



Sérgio Linhares • Fernando Gewandsznajder • Helena Pacca

# Biologia Hoje

Os seres vivos

Manual do  
Professor

# 2

**ea**  
editora ática

Biologia - Ensino Médio



Sérgio Linhares • Fernando Gewandsznajder • Helena Pacca

# Biologia Hoje

Os seres vivos

Manual do  
Professor

## Sérgio Linhares

Bacharel e licenciado em História Natural pela Universidade do Brasil (atual UFRJ)

Foi professor de Biologia Geral na Universidade do Brasil (atual UFRJ) e de Biologia no Colégio Pedro II, Rio de Janeiro (Autarquia Federal – MEC)

## Fernando Gewandsznajder

Licenciado em Biologia pelo Instituto de Biologia da Universidade Federal do Rio de Janeiro

Mestre em Educação pelo Instituto de Estudos Avançados em Educação da Fundação Getúlio Vargas do Rio de Janeiro

Mestre em Filosofia pela Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro

Doutor em Educação pela Faculdade de Educação da Universidade Federal do Rio de Janeiro

Foi professor de Biologia e Ciências no Colégio Pedro II, Rio de Janeiro (Autarquia Federal – MEC)

## Helena Pacca

Bacharela e licenciada em Ciências Biológicas pelo Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo

Possui experiência como editora de livros didáticos de Ciências e Biologia

3ª EDIÇÃO  
SÃO PAULO • 2016

ea  
editora ática

2

Biologia - Ensino Médio



**editora ática**

**Diretoria editorial**  
Lidiane Vivaldini Olo

**Gerência editorial**  
Luiz Tonolli

**Editoria de Biologia e Química**  
Isabel Rebelo Roque

**Edição**  
Felipe Capeli, Marcela Pontes

**Gerência de produção editorial**  
Ricardo de Gan Braga

**Arte**  
Andréa Dellamagna (coord. de criação),  
Erik TS (progr. visual de capa e miolo),  
André Gomes Vitale (coord.),  
Claudemir Camargo Barbosa (edição)  
e Casa de Tipos (diagram.)

**Revisão**  
Hélia de Jesus Gonsaga (ger.),  
Rosângela Muricy (coord.), Ana Curci,  
Ana Paula Chabaribery Malfa, Célia da Silva Carvalho,  
Luís Maurício Boa Nova, Heloísa Schiavo,  
Brenda Morais e Gabriela Miragaia (estagiárias)

**Iconografia**  
Sílvio Kligin (superv.), Denise Durand Kremer (coord.),  
Jad Silva (pesquisa), Cesar Wolf e  
Fernanda Crevin (tratamento de imagem)

**Ilustrações**  
Casa de Tipos, Hiroe Sasaki, Ingeborg Asbach,  
Joel Bueno, Luis Moura, Luiz Iria, Maspi,  
Mauro Nakata e Osni de Oliveira

**Cartografia**  
Eric Fuzii, Márcio Souza

**Foto da capa:** Detalhe das penas de uma araracanga  
(*Ara macao*, cerca de 90 cm de comprimento).  
Roberto A Sanchez/Shutterstock

**Protótipos**  
Magali Prado

Direitos desta edição cedidos à Editora Ática S.A.  
Avenida das Nações Unidas, 7221, 3ª andar, Setor A  
Pinheiros – São Paulo – SP – CEP 05425-902  
Tel.: 4003-3061  
www.atica.com.br / editora@atica.com.br

**2016**

ISBN 9788508 17957 2 (AL)  
ISBN 9788508 17958 9 (PR)  
Cód. da obra CL 713356  
CAE 566 203 (AL) / 566 204 (PR)

3ª edição  
1ª impressão  
Impressão e acabamento



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

Linhares, Sérgio  
Biologia hoje / Sérgio Linhares, Fernando  
Gewandsznajder, Helena Pacca. -- 3. ed. --  
São Paulo : Ática, 2016.

Obra em 3 v.  
Conteúdo: V.1. Citologia, reprodução e  
desenvolvimento, histologia e origem da vida --  
v.2. Os seres vivos -- v.3. Genética, evolução e  
ecologia.  
Bibliografia.

