestino e auxiliar nas defesas do corpo humano.

Representação da circulação linfática.

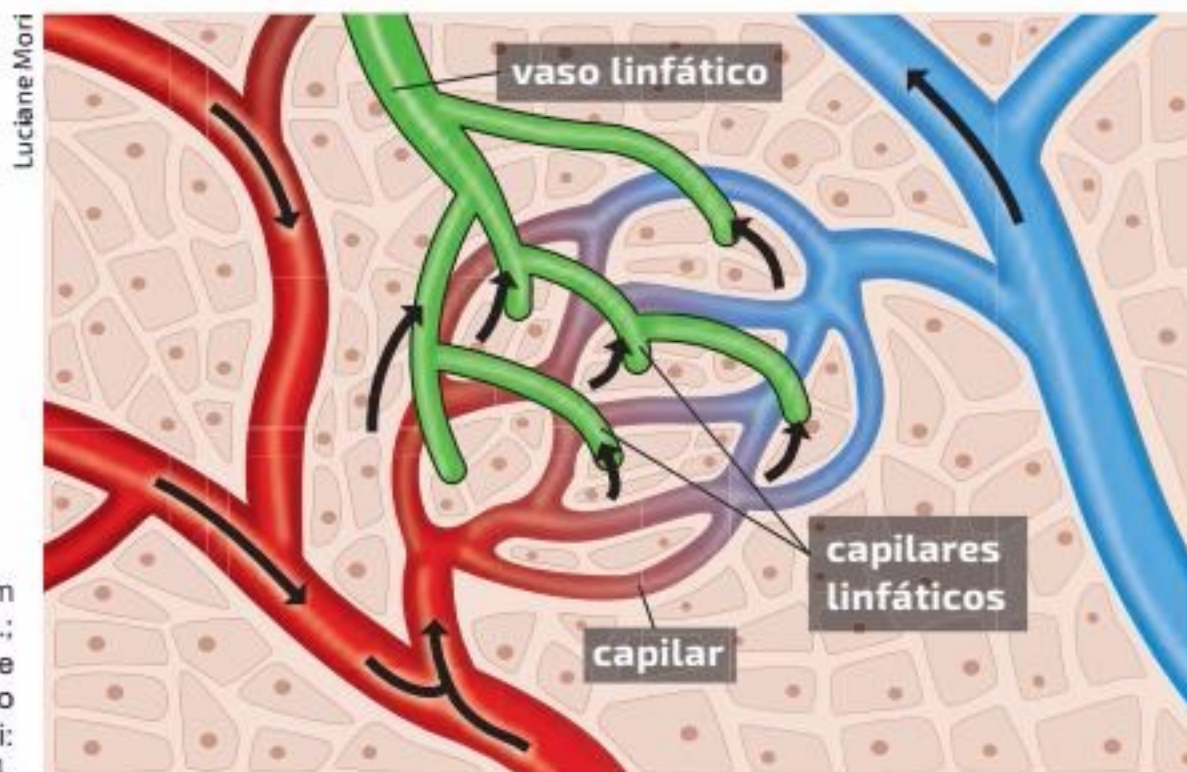


Ilustração produzida com base em: HERLIHY, B.; MAEBIUS, N. K. Anatomia e Fisiologia do corpo humano saudável e enfermo. Barueri: Manole, 2002. p. 334.

Esse sistema é composto de timo, baço, vasos linfáticos e linfonodos. Veja ao lado.

O **timo** localiza-se na região do tórax e está relacionado à produção e à maturação de alguns tipos de glóbulos brancos.

O **baço** fica localizado abaixo do diafragma, na lateral do tórax, e atua na filtração do sangue, eliminando microrganismos e células sanguíneas velhas.

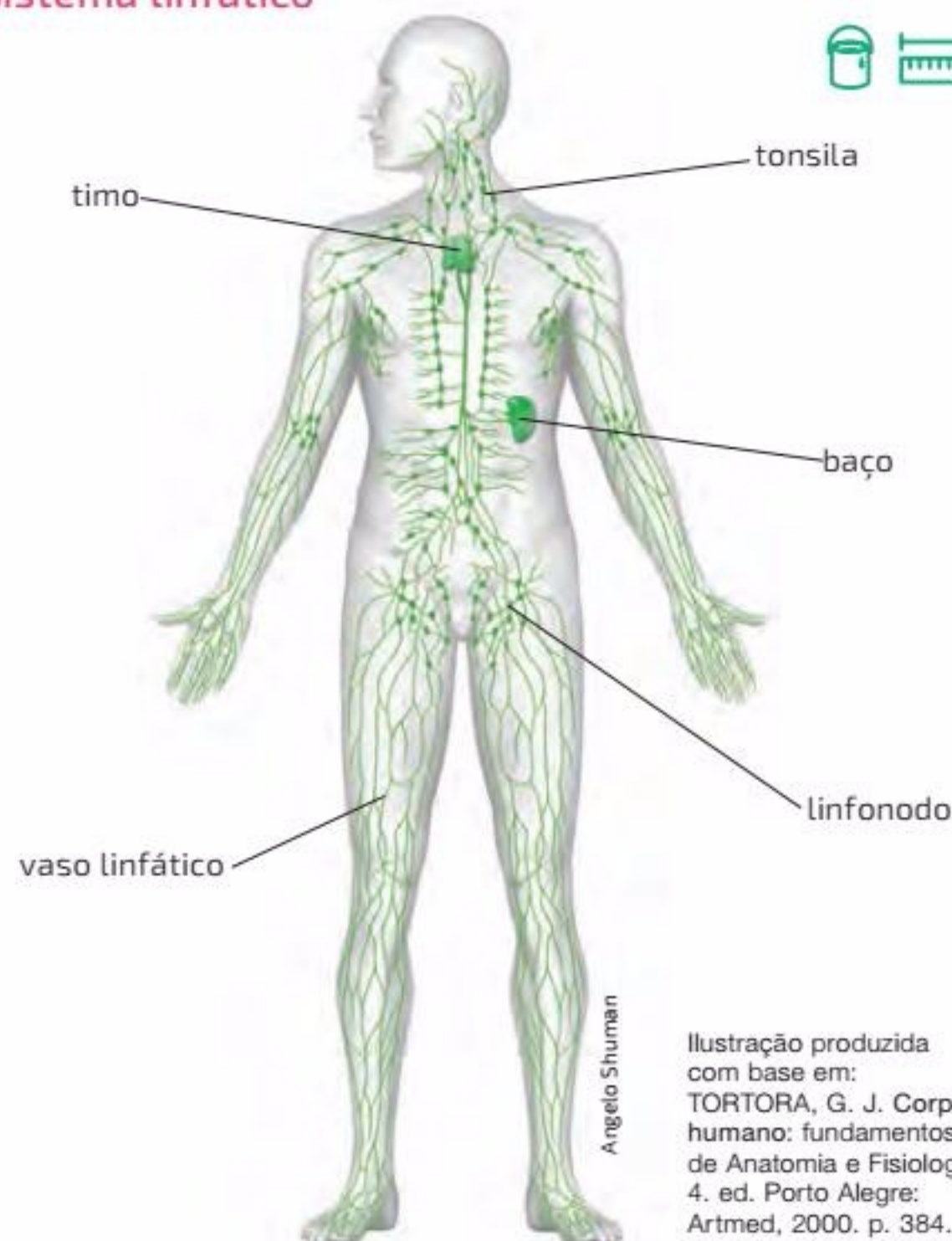
Os **vasos linfáticos** retiram o líquido intercelular dos tecidos e o conduzem de volta ao sangue.

Os **linfonodos** são órgãos distribuídos ao longo dos vasos linfáticos, abundantes no pescoço, nas axilas e na virilha. Nessas estruturas, a linfa é filtrada e substâncias estranhas são eliminadas pelos glóbulos brancos ali produzidos.

3. Porque as tonsilas são linfonodos que eliminam substâncias estranhas. A inflamação indica que há atividade intensa na região, resultado da multiplicação dos leucócitos.

3. As tonsilas são linfonodos localizados na região do nariz, da boca e da faringe. Explique por que, em caso de infecção em alguma dessas regiões, as tonsilas incham.

Sistema linfático



Imunidade*

*A imunidade depende principalmente de células e moléculas, não se organizando em tecidos ou órgãos, portanto não podem ser classificados como um sistema. Por essas razões, optamos por utilizar imunidade e defesas do corpo humano em vez de sistema imunológico.

A **imunidade** refere-se ao conjunto de mecanismos associados à resistência do corpo humano ao desenvolvimento de doenças infecciosas. Esse processo está relacionado às defesas do corpo humano, que atuam contra agentes invasores, como microrganismos, vírus e outros agentes, entre eles ácaros ou grãos de pólen. As reações coordenadas das células e moléculas que conferem imunidade recebem o nome de **resposta imunológica**.

As defesas do corpo humano podem ser divididas em defesas específicas e inespecíficas. As **defesas inespecíficas** (primeira e segunda linhas de defesa) consistem em estratégias (lágrimas, saliva, pele, suco gástrico, urina, pelos, febre, inflamações) utilizadas pelo corpo humano para impedir ou afastar a entrada de qualquer agente estranho. As **defesas específicas** (terceira linha de defesa) são estratégias do corpo para reconhecer os agentes que nele entraram e agir na destruição deles de uma forma mais rápida e direcionada, por meio de linfócitos e anticorpos.

Por exemplo, quando um agente invasor entra em contato com o corpo humano, ele encontra a primeira linha de defesa. Se conseguir atravessá-la, chega à segunda linha de defesa. Há ainda a terceira linha de defesa, cujos componentes são específicos para cada agente invasor. Veja, no quadro a seguir, quais são as principais defesas que o organismo apresenta.

Defesas inespecíficas		Defesas específicas
Primeira linha de defesa	Segunda linha de defesa	Terceira linha de defesa
Barreiras químicas (suco gástrico, saliva, lágrimas, secreções nasais e sebo); barreiras mecânicas (epiderme, mucosas, pelos e cílios); reflexos (vômito, espirro e tosse).	Células que realizam fagocitose; aumento da temperatura corporal (febre) e inflamações.	Células e proteínas especializadas em reconhecer e agir contra determinados vírus, microrganismos e algumas substâncias.

Agora, observe como as defesas inespecíficas agem no corpo humano.

Defesa	Como age
Lágrimas	Limpam a superfície ocular e possuem substâncias, como a enzima lisozima, que destroem a parede celular de bactérias suscetíveis.
Saliva	Ajuda a remover microrganismos presentes nos dentes, na língua e no epitélio, prevenindo sua propagação.
Pele	Barreira natural contra agentes estranhos; associada ao sebo e ao suor, forma uma barreira química e mecânica que evita a entrada de microrganismos.
Suco gástrico	Secreção liberada no interior do estômago para ajudar no processo digestivo, além de destruir agentes estranhos que entram pela boca com os alimentos.
Urina	A acidez da urina e seu fluxo constante limitam o desenvolvimento de microrganismos.
Pelos	No sistema respiratório, são encontrados nas mucosas das narinas, onde filtram o ar que seguirá para os pulmões, retendo partículas estranhas. Na pele, essas estruturas oferecem proteção mecânica contra agentes estranhos.
Febre	Trata-se de uma resposta do corpo à invasão de microrganismos. Os leucócitos (glóbulos brancos) liberam determinadas substâncias que atuam no cérebro, sinalizando a presença de agentes estranhos e provocando elevação da temperatura corporal.
Inflamação	Consiste em um dos mecanismos para conter infecções no corpo humano, pois impede sua expansão e sinaliza para a ativação de respostas imunes específicas.

Os leucócitos estão presentes no sangue e no sistema linfático. Eles são produzidos na medula óssea e em órgãos do sistema linfático e são responsáveis pela defesa do corpo contra agentes infecciosos estranhos. Existem diversos tipos de leucócitos, entre eles, os linfócitos B e T, importantes por gerar imunidade específica. Os leucócitos apresentam receptores que reconhecem os **antígenos**, proteínas presentes na superfície dos agentes invasores. Com base no reconhecimento desses antígenos, os linfócitos identificam um agente estranho no corpo, e podem eliminá-lo.

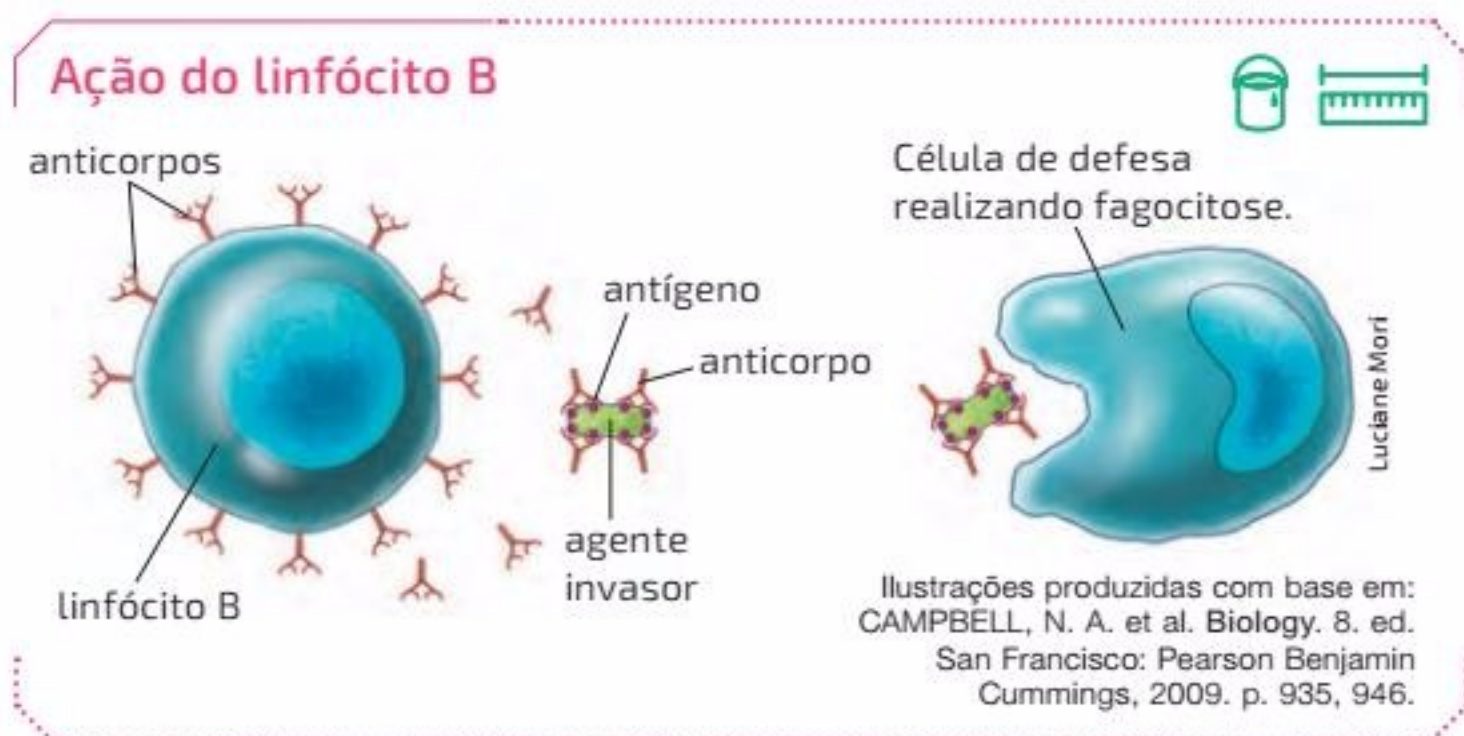
Com base no reconhecimento desses antígenos, os linfócitos identificam um agente estranho no corpo, e podem eliminá-lo.

A imunidade específica está relacionada à capacidade de reconhecer e reagir a agentes estranhos. Nesse tipo de imunidade, as defesas distinguem os diferentes tipos de microrganismos e moléculas. Essa imunidade pode ser natural ou artificialmente adquirida. Observe ao lado como ela pode ocorrer.



A **imunidade ativa naturalmente adquirida** ocorre quando o corpo é exposto a microrganismos, contrai a doença e, posteriormente, desenvolve imunidade a ela. Essa imunidade pode ser humoral ou celular, e ambas estão relacionadas aos leucócitos.

A **imunidade humoral** é mediada por moléculas especiais denominadas **anticorpos**, os quais são ativados por leucócitos chamados linfócitos B.



Os **anticorpos** são proteínas responsáveis por reconhecer agentes invasores e toxinas, ligar-se a eles e ativar células capazes de destruí-los. Veja ao lado.

A **imunidade celular** é mediada por leucócitos chamados linfócitos T. Eles são formados no timo e reconhecem o agente estranho, ligando-se aos antígenos, sem produzir anticorpos. Os linfócitos T ativam os linfócitos B, que, por sua vez, produzem anticorpos específicos contra o antígeno.

A **imunidade ativa artificialmente adquirida** provém da vacinação. A vacina é um preparado obtido a partir de antígenos de microrganismos ou de vírus mortos ou atenuados, ou de toxinas bacterianas inativas.

Após a vacinação, anticorpos específicos contra o antígeno são produzidos pelo corpo humano, gerando imunidade a ele. Algumas vacinas fornecem imunidade por toda a vida; outras, porém, precisam de reforço periódico.

Dessa maneira, a vacinação auxilia principalmente na prevenção, desenvolvendo a imunidade contra determinadas doenças.



Cartaz de campanha de vacinação contra poliomielite, veiculado pelo Ministério da Saúde, em 2015.

4. Por que a vacina é composta de elementos atenuados ou inativos?

Para que não causem infecções, mas induzam a uma resposta imune contra os antígenos específicos.

A **imunidade passiva naturalmente adquirida** ocorre quando, durante a gestação, anticorpos são produzidos pelo organismo materno e passados ao feto por meio da placenta. A amamentação também é um tipo de imunidade passiva, pois, por meio do leite materno, a mãe transfere anticorpos contra determinadas doenças.

A **imunidade passiva artificialmente adquirida** é dada pelo soro, quando anticorpos recebidos de um doador são inseridos no receptor. O soro contém anticorpos produzidos em resposta a um antígeno específico, como o veneno de uma serpente, de aranhas, de escorpiões, do vírus da raiva ou da toxina do tétano.

Excreção

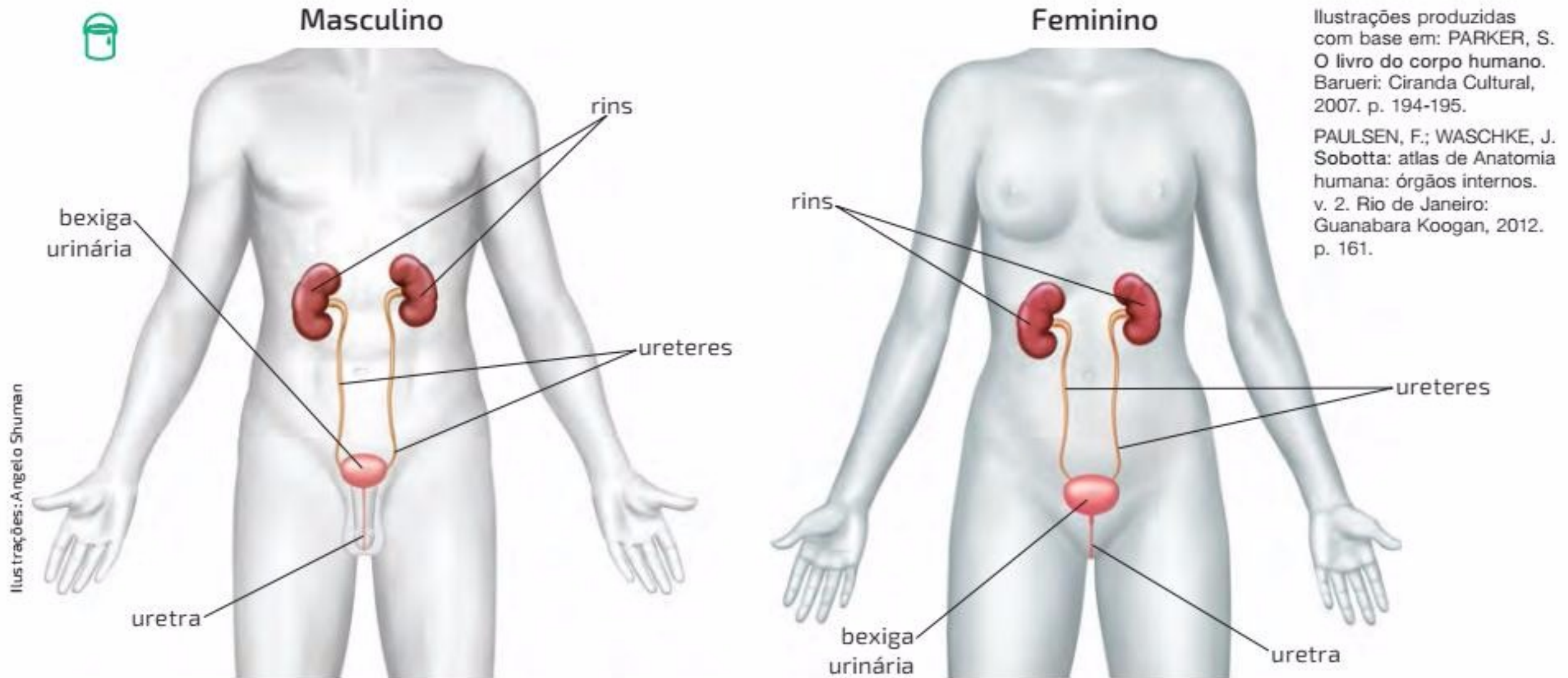
O corpo humano é formado por muitas células que metabolizam diversas substâncias. Nas reações químicas metabólicas, novas moléculas são formadas e outras são degradadas. O resultado do metabolismo celular é a produção de determinadas substâncias tóxicas chamadas **excretas**, que podem prejudicar o funcionamento do organismo e devem ser eliminadas.

É importante ressaltar que os restos de alimentos não digeridos, eliminados por meio das fezes, não são considerados excretas, pois não resultam do metabolismo celular.

A urina, que é eliminada pelo sistema urinário, é um exemplo de excreta. Além da urina, o corpo humano elimina outras excretas. Na excreção humana, estão envolvidos diretamente o sistema urinário, o sistema respiratório e a pele. O metabolismo de proteínas forma excretas nitrogenadas, entre elas a amônia, o ácido úrico e, principalmente, a ureia nos seres humanos. O sistema respiratório elimina o gás carbônico, resultante da respiração celular. As glândulas sudoríferas presentes na pele secretam e eliminam outra excreta, o suor.

Sistema urinário

Estrutura do sistema urinário



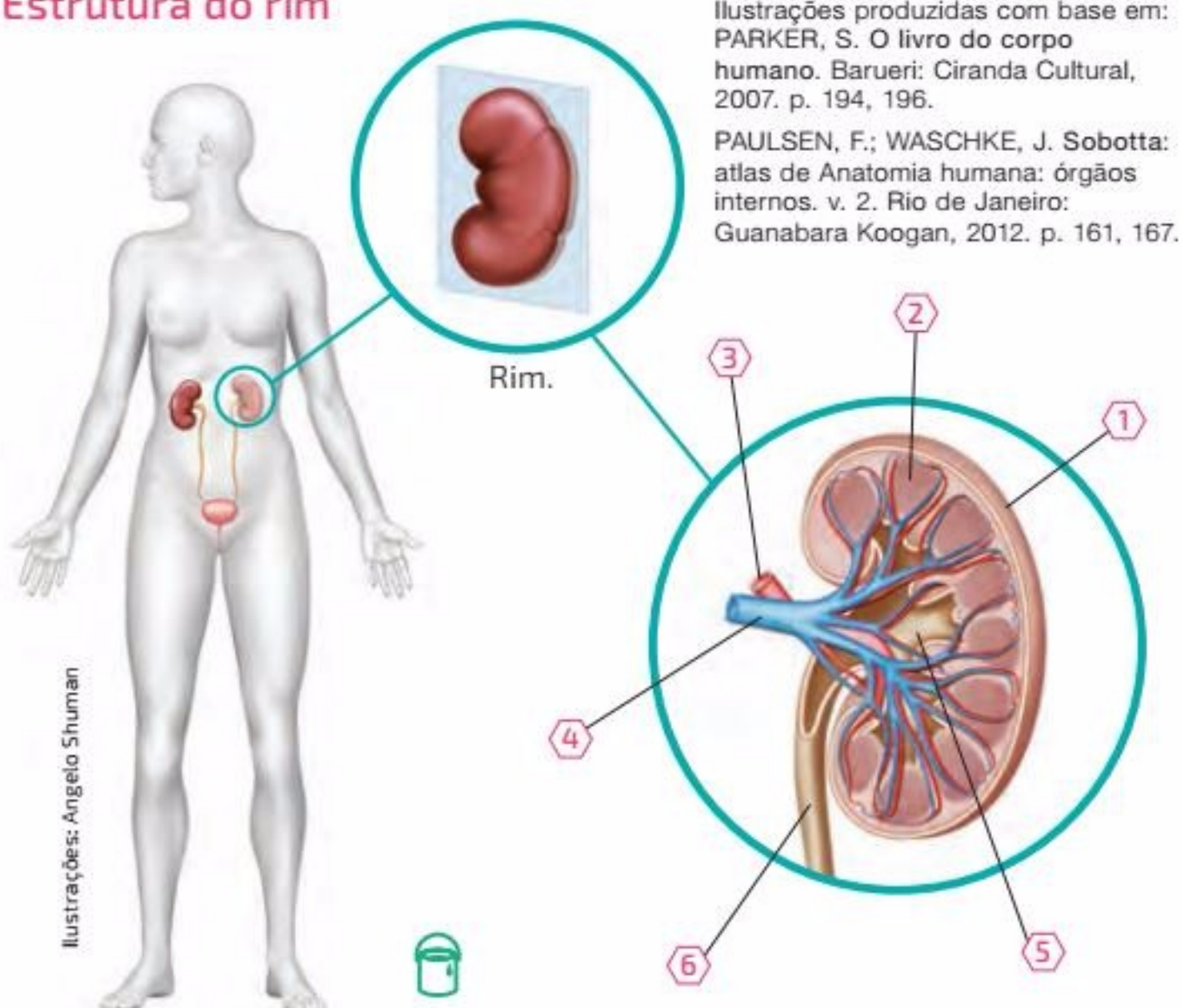
O tamanho e a localização da uretra são diferentes nos homens e nas mulheres. No homem, a uretra faz parte tanto do sistema urinário quanto do genital, pois é o canal pelo qual a urina e os espermatozoides são liberados. Nas mulheres, a uretra pertence apenas ao sistema urinário.



Formação e transporte de urina

A excreção pelo sistema urinário pode ser dividida em três etapas principais: filtração do sangue e formação da urina; transporte da urina ao órgão de armazenamento temporário; transporte da urina para ser eliminada do corpo. No ser humano é encontrado um par de rins, cada qual localizado em uma lateral posterior do abdome, na altura da cintura. Os rins apresentam o formato semelhante ao de um grão de feijão. Veja, a seguir, a estrutura do rim.

Estrutura do rim



- 1 Cada rim é revestido por uma membrana, a **cápsula fibrosa**, que protege esse órgão contra pancadas ou contra a entrada de determinados microrganismos.
- 2 No interior dos rins, existem regiões com estrias visíveis, as **pirâmides renais**, nas quais se encontram os néfrons, responsáveis pela filtração do sangue.
- 3 A **artéria renal** leva o sangue a ser filtrado para o rim.
- 4 A **veia renal** recolhe o sangue depois de filtrado.
- 5 A extremidade do ureter próxima ao rim forma uma estrutura dilatada, denominada **pelve renal**, por meio da qual a urina é coletada para ser levada à bexiga urinária.
- 6 O **ureter** recolhe a urina formada, encaminhando-a até a bexiga urinária.

Os rins atuam na regulação do volume da composição do sangue, além de remover impurezas dele, durante a formação da urina. Junto com as impurezas são eliminados íons H^+ , sendo que o pH do sangue é mantido.

Os rins também participam da síntese de novas moléculas de glicose, durante períodos de jejum e fome, e secretam um hormônio chamado **eritropoetina**, que atua na produção de hemácias. Eles ainda participam da síntese de vitamina D.

Cada rim é formado por, aproximadamente, 1 milhão de pequenas estruturas denominadas néfrons. Essas estruturas podem ser vistas apenas com auxílio de microscópio e são responsáveis pela filtração do sangue.

Formação da urina

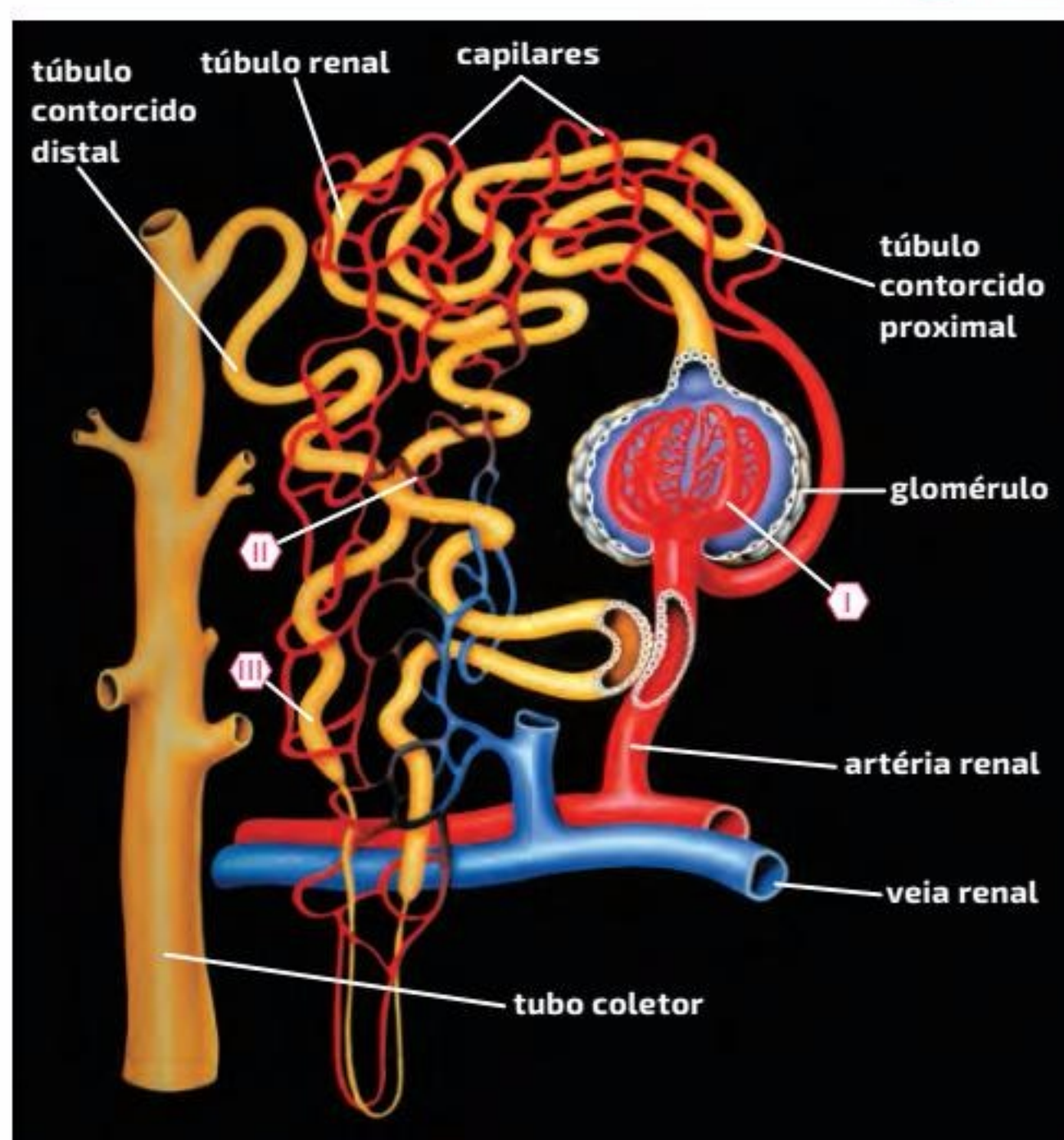
O sangue é encaminhado aos rins pela artéria renal, que se divide em capilares, onde ocorre a filtração do sangue. A formação da urina inicia-se com a **filtração do sangue** **I** nos glomérulos, os quais são compostos por uma rede capilar. Determinadas substâncias saem do sangue, formando o filtrado glomerular. As proteínas e as células permanecem nos capilares.