1. Biologia (Ensino médio) I. Gewandsznajder,  
Fernando. II. Pacca, Helena. III. Título.

16-02047

CDD-574.07

**Índices para catálogo sistemático:**

1. Biologia : Ensino médio 574.07

# APRESENTAÇÃO

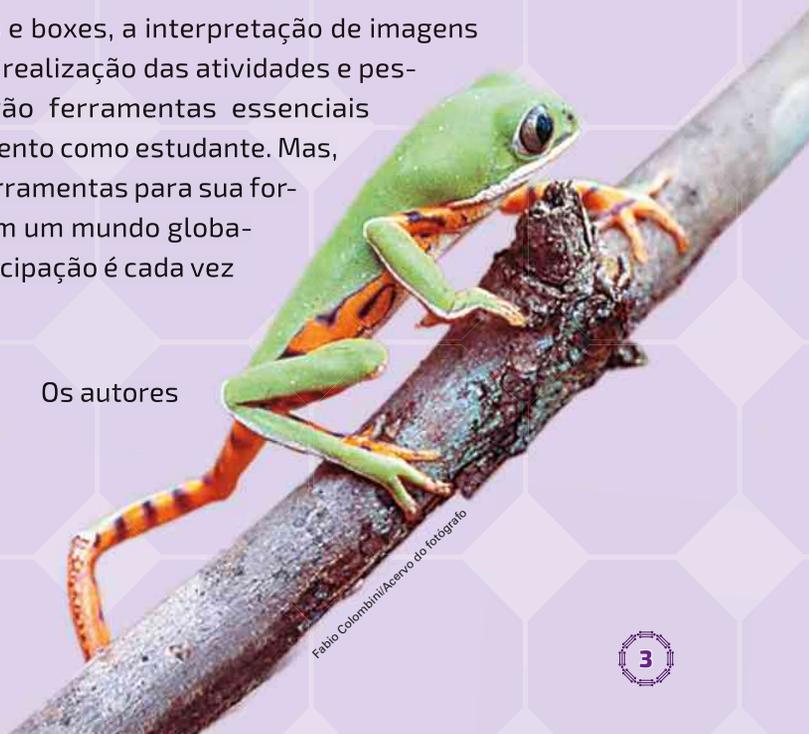
**A** Biologia, como as demais Ciências da Natureza, está em toda parte. Enquanto você troca mensagens de texto com alguém, seu organismo inteiro trabalha de maneira integrada para que você se mantenha vivo, pense e mexa os dedos de forma sincronizada para escrever e enviar essas mensagens.

É por isso que podemos dizer que entender um pouco de Biologia é ampliar muito a compreensão que nós temos do mundo. A influência cada vez maior das ciências em nosso cotidiano exige que estejamos bem informados para acompanhar as descobertas científicas e as novas tecnologias, avaliando os impactos dessas novidades sobre nossa vida em sociedade. Nesse sentido, compreender aspectos da Biologia pode contribuir muito para a valorização da pluralidade que marca de forma positiva a sociedade nos dias de hoje.

Nesta coleção, apresentamos os conceitos fundamentais da Biologia, muitos dos quais relacionados às demais Ciências da Natureza, à nossa cultura e a outras áreas do conhecimento. Além de discutir conceitos básicos de Biologia e suas relações com outras ciências, os livros desta coleção incentivam uma postura investigativa e a vontade de crescer e de tornar-se um cidadão.

A leitura dos textos e boxes, a interpretação de imagens e gráficos, bem como a realização das atividades e pesquisas propostas, serão ferramentas essenciais para o seu desenvolvimento como estudante. Mas, acima de tudo, serão ferramentas para sua formação como cidadão em um mundo globalizado, em que sua participação é cada vez mais importante.

Os autores



Fabio Colombini/Acervo do fotógrafo

# Conheça seu livro

Os volumes desta coleção estão divididos em cinco unidades. Cada uma delas discute um grande tema dentro da Biologia. Para facilitar a leitura e a compreensão dos conceitos, usamos os recursos a seguir:

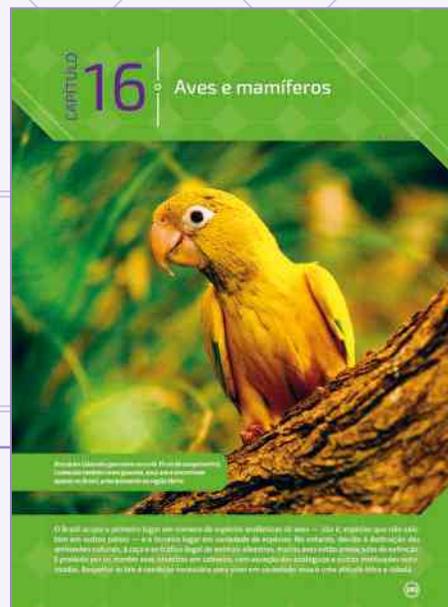


## Abertura da Unidade

Em cada Unidade é apresentado um breve texto de introdução que convida você a conhecer mais a respeito de um grande tema da Biologia.

## Abertura do capítulo

Apresenta texto e imagens que contextualizam os assuntos tratados no capítulo.



**Atividades**

1. Você sabe que há dois tipos de vasos condutores de seiva, os vasos lenhosos e os vasos liberários, que conduzem tipos diferentes de seiva, a orgânica e a orgânica. Então, responda:
  - a) Os orgânicos, aqueles que a alimentam da seiva das plantas, seguem sua trilha sugadora em que tipo de vaso? Justifique sua resposta.
  - b) Aves de procelária é uma planta que possui clorofila e faz fotossíntese, mas vive sobre as árvores e, com suas raízes finas, retira da parte da seiva. Lá o ciclo-chumbo é uma planta sem clorofila que também retira seiva das árvores sobre as quais se instala. Que tipo de seiva cada uma dessas plantas retira? Justifique suas respostas.
2. Um aluno que está começando a estudar Biologia cobriu todas as folhas de uma planta com esmalte transparente - após período permitido a passagem da luz - para observar qual o efeito disso sobre a planta. Para surpresa dele, a planta deixou de fazer fotossíntese. Como você, que já estudou esse assunto, explicaria o que aconteceu?
3. As três questões a seguir estão relacionadas a um mesmo fenômeno vegetal.
  - a) Por que o amarelamento de um cacho de bananas é favorecido quando ele é envolvido por jornal ou acobreado em um saco plástico fechado?
  - b) Por que algumas bananas maduras colocadas em sacos plásticos amadurecem mais rapidamente do que aquelas que ficam em frutos dentro de aparas plásticas?
  - c) Por que o amarelamento de um cacho de bananas é favorecido quando ele é envolvido por jornal ou acobreado em um saco plástico fechado?
4. A figura a seguir mostra o caule de uma planta que recebeu tratamento semelhante ao tratado do lado direito.
  5. Nessa condição o caule da planta, ao crescer, deve curvar-se para um dos lados, por causa da diferença de concentração de auxina no caule. Para qual lado o caule deverá curvar-se? Explique o fenômeno relacionado à síntese da auxina e sua distribuição densa hormonal do crescimento no caule da planta.
  6. A ação da clorofila de uma planta em um ambiente escuro como funciona a entrada e a saída de água nas folhas.
7. (Imed RJ) Todo ano, na primavera, diversas espécies vegetais florescem e colhem diferentes formas e cores de flores. Isso ocorre devido ao:
  - a) Fototropismo, tipo de angiospermas.
  - b) Estolismo, que independe da presença de luz.
  - c) Nictinismo, regulado pelo tempo das células vegetais.
  - d) Tropismo, que determina o crescimento simultâneo em diferentes espécies.
  - e) Metabolismo do tipo CAM de maioria das angiospermas.