O filtrado glomerular contém grande quantidade de água. Ele é recolhido pela cápsula glomerular e encaminhado ao túbulo renal. O sangue filtrado é encaminhado para a veia renal, saindo do rim para outras partes do corpo.

Algumas substâncias (água, glicose, aminoácidos e alguns sais minerais) são reabsorvidas e retornam para o sangue dos capilares que circundam o túbulo renal e o tubo coletor, em um processo chamado **reabsorção tubular** **II**.

Algumas moléculas grandes ou que se encontram em quantidades elevadas, como ureia, amônia e determinados sais minerais, não são eliminadas no filtrado e são excretadas pela **secreção tubular** **III**. Nesse processo, substâncias presentes no sangue saem dos capilares ao redor dos túbulos renais e passam para dentro deles. Após a reabsorção tubular e a secreção tubular, o filtrado forma a urina.

Representação do néfron.



5. É comum ouvirmos falar que é necessário beber cerca de dois litros de água por dia. Baseando-se nas informações acima, pode-se afirmar que isso é verdade? Explique.

5. Sim, porque a água é fundamental na filtração do sangue e ajuda a recompor os líquidos perdidos na excreção. Assim, é fundamental na formação da urina, do suor e do gás carbônico durante o processo de respiração.

O volume e a concentração da urina são regulados pelo hormônio antidiurético (ADH), secretado pela hipófise. Quando menos água é ingerida, a concentração de sais minerais dissolvidos no sangue é maior, estimulando a secreção de ADH. Isso aumenta a reabsorção de água, deixando a urina mais concentrada. Já, quando bastante água é ingerida, o volume de sangue aumenta e inibe a secreção de ADH, reduzindo a reabsorção de água e aumentando o volume de urina mais diluída.

Outra substância que atua no sistema urinário é a renina, enzima que converte uma proteína chamada **angiotensinogênio** em angiotensina, a qual provoca alteração na pressão sanguínea. Quando a concentração de íons sódio é baixa, a renina é secretada, elevando o volume de sangue e a pressão sanguínea. Já a angiotensina estimula glândulas suprarrenais a secretarem um hormônio chamado **aldosterona**, que regula a reabsorção de sódio. Quanto mais sal a pessoa ingere, mais sódio é encontrado no sangue, inibindo a secreção de aldosterona e também a reabsorção de sódio, que é liberado na urina.



Veja as respostas das questões desta seção nas **Orientações para o professor**.

1. Quais sistemas do corpo humano estão envolvidos na circulação?
2. Qual é a importância do sangue para o corpo humano?
3. Quais são os componentes do sangue? Descreva-os.
4. Elabore um quadro no caderno descrevendo as características dos diferentes tipos de vasos sanguíneos e sua importância no sistema circulatório.
5. Sabrina precisa fazer uma cirurgia de retirada da vesícula biliar e fez um hemograma a pedido de seu médico. Os resultados indicaram baixos níveis de plaquetas. Segundo o que você estudou nesse capítulo, quais seriam as possíveis complicações que Sabrina poderia enfrentar após a cirurgia?
6. Reescreva as frases a seguir no caderno, substituindo os símbolos ■ pelos termos do quadro abaixo.

pulmões	valva atrioventricular direita	artéria aorta	ventrículos
veias pulmonares	artérias pulmonares	circulação sistêmica	
valva atrioventricular esquerda	veias cavas direita e esquerda	circulação pulmonar	

- a) O coração humano apresenta quatro cavidades: dois átrios e dois ■.
 - b) O sangue proveniente da ■ retorna ao coração por meio das ■.
 - c) Por meio da ■, o sangue é transferido ao ventrículo direito, onde é bombeado e conduzido aos ■ por meio das ■, para receber o gás oxigênio proveniente da respiração.
 - d) O sangue retorna ao átrio esquerdo do coração por meio das ■. Esse processo é chamado ■.
 - e) A partir do átrio esquerdo, o sangue é conduzido ao ventrículo esquerdo por meio da ■, onde ele é bombeado e conduzido às outras partes do corpo por meio da ■, iniciando a circulação sistêmica.
7. A filariose é uma doença causada pelo nematódeo *Wuchereria bancrofti*, transmitido no Brasil pela picada da fêmea do pernilongo *Culex quinquefasciatus*. Nessa doença, os vasos linfáticos e linfonodos são invadidos pelas larvas do nematódeo, gerando uma inflamação intensa, que leva ao acúmulo excessivo de linfa nos vasos linfáticos e de líquido intersticial nos tecidos corporais.
 - a) Descreva as estruturas que formam o sistema linfático.
 - b) Explique o que é linfa, como ela é formada e onde é encontrada.
 - c) Explique a importância do sistema linfático para o organismo e de que maneira o parasita que causa a filariose compromete o seu funcionamento.
 8. Diferencie defesas inespecíficas de defesas específicas do corpo humano.



Bebê sendo vacinada.

9. Durante os primeiros anos de vida, a criança recebe uma série de vacinas contendo antígenos, a fim de torná-la imune a algumas doenças. Sobre vacinação e imunidade, responda às questões a seguir.
 - a) O que são antígenos? E anticorpos?
 - b) Por que as vacinas contêm antígenos em vez de anticorpos?
 - c) A vacinação é um método de imunização ativa ou passiva? Explique.
 - d) Qual é o outro método de imunização passiva muito importante nos primeiros meses de vida? Por quê?

10. Leia a tirinha abaixo e responda às questões sobre o sistema urinário.



BECK, Alexandre.
Armandinho Um.
Florianópolis: A. C.
Beck, 2014. p. 36.

- O que aconteceu com Armandinho na tirinha acima?
- Além de produzir urina, qual é a importância do sistema urinário para o corpo humano?
- Que estruturas compõem o sistema urinário? Qual é a sua importância?

11. Leia o trecho da reportagem abaixo e responda às questões.

Médicos chineses passaram horas realizando uma cirurgia para a retirada de 420 pedras no rim de um paciente na China. [...]

[...] Há 20 anos, ele precisou passar por um procedimento chamado litotripsia, técnica que reduz o tamanho dos cálculos por meio de esmagamento ou trituração e faz com que elas sejam eliminadas pela urina. [...]

HOMEM vai ao hospital e descobre ter 420 pedras no rim. Último Segundo. São Paulo, 9 jun. 2015. Disponível em: <<http://ultimosegundo.ig.com.br/mundo/mundo-insolito/2015-06-09/homem-vai-ao-hospital-e-descobre-ter-420-pedras-no-rim.html>>. Acesso em: 23 fev. 2016.

- Alguns alimentos e fatores genéticos, aliados a hábitos como a baixa ingestão de água, podem levar à formação de cálculos renais, ou seja, das famosas “pedras nos rins”. Por que esses cálculos se formam no sistema urinário? Se necessário, faça uma pesquisa.
- Como a urina é formada e qual é a sua composição?
- O que é néfron e qual é a sua importância?

12. (Udesc-SC) Analise as proposições em relação à circulação humana.

- O átrio direito comunica-se com o ventrículo direito por meio da válvula mitral [valva atrioventricular esquerda], e o átrio esquerdo comunica-se com o ventrículo esquerdo pela válvula tricúspide [valva atrioventricular direita].
- O coração é envolto pelo pericárdio (membrana dupla) e possui quatro câmaras: dois átrios e dois ventrículos.
- O coração contrai-se e relaxa. A fase de contração denomina-se sístole e, a de relaxamento, diástole.
- A artéria aorta está ligada ao ventrículo direito pelo qual sai o sangue rico em gás carbônico.

Assinale a alternativa correta.

- Somente as afirmativas III e IV são verdadeiras.
- Somente as afirmativas II e III são verdadeiras.
- Somente as afirmativas I e IV são verdadeiras.
- Somente as afirmativas I, II e IV são verdadeiras.
- Somente as afirmativas I, II e III são verdadeiras.

13. (Enem) Os sintomas mais sérios da gripe A, causada pelo vírus H1N1, foram apresentados por pessoas mais idosas e por gestantes. O motivo aparente é a menor imunidade desses grupos contra o vírus. Para aumentar a imunidade populacional relativa ao vírus da gripe A, o governo brasileiro distribuiu vacinas para os grupos mais suscetíveis.

A vacina contra o H1N1, assim como qualquer outra vacina contra agentes causadores de doenças infectocontagiosas, aumenta a imunidade das pessoas porque

- possui anticorpos contra o agente causador da doença.
- possui proteínas que eliminam o agente causador da doença.
- estimula a produção de glóbulos vermelhos pela medula óssea.
- possui linfócitos B e T que neutralizam o agente causador da doença.
- estimula a produção de anticorpos contra o agente causador da doença.

14. (UFPR) Para facilitação de seu estudo, muitas vezes o corpo humano é dividido em sistemas. Entretanto, as funções fisiológicas desempenhadas pelo corpo não estão dissociadas e ocorrem através da integração desses diferentes sistemas. Sobre os sistemas circulatório, respiratório e imunológico, considere as seguintes afirmativas:

- 1.** O oxigênio (O_2), assimilado pelo corpo através das trocas gasosas realizadas pelo sistema respiratório, é distribuído pelas hemácias presentes no sangue, ligado a moléculas de hemoglobinas, desempenhando papel importante no processo de produção de energia da maioria das células do corpo.
- 2.** As artérias são vasos que transportam o sangue proveniente do coração, podendo inclusive transportar sangue venoso, como no caso das artérias pulmonares.
- 3.** O timo, o baço e os linfonodos fazem parte do sistema linfático, que, entre outras funções, desempenha papel importante no sistema de defesa do corpo humano.
- 4.** O sistema circulatório é composto pelos sistemas sanguíneo, que transporta o oxigênio, e pelo linfático, responsável pelo transporte de CO_2 .

Assinale a alternativa correta.

- a)** Somente a afirmativa 1 é verdadeira.
- b)** Somente as afirmativas 1 e 2 são verdadeiras.
- c)** Somente as afirmativas 1, 2 e 3 são verdadeiras.
- d)** Somente as afirmativas 2 e 3 são verdadeiras.
- e)** As afirmativas 1, 2, 3 e 4 são verdadeiras.

15. (Ufla-MG) A criança torna-se, pela amamentação materna, mais resistente a infecções, particularmente, as gastrintestinais, que são as principais causas de mortalidade infantil no Brasil. Esse tipo de imunização é:

- a)** ativa e lenta, com introdução de anticorpos no organismo.
- b)** ativa e lenta, com introdução de antígenos no organismo.
- c)** passiva e lenta, com introdução de antígenos no organismo.
- d)** passiva e rápida, com introdução de anticorpos no organismo.

16. (Udesc-SC) Em relação ao sistema urinário humano, associe as colunas.

- | | |
|------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1) Ureter | (■) Canal que conduz a urina ao exterior do corpo humano. |
| 2) Rim | (■) Tubo que se origina de vários cálices renais, formando a pelve renal, o qual conduz a urina para um saco muscular que a armazena. |
| 3) Bexiga | |
| 4) Uretra | (■) Órgão que recebe a urina por meio de tubos e a deixa armazenada por um período. |
| | (■) Órgão que possui a unidade excretora néfron, que permite a eliminação de resíduos do metabolismo do sangue. |

A alternativa que contém a sequência correta, de cima para baixo, é:

- a)** 1-3-2-4 **b)** 1-4-2-3 **c)** 4-1-3-2 **d)** 1-4-3-2 **e)** 4-1-2-3

Refletindo sobre o capítulo

Veja as respostas das questões desta seção nas **Orientações para o professor**.

- A** Retome a resposta que você deu ao item c da página 240 e complemente-a, se necessário.
- B** Os componentes do sangue, apresentados na página 241, são separados após a doação. Explique por que isso ocorre.
- C** Algumas crianças que não são amamentadas durante os primeiros seis meses de vida, podem ser suscetíveis a problemas respiratórios e alérgicos na infância. Explique a relação entre amamentação e imunidade.
- D** Quando os rins não funcionam adequadamente, pode se desenvolver um quadro de insuficiência renal. Explique por que esse problema afeta a saúde de todo o corpo humano.

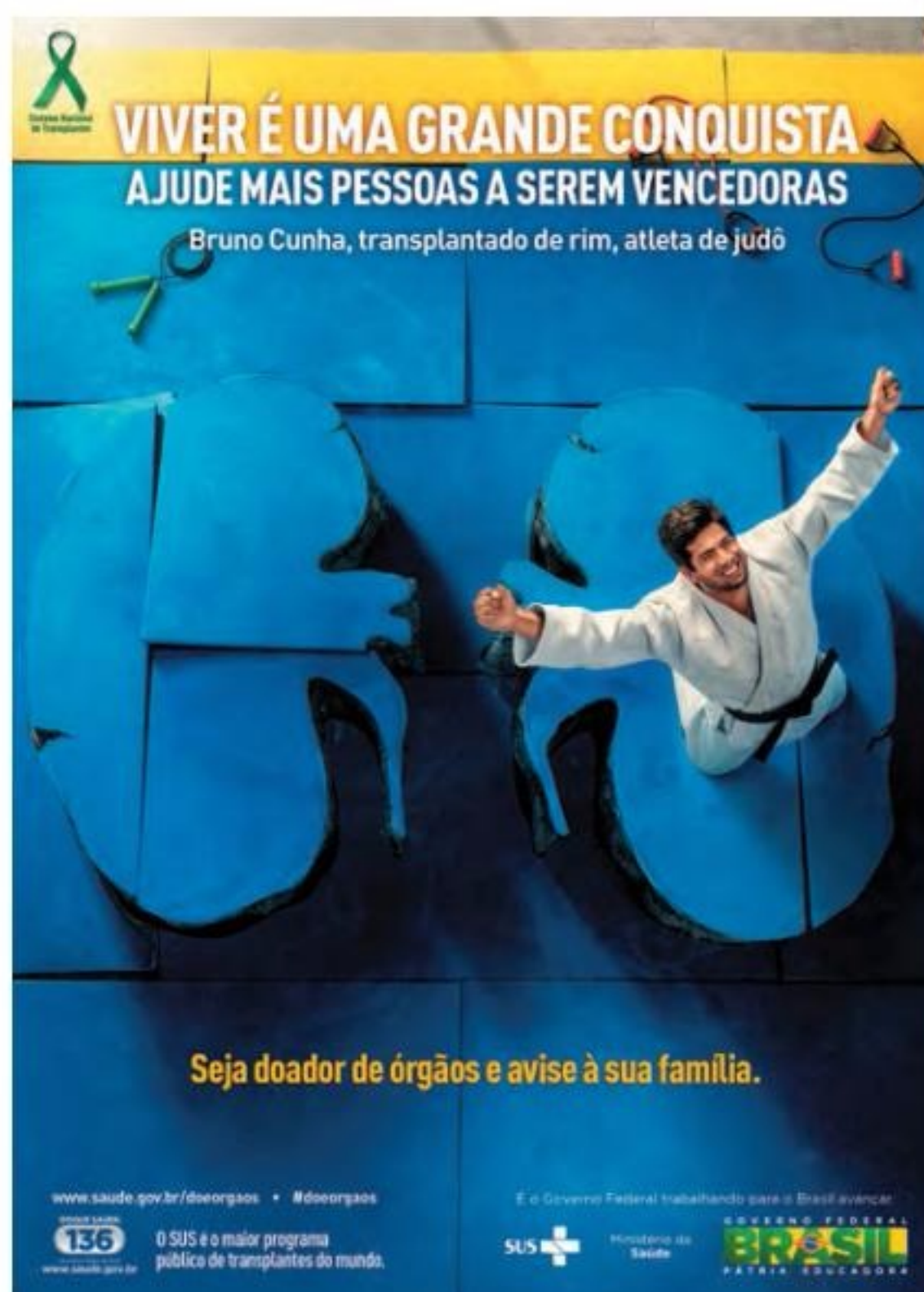
O transplante de órgãos é um procedimento cirúrgico no qual um órgão é passado de um doador para um receptor. Nesse procedimento, órgãos como coração, rins, pulmões e fígado podem ser transplantados de um indivíduo para outro.

O Brasil é o segundo país do mundo em quantidade de transplantes realizados anualmente. O Programa Nacional de Transplantes é organizado de maneira que cada estado brasileiro tem uma central de notificação, captação e distribuição de órgãos responsável pela alocação dos órgãos, baseada em uma fila única, estadual ou regional.

Atualmente, mais de 80% dos transplantes são realizados com sucesso, permitindo que o paciente transplantado retome sua vida de maneira saudável. Embora grande parte dos transplantes realizados seja bem-sucedida, as filas de espera têm cerca de 30 mil pessoas aguardando por um transplante de órgão.

Cartaz de campanha de doação de órgãos, realizada pelo Ministério da Saúde, em 2015.

Observe a quantidade de órgãos transplantados no quadro abaixo.



Ministério da Saúde/Governo Federal

Órgãos		2008	2010	2012	2014
Córnea		13 341	12 778	15 781	13 036
Rim	Doador vivo	1 780	1 555	1 499	1 894
	Doador falecido	2 035	3 001	5 914	4 255
Fígado		1 177	1 413	1 598	1 755
Pâncreas		174	133	151	126
Coração		201	166	228	311
Pulmão		53	61	69	67

Fonte: ABTO. Dimensionamento dos transplantes no Brasil em cada estado. Disponível em: <www.abto.org.br/abtov03/default.aspx?mn=552&c=1039&s=0&friendly=estatisticas>. Acesso em: 6 mar. 2016.

Existem alguns critérios mínimos que devem ser considerados para ser um doador de órgão: a idade, a causa da morte do doador e o tipo sanguíneo. Não há restrição absoluta à doação, mas pessoas com câncer maligno, portadoras do vírus HIV, doenças infectocontagiosas (como hepatite B e C), insuficiência renal, hepática, cardíaca, pulmonar, pancreática ou medular, entre outras, não podem destinar seus órgãos para doação.

No caso das doações em vida ou da liberação da família pelo doador falecido, são realizados os testes laboratoriais para confirmar a compatibilidade entre doador e receptor. Após os exames, a triagem na lista de espera de transplantes é realizada com base em critérios como o tempo de espera e a urgência do procedimento.

Veja as respostas das questões desta seção nas **Orientações para o professor**.

- Você conhece alguém que já passou por um transplante de órgãos? Converse com seus colegas sobre como foi a recuperação dessa pessoa.
- Converse com seus colegas sobre maneiras de aumentar a quantidade de doadores de órgãos no Brasil, a fim de reduzir a fila de espera de transplantes.



Partida de basquete feminino em cadeira de rodas entre Brasil e México, no Jogos Parapan-Americanos de Toronto no Canadá, em 2015.

14

capítulo

Corpo humano: coordenação e sentidos

A acessibilidade é a condição para usar com segurança e autonomia, total ou assistida, os espaços, os mobiliários e os equipamentos urbanos, tanto das edificações quanto dos serviços de transporte, dos meios de comunicação e de informações, por pessoas com deficiência ou com mobilidade reduzida. Por pessoas com mobilidade reduzida entende-se cadeirantes, pessoas que usam bengalas, mulheres com carrinhos de bebês, entre outros.

Além de terem de superar os obstáculos físicos, as pessoas com deficiência ainda precisam lidar com a impaciência e a imprudência de outros indivíduos. Não é raro motoristas sem deficiência estacionarem em frente a calçadas rebaixadas ou em vagas destinadas àqueles que necessitam de acessos especiais.

Felizmente, muitas pessoas com deficiência encontram no esporte a possibilidade de aliar o exercício físico ao convívio social. Muitos superam o próprio limite e atingem altos rendimentos na prática esportiva, tornando-se atletas. Nos Jogos Paraolímpicos, que reúnem paratletas, os brasileiros têm se destacado em diversas modalidades, como a natação, o judô, o atletismo, o futebol e esportes que podem ser praticados em cadeira de rodas.

- A** No bairro em que você mora, existem adaptações para pessoas com deficiência, como calçadas rebaixadas, guias na calçada, vagas especiais para idosos e pessoas com deficiência, rampas de acesso aos prédios públicos e veículos e banheiros adaptados para cadeirantes? Liste as adaptações que estão de acordo com a legislação e as que não estão. O que deve ser mantido, melhorado ou adaptado?
- B** Quando uma pessoa perde os movimentos dos membros inferiores, passa a depender de cadeira de rodas. Que sistema do corpo humano coordena os movimentos?

A) Resposta pessoal. A resposta depende do bairro em que o aluno mora. Espera-se que os alunos citem melhorias nas calçadas, instalação de guias para pessoas com deficiência visual, construção de rampas de acesso, instalação de banheiros adaptados para cadeirantes, maior frota de veículos adaptados a pessoas com deficiência, entre outras medidas.

B) O sistema nervoso.

A coordenação do corpo humano

A coordenação das atividades do corpo humano depende da integração entre o sistema nervoso e as glândulas endócrinas. O sistema nervoso é responsável por enviar informações por meio de impulsos nervosos, enquanto as glândulas endócrinas liberam hormônios no sangue.

Sistema nervoso

O sistema nervoso transmite informações aos órgãos por meio de **impulsos nervosos**, que são correntes elétricas de baixa intensidade, originadas durante a entrada e a saída de íons do interior de células do sistema nervoso.

A transmissão dos impulsos nervosos ocorre por meio de células altamente especializadas, denominadas **neurônios**. Veja abaixo.

Estrutura do neurônio

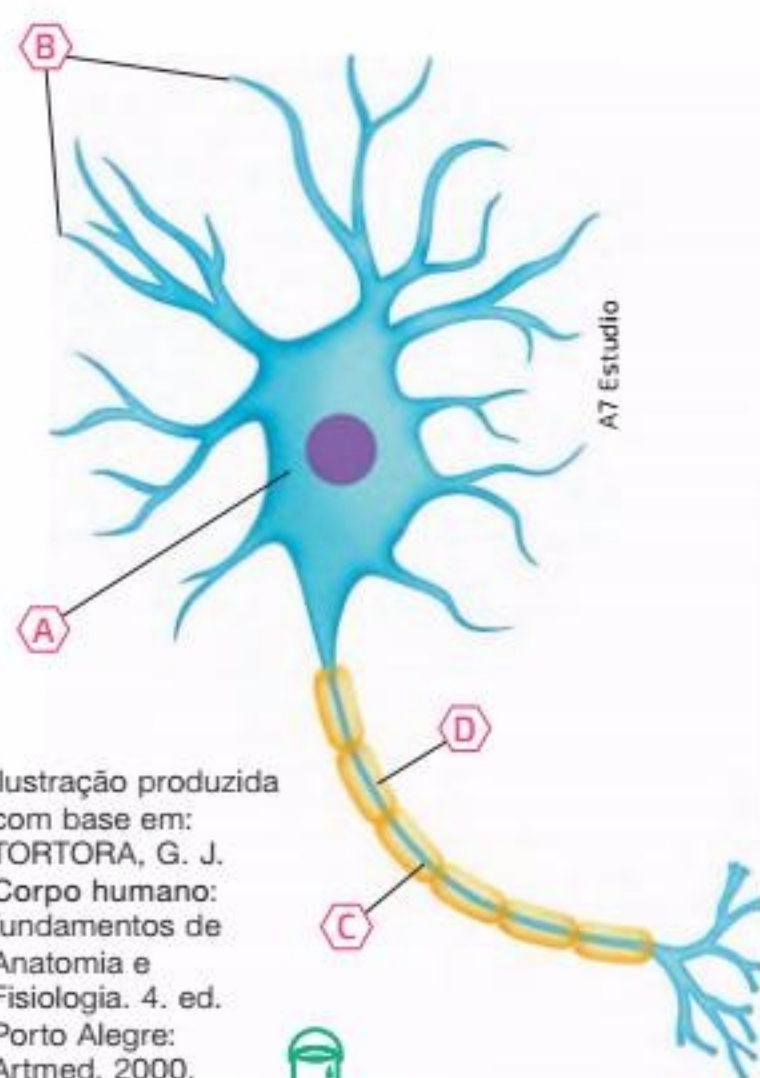


Ilustração produzida com base em: TORTORA, G. J. Corpo humano: fundamentos de Anatomia e Fisiologia. 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 2000. p. 209.

- A O **corpo celular** é a região do neurônio na qual se localizam o núcleo e várias organelas.
- B Os **dendritos** são prolongamentos geralmente curtos e bastante ramificados que partem do corpo celular. Eles recebem a maioria dos impulsos nervosos que chegam aos neurônios.
- C O **axônio** é um prolongamento cilíndrico com comprimento e diâmetro variáveis, porém geralmente maior que o dendrito. Cada neurônio apresenta um único axônio que envia impulsos nervosos a outras células.
- D O **extrato mielínico** é composto de mielina, substância formada por lipídios e proteínas, que reveste o axônio. Seu papel é o de aumentar a velocidade de condução dos impulsos nervosos.

*Se necessário, retome o assunto transmissão do impulso nervoso no neurônio, visto no capítulo 10 no volume de 1ª ano desta coleção.



Além dos neurônios, o tecido nervoso apresenta os gliócitos (antigamente conhecidos como neuróglias ou célula glia). São células que atuam na sustentação e manutenção dos neurônios, na produção do extrato mielínico, que retiram resíduos do metabolismo dos neurônios, formam uma barreira celular que contribui para a proteção dos neurônios, entre outras atividades.

Os impulsos nervosos são transmitidos de um neurônio a outro até chegarem ao encéfalo, onde a informação é interpretada. O encéfalo envia um impulso nervoso até o local do estímulo.*

A maioria dos neurônios fica próximo um do outro, porém sem contato físico entre as membranas. O impulso nervoso é transmitido do axônio de um neurônio aos dendritos de outro por meio da **sinapse**, em que um neurônio libera substâncias denominadas **neurotransmissores**, que se ligam ao dendrito do neurônio seguinte.

Ao atingir o final do axônio, ocorrerá uma nova sinapse, e assim o impulso nervoso é transmitido de um neurônio a outro. Veja o caminho do impulso nervoso: dendritos (neurônio 1) → corpo celular (neurônio 1) → axônio (neurônio 1) → dendritos (neurônio 2) → corpo celular (neurônio 2) → axônio (neurônio 2).

Sinapse

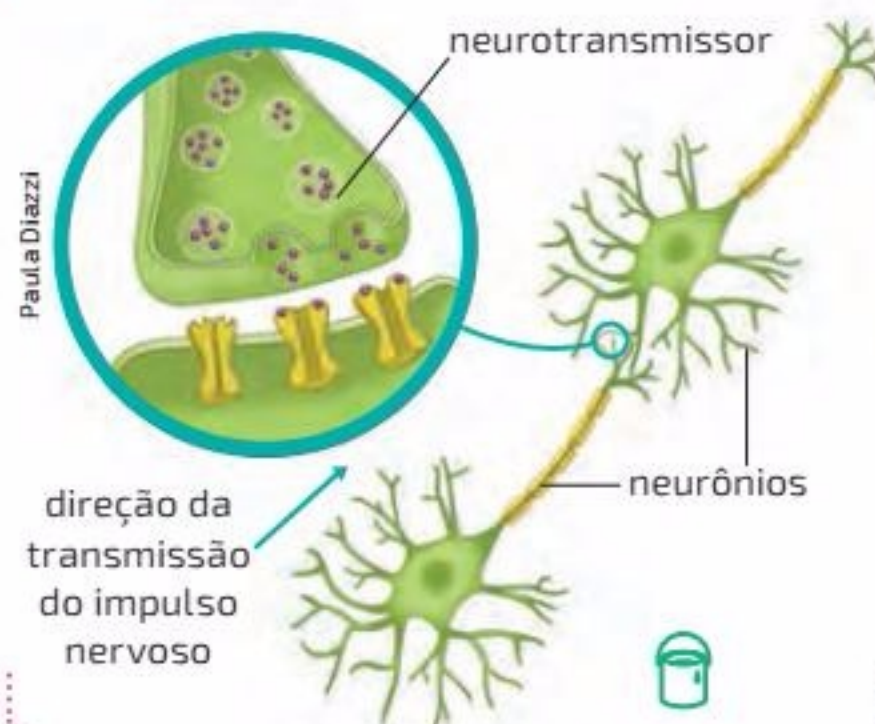


Ilustração produzida com base em: WINSTON, R. (Ed.). Human. Londres: Dorling Kindersley, 2004. p. 116.