## Atividades

Esta seção traz atividades de diversos formatos que vão ajudar você a estudar, verificando quais conceitos estão consolidados e quais precisam de mais atenção.

**Evolução**

As aves (também tem origem de grupos de dinossauros) compartilham com os peixes, como alguns mamíferos e répteis, a presença de gêmeos (homologos) e heterocármicos, desenvolvidos na EMBRÃO, com 10 e 12 células, de onde se originam os tecidos e órgãos do organismo.

**Processos evolutivos**

**Aves são dinossauros?**

Existem evidências de que as aves são descendentes de dinossauros. Isso ocorre devido ao fato de que as aves e os dinossauros compartilham características morfológicas e fisiológicas. Além disso, a análise genética também confirma essa relação.

**Processos evolutivos**

Os processos evolutivos são aqueles que resultam na formação de novas espécies a partir de uma população ancestral. Isso ocorre devido a mudanças genéticas e ambientais ao longo do tempo.

## Processos evolutivos

Os conteúdos destes boxes enfatizam algumas das principais evidências dos processos evolutivos que resultaram na biodiversidade que observamos atualmente. Para compreender a Biologia, é fundamental entender os processos evolutivos.



# Sumário

## Unidade 1: A diversidade da vida

### CAPÍTULO 1

Classificação dos seres vivos.....	11
1 Objetivos da classificação .....	12
2 Classificação e evolução.....	14
Atividades .....	16
Sugestões de aprofundamento .....	17

## Unidade 2: Vírus e seres de organização mais simples

### CAPÍTULO 2

Vírus e procariontes .....	19
1 A descoberta dos vírus .....	20
2 Estrutura e reprodução dos vírus .....	21
3 Doenças causadas por vírus.....	22
4 Bactérias: características gerais .....	27
5 Morfologia e fisiologia das bactérias .....	28
6 Doenças causadas por bactérias .....	30
7 O domínio Archaea .....	32
Atividades .....	33

### CAPÍTULO 3

Protozoários e algas.....	37
1 Protistas .....	38
2 Protozoários.....	38
3 Doenças causadas por protozoários.....	40
4 Algas.....	44
Atividades .....	48

### CAPÍTULO 4

Fungos.....	51
1 Características gerais .....	52
2 Classificação .....	54
3 Líquens e micorrizas .....	57
Atividades .....	58
Sugestões de aprofundamento .....	59



Fabio Colombini/Acervo do fotógrafo

# Unidade 3: Plantas

## CAPÍTULO 5

Briófitas e pteridófitas.....	61
1 Introdução ao estudo das plantas .....	62
2 Briófitas.....	64
3 Pteridófitas .....	66
4 As primeiras plantas terrestres.....	68
Atividades.....	69

## CAPÍTULO 6

Gimnospermas e angiospermas.....	71
1 Gimnospermas.....	72
2 Angiospermas .....	75
Atividades.....	81

## CAPÍTULO 7

Morfologia das angiospermas .....	84
1 Tecidos vegetais.....	85
2 Raiz.....	91
3 Caule.....	92
4 Folha.....	94
5 Fruto.....	95
Atividades.....	97

## CAPÍTULO 8

Fisiologia vegetal.....	100
1 Nutrição.....	101
2 Transporte de água e minerais .....	101
3 Transporte da seiva orgânica .....	104
4 Hormônios vegetais ou fitormônios .....	106
5 Movimentos vegetais.....	108
6 Fotoperíodismo .....	110
Atividades.....	111
Sugestões de aprofundamento .....	113



Steve Allen/Stockbyte/Getty Images



# Unidade 4: Animais

## CAPÍTULO 9

Poríferos e cnidários .....	115
1 Poríferos .....	116
2 Cnidários .....	118
Atividades .....	122

## CAPÍTULO 10

Platelmintos e nematódeos .....	124
1 Platelmintos: características gerais .....	125
2 Classificação dos platelmintos .....	127
3 Nematódeos: características gerais .....	131
4 Nematódeos parasitas do ser humano .....	132
Atividades .....	136