Estrutura do sistema nervoso

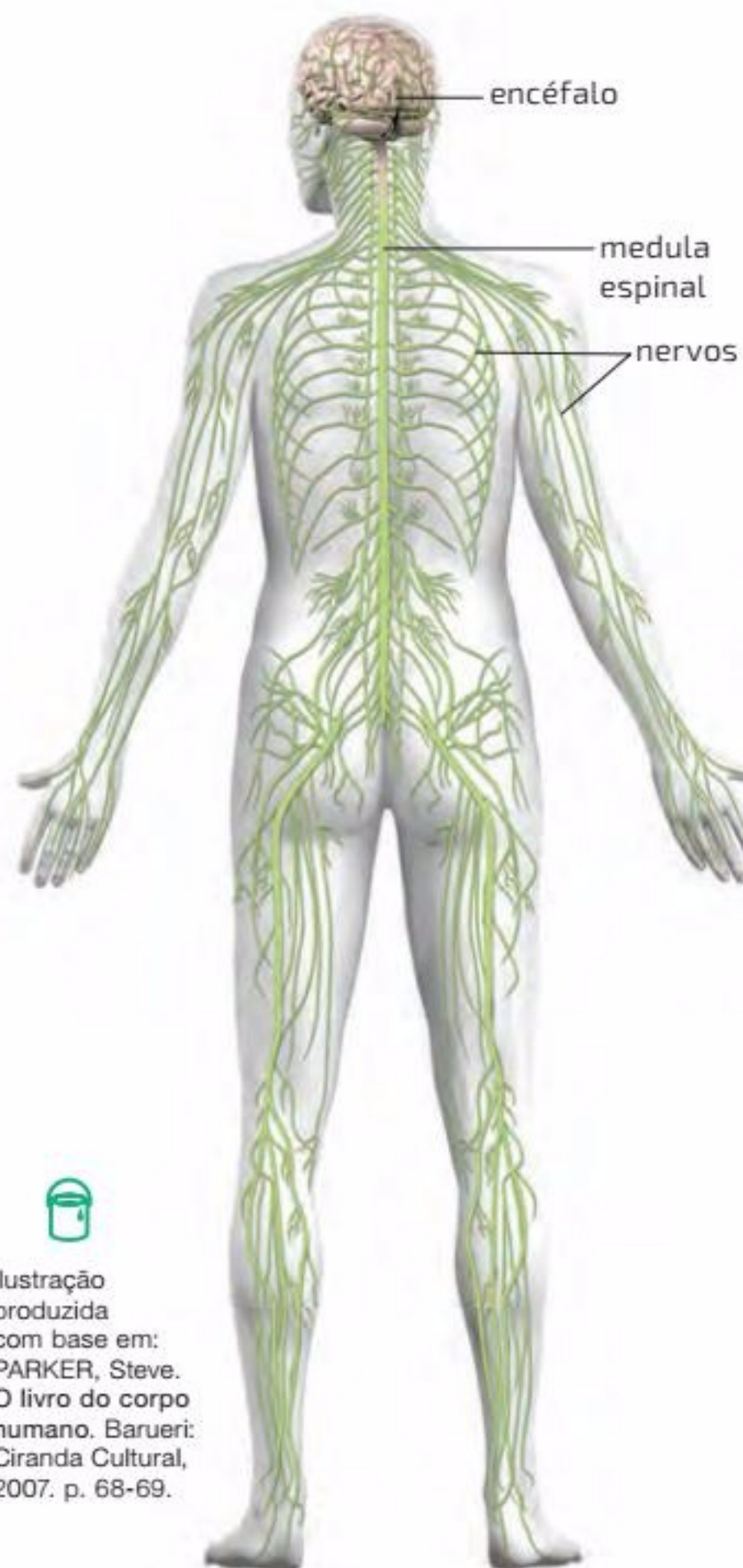


Ilustração produzida com base em: PARKER, Steve. O livro do corpo humano. Barueri: Ciranda Cultural, 2007. p. 68-69.

O sistema nervoso é dividido estruturalmente em parte central e parte periférica.

Parte central do sistema nervoso

A parte central do sistema nervoso (antigamente conhecida como sistema nervoso central) recebe estímulos provenientes de diferentes partes do corpo humano, interpreta-os e responde a eles.

Ela é composta pelo **encéfalo** e pela **medula espinal**, órgãos formados principalmente por tecido nervoso, e está relacionada, por exemplo, às emoções, aos pensamentos, ao armazenamento da memória, à integração das informações, à coordenação de funções vitais (ritmos cardíaco e respiratório) e à regulação da postura e equilíbrio.

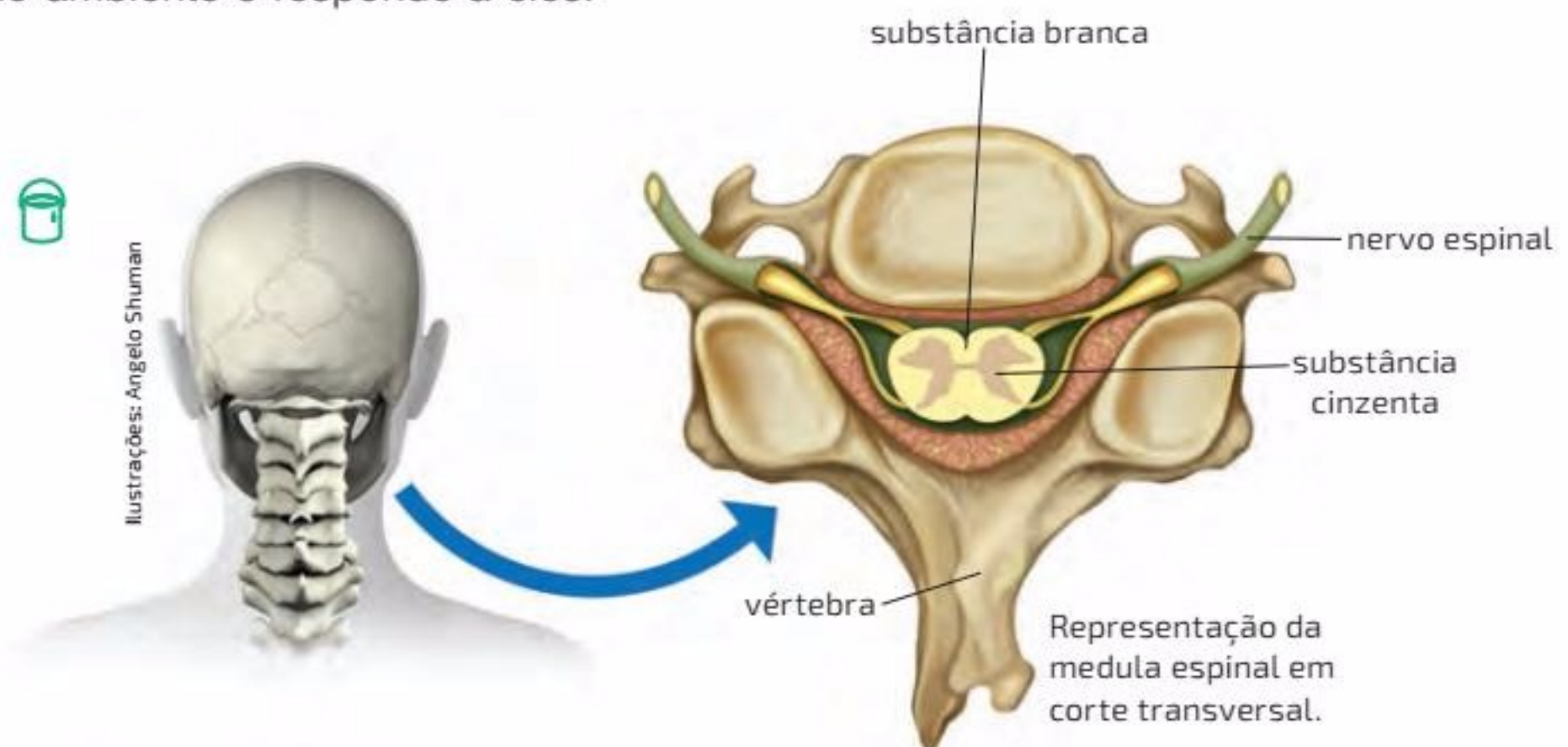
Os órgãos que compõem a parte central do sistema nervoso são protegidos pelo esqueleto – o encéfalo encontra-se no crânio, e a medula espinal, na coluna vertebral, protegida pelas vértebras. Existem membranas formadas por tecido conjuntivo, denominadas meninges, as quais protegem o encéfalo (meninges encefálicas) e a medula espinal (meninges espinais).

As meninges são formadas por três camadas: dura-máter, aracnoide e pia-máter. A **dura-máter** é a meninge mais externa, contínua entre o encéfalo e a medula espinal; a **aracnoide** é contínua entre o encéfalo e a medula espinal, com formato semelhante ao de uma rede, por causa das fibras de colágeno e fibras elásticas; a **pia-máter** é formada principalmente por fibras colágenas e fibras elásticas, encontradas aderidas ao encéfalo e à medula espinal, e é rica em vasos sanguíneos.

Além das meninges, a parte central do sistema nervoso é protegida pelo líquido cerebrospinal e por ligamentos vertebrais.

A **medula espinal** é um órgão de formato tubular que se estende das primeiras vértebras cervicais até o início da região lombar. A região mais interna é formada por uma substância cinzenta, que se refere ao corpo celular dos neurônios e aos axônios sem mielina. A região externa é formada por uma substância branca, que corresponde a axônios com mielina.

Vários nervos estão ligados à medula espinal. Além de manter a comunicação entre o encéfalo e outras regiões do corpo, a medula espinal recebe determinados estímulos do ambiente e responde a eles.



Ilustrações produzidas com base em: PAULSEN, Friedrich; WASCHKE, Jens. Sobotta: atlas de anatomia humana: Anatomia geral e sistema muscular. v. 1. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2012. p. 77. PARKER, Steve. O livro do corpo humano. Barueri: Ciranda Cultural, 2007. p. 81.

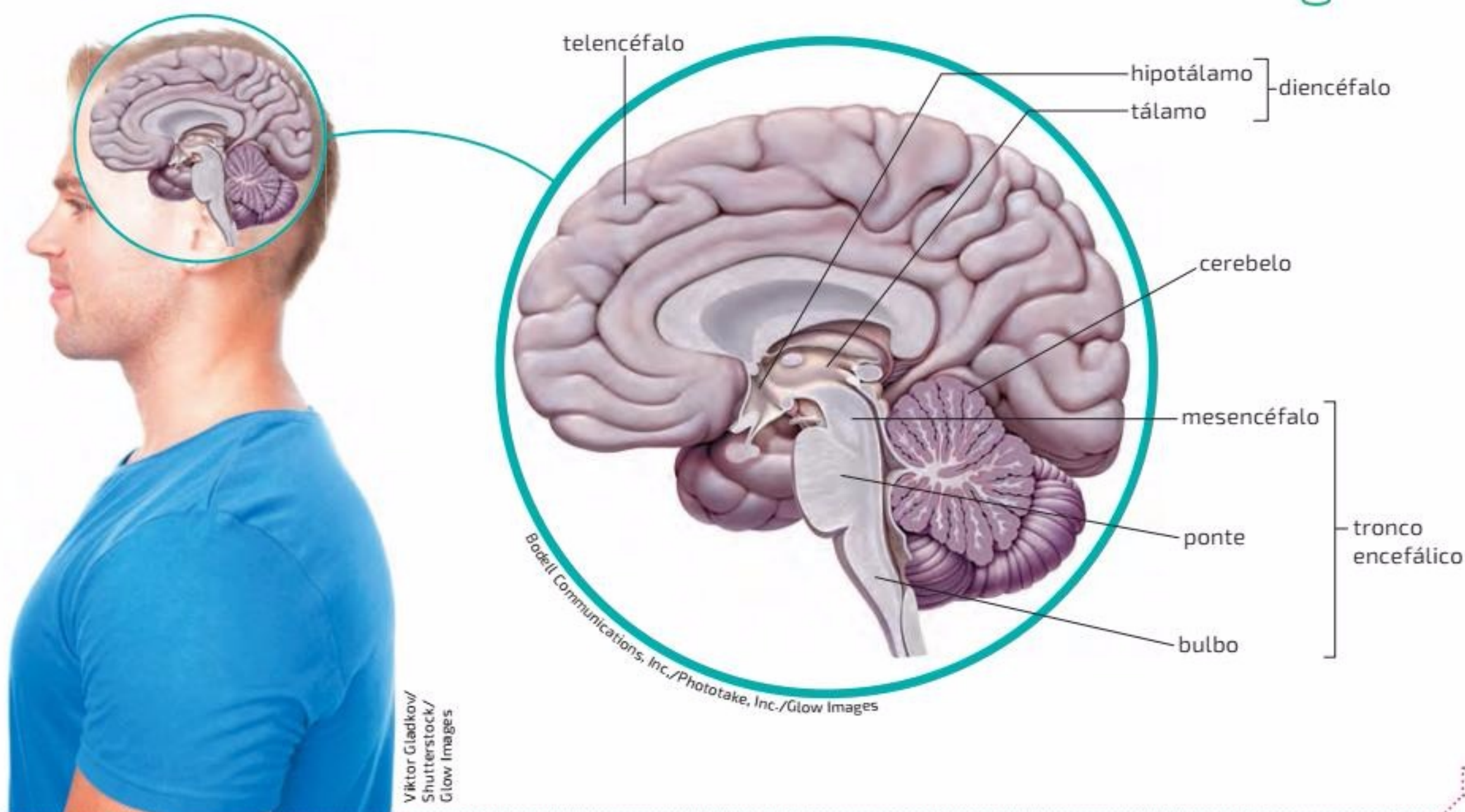
O **encéfalo** humano divide-se em: telencéfalo, cerebelo, tronco encefálico e diencefalo. A estrutura conhecida como **cérebro** é formada pela junção do telencéfalo e do diencefalo.

O **cerebelo** atua na coordenação dos movimentos, na manutenção da postura e do equilíbrio do corpo. O **tronco encefálico** é subdividido em mesencéfalo, ponte e bulbo. O **mesencéfalo** e a **ponte** recebem impulsos nervosos da medula espinal e os transmitem para outras partes do encéfalo. No **bulbo** (também conhecido como mielencéfalo), localizam-se os centros de controle de várias funções básicas de nosso corpo, como o ritmo e a força dos batimentos cardíacos, a deglutição, a tosse e a frequência respiratória.

O **diencefalo** é dividido em tálamo e hipotálamo. O tálamo recebe e retransmite impulsos nervosos provenientes de diferentes regiões do corpo humano. O hipotálamo participa da regulação de importantes processos do corpo humano, como o deslocamento de alimentos no sistema digestório, a contração da bexiga urinária e os batimentos cardíacos; controla a fome, a saciedade e a sede; atua também no controle da temperatura corporal e na manutenção do nosso estado de consciência.

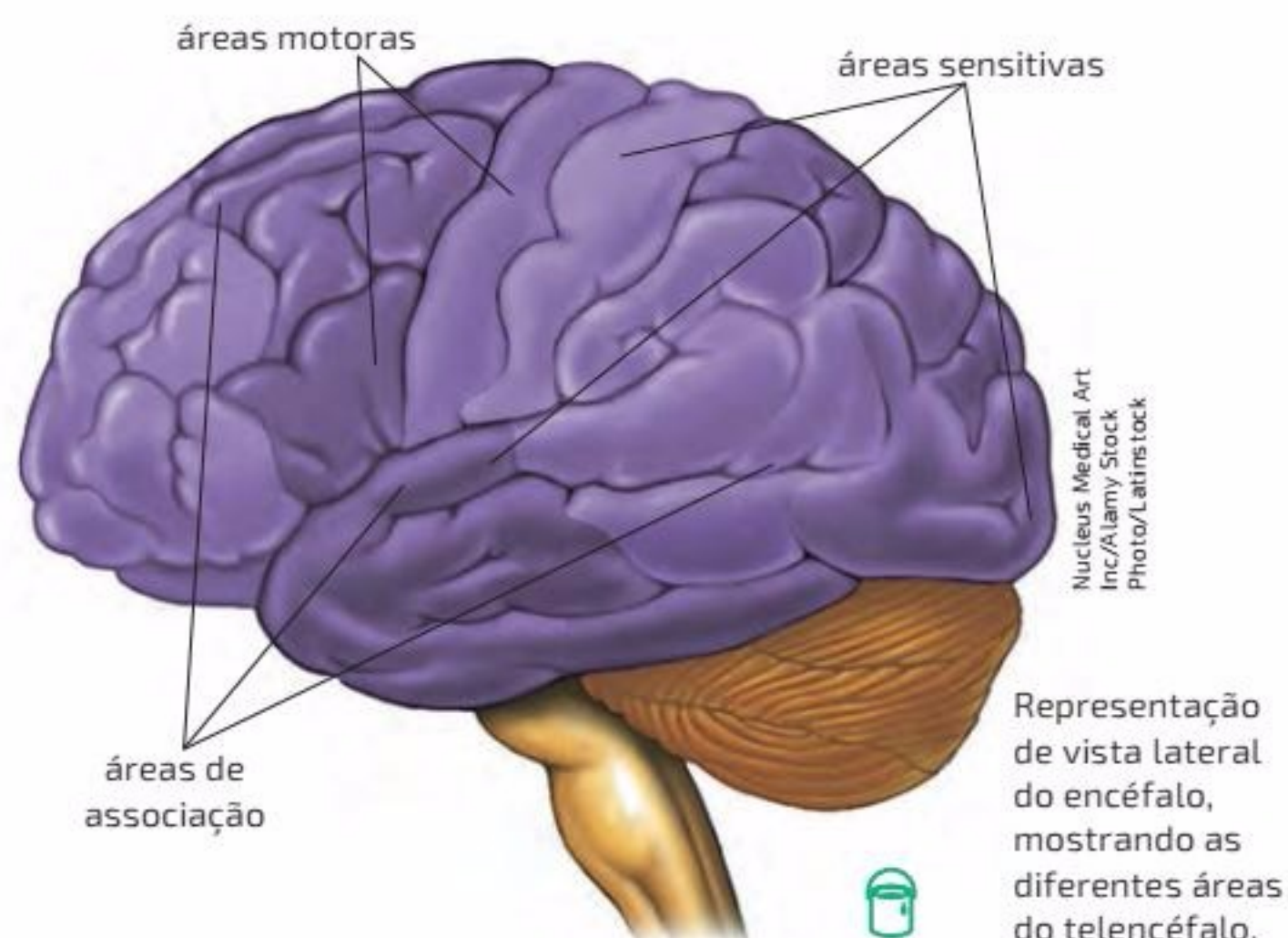


Estrutura do encéfalo



O **telencéfalo** é a porção anterior do encéfalo e que corresponde à maior parte do cérebro. É dividido em hemisfério direito e hemisfério esquerdo.

Ele apresenta três áreas principais: sensitivas, motoras e de associação. As áreas sensitivas recebem e interpretam impulsos provenientes de diferentes partes do corpo, como olhos, orelhas e nariz. As áreas motoras controlam movimentos dos músculos esqueléticos. As áreas de associação conectam as áreas sensitivas e motoras, além de relacionar-se com as emoções, a memória, a inteligência e a personalidade.





A doença de Alzheimer é responsável por destruir de maneira progressiva e irreversível o encéfalo, e por isso é considerada neurodegenerativa. Com o tempo, funções cognitivas como a memória, a capacidade visual e de aprendizagem, a capacidade de se comunicar, a atenção e a noção de espaço são prejudicadas. Essa doença causa lesões cerebrais irreversíveis por causa da formação de placas contendo fibras de uma proteína chamada beta-amiloide e da redução na quantidade de neurônios, resultando na redução progressiva do volume cerebral.

Essa doença atinge parte da população idosa, a partir dos 60 anos, embora aos 50 anos possa surgir em alguns casos. Os fatores que desencadeiam essa doença ainda são desconhecidos. Acredita-se que o fator genético seja relevante, mas não exclusivo.

Segundo dados fornecidos por um relatório de 2012, da Organização Mundial de Saúde (OMS) juntamente com a Associação Internacional de Doença de Alzheimer (ADI), estima-se que em 2010, havia cerca de 35,5 milhões de pessoas afetadas pela doença e que ocorram 7,7 milhões de novos casos por ano, sendo mais da metade causada pela doença de Alzheimer.

Parte periférica do sistema nervoso

A parte periférica do sistema nervoso (antigamente conhecida como sistema nervoso periférico) encaminha impulsos nervosos até a parte central e transmite as respostas aos diferentes órgãos e estruturas do corpo. Ela se comunica com a parte central do sistema nervoso e com os diversos órgãos e é formada principalmente por nervos e gânglios.

Os **nervos** são conjuntos de axônios envolvidos por tecido conjuntivo, também conhecidos como fibras nervosas. Eles podem ser classificados como sensitivos, motores ou mistos, dependendo do tipo de impulso nervoso que transmitem.

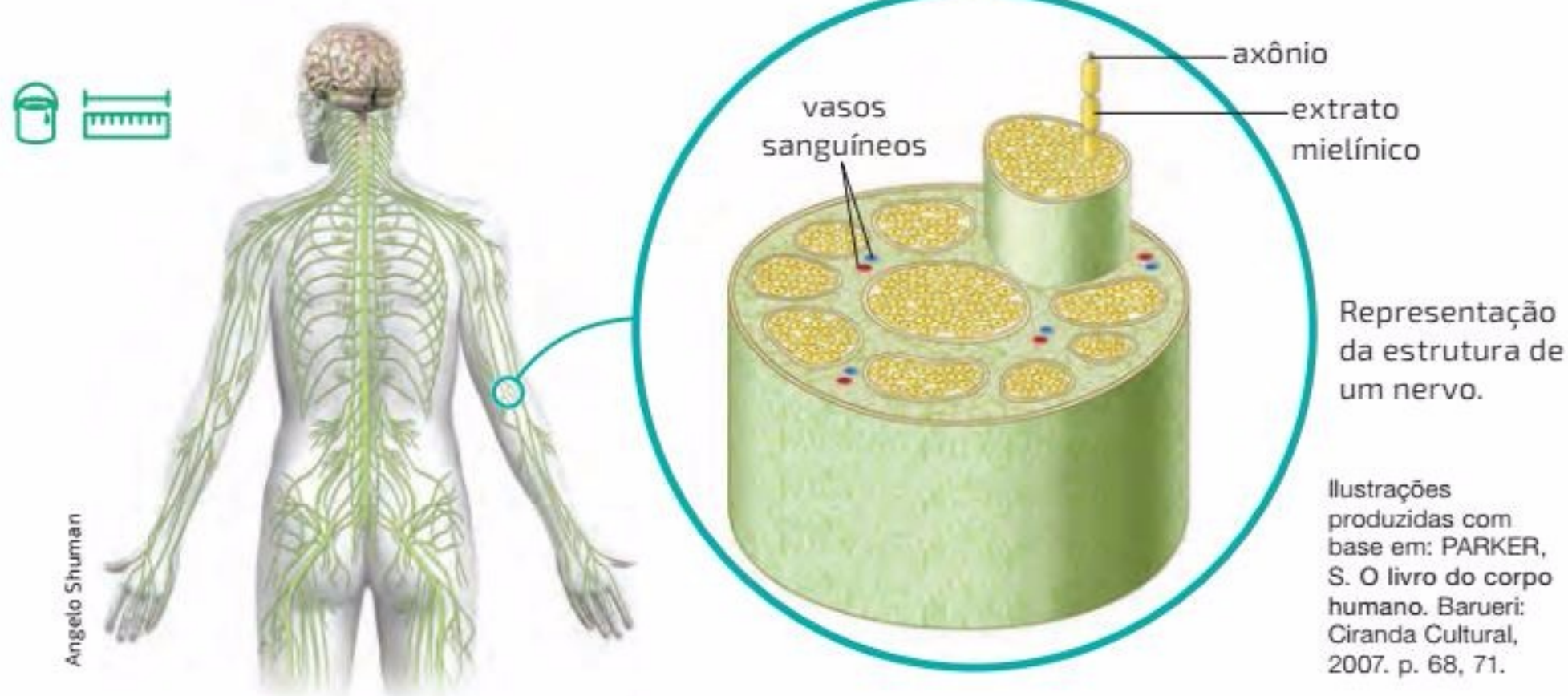
Os **nervos sensitivos** conduzem os impulsos nervosos dos diferentes órgãos do corpo humano até a parte central do sistema nervoso. Os **nervos motores** levam impulsos nervosos da parte central para os diferentes órgãos do corpo humano. Os **nervos mistos** transmitem tanto impulsos da parte central do sistema nervoso para os diferentes órgãos quanto dos diferentes órgãos para a parte central.

Os nervos também podem ser classificados de acordo com o órgão com o qual se comunicam: os **nervos cranianos** se conectam ao encéfalo, e os **nervos espinais** se conectam à medula espinal.

Os **gânglios** são estruturas compostas principalmente de corpos celulares de neurônios envolvidos por tecido conjuntivo. Tanto nervos quanto gânglios atuam na transmissão de impulsos nervosos para os diferentes órgãos do corpo e a parte central do sistema nervoso.

1. Os nervos espinais, pois os medicamentos são inseridos entre a meninge e a medula espinal.

1. Em alguns tipos de cirurgia é necessário anestesiá-lo o paciente. Na raquianestesia, determinados medicamentos são injetados no espaço entre a meninge e a medula espinal, atingindo determinados nervos, suspendendo a sensibilidade abaixo da região da cintura. Nesse tipo de anestesia, os nervos atingidos são os espinais ou os cranianos?



A parte periférica do sistema nervoso subdivide-se em parte somática (antigamente conhecida como sistema nervoso somático) e divisão autônoma (antigamente conhecida como sistema nervoso autônomo).

Parte somática do sistema nervoso

A parte somática do sistema nervoso transmite informações até a parte central e também aos nervos, os quais levam as respostas da parte somática aos músculos esqueléticos. A contração e o relaxamento dos músculos esqueléticos são voluntários, isto é, dependem de nossa vontade. Dessa maneira, a parte somática do sistema nervoso relaciona-se com as respostas voluntárias do corpo humano.

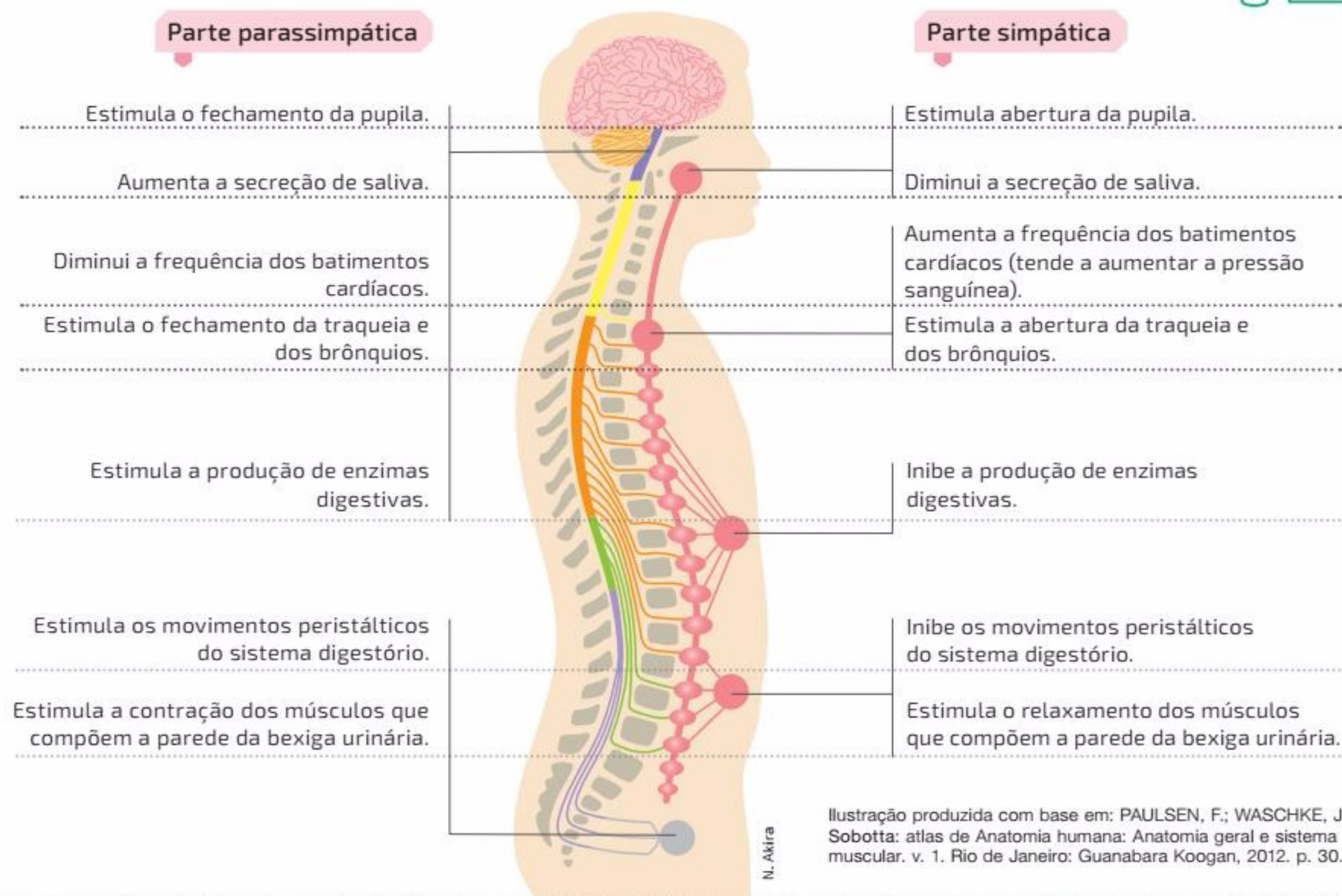
Além das respostas voluntárias, a parte somática do sistema nervoso transmite impulsos responsáveis pelos atos reflexos, que são movimentos involuntários e rápidos. Por meio de nervos da parte somática, os impulsos nervosos chegam à medula espinal onde são integrados e encaminhados até determinados músculos. Esses podem se contrair ou relaxar.

Divisão autônoma do sistema nervoso

A divisão autônoma do sistema nervoso transmite os impulsos nervosos, que controlam os músculos lisos, o músculo cardíaco e as glândulas, regulando assim a atividade de órgãos como o coração, estômago, pulmões, rins, entre outros, cuja atividade é involuntária.

A divisão autônoma é subdividida em: **parte simpática** (antigamente conhecida como sistema nervoso simpático) e **parte parassimpática** (antigamente denominada sistema nervoso parassimpático). De maneira geral, as respostas transmitidas pela parte simpática e pela parte parassimpática são contrárias, ou seja, enquanto uma estimula, a outra inibe uma atividade. Veja a seguir.