## CAPÍTULO 11

Moluscos e anelídeos .....	140
1 Moluscos .....	141
2 Anelídeos .....	145
Atividades .....	149

## CAPÍTULO 12

Artrópodes .....	152
1 Características gerais .....	153
2 Insetos .....	154
3 Crustáceos .....	160
4 Aracnídeos .....	161
5 Quilópodes e diplópodes .....	164
Atividades .....	165

## CAPÍTULO 13

Equinodermos e primeiros cordados .....	168
1 Equinodermos .....	169
2 Protocordados .....	172
Atividades .....	174

## CAPÍTULO 14

Peixes .....	176
1 Características gerais dos vertebrados .....	177
2 Ágnatos .....	178
3 Condrictes .....	178
4 Osteíctes .....	180
5 Evolução .....	185
Atividades .....	185

## CAPÍTULO 15

Anfíbios e répteis .....	189
1 Anfíbios .....	190
2 Répteis .....	194
Atividades .....	200

## CAPÍTULO 16

Aves e mamíferos .....	203
1 Aves .....	204
2 Mamíferos .....	210
Atividades .....	217
Sugestões de aprofundamento .....	219



MarcusVDT/Shutterstock/Glow Images

## Unidade 5: Anatomia e fisiologia humanas

### CAPÍTULO 17

Nutrição .....	221
1 Sistema digestório.....	222
2 Problemas no sistema digestório .....	226
Atividades .....	228

### CAPÍTULO 18

Respiração .....	230
1 Sistema respiratório.....	231
2 Problemas no sistema respiratório .....	234
Atividades .....	235

### CAPÍTULO 19

Circulação .....	238
1 Sistema circulatório .....	239
2 Circulação linfática .....	244
3 O sangue.....	244
4 Doenças cardiovasculares .....	246
Atividades .....	248

### CAPÍTULO 20

Sistema urinário.....	251
1 Funções do sistema urinário .....	252
2 Sistema urinário.....	253
3 Problemas no sistema urinário .....	256
Atividades .....	256

### CAPÍTULO 21

Sistema endócrino.....	259
1 Hormônios .....	260
2 Glândulas endócrinas.....	261
Atividades .....	268

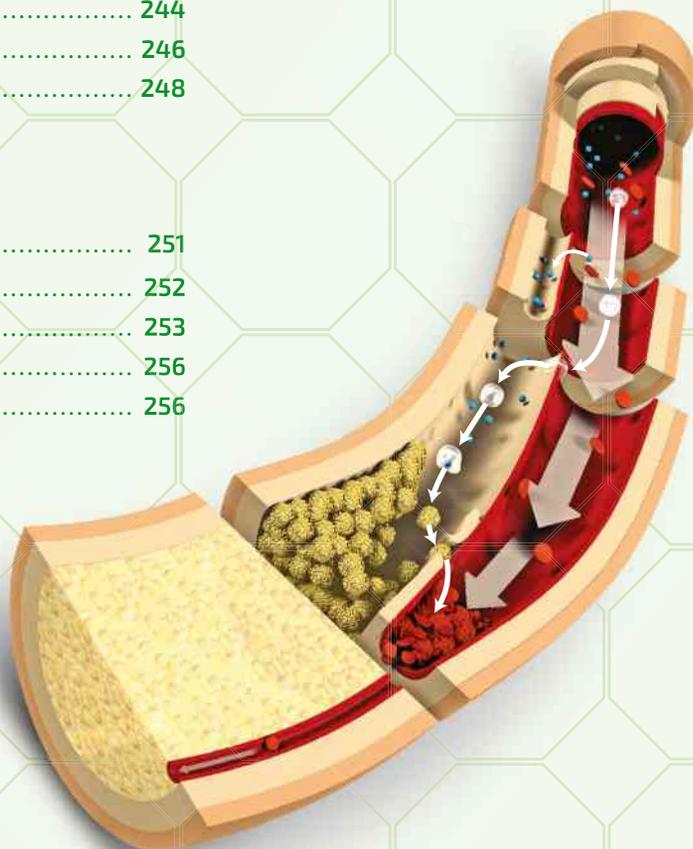
### CAPÍTULO 22

Sistemas nervoso e sensorial .....	270
1 Sistema nervoso .....	271
2 Os receptores sensoriais .....	274
Atividades .....	283
Sugestões de aprofundamento .....	285

Respostas das questões de múltipla escolha ... 286

Sugestões de leitura para o aluno..... 287

Bibliografia..... 288



Infografia/Sci901images

# A diversidade da vida

Todos os organismos dependem uns dos outros para sobreviver. Essa é uma das razões pelas quais é necessário que a exploração dos recursos naturais preserve a imensa biodiversidade de nosso planeta. Assim, evitamos desequilíbrios ecológicos e respeitamos as outras espécies, muitas delas ainda desconhecidas pelos seres humanos. Nesta Unidade, vamos compreender os critérios utilizados pelos cientistas para classificar e estudar os seres vivos de acordo com suas características.

# Classificação dos seres vivos

Rodolfo Nogueira/Paleoartista



Reconstituição artística de um velociraptor (gênero *Velociraptor*; cerca de 1 m de altura) carregando uma presa com seus membros anteriores. (Cores fantasia.)