Ações da divisão autônoma do sistema nervoso

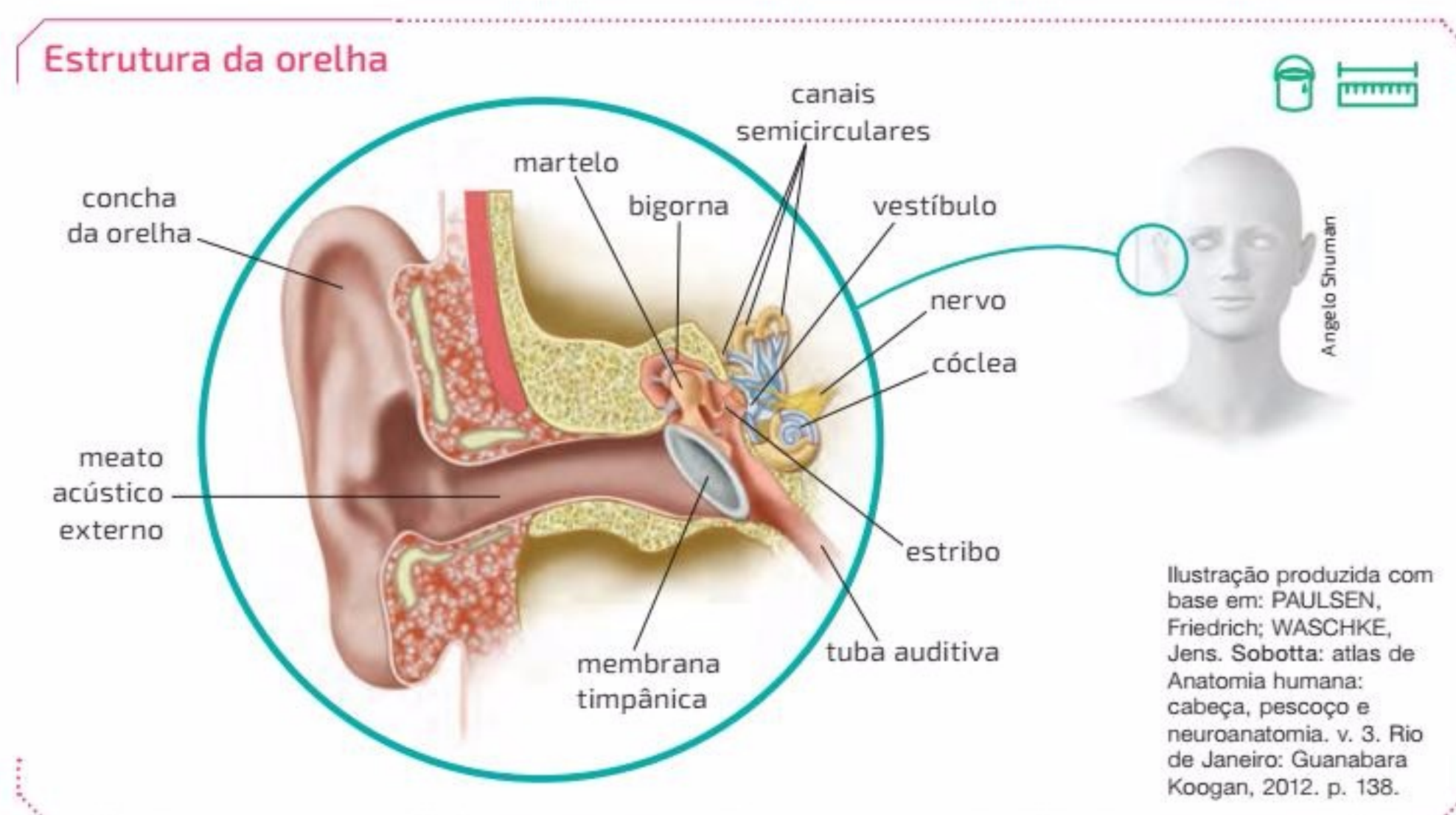


► Sentidos do corpo humano

A capacidade de perceber estímulos é fundamental para o ser humano interagir com o ambiente e com outros seres vivos. Essa capacidade está relacionada aos sentidos do corpo humano: audição, visão, tato, olfato e paladar. Estes, por sua vez, reagem a estímulos ambientais, como ondas sonoras, luz e calor e a algumas substâncias químicas presentes no ar e nos alimentos. Esses estímulos são percebidos por meio de **órgãos sensoriais**, os quais apresentam grande concentração de células receptoras com especializações para transformar os estímulos em impulsos nervosos, que são transmitidos por meio de nervos até a parte central do sistema nervoso, onde são interpretados.

Audição

Nos seres humanos, o órgão que apresenta células receptoras sensíveis às ondas sonoras é a **orelha**. Ela percebe a vibração mecânica provocada pelo som que desencadeia o impulso nervoso. Em virtude das suas características, o sistema auditivo humano é capaz de perceber frequências entre 20 Hz e 20 000 Hz. O esquema a seguir mostra a estrutura desse órgão.



A orelha pode ser dividida em três regiões: orelha externa, orelha média e orelha interna.

A **orelha externa** é formada pela concha da orelha, pelo meato acústico externo e pela membrana timpânica. As ondas sonoras são captadas pela concha da orelha e direcionadas pelo meato acústico externo até a membrana timpânica. Quando as ondas sonoras a atingem, ela vibra. Essa vibração então é transmitida à orelha média.

A **orelha média** tem três pequenos ossos que se articulam entre si: o martelo, a bigorna e o estribo. Quando a membrana timpânica vibra, o martelo que está ligado a ela também vibra. Essa vibração passa pela bigorna, que por sua vez faz vibrar o estribo. A vibração do estribo é transmitida a um orifício chamado janela do vestíbulo. A orelha média comunica-se com a faringe por meio de um canal chamado tuba auditiva. Esse canal faz a pressão na orelha média ser igual à pressão do ambiente.

A **orelha interna** é formada pelo labirinto, formado por canais ósseos e dividido em três regiões: o vestíbulo, a cóclea e os canais semicirculares. A vibração que chega à janela do vestíbulo causa pequenas ondas em um líquido existente no vestíbulo e na cóclea. No interior da cóclea, encontra-se uma membrana e, abaixo dela, as células receptoras. Quando as ondas atingem a membrana, ela vibra e estimula as células receptoras, as quais emitem impulsos nervosos que chegam pelo nervo auditivo à parte central do sistema nervoso, onde o som é interpretado e identificado.

Veja ao lado uma ilustração mostrando as regiões da orelha humana.

A orelha também é essencial para a manutenção do equilíbrio corporal, graças aos canais semicirculares da orelha interna. Esses canais relacionam-se com a movimentação da cabeça, como os movimentos de rotação. Ao girarmos muito, assim que paramos, o líquido presente nos canais circulares continua a se deslocar e estimular as células pilosas, causando tontura.

Visão

Os **olhos** são os órgãos sensoriais relacionados à visão, pois apresentam células receptoras sensíveis à luz, ou seja, possuem capacidade de perceber os estímulos luminosos. Os olhos apresentam estruturas relacionadas à percepção de luz, formando o bulbo do olho, além de algumas estruturas acessórias que contribuem para a proteção desses órgãos.

Regiões da orelha

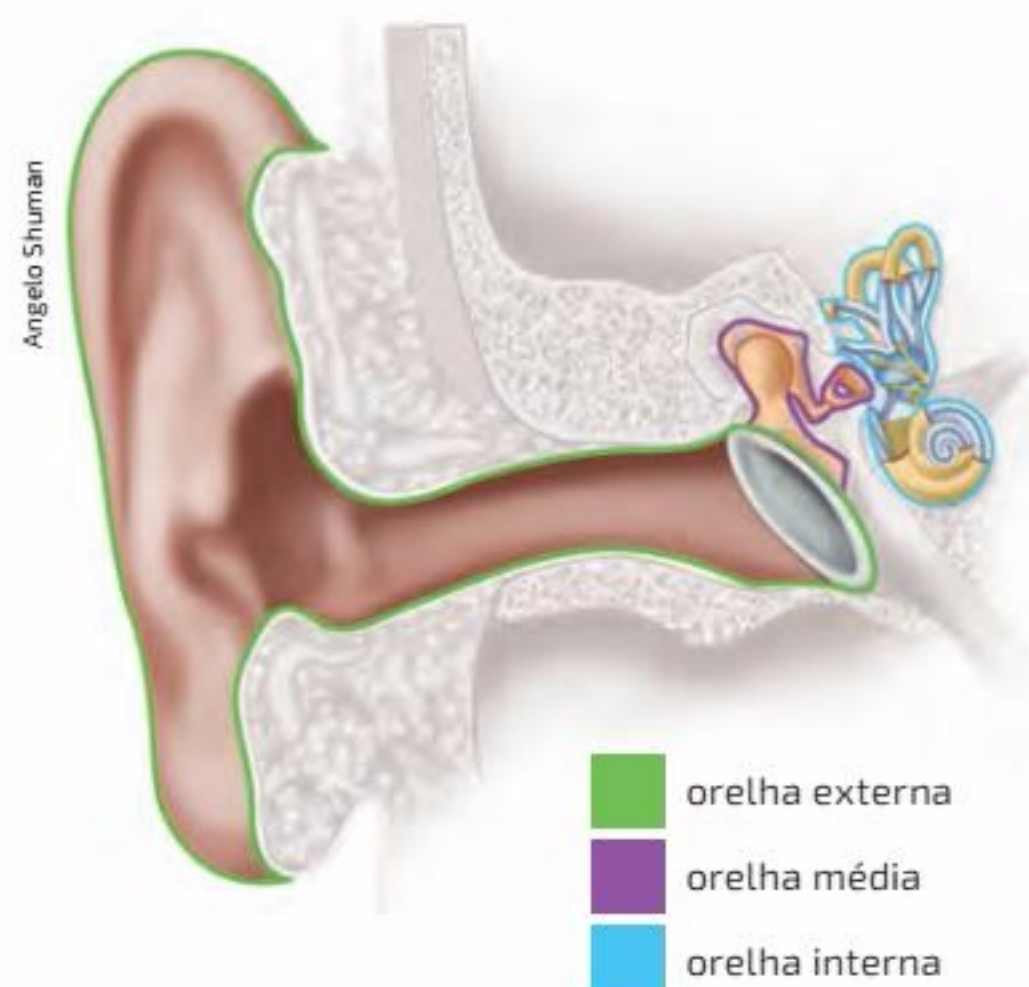
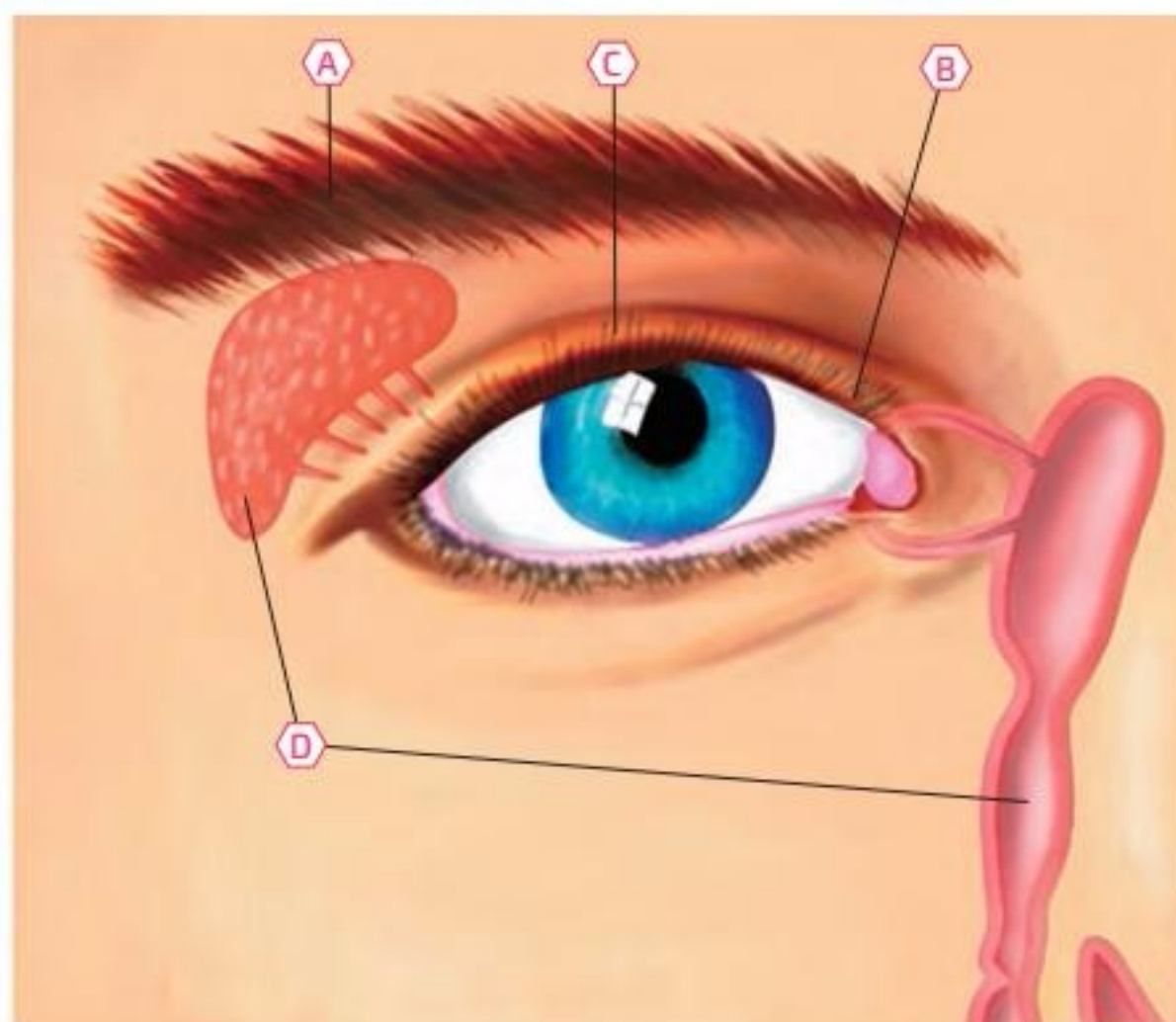


Ilustração produzida com base em: PAULSEN, Friedrich; WASCHKE, Jens. Sobotta: atlas de Anatomia humana: cabeça, pescoço e neuroanatomia. v. 3. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2012. p. 138.

Estruturas acessórias do olho

- (A) Os **supercílios** impedem que o suor que escorre no rosto entre nos olhos.
- (B) Os **cílios** dificultam a entrada de partículas nos olhos, como poeira.
- (C) A **pálpebra** dificulta a entrada de objetos no olho e ajuda a protegê-lo de luz excessiva. Além disso, ao piscarmos, a pálpebra espalha lágrimas sobre o olho, lubrificando-o.
- (D) O **aparelho lacrimal** é formado por glândulas que produzem lágrimas e por pequenos canais que transportam esse líquido até a superfície do olho. A lágrima contribui para a limpeza e proteção dos olhos, além de deixá-los umedecidos.



A parte colorida do olho é a **íris**, formada por várias camadas de fibras musculares, que regulam a quantidade de luz que penetra nos olhos por meio da abertura de um pequeno orifício chamado **pupila**. A parte externa do bulbo do olho é formada pela **córnea**, camada fibrosa e transparente que forma a parte anterior do olho, e pela **esclera**, a qual forma a parte posterior do olho. A córnea e a parte interna da pálpebra são recobertas por um tecido epitelial denominado conjuntiva. Parte da esclera é revestida internamente por uma membrana fina denominada **corioide**, rica em vasos sanguíneos e pigmentos. Atrás da íris encontra-se uma estrutura transparente denominada **lente**, responsável por focalizar os raios de luz na retina. Recobrindo parte da região anterior da esclera encontra-se a **retina**, formada por células receptoras de estímulos luminosos. Da retina, parte o **nervo óptico**, que transmite impulsos nervosos ao encéfalo. Entre a íris e a lente, encontra-se um espaço denominado câmara anterior, preenchido por um líquido chamado humor aquoso. Entre a lente e a retina encontra-se um espaço denominado câmara posterior, preenchido por um material gelatinoso denominado humor vítreo.

Veja a seguir a estrutura interna do olho humano.

Estrutura do olho

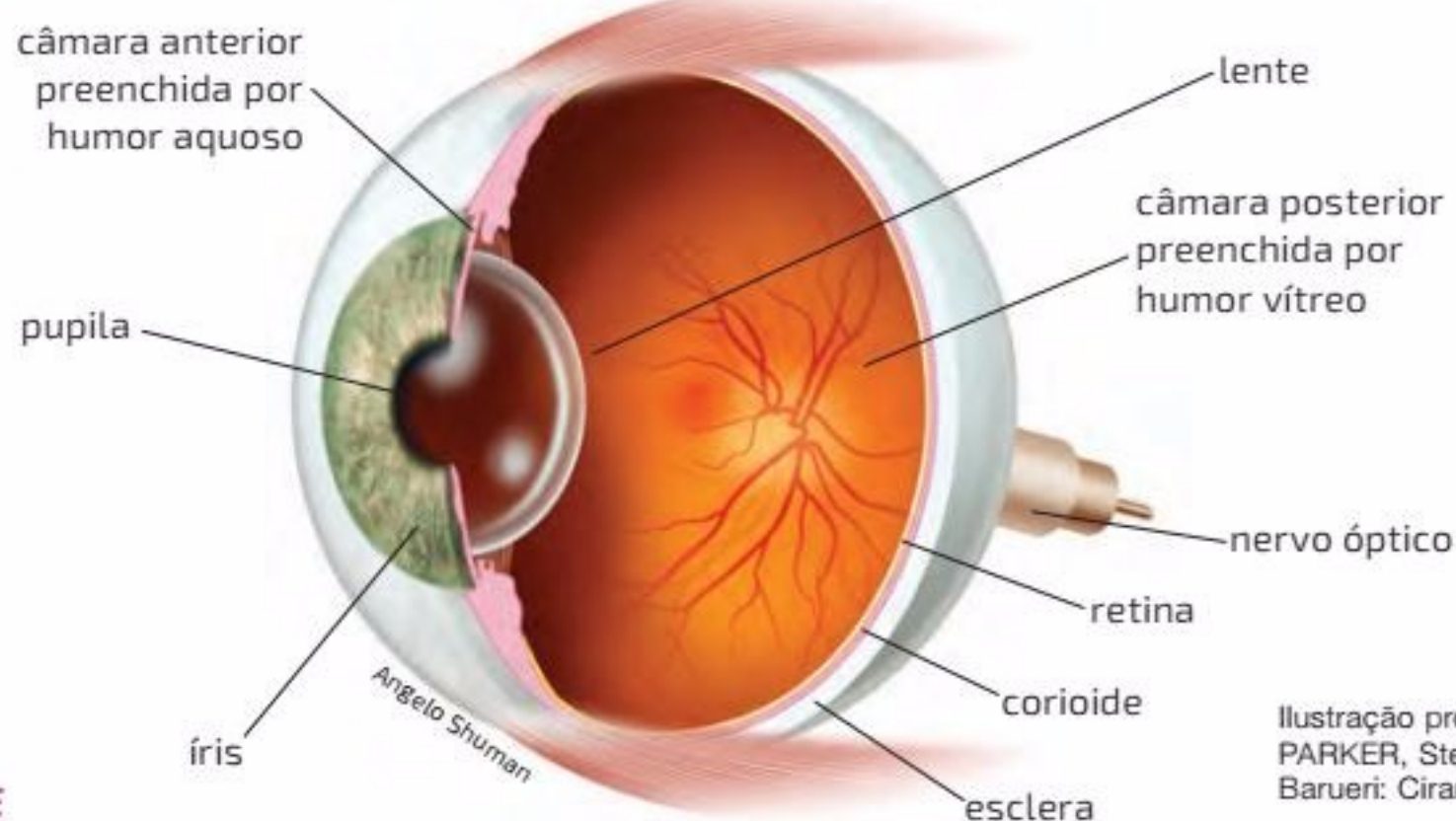


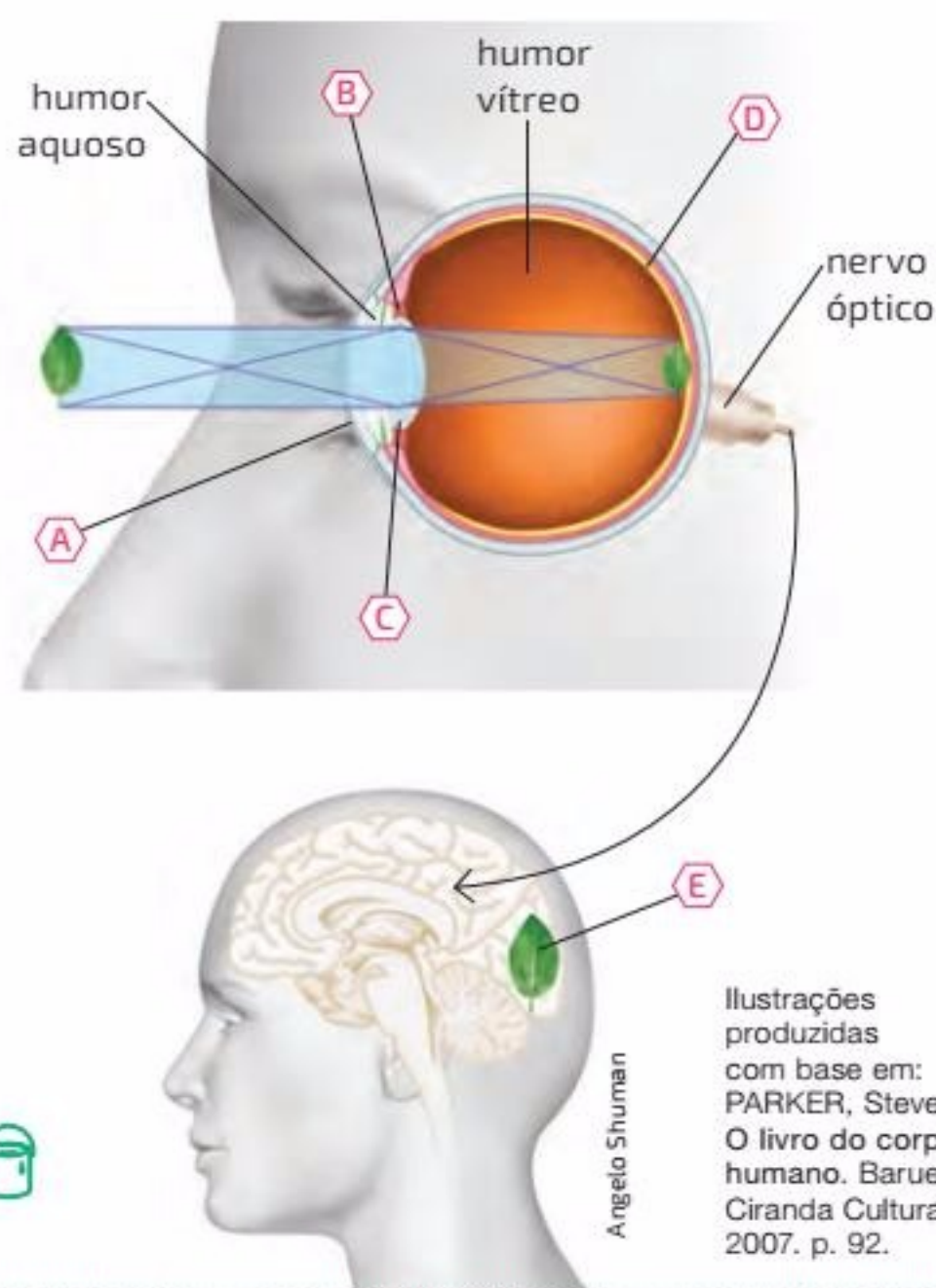
Ilustração produzida com base em:
PARKER, Steve. O livro do corpo humano.
Barueri: Ciranda Cultural, 2007. p. 92-93.



Observe como as imagens são formadas na retina.



Formação de imagens na retina



Ilustrações produzidas com base em:
PARKER, Steve. O livro do corpo humano. Barueri: Ciranda Cultural, 2007. p. 92.

- A** Ao atravessar a **córnea**, os raios luminosos sofrem um pequeno desvio, atravessam o humor aquoso e penetram a pupila.
- B** A contração e o relaxamento dos **músculos** que formam a íris resultam em maior ou menor abertura da pupila. Em um ambiente pouco iluminado, os músculos encontram-se relaxados e a pupila tende a estar mais aberta, o que possibilita a entrada de maior quantidade de luz. Em ambientes muito iluminados, os músculos se contraem e a pupila tende a estar mais fechada, evitando que o excesso de luz atinja a retina.
- C** Após penetrar pela pupila, os raios luminosos atravessam a **lente**, onde sofrem desvios e são direcionados para a retina. O formato da lente pode ser levemente alterado por meio da contração e do relaxamento de alguns músculos presentes no bulbo do olho. A mudança de formato da lente é importante porque permite direcionar os raios de luz vindos de diferentes distâncias até a retina.
- D** Os raios luminosos atravessam o humor vítreo e atingem a **retina**, onde há células receptoras, sensíveis a esses raios.
- E** A imagem formada na retina é transmitida por meio de impulsos nervosos do nervo óptico para o encéfalo.

A retina humana apresenta dois tipos de células receptoras: os cones e os bastonetes. Os **cones** relacionam-se com a visão de cores, e os **bastonetes**, com a visão em locais com baixa luminosidade. Quando estimuladas pelos raios luminosos, essas estruturas enviam um impulso nervoso ao encéfalo por meio do nervo óptico. No encéfalo ocorre a formação e a interpretação da imagem. Nos seres humanos, as informações vindas dos dois olhos são interpretadas em conjunto pelo encéfalo, o que resulta na formação de uma única imagem. Esse tipo de visão é denominado binocular simples e facilita a percepção da profundidade do ambiente e dos objetos.

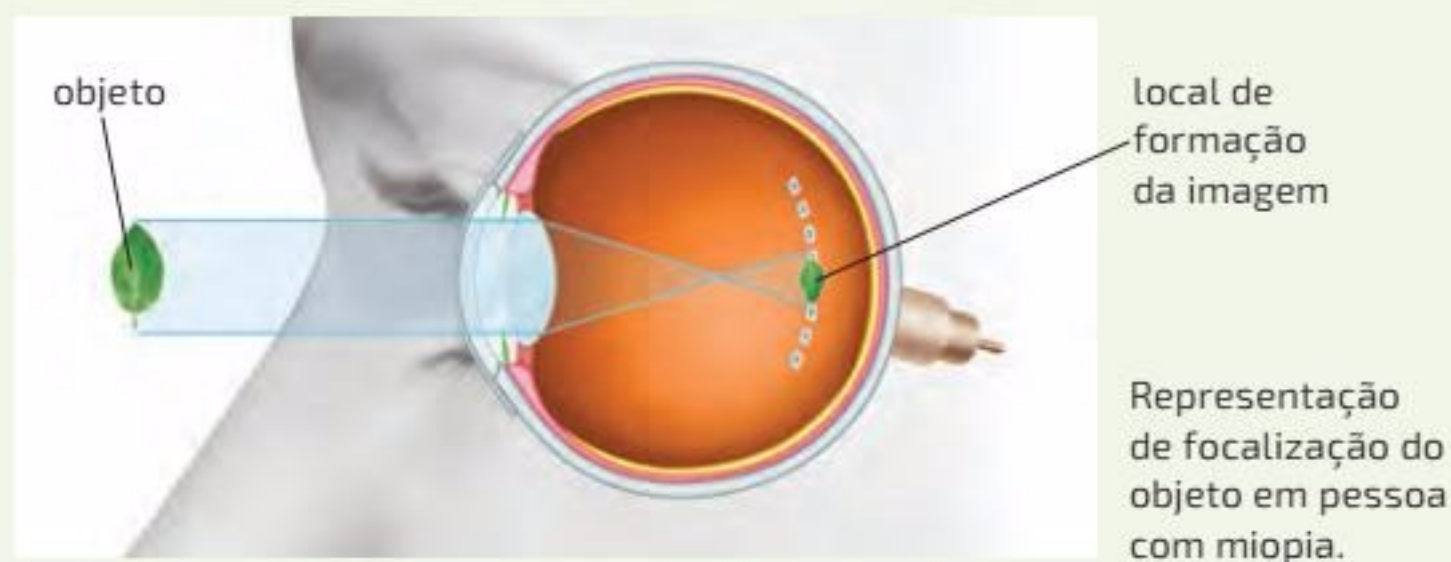
2. O daltonismo é uma característica genética que impede a distinção de algumas cores. Que estruturas são afetadas no daltonismo, os cones ou os bastonetes?

Os cones, pois pessoas com daltonismo têm dificuldade para distinguir cores, e não para enxergar no escuro.

Problemas de visão

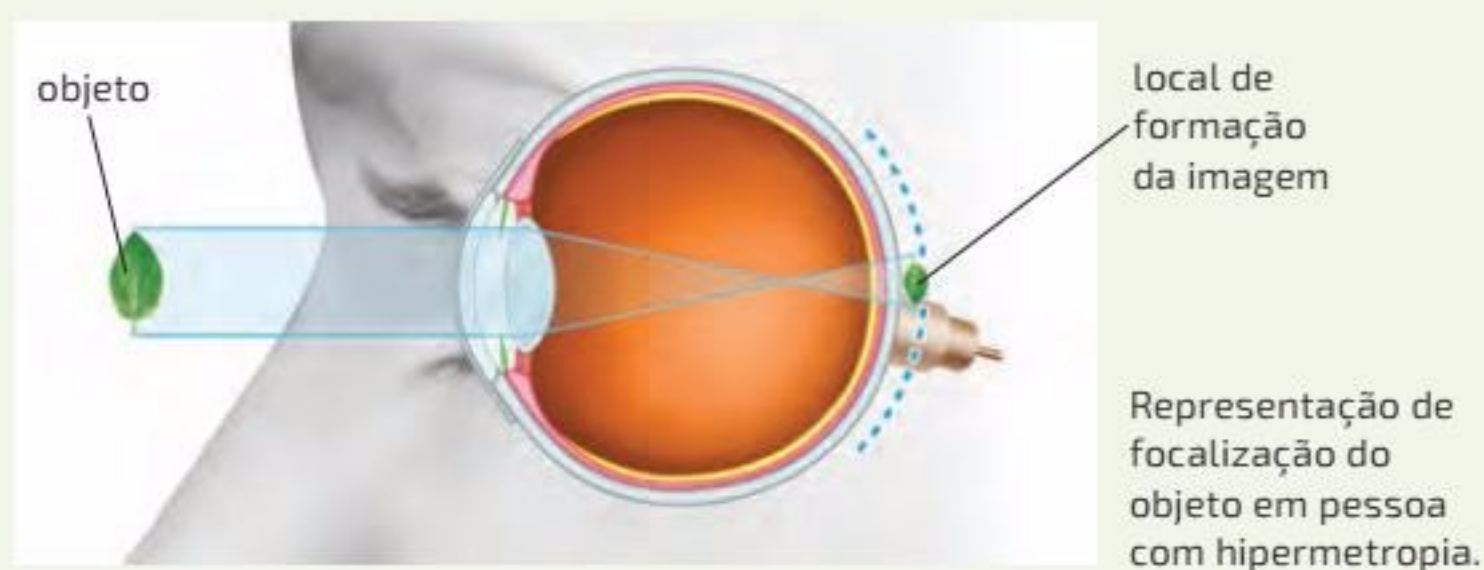
Os problemas de visão podem ocorrer em consequência da variação da forma ocular, que causa dificuldade em focalizar os objetos. Entre os problemas de visão, destacam-se a miopia, a hipermetropia e o astigmatismo, os quais podem ser facilmente corrigidos com o uso de óculos ou de lentes de contato e, dependendo do indivíduo, com cirurgia.

Pessoas com **miopia** possuem um globo ocular grande ou comprido demais, ou uma córnea muito arredondada. Dessa maneira, o cristalino não se achata o suficiente para que os raios luminosos cheguem até a retina e, então, a imagem é formada antes dela, dificultando assim a focalização dos objetos a longa distância. Para a correção da miopia é indicado o uso de lentes côncavas, que separam um pouco os raios luminosos, afastando a imagem até a retina.

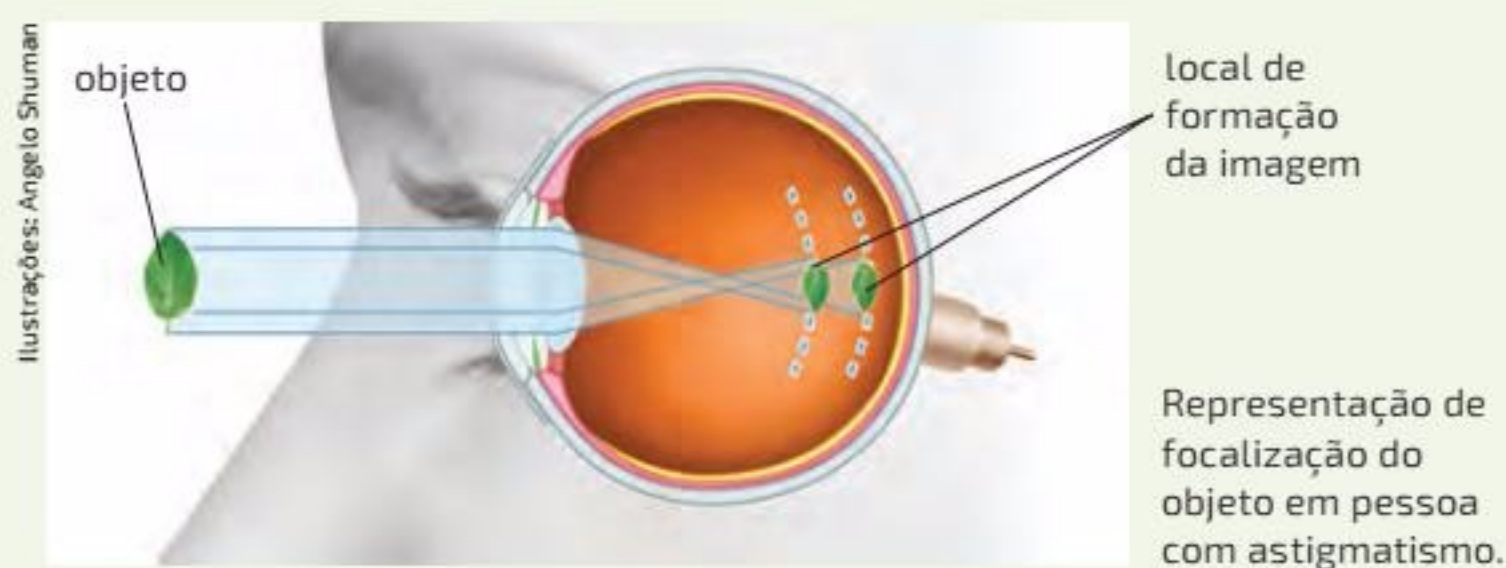


Ilustrações produzidas com base em: TORTORA, G. J. *Corpo humano: fundamentos de Anatomia e Fisiologia*. 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 2000. p. 272.

Na **hipermetropia**, a pessoa tem o globo ocular muito pequeno ou curto, ou o cristalino muito achatado. Essa alteração no formato do olho provoca dificuldade para enxergar objetos a curta distância. Isso ocorre porque, nesse caso o cristalino não possui curvatura suficiente para formar a imagem na retina, e a imagem do objeto observado é formada atrás dela. A correção da hipermetropia deve ser feita com o uso de lentes convexas, que convergem os raios luminosos, auxiliando o cristalino a focalizar o objeto de maneira eficiente.



O **astigmatismo** é causado por irregularidades na curvatura da córnea, que pode ser mais curva no meridiano vertical ou no meridiano horizontal, ou seja, uma região é mais plana do que outra. Por causa dessa alteração da curvatura da córnea, os raios luminosos sofrem refração irregular, não tendo um único ponto focal. Nesse caso, a imagem é formada de maneira inadequada na retina, tornando-se distorcida e embaçada. Para a correção do astigmatismo são usadas lentes cilíndricas, as quais corrigem a refração, deixando a córnea uniforme em todos os meridianos de sua curvatura.



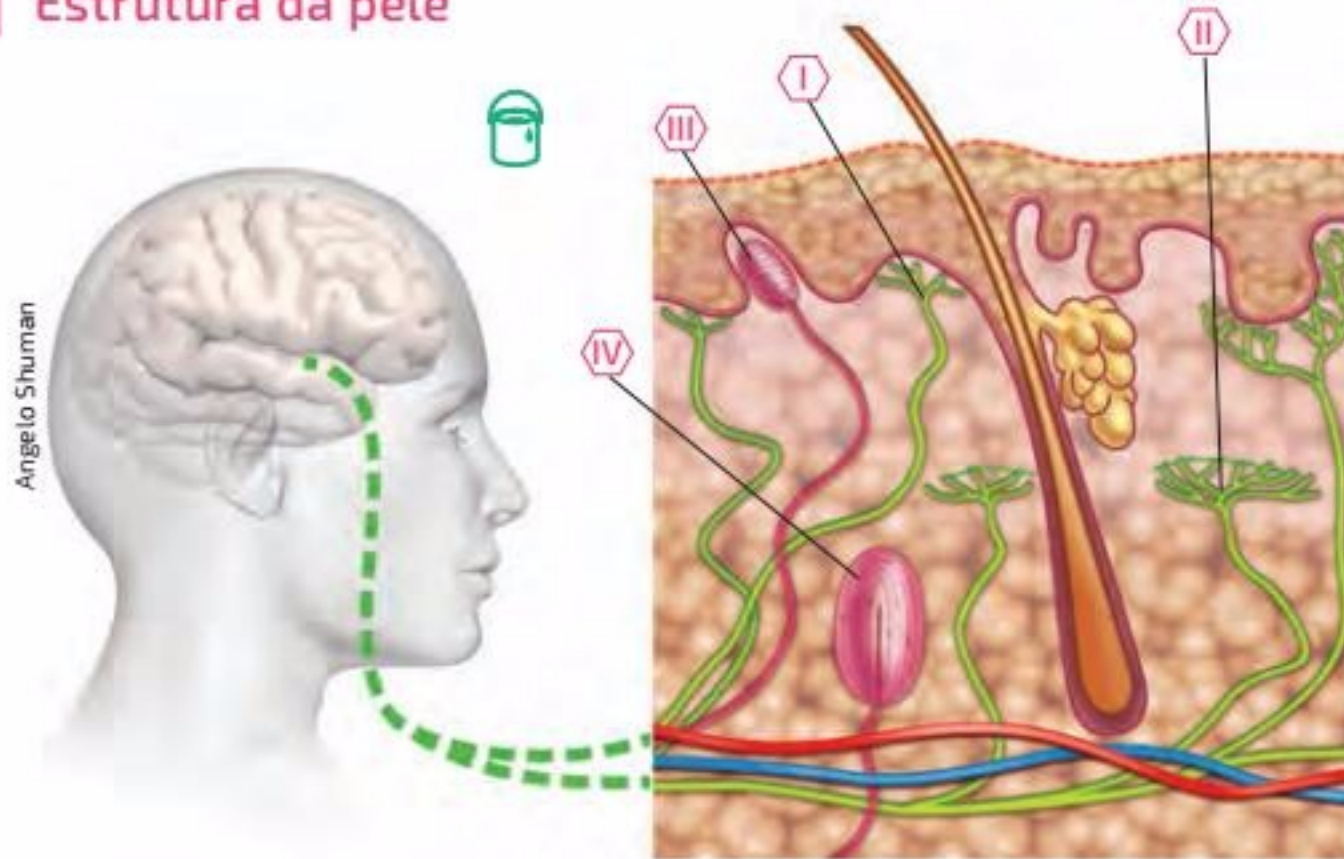
Ilustrações: Angelo Shuman

Tato

O tato é o sentido que permite sentir a textura e a temperatura dos objetos. Os receptores relacionados ao tato estão presentes na pele, no tecido conjuntivo abaixo dela e na mucosa da boca e do ânus. Essas regiões também apresentam receptores relacionados à percepção das sensações térmicas (quente ou frio).

Algumas regiões do corpo apresentam maior quantidade de receptores relacionados ao tato e às sensações térmicas, como as extremidades dos dedos, as palmas das mãos, as plantas dos pés, determinadas regiões da língua, entre outras.

Estrutura da pele



A pele apresenta diferentes receptores sensíveis ao tato: mecanoreceptor ou mecanorreceptor cutâneo tipo I, conhecido como corpúsculo de Merkel **I**, mecanoreceptor cutâneo tipo II, também chamado corpúsculo de Ruffini **II**, corpúsculo de Meissner **III**, corpúsculo de Vater-Pacini **IV**. Os impulsos nervosos gerados pelos receptores relacionados ao tato e pelos termoreceptores ou termorreceptores (relacionados aos estímulos térmicos), são encaminhados à parte central do sistema nervoso, que identifica a região do corpo de onde veio o estímulo ou interpreta informações relacionadas à textura e à temperatura do objeto que foi tocado.

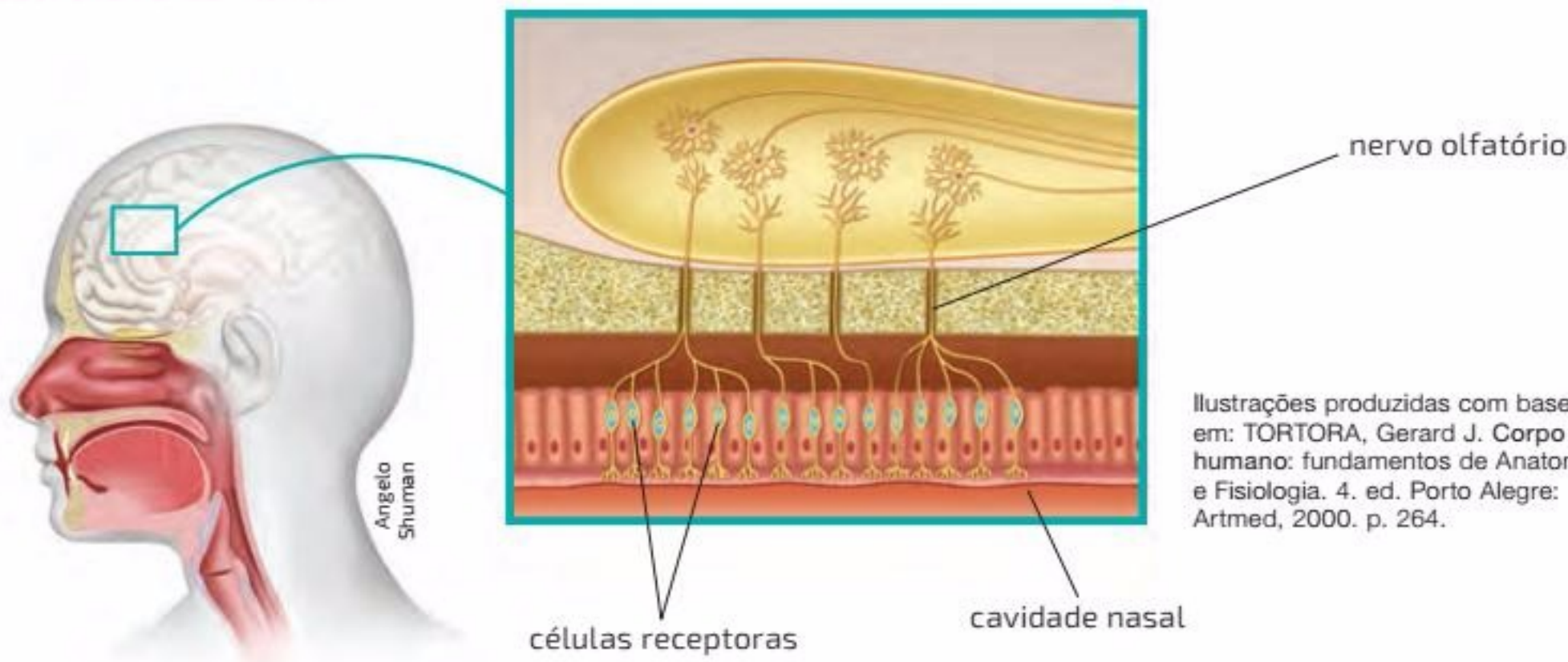
Ilustração produzida com base em: TORTORA, Gerard J. Corpo humano: fundamentos de Anatomia e Fisiologia. 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 2000. p. 262.

Olfato



O olfato está relacionado à percepção dos odores. As substâncias químicas dissolvidas no ar, e inspiradas, são captadas por meio de receptores no nariz. Esse sentido nos auxilia a identificar substâncias que possam causar danos à nossa saúde antes mesmo de termos contato com elas.

Estrutura do nariz



Ilustrações produzidas com base em: TORTORA, Gerard J. Corpo humano: fundamentos de Anatomia e Fisiologia. 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 2000. p. 264.

As células receptoras olfatórias localizam-se na porção superior da cavidade nasal, onde há muco e com o qual elas ficam em contato. As substâncias químicas percebidas pelo olfato dissolvem-se no muco e chegam às células receptoras. Quando as substâncias se ligam às células receptoras, geram um impulso nervoso que é encaminhado ao encéfalo por meio dos nervos olfatórios, e ele identifica e interpreta os odores.

Paladar

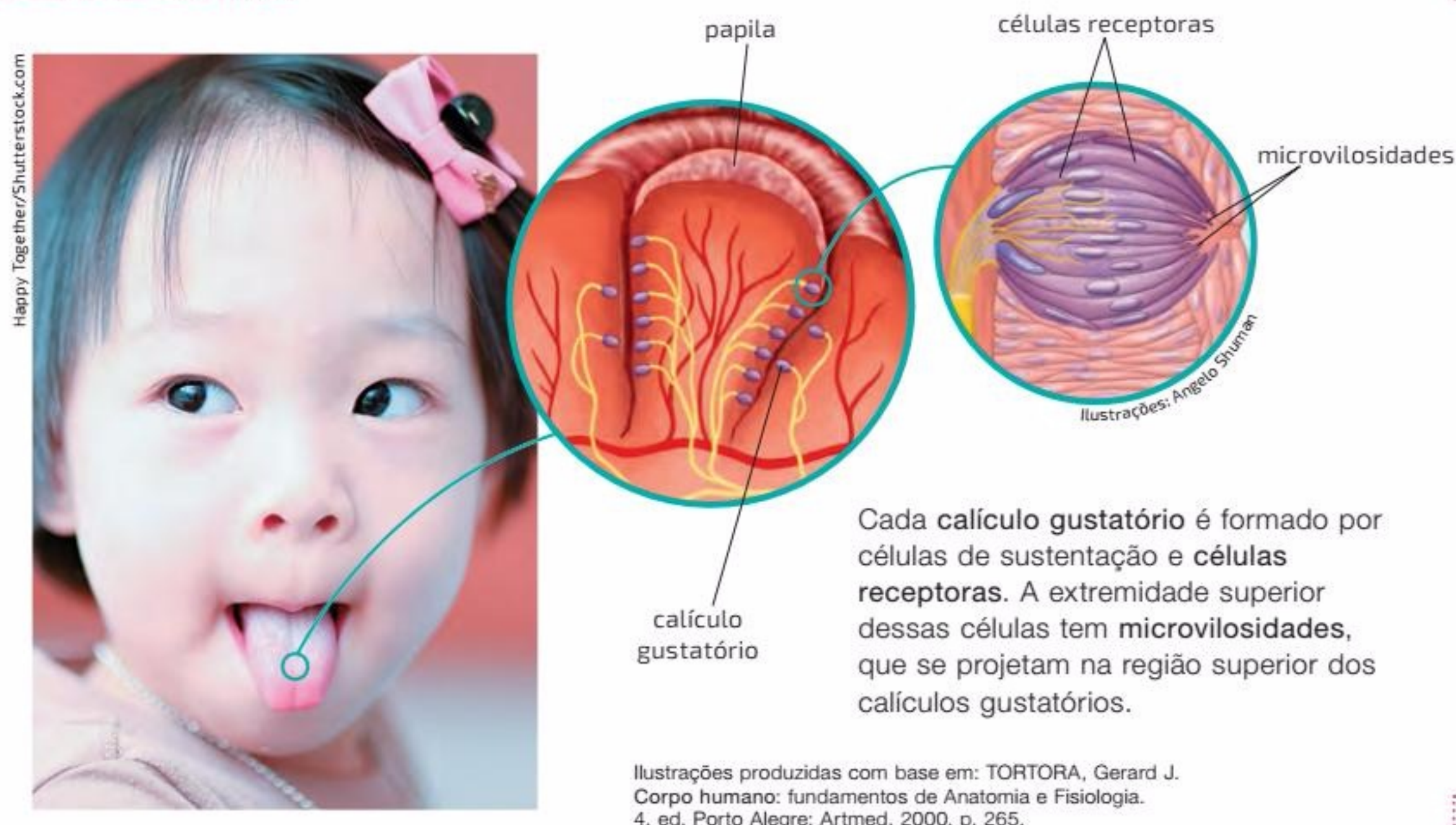
O gosto dos alimentos é formado pela mistura de substâncias químicas, percebidas por meio de receptores presentes na língua. Esse sentido é importante, pois influencia a escolha dos alimentos e ajuda a identificar os que estiverem estragados.

Os seres humanos são capazes de perceber cinco sensações básicas de gosto: o azedo, o salgado, o amargo, o doce e o umami.

Os receptores sensíveis ao gosto são chamados receptores gustatórios. Eles fazem parte de estruturas denominadas **calículos gustatórios**, as quais estão presentes na superfície superior da língua. Ao observarmos a superfície da língua, podemos perceber que ela é levemente rugosa, pois apresenta pequenas elevações denominadas **papilas**. Em geral, os calículos gustatórios estão presentes nas papilas da língua. Veja o esquema a seguir.



Estrutura da língua



As substâncias percebidas por meio do paladar dissolvem-se na saliva e penetram entre as papilas da língua, atingindo as microvilosidades das células receptoras. Como consequência, essas células enviam impulsos nervosos ao encéfalo, por meio de nervos. No encéfalo, os impulsos nervosos são processados e o gosto da substância é identificado.

Para identificar o gosto dos alimentos usamos os sentidos do paladar, do olfato e do tato. Ao aproximar um alimento da boca e do nariz, algumas substâncias evaporam e são inaladas, assim sentimos o seu cheiro. Na boca, os receptores gustatórios presentes na língua são estimulados, reconhecendo o gosto (doce, salgado, amargo ou azedo). Ainda na boca, a textura e a temperatura dos alimentos são percebidas. A união desses sentidos é que nos permite sentir o sabor dos alimentos.

O quinto gosto

No início do século XX, o químico japonês Kikunae Ikeda (1864-1936) descobriu um quinto gosto primário: o *umami*, que corresponde ao gosto do glutamato monossódico. Essa substância tem como característica realçar o sabor dos alimentos e, atualmente, é utilizada em muitos temperos industrializados.

Glândulas endócrinas

Ilustrações produzidas com base em: PAULSEN, F.; WASCHKE, J. Sobotta: atlas de Anatomia humana: órgãos internos. v. 2. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2012. p. 160.

As glândulas são estruturas especializadas na produção e secreção de substâncias. No caso das glândulas endócrinas, as substâncias produzidas são os hormônios, os quais são secretados na corrente sanguínea, por meio da qual são transportados até os órgãos onde atuam.

Hipófise

Essa glândula produz vários hormônios que atuam na coordenação de diferentes órgãos, inclusive de outras glândulas endócrinas. A parte central do sistema nervoso tem uma grande influência no controle da liberação dos hormônios dessa glândula. Entre os hormônios que ela produz estão:

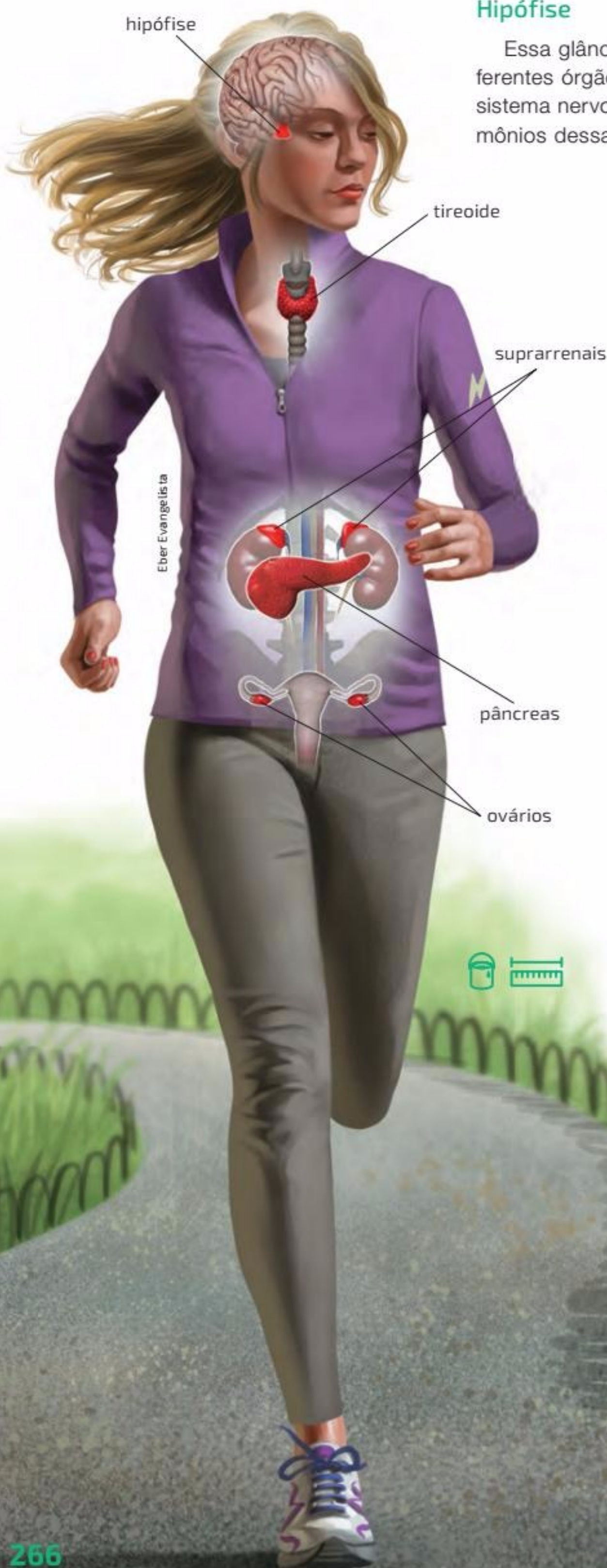
- **hormônio do crescimento (GH)**, que estimula o crescimento e a divisão de determinadas células, como as dos ossos e dos músculos;
- **hormônio estimulante da glândula tireoide (TSH)**, que estimula a produção e a secreção dos hormônios da tireoide;
- **hormônio folículo-estimulante (FSH)**, que nas mulheres estimula a atividade dos ovários, onde há produção de gametas e outros hormônios, e nos homens estimula a produção de espermatozoides nos testículos;
- **hormônio luteinizante (LH)**, que nas mulheres estimula os ovários a produzirem determinados hormônios. No homem, o LH estimula o desenvolvimento dos testículos e a produção de hormônios secretados por esse órgão;
- **prolactina**, hormônio que associado a outros estimula a produção de leite nas glândulas mamárias;
- **ocitocina**, estimula a liberação do leite produzido nas glândulas mamárias e, durante o parto normal, estimula as contrações do útero, necessárias para o nascimento do bebê;
- **hormônio antidiurético (ADH)**, que age sobre os rins, nos quais estimula a reabsorção de água e menor volume de urina é formado.

Ovários

Os ovários localizam-se no sistema genital feminino. Os hormônios produzidos pelos ovários são o **estrógeno** e a **progesterona**. O **estrógeno** estimula o desenvolvimento dos órgãos genitais femininos e, também, o desenvolvimento de características femininas, como o formato do corpo e o desenvolvimento dos seios. A **progesterona** prepara as glândulas mamárias para a produção de leite e, com o estrógeno, prepara o útero para a gravidez.



Angelo Shuman



Tireoide

A tireoide é uma glândula que secreta três hormônios: calcitonina, tiroxina (conhecido como T_4) e tri-iodotironina (conhecido como T_3). A calcitonina relaciona-se com a formação dos ossos. Os hormônios T_3 e T_4 atuam na regulação do metabolismo do corpo e, com outros hormônios, também estimulam o crescimento e o desenvolvimento do organismo, em especial do sistema nervoso.



Glândulas paratireoides

As paratireoides são quatro pequenas glândulas localizadas atrás da tireoide. Essas glândulas produzem e secretam o **paratormônio**, que atua na regulação da absorção de sais de cálcio. Elas atuam na coordenação de processos de formação e modelamento dos ossos, além de influenciar na coagulação sanguínea e na contração muscular.

Pâncreas

O pâncreas é uma glândula mista, que produz hormônio e outras substâncias, transportadas por meio de ductos. O pâncreas produz os hormônios **glucagon**, que estimula o aumento na concentração de glicose no sangue, e a **insulina**, que estimula a redução da concentração de glicose no sangue.



Testículos

Os testículos se localizam no sistema genital masculino. O principal hormônio produzido pelos testículos é a **testosterona**, que estimula a produção de espermatozoides e o desenvolvimento de características masculinas, como a barba e os pelos.

Suprarrenais

Os seres humanos apresentam duas glândulas suprarrenais, uma sobre cada rim, que produzem e secretam vários hormônios, como o cortisol e a adrenalina. O **cortisol** atua na regulação de várias reações do metabolismo; na coordenação de respostas que preparam nosso organismo para enfrentar situações de alerta ou estresse. A **adrenalina** prepara o corpo humano para situações de luta ou fuga, causando modificações nos batimentos cardíacos, no fornecimento de gás oxigênio aos músculos e encéfalo, na frequência respiratória, na transpiração, no sistema digestório, entre outras.



Ilustrações: Angelo Shuman

Problemas relacionados à tireoide

Os problemas de saúde mais comuns relacionados à tireoide são o hipertireoidismo e o hipotireoidismo. O **hipertireoidismo** caracteriza-se pela produção excessiva dos hormônios da tireoide. Como consequência do hipertireoidismo, há aumento do metabolismo, o que resulta em sintomas como aceleração dos batimentos cardíacos, nervosismo, aumento da produção de suor e perda de peso acompanhada de aumento de apetite. No **hipotireoidismo**, a tireoide não produz hormônios, ou os produz abaixo da quantidade adequada. O tratamento dessas doenças deve ser feito sob orientação médica por meio de medicamentos e alguns casos cirúrgicos.

O bócio é um dos sintomas de hipotireoidismo. Ele ocorre em casos mais graves e está relacionado, principalmente, à escassez de iodo no organismo. Nesses casos, a tireoide incha, por causa do acúmulo de substâncias que seriam utilizadas para a produção dos hormônios T_3 e T_4 . Os principais sintomas dessa doença são sonolência, cansaço excessivo, ganho de massa corporal, diminuição dos batimentos cardíacos e aumento do colesterol no sangue. Em alguns casos, o hipotireoidismo pode contribuir para a ocorrência de depressão.

Diabetes

O diabetes se caracteriza por altas concentrações de glicose no sangue. Os sintomas são: aumento da produção de urina, sede excessiva, demora na cicatrização de feridas, perda da visão e problemas no sistema circulatório que muitas vezes levam à necessidade de amputação de membros.

O diabetes é classificado basicamente em tipo 1 e tipo 2. Em ambos os casos, a pessoa apresenta incapacidade de regular a quantidade de insulina no sangue a fim de impedir que os níveis de açúcar do sangue aumentem. No diabetes tipo 1, o organismo ataca as próprias células em um processo autoimune, o que reduz sua capacidade de produzir insulina. No diabetes tipo 2, alguns tecidos do corpo humano tornam-se resistentes à insulina. Em resposta a isso, as células produtoras de insulina localizadas no pâncreas produzem mais insulina que o normal e depois diminuem a capacidade de controlar o excesso de glicose no sangue. O tratamento deve ser acompanhado por um médico e leva em conta uma dieta equilibrada, a prática de exercícios físicos, o uso de medicamentos e a aplicação de insulina.

3. Por que pessoas com diabetes precisam controlar a ingestão de carboidratos, como os açúcares?

Porque essas pessoas apresentam incapacidade de regular insulina no sangue, o que eleva as taxas de glicose no sangue.



Veja as respostas das questões desta seção nas **Orientações para o professor**.

1. Sobre a parte central do sistema nervoso, responda às questões a seguir.
 - a) Quais regiões formam a parte central do sistema nervoso?
 - b) Qual é a importância dessa parte?
 - c) Como a parte central é protegida?
2. Explique a diferença entre a parte somática e a divisão autônoma do sistema nervoso.
3. Relacione a primeira coluna com a segunda.

<ol style="list-style-type: none"> a) Cerebelo. b) Tronco encefálico. c) Diencefalo. d) Encéfalo. 	<ol style="list-style-type: none"> I) Formado por tálamo e hipotálamo. II) Dividido em telencéfalo, cerebelo, tronco encefálico e diencefalo. III) Responsável por controlar a postura e o equilíbrio do corpo humano. IV) Formado por mesencéfalo, ponte e bulbo.
---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------
4. Leia o trecho abaixo e responda às questões propostas.



ChameleonsEye/Shutterstock.com

[...] Os últimos dois anos foram salpicados de notícias sobre braços biônicos movidos pelo pensamento. [...] o engenheiro biomédico Silvestro Micera, da Escola Politécnica Federal de Lausanne, na Suíça, promete dar mais um passo adiante nesse campo.

[...] anunciou que nos próximos meses vai implantar pela primeira vez em um paciente amputado uma mão biônica capaz de oferecer ao usuário a sensação do toque em tempo real.

[...] Quando o paciente pensar nos movimentos que deseja fazer, os eletrodos captarão os sinais neurais que viajam do cérebro até o nervo e os traduzirão para a máquina, que se moverá de acordo.

[...] será usada uma nova mão mecânica com vários sensores táteis, nos dedos e na palma, que enviarão sinais elétricos de volta ao cérebro do usuário.

[...]

MOUTINHO, Sofia. Mão biônica. Ciência Hoje, São Paulo, 19 fev. 2013. Disponível em: <<http://cienciahoje.uol.com.br/noticias/2013/02/mao-bionica/?searchterm=sistema%20nervoso>>. Acesso em: 17 fev. 2016.