Você reconhece o animal da figura acima de algum lugar? Ele já apareceu em alguns filmes famosos: é o dinossauro conhecido como velociraptor. Talvez você esteja achando estranha a presença de penas. Essa reconstituição foi feita com base em estudos de fósseis, que encontraram evidências de que muitas espécies de velociraptor tinham o corpo coberto de penas. Esse é mais um indício de que eles são parentes evolutivos das aves, o único grupo de animais atual que possui penas.

- ◆ Por que os cientistas classificam os seres vivos?
- ◆ Como é feita essa classificação?
- ◆ O que é uma espécie?



# 1 Objetivos da classificação

Como vimos no Volume 1 desta coleção, a área da Biologia que identifica, nomeia e classifica os seres vivos é a **Taxonomia** (do grego *taxis* = arranjo, ordem; *nomos* = lei).

O precursor da Taxonomia científica foi o médico sueco Carl von Linné (1707-1778; Lineu, em português). Lineu também propôs a **nomenclatura binomial** para as espécies, um sistema utilizado até hoje. Além disso, Lineu agrupou as espécies de maneira hierárquica, em grupos cada vez mais abrangentes: gêneros, ordens, classes e reinos.

Essa classificação, embora muito valiosa, nem sempre agrupava as espécies de acordo com o parentesco evolutivo, mas sim pela semelhança anatômica. Esse critério estava de acordo com o pensamento da maioria dos naturalistas da época, que acreditavam que as espécies eram imutáveis e não evoluíam.

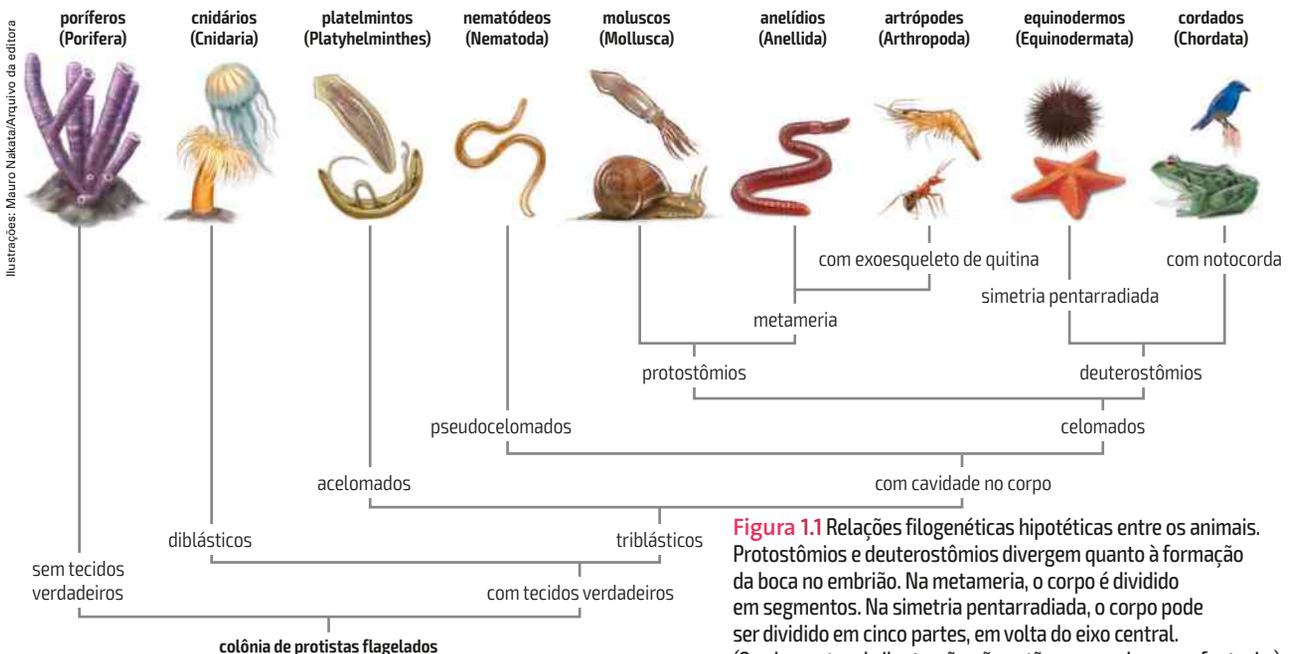
O desenvolvimento da teoria evolucionista, porém, permitiu a elaboração de diagramas que representam a possível sequência de origem dos diversos seres vivos. Esses diagramas que desenham a história evolutiva dos seres vivos são conhecidos como

**árvores filogenéticas (figura 1.1)** e representam uma hipótese de **filogenia**, que é a história evolutiva suposta de cada grupo. A área da Biologia que estuda as relações evolutivas entre os seres vivos e seus padrões de parentesco e de evolução é a **Sistemática**.

Ao estudar os seres vivos, os biólogos sistematistas reúnem informações que permitem compreender o grau de parentesco evolutivo entre os diversos grupos de organismos. Essas informações incluem aquelas relativas ao desenvolvimento embrionário (**figura 1.1**), à estrutura bioquímica, à anatomia e à fisiologia de espécies atuais ou extintas.

Veja no quadro abaixo como os animais podem ser agrupados de acordo com o desenvolvimento embrionário.