- a) Os corpúsculos de Meissner são mecanorreceptores que detectam pressão ou distensão da pele causada pelo estímulo tátil. Os sensores táteis da mão biônica assumem o papel desses receptores táteis. Além das sensações táteis, que outras sensações são detectadas por receptores presentes na pele? Como são denominados esses receptores?
 - b) Explique como a sensação do toque é percebida pelo ser humano.
5. Sobre os hormônios, responda às questões abaixo.
 - a) Qual é a importância dos hormônios para o corpo humano?
 - b) Como as glândulas endócrinas secretam os hormônios?
 - c) Cite duas glândulas endócrinas do corpo humano e os hormônios que elas produzem.
 - d) A insulina e o glucagon são dois hormônios secretados pelo pâncreas que apresentam ações opostas no corpo humano. Explique a importância desses hormônios para o corpo humano.
6. Em algumas situações que transmitem sensações de medo ou perigo ou em alguma prática de esportes radicais, o corpo passa por uma situação de estresse, que causa mudanças como dilatação das pupilas, aumento da frequência cardíaca e da pressão arterial, promovendo maior fluxo sanguíneo.
 - a) Que hormônios estão envolvidos nessas mudanças?
 - b) Que parte da divisão autônoma do sistema nervoso controla essas situações?
 - c) Cite outra situação em que essas mudanças ocorrem no corpo humano.

Pessoa saltando de bungee-jump no rio Waikato em Taupo, Nova Zelândia, em 2016.

7. (UFRN) O sistema nervoso é responsável pelo controle das funções fisiológicas necessárias a nossa sobrevivência. Nos vertebrados, esse sistema é dividido em sistema nervoso central e sistema nervoso periférico. São estruturas do sistema nervoso central e do sistema nervoso periférico, respectivamente,
- a) córtex cerebral e medula espinal. b) medula espinal e gânglios nervosos.
c) gânglios nervosos e nervos. d) hipotálamo e córtex cerebral.
8. (Udesc-SC) A audição e o equilíbrio estão relacionados a funções de estruturas anatômicas do sistema sensorial. Leia e analise as proposições abaixo.
- I) Na orelha interna (ouvido* interno) estão localizados três ossículos: o martelo, a bigorna e o estribo. *Explique aos alunos que o termo "ouvido" está em desuso.
- II) A cóclea está localizada na orelha média (ouvido médio) e é um dos órgãos responsáveis pelo equilíbrio.
- III) Os canais semicirculares, o sáculo e o utrículo estão localizados na orelha interna (ouvido interno) e são estruturas envolvidas no equilíbrio do corpo e na orientação.
- IV) A tuba auditiva comunica a orelha média à faringe e tem a função de equilibrar as pressões da orelha e do meio externo.
- Assinale a alternativa que corresponde às proposições corretas.
- a) Somente as afirmativas I e II são verdadeiras.
b) Somente as afirmativas I, II e III são verdadeiras.
c) Somente as afirmativas III e IV são verdadeiras.
d) Somente as afirmativas II e IV são verdadeiras.
e) Somente as afirmativas II, III e IV são verdadeiras.
9. (Ufla-MG) O sistema endócrino apresenta importante função na manutenção da taxa normal de cálcio no sangue. Marque a alternativa que indica corretamente a resposta endócrina do organismo a uma baixa concentração de cálcio no sangue:
- a) Síntese de glucagon para estimular absorção de cálcio no intestino.
b) Inibição do hormônio antidiurético para reabsorver cálcio nos rins em maior quantidade.
c) Produção de paratormônio para estimular o tecido ósseo a disponibilizar cálcio para o sangue.
d) Maior produção de calcitonina para estimular a deposição de cálcio nos ossos.
10. (Udesc-SC) Assinale a alternativa incorreta quanto às glândulas endócrinas e aos seus hormônios.
- a) glândulas suprarrenais – adrenalina, glândula paratireoide – hormônio paratormônio.
b) hipófise – hormônio luteinizante, glândula paratireoide – hormônio paratormônio.
c) tireoide – hormônio do crescimento, hipófise – hormônio calcitonina.
d) glândulas suprarrenais – adrenalina, hipófise – hormônio do crescimento.
e) tireoide – tiroxina e tri-iodotironina, glândula paratireoide – hormônio paratormônio.

Refletindo sobre o capítulo

Veja as respostas das questões desta seção nas **Orientações para o professor**.

- A) A meningite se caracteriza pela inflamação nas meninges e pode ser causada por vírus e microrganismos. Seus sintomas são: febre, dor de cabeça, rigidez ou dor no pescoço, náuseas e vômitos. Crianças com menos de um ano de idade, idosos e pessoas com HIV são mais suscetíveis. Explique a importância das meninges para o sistema nervoso e por que esses indivíduos são mais suscetíveis.
- B) Por que temos dificuldade em sentir os gostos e sabores dos alimentos quando estamos resfriados?
- C) A saúde dos órgãos dos sentidos depende de alguns cuidados. No caso da audição, um fator importante é respeitar os níveis sonoros adequados à saúde. Usar fones de ouvido em volume alto por várias horas pode levar a vários problemas, entre eles, a surdez. Você tem o hábito de usar fones de ouvido diariamente? E considera que o nível sonoro é adequado à sua saúde? Reflita sobre esse hábito e suas consequências.



Christopher Morris/Corbis/Latinstock

Arthur Zanetti nos Jogos Pan-Americanos em Toronto, no Canadá, em 2015.

capítulo 15

Corpo humano: revestimento e movimentação

[...]

[...] Boa parte da massa muscular de Zanetti está concentrada nos membros superiores, bem próxima aos ombros, o que o ajuda a ter estabilidade e eficiência nas argolas. E mais. O ginasta mede 1,56 m. A envergadura dele (distância entre os dois braços esticados) é de 1,65 m. Trata-se de um ginasta de braços curtos quando comparado a outros atletas. [...] Um competidor do mesmo peso*, com braços mais longos, precisaria de uma quantidade muito maior de força para realizar as mesmas ações.[...]

Os cientistas também prestaram atenção na posição de Zanetti durante alguns exercícios, medindo tudo com precisão milimétrica, e descobriram que ele tem uma habilidade incrível de controlar os próprios movimentos, posicionando o corpo em ângulos precisos e perfeitos. Essa perfeição é obtida na base da força. Em um simples giro nas argolas, por exemplo, Zanetti precisa sustentar nos braços nove vezes o peso do seu corpo.

MAPA do campeão: força de Arthur Zanetti é objeto de estudo científico. Globo Esporte, São Paulo, 5 out. 2014. Ginástica artística. Disponível em: <<http://globoesporte.globo.com/ginastica-artistica/noticia/2014/10/mapa-do-campeao-forca-de-arthur-zanetti-e-objeto-de-estudo-cientifico.html>>. Acesso em: 11 mar. 2016.

*Explique aos alunos que, nesse texto, peso refere-se à massa.

A) Os ossos, os músculos e as articulações.

B) Espera-se que os alunos respondam que as atividades físicas beneficiam os ossos e músculos, melhoram as atividades dos sistemas circulatório e respiratório, além de promover sensação de prazer e relaxamento.

- A) Ao executar os movimentos nas argolas na ginástica artística masculina, o atleta precisa movimentar-se com facilidade, demonstrando flexibilidade. Que estruturas do corpo humano estão relacionadas à flexibilidade?
- B) Como atleta, Arthur Zanetti precisa treinar diariamente durante horas para obter bons resultados. No entanto, praticar atividades físicas não deve ser uma prática exclusiva dos atletas. Explique por que, apesar de não termos a rotina de um atleta, devemos praticar exercícios em qualquer fase da vida.

Revestimento do corpo humano

Como estudamos anteriormente, a **pele** corresponde a uma das barreiras naturais contra agentes estranhos ao corpo humano. Além de atuar como barreira física, protegendo os órgãos e os tecidos moles do corpo, a pele atua na percepção de calor, frio, pressão e dor; na excreção, por meio do suor; no controle da temperatura corporal, e na proteção contra a radiação solar. Esta última função ocorre por meio do pigmento chamado **melanina**, que confere cor à pele, produzida por células chamadas melanócitos.

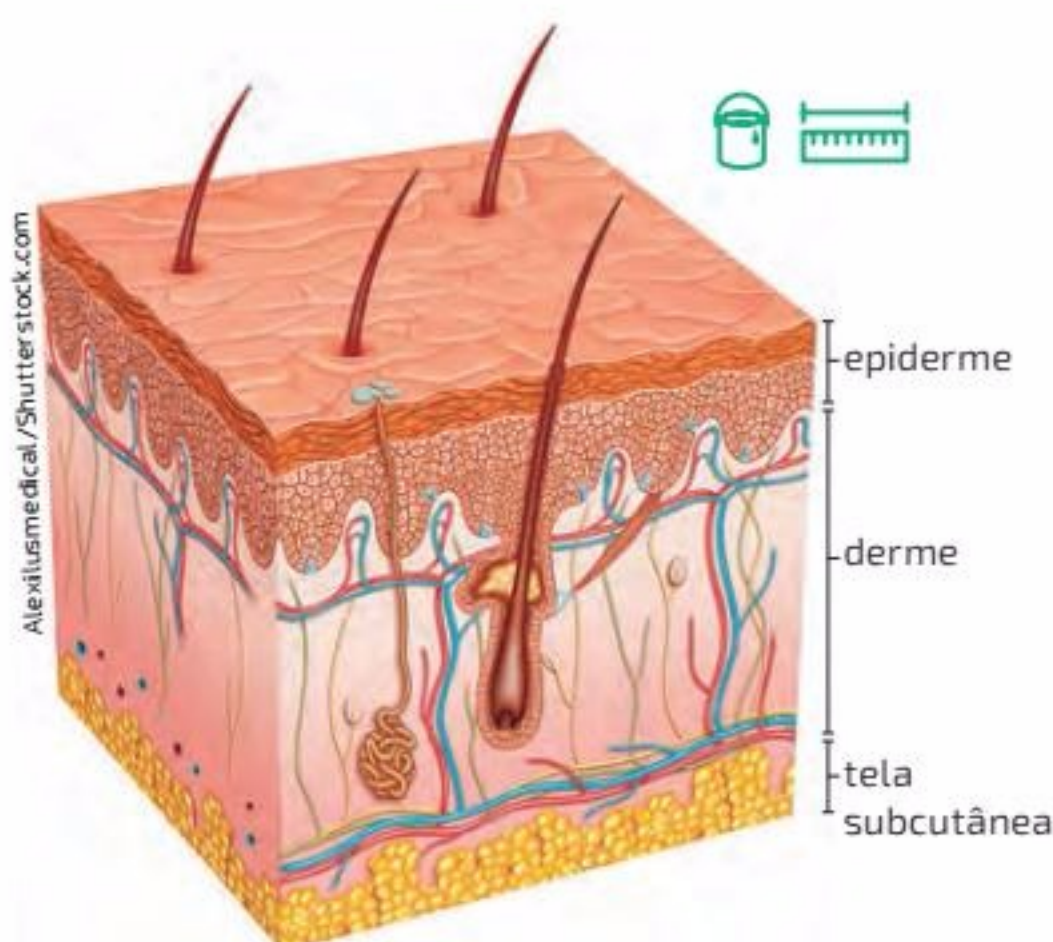
1. A pele equivale a 16% da massa corporal. Calcule quantos kg de pele você tem.

Resposta pessoal.
Para o cálculo, oriente os alunos a montarem uma regra de três simples.

Camadas de pele

A **epiderme** é a camada mais externa da pele, composta de tecido epitelial. Conforme as células se dividem na base dessa camada, as mais velhas são empurradas para cima, em direção à superfície. Ao se afastar da base, as células morrem. Nelas, começa a deposição de uma proteína chamada queratina, que as deixa mais resistentes ao atrito e impermeáveis, de modo que não absorvam nem percam muita água. À medida que as células mortas chegam à superfície, elas descamam, sendo eliminadas e repostas sucessivamente por células mais novas.

A **derme** é a camada intermediária entre a epiderme e a tela subcutânea, composta de tecido conjuntivo. Nela localizam-se os vasos sanguíneos, os nervos relacionados ao sentido do tato e alguns músculos. A derme também contém fibras elásticas e uma proteína chamada colágeno, responsáveis pela elasticidade e resistência da pele e também por sustentar a camada superior. Nessa camada encontramos as estruturas anexas da pele. Abaixo da derme, se localiza a tela subcutânea, a qual é formada por tecido conjuntivo sanguíneo e tecido conjuntivo adiposo. Seu papel é isolar o corpo de condições extremas do ambiente e fixar a pele aos órgãos e a outros tecidos localizados próximos a ela, além de dar sustentação às camadas superiores.



As estruturas anexas da pele são as unhas, as glândulas exócrinas e os pelos. As **unhas** são células em forma de placa que contêm uma proteína que lhes confere dureza – a queratina. Elas são encontradas nas extremidades dos dedos, protegendo-os contra lesões.

Existem algumas **glândulas exócrinas** relacionadas à pele. O suor, as lágrimas e outras substâncias são produtos dessas glândulas.

A **glândula sudorífera** produz o suor, que atua na regulação da temperatura e na eliminação de algumas impurezas. Ao ser secretado, o suor que se acumula sobre a epiderme evapora, dissipando calor para o ambiente. A **glândula sebácea** produz uma substância oleosa chamada sebo, que impede o ressecamento do pelo e da pele e atua como barreira contra a entrada de microrganismos invasores.

Os **pelos** são estruturas anexas distribuídas por quase todo o corpo, relacionados à proteção, à percepção de objetos que possam entrar em contato com a pele ou que estejam próximos a ela. Também ajudam a manter a temperatura do corpo, criando uma camada de ar entre a pele e o ambiente.

Os pelos são estruturas alongadas formadas por uma haste e uma raiz. A **haste** é a porção superior do pelo, formada por células mortas, ricas em queratina.

2. Os pelos do nariz ajudam a proteger o sistema respiratório da entrada de partículas que possam lhe causar danos.

3. Os cabelos protegem a cabeça da exposição direta aos raios solares. Os cílios e supercílios protegem os olhos da entrada de partículas presentes no ar, da intensa claridade e de substâncias que possam escorrer pela testa, como o suor.

2. Qual é a importância dos pelos no nariz?

3. E dos pelos da cabeça, como cílios e supercílios?

As **terminações nervosas** transmitem os estímulos recebidos pelos nervos dos pelos até o encéfalo. O **bulbo** é a região alargada abaixo da raiz, cujos vasos sanguíneos fornecem nutrientes e gás oxigênio para as células do pelo. Quando sentimos frio, o pelo se eriça, pois está ligado ao **músculo eretor do pelo**.

Veja ao lado a estrutura do pelo.

Ilustração produzida com base em: TORTORA, G. J. *Corpo humano: fundamentos de anatomia e fisiologia*. 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 2000. p. 86, 89.

Estrutura do pelo



Movimentação do corpo humano

Sistema esquelético

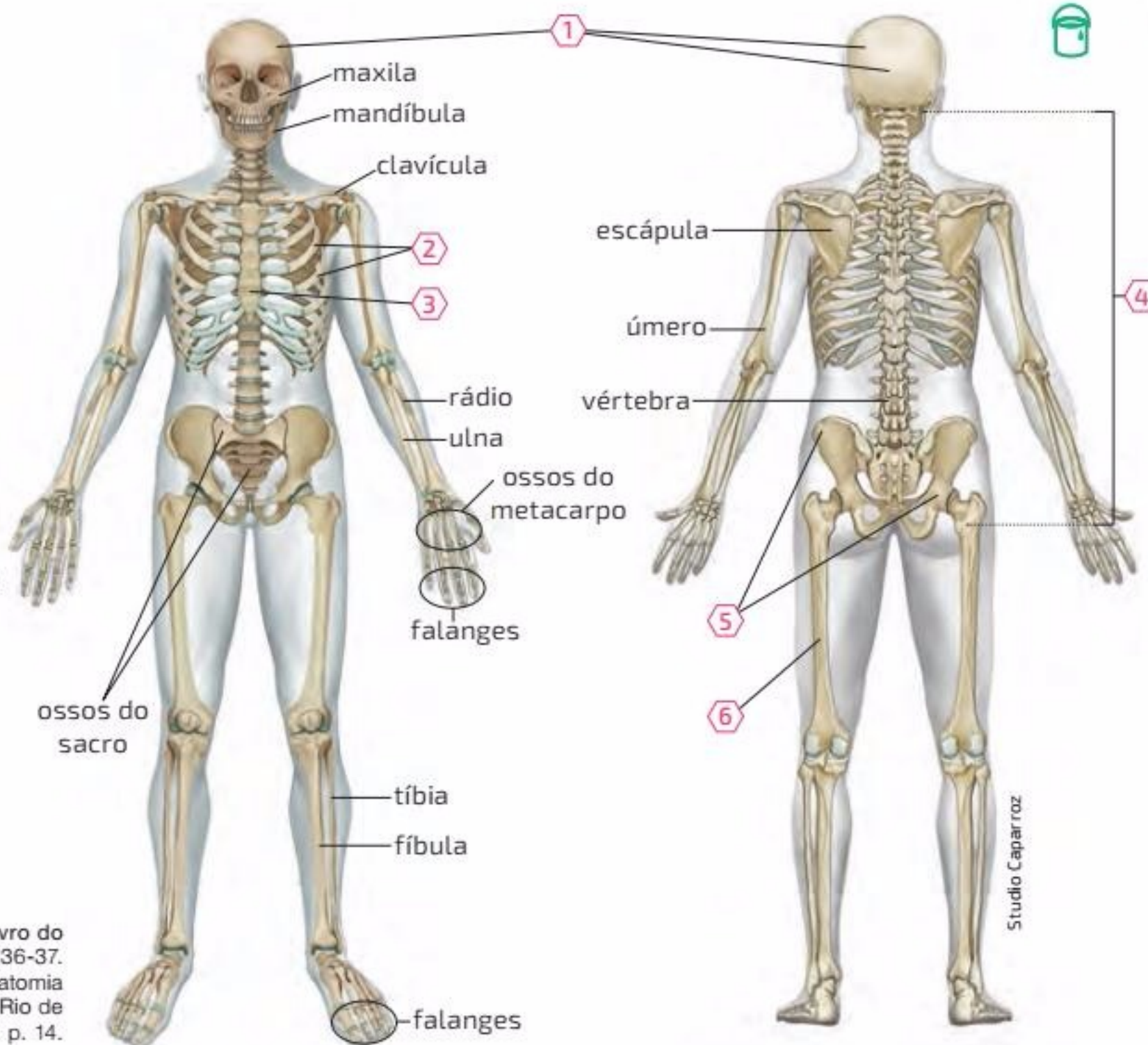
O sistema esquelético é composto de ossos e cartilagens que sustentam e dão forma ao corpo humano, além de participarem dos movimentos, fornecendo estrutura para fixação dos músculos esqueléticos por meio dos tendões. Alguns ossos protegem órgãos internos contra eventuais choques mecânicos.

Os **ossos** são estruturas fortes e resistentes, constituídos de minerais, colágeno, proteínas e água. Por causa de sua composição química, eles suportam grandes compressões e trações sem sofrer fraturas. Em uma lesão, o tecido ósseo é capaz de repará-la, reconstituindo o osso. Além disso, os ossos têm a capacidade de armazenar minerais, como o cálcio e o fósforo, que podem ser distribuídos pelo corpo quando necessário. Por fim, os ossos são fundamentais para a produção das células do sangue, pois no interior de alguns deles se encontra a medula óssea vermelha, um tipo de tecido conjuntivo responsável pela formação de hemácias, leucócitos e plaquetas.

Veja a seguir alguns ossos que compõem o sistema esquelético.

Sistema esquelético

Os **ossos do crânio** ① e ossos faciais compõem a cabeça. No adulto, os ossos do crânio são totalmente fundidos e protegem o encéfalo. Já os ossos faciais definem a forma da face. As **costelas** ② protegem órgãos internos, como o coração, os pulmões e grandes vasos sanguíneos, além de auxiliar na sustentação dos ossos do ombro. O osso **esterno** ③ fica no centro da caixa torácica e protege o coração contra possíveis lesões. A **coluna vertebral** ④ protege a medula espinal. Além disso, dá suporte ao crânio e serve como ponto de fixação das costelas e dos músculos. Os **ossos do quadril** ⑤ protegem a bexiga urinária e os ovários (nas mulheres). É o local onde o **fêmur** ⑥ se encaixa, permitindo sua rotação e a movimentação das pernas.



Ilustrações produzidas com base em: PARKER, S. *O livro do corpo humano*. Barueri: Ciranda Cultural, 2007. p. 36-37. PAULSEN, F.; WASCHKE, J. *Sobotta: atlas de Anatomia humana: Anatomia geral e sistema muscular*. v. 1. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2012. p. 14.

Os ossos podem ser classificados em quatro tipos principais, de acordo com seu formato. Os **ossos longos** apresentam comprimento maior do que a largura, como: úmero, rádio, ulna, falanges, fêmur, tíbia, fíbula e ossos do metacarpo. Os **ossos curtos** apresentam comprimento bem próximo à largura, como os ossos do carpo. Os **ossos planos** são finos e fornecem proteção, como os ossos do crânio, da pelve e das costelas. Os ossos irregulares caracterizam-se por apresentar diferentes formatos, não podendo ser agrupados como outro tipo de osso, como os ossos do crânio e da coluna vertebral. Observe a seguir a estrutura de um osso longo.



Estrutura de um osso longo

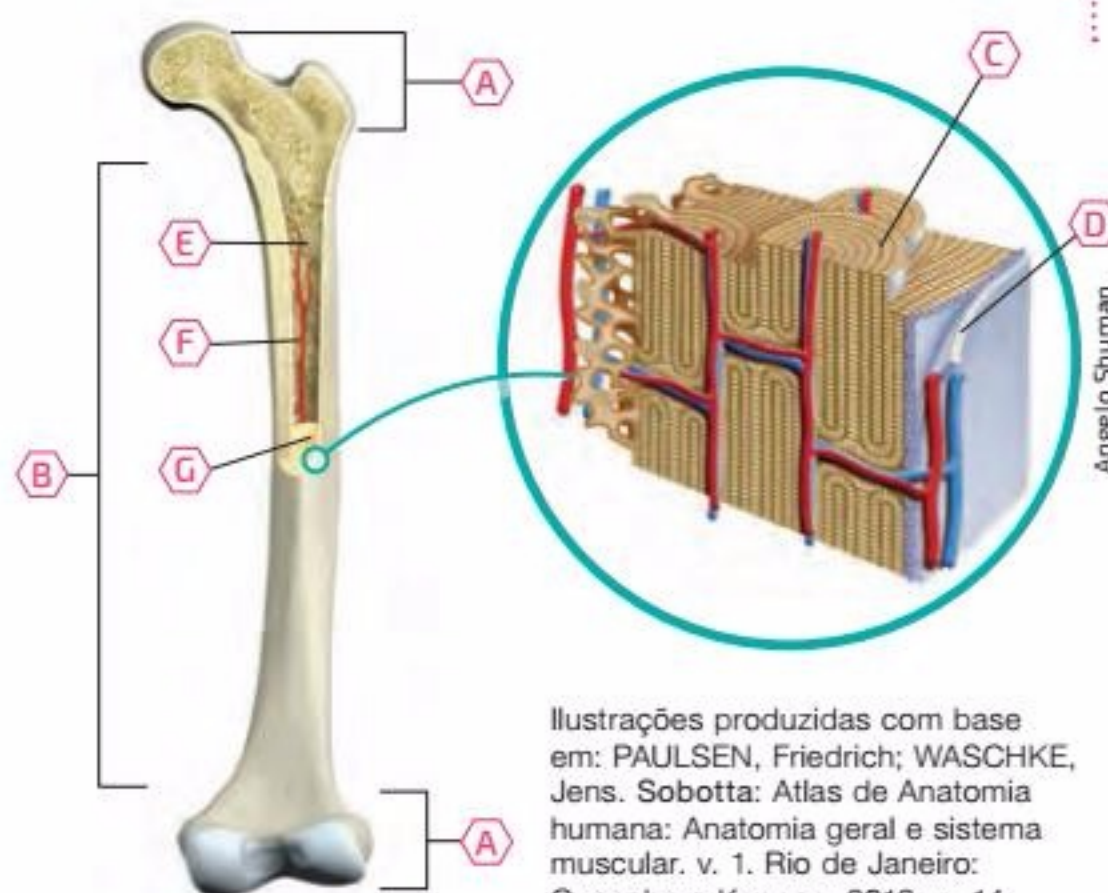
Os ossos longos podem ser divididos em duas **epífises** (A), que são as extremidades, e uma **diáfise** (B), o corpo do osso.

O tecido ósseo é formado por uma substância chamada **matriz óssea** (C), composta por sais minerais e fibras colágenas.

O **periósteo** (D) é a membrana que reveste o osso externamente, formada por tecido conjuntivo, vasos sanguíneos, nervos e células ósseas. Ele auxilia na proteção, na nutrição e no crescimento dos ossos.

A **cavidade medular** ou canal medular (E) encontra-se ao longo da diáfise, onde fica a medula óssea, que pode ser do tipo amarela ou vermelha.

A **medula óssea vermelha** (F) produz células sanguíneas – as hemácias, os leucócitos e as plaquetas. A **medula óssea amarela** (G) atua como local de reserva de gordura.



Ilustrações produzidas com base em: PAULSEN, Friedrich; WASCHKE, Jens. Sobotta: Atlas de Anatomia humana: Anatomia geral e sistema muscular. v. 1. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2012. p. 14.

TORTORA, Gerard J. Corpo humano: fundamentos de Anatomia e Fisiologia. 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 2000. p. 99-101.

Os ossos são os órgãos do corpo humano com maior quantidade de sais de cálcio e fosfato em sua composição, que lhes conferem dureza. Cerca de 35% da matriz óssea é composta de fibras colágenas, que conferem resistência contra choques mecânicos e compressão. Além disso, nos ossos estão presentes células responsáveis pela produção, manutenção e reparo do tecido ósseo em caso de lesão, os osteócitos, osteoblastos e osteoclastos.



Biologia e Saúde

Fraturas ósseas

*Relembre os componentes do tecido ósseo, abordados no volume de 1º ano desta coleção.

A composição estrutural dos ossos é uma das mais resistentes no corpo humano. Entretanto, acidentes nos quais uma grande força é exercida sobre um osso podem resultar em fraturas ósseas, que são rupturas no osso.

As fraturas podem ser completas, atravessando totalmente o osso, ou incompletas, com aspecto de rachadura. Também podem ser abertas, expondo-se para fora da pele, ou fechadas, mantendo-se dentro do corpo.

O reparo de uma fratura óssea depende de alguns fatores, tais como extensão da fratura, idade, o estado de saúde do indivíduo e o tratamento recebido. Um osso fraturado deve ser imobilizado e, dependendo do caso, são utilizados pinos, parafusos ou placas para fixá-lo no local fraturado. A imobilização aumenta a atividade dos osteoblastos*, que por meio da secreção de nova matriz óssea encurtam o tempo de recuperação.

Radiografia de um úmero fraturado.



Suttha Burawon/Shutterstock.com

O esqueleto do corpo humano pode ser dividido em duas partes: o esqueleto axial e o esqueleto apendicular. O **esqueleto axial** atua na sustentação dos ossos do esqueleto apendicular e é formado por ossos que compõem a estrutura central do corpo e protegem órgãos como encéfalo, coração e pulmões. O **esqueleto apendicular** é formado por ossos que se ligam ao esqueleto axial e auxilia na sustentação e movimentação do corpo.

Cartilagem

O tecido cartilaginoso, ou cartilagem, é formado por substâncias como colágeno e proteínas.

A cartilagem sustenta os tecidos moles do corpo, como o nariz e as orelhas. Ela também está presente nas extremidades de ossos longos, entre as vértebras e na pelve, e pode ser encontrada nas pontas das costelas, nas fossas nasais, na traqueia, nos brônquios e em articulações, como joelho e cotovelo.

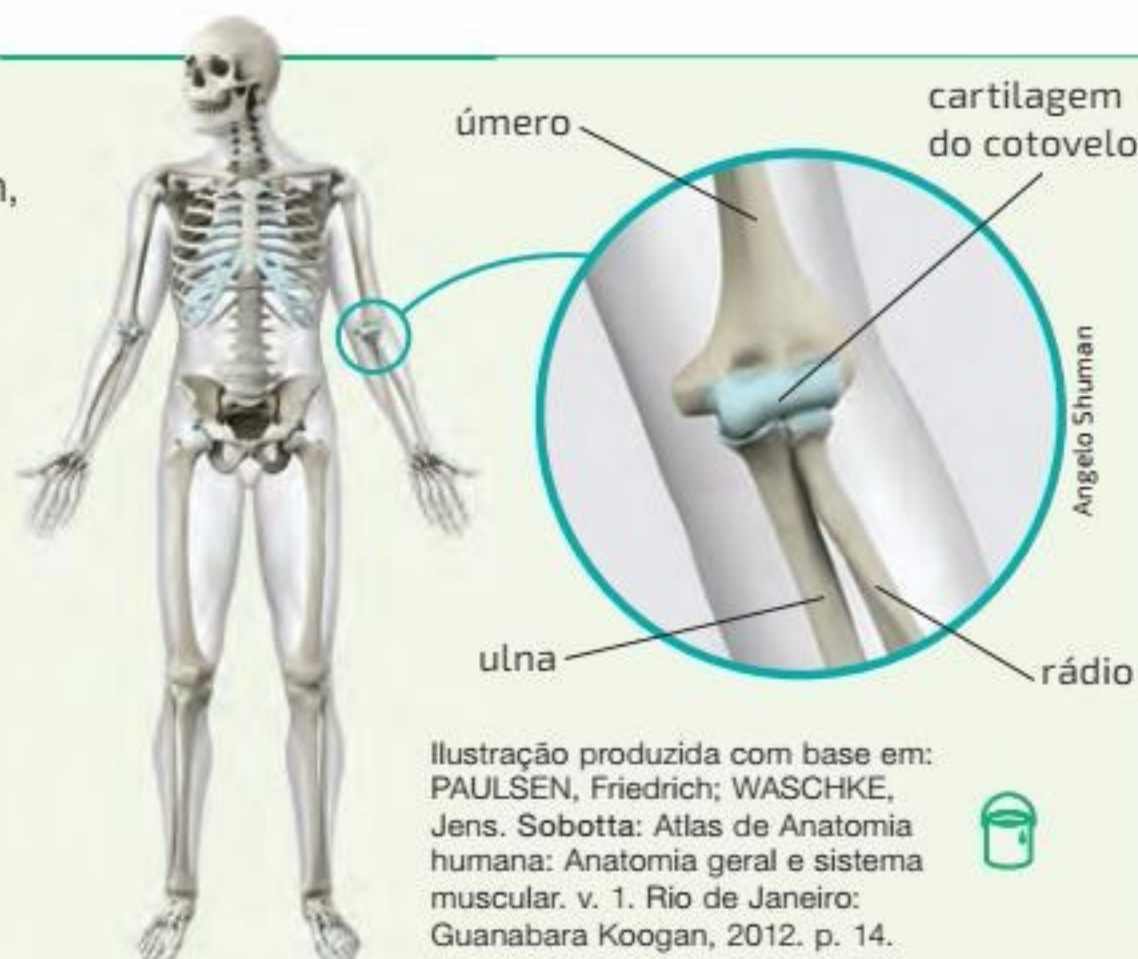


Ilustração produzida com base em: PAULSEN, Friedrich; WASCHKE, Jens. Sobotta: Atlas de Anatomia humana: Anatomia geral e sistema muscular. v. 1. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2012. p. 14.

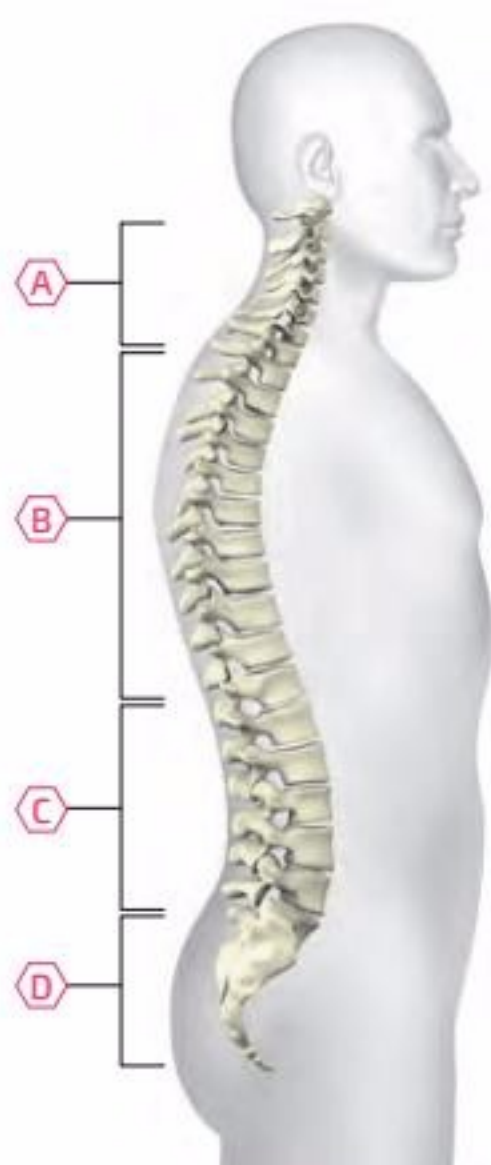


Biologia e Saúde



Desvios da coluna vertebral

Vários fatores podem causar os desvios na coluna. Entre eles, podemos citar problemas ósseos ou nas articulações, perda de massa óssea, má postura e excesso de massa corporal. Esses problemas, quando surgem na infância e não são corrigidos, persistindo até a fase adulta, podem resultar em dores, deformidades e prejuízos ao equilíbrio do corpo. Veja a seguir alguns desvios que geralmente ocorrem na coluna vertebral.



A coluna vertebral tem quatro curvaturas: cervical (A), torácica (B), lombar (C) e sacral (D).



A **cifose** é o desvio na curvatura torácica, que causa o arredondamento do tórax.



A **lordose** é o desvio na curvatura lombar, que causa uma depressão na parte inferior das costas.



A **escoliose** é um desvio lateral da coluna vertebral, que pode ocorrer tanto na curvatura torácica quanto na curvatura lombar.

Ilustrações: Angelo Shuman

4. Em relação à sua coluna vertebral, você considera que tem boa postura?

Resposta pessoal.

Ilustrações produzidas com base em: HERLIHY, B.; MAEBIUS, N. K. Anatomia e Fisiologia do corpo humano saudável e enfermo. Barueri: Manole, 2002. p. 122.

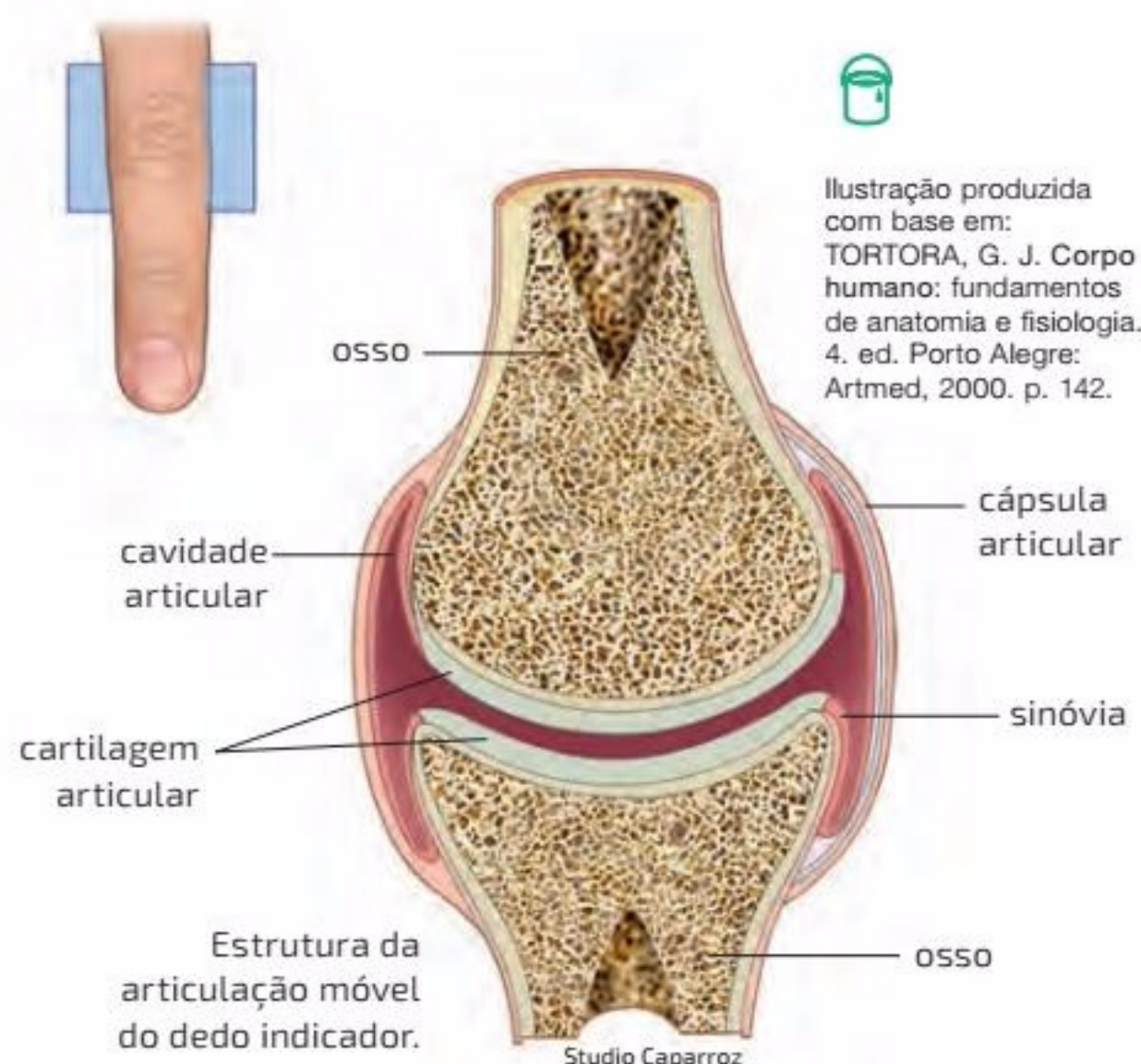
Articulações

As articulações são o ponto de contato de dois ou mais ossos, que permitem a movimentação do esqueleto e a união das estruturas ósseas. Elas proporcionam flexibilidade e protegem determinados órgãos e tecidos. Quanto ao grau de mobilidade que apresentam, as articulações podem ser classificadas em imóveis, semimóveis e móveis.

Nas articulações **imóveis** (também conhecidas como sinartroses), os ossos são unidos de maneira que o movimento praticamente não ocorre como nos pontos de encontro entre os ossos do crânio, chamados suturas. Nas articulações **semimóveis** (também denominadas anfiartroses), os ossos unem-se por meio de cartilagem, e elas permitem poucos movimentos, como os pontos de encontro entre as vértebras.

Nas articulações **móveis** (também chamadas diartroses), além de **cartilagem articular** ou **hialina**, há um pequeno espaço entre os ossos chamado **cavidade articular** ou **sinovial**, que reduz o atrito entre os ossos e absorve impactos. Circundando a articulação encontra-se a **cápsula articular**, formada de tecido conjuntivo. A membrana interna da cavidade articular produz um líquido denominado **sinóvia** ou líquido sinovial, que lubrifica a região reduzindo o atrito entre as articulações.

As articulações móveis apresentam grande mobilidade. A ligação do fêmur com a pelve, a ligação entre os ossos que formam os dedos, a articulação da região do joelho e a do cotovelo são alguns exemplos. Algumas articulações móveis apresentam **ligamentos**, feixes paralelos de tecido conjuntivo que contribuem para que os ossos se mantenham unidos. Essas estruturas conferem resistência e estabilidade às articulações.



Algumas articulações do corpo humano



Sistema muscular

O sistema muscular é composto pelos músculos esqueléticos, formados de tecido muscular estriado esquelético. Eles estão associados aos ossos e são responsáveis pela produção de movimento, pela manutenção da postura corporal, pela estabilidade das articulações, além de contribuir para a manutenção da temperatura adequada do corpo e para proteção dos órgãos internos.

Sistema muscular

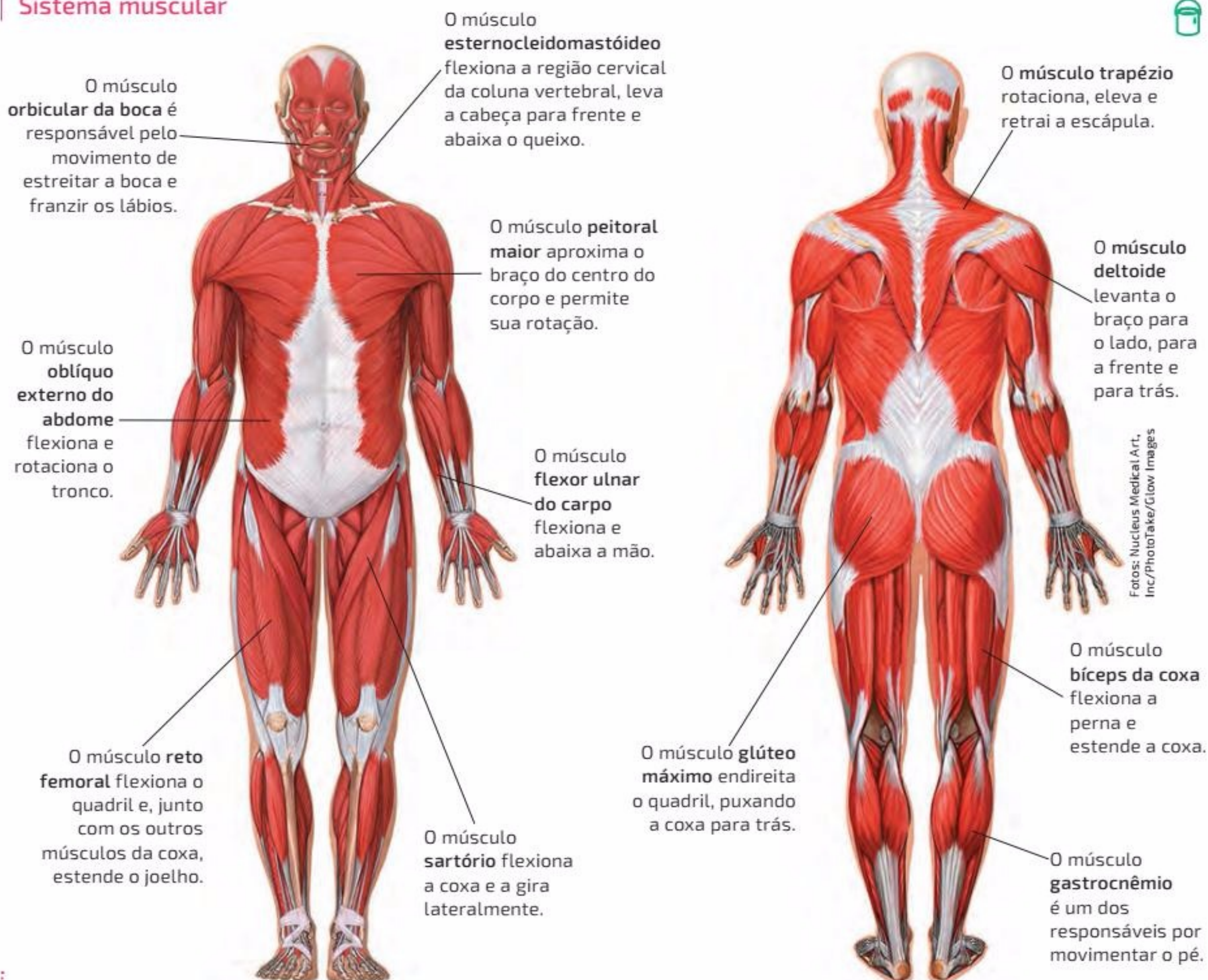
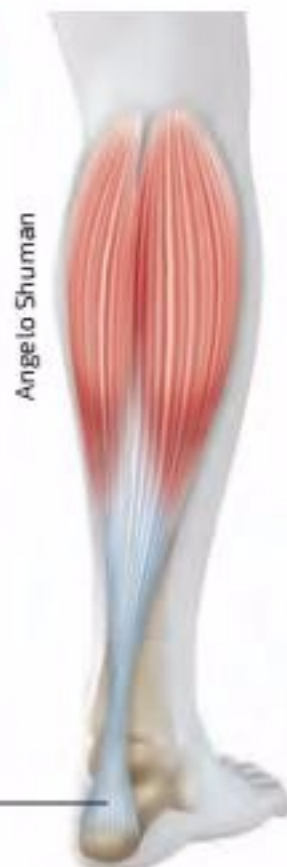


Ilustração produzida com base em: PAULSEN, Friedrich; WASCHKE, Jens. Sobotta: Atlas de Anatomia humana: Anatomia geral e sistema muscular. v. 1. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2012. p. 315.



tendão

Os músculos esqueléticos unem-se aos ossos por meio de estruturas chamadas **tendões**, formados por fibras de tecido conjuntivo.

O tendão calcâneo é popularmente conhecido como tendão de Aquiles. Segundo a mitologia grega, a deusa Tétis tinha filhos mortais e, inconformada com isso, mergulhou um de seus filhos (Aquiles) no rio Estige, segurando-o pelo calcanhar, para torná-lo invulnerável. Entretanto, o único ponto vulnerável do seu corpo era o calcâneo, por onde a mãe o segurou. Ele foi considerado um herói lendário na guerra de Troia, e morreu quando foi atingido com uma espada exatamente no tendão calcâneo.

Representação do tendão calcâneo.

Estruturas responsáveis pela movimentação do corpo humano

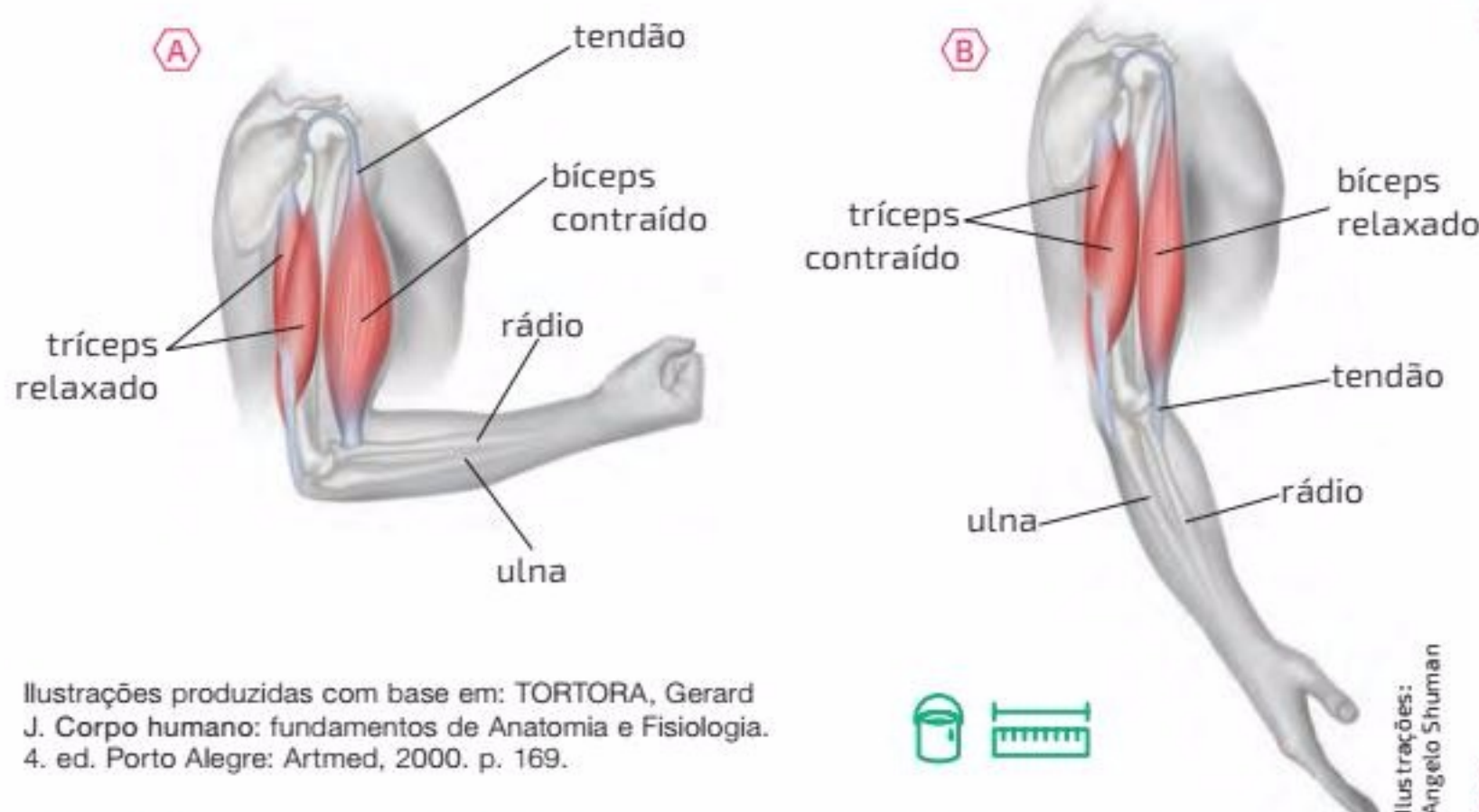
Quando os músculos se contraem ou relaxam, tracionam os tendões, que movimentam determinados ossos. As articulações atuam como ponto de apoio para o movimento dos ossos. Em conjunto, essas estruturas são responsáveis pela movimentação do corpo humano.

Em alguns movimentos, um músculo contrai e o outro relaxa. Exemplo disso são os movimentos de flexão e extensão do antebraço. Há movimentos em que dois ou mais músculos contraem e relaxam ao mesmo tempo, o que ocorre durante a mastigação, por exemplo.

Movimentação do braço

A Quando o antebraço realiza o movimento de flexão, o bíceps se contrai, diminuindo seu comprimento. O tendão puxa o rádio e segue em direção ao braço. Nesse momento, o bíceps contrai e o tríceps relaxa.

B Quando o antebraço realiza o movimento de extensão, o tríceps se contrai e, com isso, o tendão puxa a ulna. O antebraço se distancia do braço. Nesse movimento, o bíceps relaxa e o tríceps contrai, permitindo a execução do movimento.



Biologia e Saúde

Problemas na movimentação do corpo humano

Algumas condições que afetam músculos e articulações podem comprometer a movimentação eficiente do corpo e causar dor e desconforto. Movimentos simples como mover os dedos se tornam tarefas difíceis de serem executadas. A seguir, alguns exemplos.

A **tendinite** é uma inflamação do tendão que causa dor e inchaço. Pode afetar qualquer tendão do corpo, porém é mais comum nos ombros, cotovelos, punhos, joelhos e tornozelos. Ela é causada por uma sobrecarga no tendão, geralmente originada pela falta de alongamento muscular, por movimentos repetitivos, estresse e até mesmo por postura inadequada. A dor no tendão pode irradiar para toda a musculatura local, gerando espasmos (contrações musculares involuntárias) e fadiga. Se persistir por um longo período, pode causar a atrofia do músculo.


A **artrite** é uma inflamação da articulação, geralmente acompanhada de dor, inchaço e alterações estruturais. Ocorre com frequência nas articulações dos dedos. Entre os diversos tipos de artrite, o mais comum refere-se ao “desgaste pelo uso”, e resulta na degeneração da cartilagem articular. A artrite gotosa, também conhecida como gota, é um distúrbio metabólico no qual o excesso de ácido úrico no sangue se deposita nas articulações, formando cristais que destroem os tecidos articulares. A forma mais debilitante é a artrite reumatoide, que causa inflamação nas membranas sinoviais, tornando os movimentos rígidos e dolorosos.

A **artrose** é um desgaste dos tecidos das articulações causado pelo uso excessivo e pelo envelhecimento natural do corpo. Esses danos geram dores quando acometem a coluna vertebral e formam os chamados “bicos de papagaio”.




Veja as respostas das questões desta seção nas **Orientações para o professor**.

- Qual é a importância da pele para o corpo humano?
- As queimaduras são lesões que podem acometer a pele. Nas queimaduras de primeiro grau, a camada mais superficial da pele é atingida. As queimaduras de segundo grau atingem camadas mais internas da pele e podem formar bolhas. As de terceiro grau destroem todas as camadas e estruturas anexas, que perdem todas as suas funções. Sobre as camadas da pele, responda às questões a seguir.
 - No caderno, faça um esquema identificando as camadas da pele.
 - Em que camada da pele as estruturas anexas são encontradas?
 - Que camadas da pele são prejudicadas pelas queimaduras de primeiro, segundo e terceiro graus, respectivamente?
- Jovens e adolescentes frequentemente sofrem com o surgimento de acne no rosto, inflamação das glândulas sebáceas que se inicia na puberdade, quando as glândulas aumentam de tamanho e passam a produzir mais sebo. Sobre esse assunto, responda:
 - Em que camada da pele essas glândulas se localizam?
 - Qual é a importância das glândulas sebáceas para a pele?
- A osteoporose caracteriza-se pelo declínio da formação óssea e perda de tecido ósseo. Essas características resultam em ossos enfraquecidos, que sofrem fraturas com facilidade e é mais comum em pessoas acima de 50 anos de idade. Observe as ilustrações ao lado e responda às questões.



A

Ossos de pessoa sem osteoporose.



B

Ossos de pessoa com osteoporose.
- Entre atletas é muito comum a ocorrência de lesões em tendões e ligamentos. O rompimento do tendão calcâneo, por exemplo, pode acontecer quando há um aumento de intensidade na prática esportiva ou em uma simples torção no pé. Sobre isso, responda às questões abaixo.
 - O que é um tendão?
 - O que é um ligamento?
- Leia o trecho da reportagem abaixo e responda às questões.

Cientistas revelam o que acontece ao estalar os dedos

Pode estalar os dedos sossegado. Provavelmente nenhum dano será feito às articulações e o som pode até indicar a saúde das juntas. A descoberta é de uma equipe de pesquisadores da Universidade de Alberta, no Canadá, que revelou pela primeira vez com método científico o que acontece quando estalamos as juntas. Passando os dedos de um participante do estudo por uma máquina de ressonância magnética, o grupo descobriu que é a criação de uma “bolha” na substância que lubrifica as articulações que causa o barulho – e não o atrito entre os ossos. O estudo foi publicado nesta quarta-feira na revista *Plos One*.

[...]

CIENTISTAS revelam o que acontece ao estalar os dedos. Veja, São Paulo, 16 abr. 2015. Saúde. Disponível em: <<http://veja.abril.com.br/noticia/saude/cientistas-revelam-o-que-acontece-ao-estalar-os-dedos>>. Acesso em: 11 mar. 2016.

- Segundo o texto, qual é a origem do barulho característico do estalar dos dedos?
- Qual é a substância citada no texto? Onde ela se localiza?
- Qual é a importância das articulações na movimentação do corpo humano?

7. Reescreva as frases abaixo no caderno, substituindo as letras pelos termos corretos.
- A epiderme é composta de A, a derme é composta por tecido conjuntivo e possui B colágenas e elásticas, e a C, composta de tecido adiposo e conjuntivo.
 - Entre os anexos da pele estão os D, que protegem o corpo; as E, que secretam o suor, auxiliando na regulação da temperatura corporal; as F, que produzem sebo, e as G.
 - A cor da pele e dos pelos se deve à H, um pigmento encontrado na pele.
 - O I é representado pelos ossos da cabeça e do tronco, enquanto o J é representado pelos ossos dos membros e dos cíngulos.
 - As articulações são formadas por tecido conjuntivo K.
 - Os músculos estriados esqueléticos têm contração L, e atuam em conjunto aos M e N para proporcionar diferentes movimentos do corpo humano.

8. (Udesc-SC) A pele desempenha um papel importantíssimo para o ser humano, e na realidade é o maior órgão que este possui.

A Figura 1 representa um corte longitudinal de um pedaço da pele humana, em que foram destacadas algumas estruturas.

Assinale a alternativa correta com relação à pele humana.

- Em geral, os tecidos epiteliais apresentam na sua camada córnea células com pouca capacidade de divisão.
- A epiderme é composta por células mortas (queratinizadas).
- A derme é constituída por tecido conjuntivo, o qual garante a fixação e a nutrição da epiderme.
- A pele se constitui no principal tecido de revestimento dos animais.
- Os pelos, mostrados na figura, possuem sua origem a partir do tecido subcutâneo (adiposo).

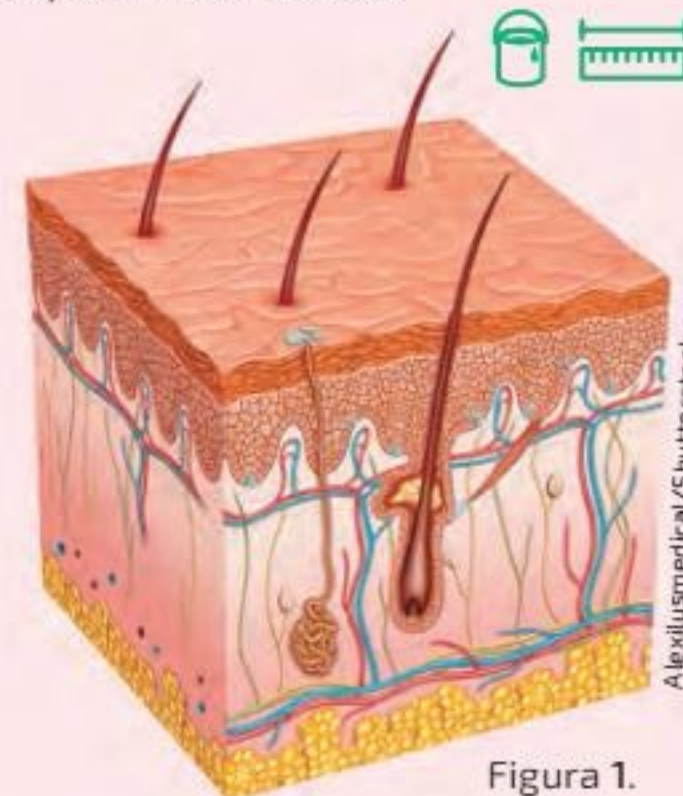


Figura 1.

9. (Udesc-SC) Ainda com relação à pele, mostrada na Figura 1, analise as proposições seguidas de uma justificativa (razão) que pode ou não confirmar a assertiva.

- Assertão: a pele tem a função de regular a temperatura corporal; razão: devido à presença das glândulas sudoríparas* e pela capacidade de dilatar ou contrair os vasos sanguíneos na derme.
- Assertão: a pele funciona como uma glândula endócrina; razão: existem glândulas sebáceas e sudoríparas na camada da derme.
- Assertão: a pele nos protege da radiação UV-A e UV-B; razão: existem células localizadas na camada mais externa que são queratinizadas e especializadas na produção de melanina.

Assinale a alternativa correta.

- A assertão I é correta; a razão é incorreta.
- A assertão II é correta; a razão também é correta.
- A assertão III é correta; a razão também é correta.
- A assertão I é correta; a razão também é correta.
- A assertão II é incorreta; a razão também é incorreta.

*Diga aos alunos que, no passado, as glândulas sudoríferas eram chamadas glândulas sudoríparas.

Refletindo sobre o capítulo

Veja as respostas das questões desta seção nas Orientações para o professor.

- Por que a pele é considerada um órgão?
- Considere a seguinte situação: Osvaldo foi ao médico após lesionar o joelho em um jogo de futebol com os amigos. Feitos e analisados os exames, o médico informou que houve ruptura no menisco (cartilagem presente no joelho) e, por isso, Osvaldo precisaria ser operado a fim de unir os ossos novamente. Se houve ruptura nessa região, que estruturas foram afetadas, tendões ou ligamentos? Justifique.
- Por que é importante alongar os músculos antes e após as atividades físicas?

Drogas são substâncias que comprometem tanto o funcionamento do corpo quanto o comportamento do usuário. Entre os maiores problemas do uso de drogas está a dependência química.

A **dependência química** é classificada como um transtorno psiquiátrico, uma doença crônica que pode ser tratada e controlada. Além disso, trata-se de um problema social, pois envolve diversas pessoas, de diferentes faixas etárias, etnias e classes sociais. Conforme a dependência química evolui, o indivíduo pode desenvolver insanidade e passa por uma mudança progressiva de comportamento. Muitos passam a cometer crimes para sustentar seu vício, prejudicando assim sua vida social. Sem um tratamento específico, é possível desenvolver um quadro de depressão grave, culminando até mesmo na morte do paciente.

Contudo, desde que o usuário reconheça a necessidade de receber ajuda, é possível tratar o vício a fim de deixar de usar substância química. É necessário levar em consideração, porém, o aspecto da vulnerabilidade de retornar à dependência, de maneira que o indivíduo deve constantemente estar em tratamento e receber apoio.

A respeito da parte central do sistema nervoso, as drogas podem ser classificadas em:

Drogas depressoras

Reduzem a atividade cerebral, causando sonolência e lentidão das atividades psicomotoras. Exemplos: álcool, opiáceos, tranquilizantes, entre outros.

Drogas estimulantes

Aumentam a atividade cerebral, causam euforia e insônia. Exemplos: cigarro, cocaína, entre outros.

Drogas perturbadoras

Relacionam-se a quadros de alucinações em que o cérebro passa a funcionar fora dos padrões normais. Exemplos: maconha, LSD, entre outros.

Uma das drogas depressoras mais comuns é o **álcool**, uma droga lícita, aceita socialmente, e que pode ser vendida para maiores de 18 anos. O efeito inicial parece ser estimulante porque causa euforia e desinibição. Contudo, depois ela se torna um agente depressor, podendo levar ao coma.