Não apresentam folhetos embrionários	poríferos	
Diblásticos (apenas ectoderme e endoderme)	cnidários	
Triblásticos (com ectoderme, endoderme e mesoderme; em alguns há uma cavidade no interior da mesoderme, o celoma; em outros, a cavidade – pseudoceloma – está entre a mesoderme e a endoderme)	acelomados	platelmintos
	pseudocelomados	nematódeos
	celomados	moluscos
		anelídeos
		artropodes
		equinodermos
cordados		



**Figura 1.1** Relações filogenéticas hipotéticas entre os animais. Protostômios e deuterostômios divergem quanto à formação da boca no embrião. Na metameria, o corpo é dividido em segmentos. Na simetria pentarradiada, o corpo pode ser dividido em cinco partes, em volta do eixo central. (Os elementos da ilustração não estão em escala; cores fantasia.)

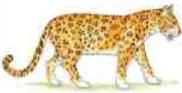
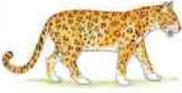
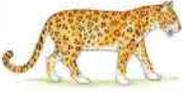
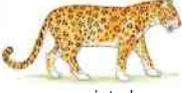
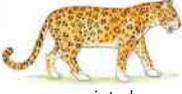
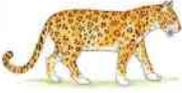
## Da espécie ao reino

Como você já sabe, a categoria taxonômica básica para a classificação dos seres vivos é a espécie. Uma espécie é formada por um grupo de indivíduos capazes de cruzar entre si na natureza e originar descendentes férteis. Contudo, essa definição tem limitações: não pode ser usada, por exemplo, para fósseis, uma vez que não podemos observar sua reprodução, nem para os organismos que possuem apenas reprodução assexuada. Nesses casos, as espécies são identificadas por semelhanças na anatomia, na fisiologia ou no DNA de seus indivíduos.

Espécies que são parentes bem próximos formam um segundo grupo taxonômico, o gênero. Gêneros mais próximos evolutivamente formam famílias, e estas são agrupadas em ordens, que, por sua vez, são reunidas em classes. Várias classes constituem um filo e estes, os reinos (figura 1.2).

Devido à complexidade de certos grupos, foi necessário estabelecer grupos intermediários: **sub** e **super**gêneros, **sub** e **super**famílias, **sub** e **super**ordens, etc. À medida que se afasta da espécie em direção ao reino, o grau de parentesco evolutivo entre os organismos de cada grupo diminui. Um grupo de organismos, como Mammalia, Carnivora, etc., é chamado **táxon**.

Ilustrações: Osni de Oliveira/Arquivo da editora

 onça-pintada	 tigre	 lobo-guará	 gato selvagem europeu	 rã-touro	 borboleta	 mico-leão-dourado	<b>Reino Animalia</b>
 onça-pintada	 tigre	 lobo-guará	 gato selvagem europeu	 rã-touro	 mico-leão-dourado		<b>Filo Chordata</b>
 onça-pintada	 tigre	 lobo-guará	 gato selvagem europeu	 mico-leão-dourado			<b>Classe Mammalia</b>
 onça-pintada	 tigre	 lobo-guará	 gato selvagem europeu				<b>Ordem Carnivora</b>
 onça-pintada	 tigre	 gato selvagem europeu					<b>Família Felidae</b>
 onça-pintada	 tigre						<b>Gênero Panthera</b>
 onça-pintada							<b>Espécie Panthera onca</b>

**Figura 1.2** Classificação da onça-pintada (*Panthera onca*; 1,90 m a 2,10 m de comprimento). Nas ilustrações aparecem também (tamanhos aproximados): o tigre (*Panthera tigris*; 1,40 m a 2,80 m de comprimento), o lobo-guará (*Chrysocyon brachyurus*; cerca de 80 cm de altura), o gato selvagem europeu (*Felis silvestris*; 65 cm de comprimento), a rã-touro (*Rana catesbeiana*; 15 cm de comprimento), a borboleta (*Morpho anaxibia*; 15 cm de envergadura) e o mico-leão-dourado (*Leontopithecus rosalia*; 20 cm de comprimento).



## Aplicações da Sistemática

A Sistemática nos possibilita conhecer a história evolutiva da vida e a distribuição dos seres vivos no planeta. Esse conhecimento permite acompanhar se as espécies estão ameaçadas de extinção e ajudar na preservação da biodiversidade.

O estudo da Sistemática pode ajudar ainda na pesquisa de novos produtos, como medicamentos originados de plantas e de outros seres vivos; e na busca de novas espécies para o cultivo ou o cruzamento com espécies domésticas, tendo, portanto, aplicações econômicas.

A análise sistemática nos ajuda a compreender, por exemplo, como a Aids começou e como ocorreu a evolução do vírus HIV, por meio da comparação das sequências de nucleotídeos de várias linhagens desse vírus. A análise mostra que o HIV é semelhante aos vírus do grupo SIV (*Simian Immunodeficiency Virus*), encontrados em chimpanzés e outros macacos. Assim, o vírus pode ter sido adquirido quando alguns seres humanos foram mordidos ou arranhados ao caçar chimpanzés infectados.