Um problema comum associado à ingestão de bebidas alcoólicas é dirigir embriagado. A combinação entre direção e embriaguez é a principal responsável pelos acidentes fatais no trânsito, e por isso tornou-se um crime previsto na legislação brasileira. Se um motorista que tiver ingerido álcool for flagrado, independentemente da concentração de álcool no sangue, ele pode ter sua carteira de motorista apreendida, além de ser multado e perder o direito de dirigir por um ano. A situação é ainda mais grave se o motorista nessas condições se envolver em algum acidente de trânsito que resulte em pessoa ferida. Ele poderá ser detido e responderá por lesão corporal dolosa, ou seja, quando há intenção de matar.

A ingestão de álcool reduz a coordenação motora e os reflexos. Pessoas sob efeito de álcool não devem dirigir nem operar máquinas.

Outra droga depressora é a heroína, derivada do ópio (opiáceo), uma substância extraída da papoula. Trata-se de uma droga semissintética que tem ação analgésica, inibindo sensações como a dor. Ela também pode causar depressão dos sistemas respiratório e circulatório, perda de consciência por causa da baixa oxigenação dos tecidos, coma e até a morte.

Como causa forte dependência química, quando o usuário para de consumir heroína, ele passa por quadros de abstinência dolorosos, com náusea, vômitos, diarreia, câimbras, entre outros sintomas que podem durar até 12 dias.

O **tabaco** também é classificado como substância tóxica, embora seus derivados sejam socialmente muito aceitos e consumidos. Tempos atrás, a mídia veiculava a imagem de que os fumantes de cigarro eram pessoas felizes e livres, o que contribuiu para aumentar significativamente o consumo de cigarros nas gerações seguintes.

Por ser uma droga estimulante, o tabaco ameniza o humor e reduz o apetite. Sua rápida ação no corpo humano – a fumaça do cigarro entra no sistema respiratório e alcança o cérebro em apenas nove segundos – eleva a pressão arterial, acelera os batimentos cardíacos e aumenta a frequência respiratória. Além de causar dependência química, o cigarro desencadeia diversos problemas de saúde, como pneumonia, infarto do miocárdio, bronquite, úlceras digestivas, enfisema pulmonar e acidente vascular cerebral. Também está associado ao desenvolvimento de diversos tipos de câncer, como o de boca, de pulmão, de laringe, de faringe, de esôfago e de estômago.

A **maconha** é uma droga basicamente alucinógena, que causa efeitos físicos e psíquicos, entre eles, boca seca, taquicardia, vontade de rir, suor nas mãos, perda do controle mental e da noção de espaço e tempo. O consumo contínuo leva a perdas de memória, delírios e alucinações. Há também comprovações científicas que associam a esterilidade masculina ao uso crônico dessa droga porque ela inibe a produção de testosterona. No Brasil, as formas mais comuns de se consumir maconha é usando suas folhas e seus brotos secos, sua resina (haxixe) ou sua forma líquida (*bhang*).

A **cocaína** é uma droga cujo consumo é um dos mais preocupantes no Brasil. Ela é traficada na forma de pó. É comercializada também em forma de pasta, recebendo o nome merla, e na forma de pedra, conhecida como *crack*. Os efeitos estimulantes, como excitação, hiperatividade, insônia, redução do cansaço e falta de apetite, surgem em poucos minutos e duram por até 45 minutos. A sensação que proporciona leva o usuário a utilizá-la com mais frequência e em doses cada vez maiores, causando rápida dependência química.

Outra droga perturbadora, sintética, que tem sido muito consumida entre os jovens é o **LSD**, que pode causar alucinações que duram até 12 horas. Seus efeitos causam ampliação na capacidade de perceber cores e alterações nos sons, além do fenômeno da sinestesia, que é a mistura dos sentidos. Essa droga também altera a percepção de espaço e de tempo.

Veja as respostas das questões desta seção nas **Orientações para o professor**.

- a) Junte-se a um colega para pesquisarem uma reportagem sobre alguém que tenha sido dependente químico de uma das drogas citadas no texto. Depois, apresentem-na aos colegas e discutam sobre as atitudes desse indivíduo para deixar de consumir a substância da qual foi dependente.
- b) Em sua opinião, quais são os fatores que motivam os jovens a consumir drogas?
- c) Leia a frase a seguir.

“Além de todos os problemas citados, o narcotráfico (tráfico de drogas) lucra bilhões de dólares todos os anos, levando milhões de pessoas à dependência química e à morte.”

Converse sobre essa frase com seus colegas.

- d) Junte-se a três colegas para elaborarem um folheto explicando as diferenças entre as drogas, o que elas causam e por que devemos evitar a dependência química.
- e) Com os outros colegas de turma, promovam uma palestra a fim de conscientizar alunos e professores da escola da importância do combate às drogas.



Para ler



- **Árvore da Vida – a inacreditável biodiversidade da vida na Terra**, de Rochelle Strauss. 2. ed. São Paulo: Melhoramentos, 2011.
- **Atlas ilustrado do corpo humano – mágico**. São Paulo: Ciranda Cultural, 2012.
- **Cada minuto na Terra**, de Steve Murrie e Matthew Murrie. São Paulo: Panda Books, 2009.
- **Como funciona o incrível corpo humano**, de Richard Walker. São Paulo: Companhia das Letrinhas, 2008.
- **Como o corpo funciona**, de David Macaulay. São Paulo: WMF, 2011.

O livro apresenta a formação do corpo humano desde uma única célula até os complexos sistemas que elas formam. De forma dinâmica, ele mostra as ações rotineiras dos seres humanos que envolvem o funcionamento do corpo humano, mas que não são pensadas constantemente. Nas ilustrações, é possível ver tudo que ocorre no corpo humano enquanto respiramos, comemos, vemos, ouvimos, falamos e ainda como nosso organismo reage em dadas circunstâncias, como na presença de um patógeno. Dessa maneira, o autor conduz uma relação entre o funcionamento interno do corpo e o que acontece no mundo externo.
- **Espectáculos da vida**, de Beatriz Helena de Assis Pereira. São Paulo: Callis, 2011. (Coleção Arte com Ciência).
- **Eu quero saber – o corpo humano**. São Paulo: Leya Brasil, 2012.
- **Microterrores: o guia completo das infecções bacterianas, virais e fúngicas que ameaçam a nossa saúde**, de Tony Hart. São Paulo: Ciranda Cultural, 2009.
- **Na medida**, de Steve Jenkins. São Paulo: Ática, 2009.
- **O incrível livro do corpo humano segundo Dr. Frankenstein: A verdade monstruosa sobre o funcionamento do nosso organismo**, de Richard Walker. São Paulo: Publifolha, 2010.
- **O mundo das plantas**, de Rosicler Martins Rodrigues. São Paulo: Moderna, 2013.
- **Pequenas maravilhas: como os micróbios governam o mundo**, de Idan Ben-Barak. Rio de Janeiro: Jorge Zahar, 2010.
- **Pequenos seres vivos**, de Gilberto Rodrigues Martho. 12. ed. São Paulo: Ática, 2004.
- **Pílulas azuis**, de Frederik Peeters. São Paulo: Nemo, 2010.

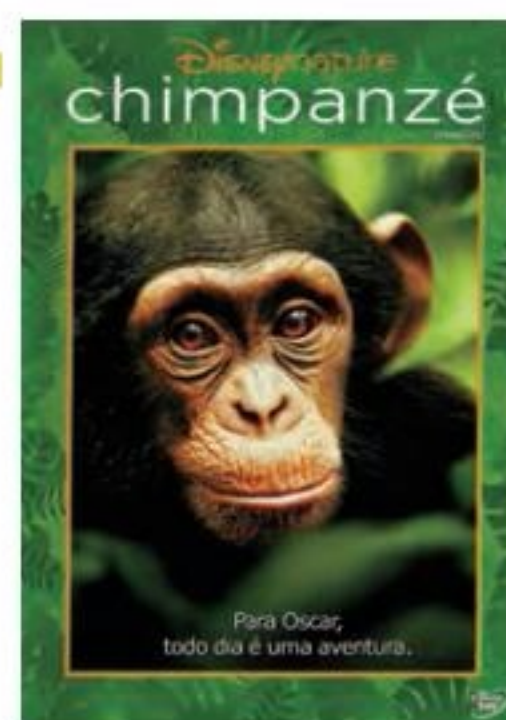
- **Por dentro do sistema imunológico**, de Paulo Ferreira da Cunha. 12. ed. São Paulo: Atual, 2002.
- **Sub – Viagem ao Brasil submarino**, de Maristela Colucci. São Paulo: Grão, 2009.
- **Tudo Sobre o Corpo Humano – uma viagem através dos segredos desta maravilhosa máquina viva**. Blumenau: Vale das Letras, 2010.
- **Vida na Terra – conhecer para proteger**, de Rosicler Martins Rodrigues. São Paulo: Moderna, 2013.



Para assistir

Chimpanzé. Direção de Alastair Fothergill e Mark Linfield, 2012. The Walt Disney Company (Brasil) Ltda., Estados Unidos e Tanzânia. (78 min.)

Esse documentário mostra o comportamento de um grupo de chimpanzés, entre eles Oscar, que há três anos perdeu sua mãe em um conflito com outro grupo de chimpanzés. No filme, é possível observar o macho alfa, o carinho da mãe com os filhotes e a rejeição de uma adoção. Os diretores estudaram esse grupo de primatas por aproximadamente 30 anos e fizeram imagens reais de como acontece a interação social de 35 chimpanzés pertencentes a esse grupo. A hierarquia desses animais, sua biologia e comportamento podem ser analisados nesse documentário.



Filme de Alastair Fothergill e Mark Linfield. Chimpanzé. EUA e Tanzânia, 2012

Contágio. Direção de Steven Soderbergh, 2011. Warner Bros, Estados Unidos, França e Reino Unido. (106 min.)

O filme conta a história de uma pandemia causada por um vírus, o qual é inspirado em um vírus real que atinge morcegos e porcos. Ele aborda características da contaminação e da prevenção da doença, servindo como exemplo para muitas outras causadas por vírus. Além disso, retrata o desenvolvimento de uma vacina, que é uma das formas de combate à contaminação. É possível observar também como a disseminação de doenças causadas por vírus é rápida, e como os seres vivos estão expostos ao contágio.



Filme de Steven Soderbergh. Contágio. EUA, 2011

Grande balé vermelho: o mistério dos flamingos. Direção de Matthew Aeberhard e Leander Ward, 2008. The Walt Disney Company (Brasil) Ltda., Estados Unidos, França e Reino Unido. (77 min.)

O documentário mostra imagens do desenvolvimento dos flamingos, desde seu nascimento até a fase adulta, tornando possível observar as mudanças em seu corpo. Além disso, aponta as dificuldades encontradas na sobrevivência dessa espécie, o cuidado parental na busca por alimento, o acasalamento, o aprendizado do voo e a predação.



Filme de Matthew Aeberhard e Leander Ward. Grande balé vermelho: o mistério dos flamingos. EUA, França e Reino Unido, 2008

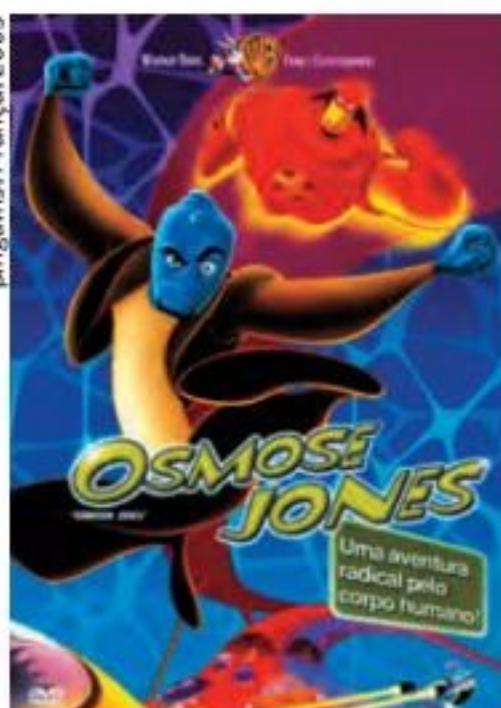
Filme de Ken Kwapis. O grande milagre. EUA e Reino Unido, 2012



- **O grande milagre.** Direção de Ken Kwapis, 2012. Paramount Pictures Brasil, Estados Unidos e Reino Unido. (107 min.)

Esse filme retrata três baleias que ficaram presas sob o gelo e dependem de pequenos buracos ainda existentes na camada de gelo para respirar. Ele mostra ainda uma espécie de mamífero cetáceo e suas estruturas adaptadas ao ambiente aquático.

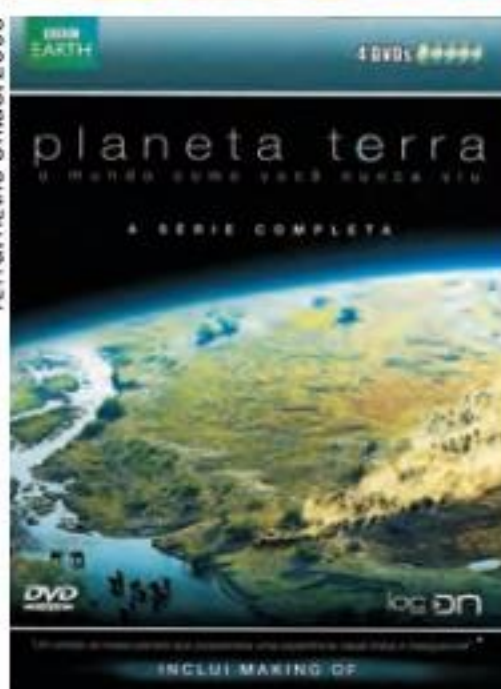
Filme de Luc Jacquet. A marcha dos pinguins. França, 2005



- **Osmose Jones.** Direção de Peter Farrelly e Bobby Farrelly, 2002. Warner Home Vídeo Ltda., Estados Unidos. (96 min.)

O filme mostra a história de Frank, que é contaminado por um vírus. Por meio de animação, são retratadas células e substâncias do organismo que reagem ao agente estranho, como os remédios agem no corpo humano, e outras respostas do corpo humano a câimbras e espinhas.

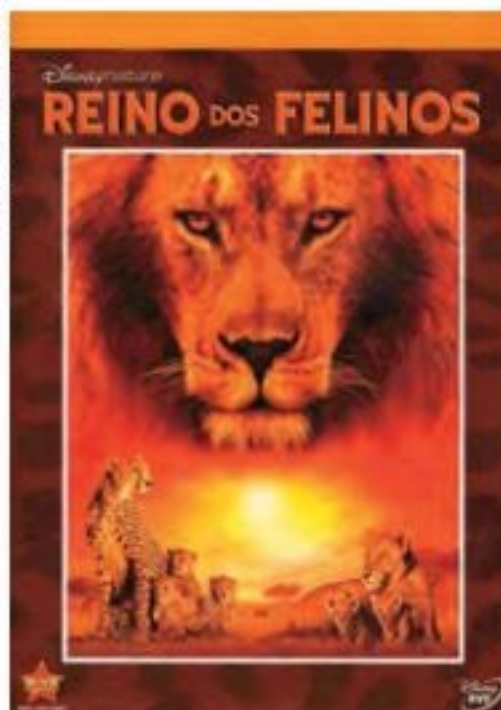
Filme de Alastair Fothergill. Planeta Terra. Reino Unido, 2006



- **Planeta Terra.** Direção de Alastair Fothergill e Keith Scholey, 2006. BBC, Reino Unido. (450 min.)

Esse documentário, dividido em 11 episódios e quatro DVDs, mostra detalhadamente a interação de seres vivos no planeta Terra, desde plantas até animais, seus habitats, sua alimentação, nascimento, desenvolvimento e morte.

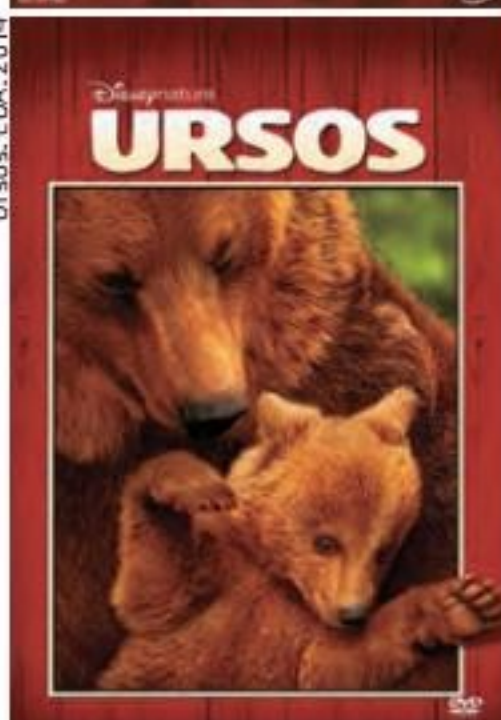
Filme de Alastair Fothergill e Keith Scholey. Reino dos felinos. EUA, 2011



- **Reino dos felinos.** Direção de Alastair Fothergill e Keith Scholey, 2014. The Walt Disney Company (Brasil) Ltda., Estados Unidos. (89 min.)

Nesse documentário, duas espécies diferentes de felinos são observadas, o local em que vivem, as estratégias de alimentação, as disputas por território, o cuidado com os filhotes e os desafios encontrados para a sobrevivência.

Filme de Alastair Fothergill e Keith Scholey. Ursos. EUA, 2014



- **Ursos.** Direção de Alastair Fothergill e Keith Scholey, 2014. The Walt Disney Company (Brasil) Ltda., Estados Unidos. (77 min.)

O documentário apresenta o comportamento dos ursos em disputas por recursos, o cuidado com os filhotes e a alimentação. Por apresentar imagens reais, é possível refletir sobre o habitat e a morfologia desse animal.

Espaços não formais de ensino-aprendizagem

Região Norte

Amazonas

- **Bosque da Ciência - INPA**
R. Otávio Cabral s/n
Manaus – AM
e-mail: bosque@inpa.gov.br
site: <<http://tub.im/3f9joc>>

Pará

- **Jardim Zoobotânico da Amazônia**
Av. Almirante Barroso, 2 305
Belém – PA
site: <<http://tub.im/bo2ii4>>

- **Museu Goeldi**
Av. Magalhães Barata, 376
Belém – PA
e-mail: sic@museu-goeldi.br
site: <<http://tub.im/24j84v>>

Região Nordeste

Alagoas

- **Museu de História Natural - UFAL**
Av. Amazonas s/n
Maceió – AL
e-mail: mhnufal@gmail.com
site: <<http://tub.im/9e49bt>>
- **Usina Ciências - UFAL**
Av. Aristeu de Andrade, 452
Maceió – AL
e-mail: usinaciencia@gmail.com
site: <<http://tub.im/74gxdm>>

Bahia

- **Jardim Botânico de Salvador**
Av. São Rafael s/n
Salvador – BA
site: <<http://tub.im/4pt8ts>>
- **Zoológico de Salvador**
R. Alto da Ondina s/n
Salvador – BA
e-mail: zoo.educar@inema.ba.gov.br
site: <<http://tub.im/99dn8o>>

Pernambuco

- **Centro Nacional de Pesquisa e Conservação de Mamíferos Aquáticos**
Est. do Forte Orange s/n
Itamaracá – PE
site: <<http://tub.im/aoeygc>>

Rio Grande do Norte

- **Aquário Natal**
Av. Litorânea, 1 091
Extremoz – RN
site: <<http://tub.im/9zkn4h>>
- **Museu de Ciências Morfológicas-UFRN**
Av. Senador Salgado Filho, 3 000
Natal – RN
site: <<http://tub.im/8pa574>>

Sergipe

- **Oceanário de Aracaju**
Av. Santos Dumont, 1 010
Aracaju – SE
site: <<http://tub.im/tjj2fx>>

Região Centro-Oeste

Distrito Federal

- **Fundação Jardim Zoológico de Brasília**
Av. das Nações s/n
Brasília – DF
e-mail: atendimento.dicam@gmail.com
site: <<http://tub.im/b42je6>>
- **Jardim Botânico de Brasília**
SMDB Conj. 12 s/n
Brasília – DF
e-mail: diex@jbb.df.gov.br
site: <<http://tub.im/nvr5hb>>

- **Museu de Anatomia Humana da UnB**
Est. Parque das Nações s/n
Brasília – DF
e-mail: mah@unb.br

Goiás

- **Museu Carpológico do Jardim Botânico Amália Hermano Teixeira**
Al. Jardim Botânico, Quadra 109 s/n
Goiânia – GO

Região Sudeste

Espírito Santo

- **Museu de Biologia Professor Mello Leitão/ Instituto Nacional da Mata Atlântica**
Av. José Ruschi, 4
Santa Teresa – ES
site: <<http://tub.im/uetss6>>

Minas Gerais

- **Aquário da Bacia do Rio São Francisco**
Av. Otacílio Negrão de Lima, 8 000
Belo Horizonte – MG
- **Museu de Ciências Naturais**
Av. Dom José Gaspar, 290
Belo Horizonte – MG
e-mail: mcn.educacao@pucminas.br
- **Museu de História Natural e Jardim Botânico da UFMG**
Av. Gustavo da Silveira, 1 035
Belo Horizonte – MG
e-mail: jardimbotanico@mhnjb.ufmg.br
site: <<http://tub.im/cz6rwr>>
- **No Mundo das Águas**
R. Montes Claros, 322
Belo Horizonte – MG
e-mail: diretoria@nomundodasaguas.com
site: <<http://tub.im/jk74we>>

Rio de Janeiro

- **Centro Cultural Ministério da Saúde**
Praça Marechal Âncora, 95
Rio de Janeiro – RJ
e-mail: ccms@ccms.saude.gov.br
site: <<http://tub.im/ghzqp8>>

- **Espaço Ciência Viva**
Av. Heitor Beltrão, 321
Rio de Janeiro – RJ
e-mail: museu@cienciaviva.org.br
site: <<http://tub.im/279ars>>
- **Espaço da Ciência “Maria de Lourdes Coelho Anunciação” de São João da Barra**
Av. Atlântica s/n
São João da Barra – RJ

São Paulo

- **Acqua Mundo**
Av. Miguel Estéfano, 2 001
Guarujá – SP
e-mail: assessoria@acquamundo.com.br
site: <<http://tub.im/7n474w>>
- **Aquário de Aparecida do Norte**
Av. Getúlio Vargas s/n
Aparecida do Norte – SP
- **Aquário de Peruíbe**
Av. Governador Mário Covas Júnior, 204
Peruíbe – SP
e-mail: contato@aquariodeperuibe.com.br
- **Aquário de São Paulo**
R. Huet Bacelar, 407
São Paulo – SP
e-mail: sav@aquariodesaopaulo.com.br
- **Aquário de Ubatuba**
R. Guarani, 859
Ubatuba – SP
e-mail: staff@aquariodeubatuba.com.br
site: <<http://tub.im/w5ob58>>

- **Aquário Municipal de Santos**
Av. Bartolomeu de Gusmão s/n
Santos – SP
e-mail: setur@santos.sp.gov.br
site: <<http://tub.im/pqyqqz>>
- **Instituto Butantan**
Av. Vital Brasil, 1 500
São Paulo – SP
e-mail: museumicrobiol@butantan.gov.br
site: <<http://tub.im/brf9bz>>

- **Museu Escola do Instituto de Biociências da Unesp de Botucatu**
R. Prof. Dr. Antônio Celso Wagner Zanin s/n
Botucatu – SP
e-mail: awasko@ibb.unesp.br
site: <<http://tub.im/8w3zw8>>

Região Sul

Paraná

- **Aquário Marinho de Paranaguá**
R. João Régis s/n
Paranaguá – PR
e-mail: ambiental@aquariodeparanagua.com.br
- **Jardim Botânico Municipal Francisca Maria Grafunkel Rischbieter**
Av. Engenheiro Ostoja Roguski s/n
Curitiba – PR
site: <<http://tub.im/7za8y6>>
- **Museu de Anatomia da PUC-PR**
R. Imaculada Conceição, 1 155
Curitiba – PR
- **Museu de Ciência e Tecnologia de Londrina**
Rod. Celso Garcia Cid PR-445
Londrina – PR
site: <<http://tub.im/tf58tj>>
- **Museu de História Natural Capão da Imbuia**
R. Benedito Conceição, 407
Curitiba – PR
- **Museu e Aquário Marinho Itinerante Cristina Portela**
R. Henrique Correia, 350
Curitiba – PR

Rio Grande do Sul

- **Fundação Zoobotânica**
R. Dr. Salvador França 1 427
Porto Alegre – RS
e-mail: comunica@fzb.rs.gov.br
site: <<http://tub.im/fw6qo9>>
- **Jardim Botânico - UFSM**
Av. Roraima, 1 000
Santa Maria – RS
e-mail: adm.jbsm@gmail.com
site: <<http://tub.im/s2qjh8>>

- **Museu de Anatomia - UFCSPA**
R. Sarmiento Leite, 245
Caxias do Sul – RS
- **Museu de Ciências e Tecnologia - PUC-RS**
Av. Ipiranga, 6 681
Porto Alegre – RS
e-mail: mct@pucrs.br
site: <<http://tub.im/nr7zcc>>
- **Museu de Ciência Naturais**
R. Francisco Getúlio Vargas, 1 130
Caxias do Sul – RS
e-mail: etverona@usc.br
site: <<http://tub.im/kififn>>

Santa Catarina

- **Jardim Botânico Municipal de São José**
R. Acelino Pereira, Quadra 22
São José – SC
- **Parque Zoobotânico**
R. Manoel Tavares s/n
Brusque – SC
- **Zoo Pomerode**
R. Hermann Weege, 180
Pomerode – SC
site: <<http://tub.im/jg8id9>>

Bibliografia

ABBAS, Abul K.; LICHTMAN, Andrew; PILLAI, Shiv. **Imunologia básica**: funções e distúrbios do sistema imunológico. 4. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2013.

BRUSCA, Richard C.; BRUSCA, Gary J. **Invertebrados**. 2. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2007.

CAMPBELL, Neil A.; REECE, Jane B. **Biology**. 8. ed. San Francisco: Pearson Benjamin Cummings, 2008.

DANGELO, José Geraldo; FATTINI, Carlos Américo. **Anatomia humana**: sistêmica e segmentar. 3. ed. São Paulo: Atheneu, 2007.

GUYTON, Arthur C. **Tratado de Fisiologia médica**. 8. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1992.

HERLIHY, Barbara; MAEBIUS, Nancy K. **Anatomia e Fisiologia do corpo humano saudável e enfermo**. Barueri: Manole, 2002.

HICKMAN Jr., Cleveland P. et al. **Princípios integrados de Zoologia**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2009.

HILDEBRAND, Milton. **Análise da estrutura dos vertebrados**. São Paulo: Atheneu, 1995.

JOLY, Aylthon Brandão. **Botânica**: introdução à taxonomia vegetal. 13. ed. São Paulo: Nacional, 2005.

MARGULIS, Lynn; SCHWARTZ, Karlene V. **Cinco reinos**: um guia ilustrado dos filos da vida na Terra. 3. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2001.

MAYR, Ernst. **Isto é Biologia**: a ciência do mundo vivo. São Paulo: Companhia das Letras, 2008.

ORR, Robert T. **Biologia dos vertebrados**. 5. ed. São Paulo: Roca, 2000.

PARKER, Steve. **O livro do corpo humano**. Londres/São Paulo: DK/Ciranda Cultural, 2007.

PAULSEN, Friedrich; WASCHKE, Jens. **Sobotta**: atlas de Anatomia humana. 23. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2012. 3 v.

POUGH, F. Harvey et al. **A vida dos vertebrados**. 3. ed. São Paulo: Atheneu, 2003.

PURVES, William K. et al. **Vida**: a ciência da Biologia. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2001.

RANDALL, David.; BURGGREN, Warren; FRENCH, Kathleen. **Eckert, Fisiologia animal**: mecanismos e adaptações. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2014.

RAVEN, Peter H.; EVERT, Ray, F.; EICHHORN, Susan E. **Biologia vegetal**. 6. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2001.

RAY, Luís. **Parasitologia**: parasitos e doenças parasitárias do homem nos trópicos ocidentais. 4. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2008.

RONAN, Colin A. **História ilustrada da Ciência**. Rio de Janeiro: Zahar, 2002. 4 v.

RUPPERT, Edward E. et al. **Zoologia dos invertebrados**: uma abordagem funcional-evolutiva. 7. ed. São Paulo: Roca, 2005.

SCHAECHTER, Moselio. et al. **Microbiologia**: Mecanismos das Doenças Infecciosas. 3. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2002.

SCHMIDT-NIELSEN, Knut. **Fisiologia animal – adaptação e meio ambiente**. 5. ed. São Paulo: Santos, 2002.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE ANATOMIA. **Terminologia anatômica internacional**. Barueri: Manole, 2001.

STORER, Tracy I. et al. **Zoologia geral**. 6. ed. São Paulo: Nacional, 2000.

TAIZ, Lincoln e ZEIGER, Eduardo. **Fisiologia vegetal**. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2004.

TORTORA, Gerard J. **Corpo humano**: fundamentos de Anatomia e Fisiologia. 4. ed. Porto Alegre: Artes Médicas Sul, 2000.

TORTORA, Gerard J.; FUNKE, Berdell R.; CASE, Christine L. **Microbiologia**. 8. ed. Porto Alegre: Artmed, 2008.

TRABULSI, Luiz Rachid; ALTERTHUM, Flávio. **Microbiologia**. 5. ed. São Paulo: Atheneu, 2008.

VINAY, Kumar. **Robbins**: Patologia básica. Rio de Janeiro: Elsevier, 2013.

Lista de siglas

Enem ► Exame Nacional do Ensino Médio

Famema-SP ► Faculdade de Medicina de Marília

Furg-RS ► Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Fuvest-SP ► Fundação Universitária para o Vestibular

Mackenzie-SP ► Universidade Presbiteriana Mackenzie

PUC-SP ► Pontifícia Universidade Católica de São Paulo

Udesc-SC ► Universidade do Estado de Santa Catarina

Uece ► Universidade Estadual do Ceará

UEL-PR ► Universidade Estadual de Londrina

UEM-PR ► Universidade Estadual de Maringá

UERJ ► Universidade do Estado do Rio de Janeiro

Ufes ► Universidade Federal do Espírito Santo

UFG-GO ► Universidade Federal de Goiás

UFGD-MS ► Universidade Federal da Grande Dourados

Ufla-MG ► Universidade Federal de Lavras

UFMG ► Universidade Federal de Minas Gerais

UFPR ► Universidade Federal do Paraná

UFRN ► Universidade Federal do Rio Grande do Norte

UFSC ► Universidade Federal de Santa Catarina

UFT ► Universidade Federal do Tocantins

UFV-MG ► Fundação Universidade Federal de Viçosa

Unesp-SP ► Universidade Estadual Paulista