## Nomenclatura

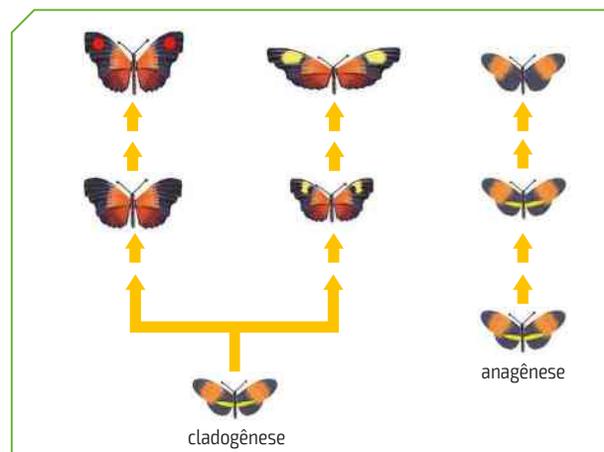
A classificação dos organismos deve ser uniforme para que seja possível reconhecer seu valor evolutivo. Assim, foram convencionadas algumas regras de nomenclatura. Vamos relembrar algumas delas para que seja mais fácil estudar os grupos de seres vivos neste volume.

- Todos os nomes científicos devem ser escritos em latim. Se forem derivados de outros idiomas devem ser latinizados. Estabeleceu-se essa regra porque as línguas modernas, como o português, o inglês e o espanhol, sofrem transformações pelo uso ao longo do tempo. Já o latim não se modifica mais.
- Os termos que indicam gênero, família, ordem, classe, filo e reino devem ter inicial maiúscula.
- O gênero deve ser escrito em *italico*, quando em texto impresso, ou sublinhado, quando escrito à mão.
- O nome das espécies é formado por duas palavras (binomial): a primeira palavra indica o gênero, e a segunda, o termo específico (ou epíteto específico) escrito com inicial minúscula. Deve ser escrito em *italico*, quando em texto impresso, ou sublinhado, quando escrito à mão, como em *Homo sapiens* (ser humano). Em um texto, a partir da segunda ocorrência, o nome da espécie pode ser abreviado (*H. sapiens*).

## 2 Classificação e evolução

Chama-se **cladogênese** (do grego *klados* = ramo, divisão; *genos* = origem) o conjunto de processos que promovem a **especiação**, isto é, a separação de uma população em duas (comumente por meio de barreiras

geográficas) e a subsequente formação de novas espécies. A **anagênese** (do grego *aná* = para cima) corresponde ao acúmulo de mudanças que uma população sofre ao longo do tempo, originando uma espécie com características diferentes, sem que haja separação de populações (**figura 1.3**).



Ilustrações: Luis Moura/Arquivo da editora

**Figura 1.3** Na cladogênese, uma população se divide em duas e origina duas novas espécies que não cruzam mais entre si. Na anagênese, há um acúmulo de mudanças hereditárias que alteram as características de uma espécie (borboletas têm de 1,3 cm a 30 cm da ponta de uma asa à ponta da outra, conforme a espécie; cores fantasia).

O objetivo da classificação é identificar grupos de organismos que descendam, por evolução, de um mesmo ancestral mais recente, exclusivo do grupo. Cães e lobos, por exemplo, são parentes próximos que evoluíram dos mesmos antepassados. Por esse motivo, ambos pertencem ao gênero *Canis*.

Para determinar o grau de parentesco evolutivo entre os grupos, podem ser usadas características anatômicas, fisiológicas, comportamentais ou moleculares.

## Reinos e seus representantes

O cientista estadunidense Robert Whittaker (1924-1980) agrupou os seres vivos em cinco reinos, com base na organização celular e no tipo de nutrição. Veja a **figura 1.4**. Você vai estudar os representantes desses reinos com mais detalhes nos próximos capítulos.

## Os três domínios

Os seres vivos têm sido agrupados, mais recentemente, em três domínios: Archaea (arqueas), Bacteria (bactérias) e Eukarya (eucariontes). Lembre-se de que cada um desses domínios tem um nível hierárquico maior que o dos reinos.

O **domínio Archaea** (do grego *arkhe* = primitivo) reúne procariontes que já fizeram parte do domínio das bactérias (eram chamados arqueobactérias). Porém, em razão da composição da parede celular e de outras características bioquímicas exclusivas desse grupo, atualmente eles são classificados em domínio

próprio. Muitos arqueas são encontrados em condições de temperatura, salinidade ou pH desfavoráveis à sobrevivência dos outros organismos, como veremos no Capítulo 2.

No **domínio Bacteria** estão as bactérias, incluindo as cianobactérias. Vamos estudar com detalhes as características dos organismos desse domínio também no Capítulo 2.

No **domínio Eukarya** estão as plantas, os animais, os fungos e os organismos que já foram classificados como protistas e que, por esse sistema, estão divididos em vários reinos, uma vez que o reino Protista não forma um grupo monofilético, isto é, não inclui todos os descendentes de um ancestral comum exclusivo. Vamos entender as principais características dos grupos que formam o domínio Eukarya no final da Unidade 2 e ao longo das Unidades 3 e 4 deste livro.

Para simplificar, e por falta de um consenso na divisão em reinos, vamos incluir os protozoários e as algas no grupo protista – um grupo sem valor taxonômico.

Mauro Nakata/Arquivo da editora

**Figura 1.4** A divisão dos seres vivos em cinco reinos. São indicadas também algumas mudanças mais recentes feitas posteriormente a esse sistema. (Os elementos da figura não estão em escala; cores fantasia.)

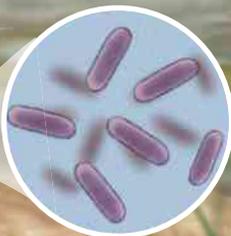
**Protista** (do grego *protos* = primeiro) – reúne os seres unicelulares eucariontes (com envoltório nuclear): os protozoários (heterotróficos), como a ameba, e as algas (autotróficas) unicelulares, como as diatomáceas, e pluricelulares, como as algas verdes. Este grupo não é monofilético, e atualmente seus representantes estão distribuídos em vários novos reinos.



**Animalia ou Metazoa** (do grego *meta* = além de; *zoon* = animal) – eucariontes pluricelulares e heterotróficos por ingestão: ingerem moléculas orgânicas complexas retiradas do corpo de outros seres vivos.



**Plantae ou Metaphyta** (do grego *meta* = além de; *phyton* = planta) – plantas terrestres, organismos eucariontes, pluricelulares e autotróficos. Alguns autores incluem também as algas verdes, que possuem um ancestral comum exclusivo com as plantas.



**Monera** (do grego *moneres* = único, solitário) – organismos unicelulares procariontes (sem envoltório nuclear). Não é um grupo monofilético, e atualmente seus representantes (bactérias) formam o domínio Bacteria.

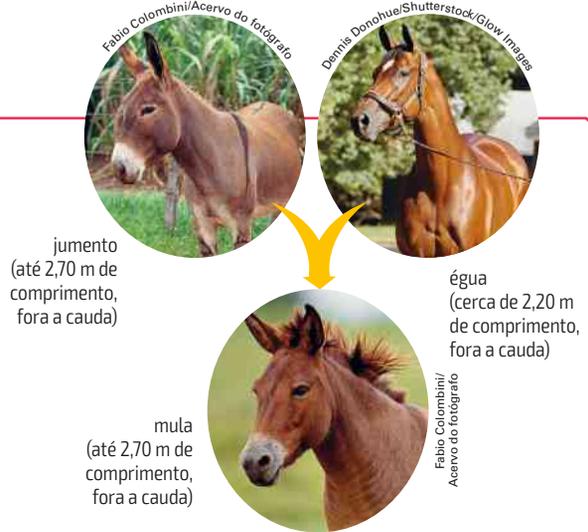


**Fungi** – inclui os fungos, seres eucariontes, unicelulares ou pluricelulares e heterotróficos por absorção. A maioria vive da decomposição da matéria orgânica do ambiente.



## Híbridos

Algumas espécies podem cruzar entre si, mas os filhos são quase sempre estéreis. É o caso do cruzamento do jumento, asno ou jegue (*Equus asinus*) com a égua (*Equus caballus*), que origina a mula (fêmea) e o burro ou o mulo (macho). Veja a **figura 1.5**. As mulas e os burros são animais com a força semelhante à do cavalo, e ao mesmo tempo são resistentes e dóceis, como o asno. O cruzamento do cavalo com a jumenta origina o bardoto (fêmea ou macho), que costuma ser menor do que a mula e o burro.

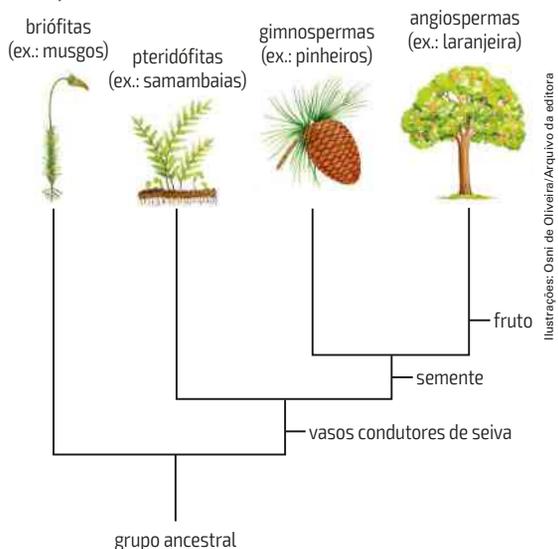


**Figura 1.5** O cruzamento de um jumento com uma égua dá origem a uma mula (ou a um burro).

## Atividades

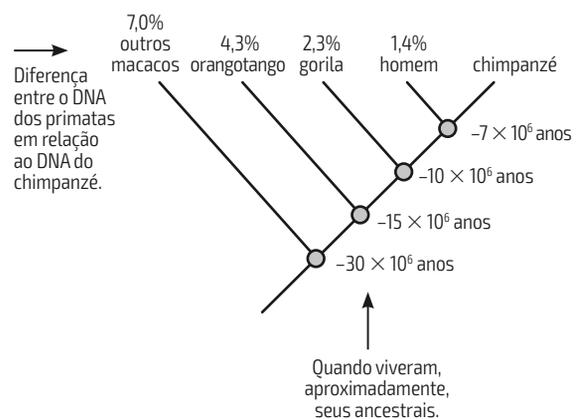


- Qual deve ser o grupo mais heterogêneo: o de seres de uma mesma família, que reúne vários gêneros, ou o de seres de um mesmo filo, que reúne várias classes? Por quê?
- Em termos evolutivos, o urso-polar (*Ursus maritimus*) é mais próximo do urso-cinzento (*Ursus arctos*) ou do urso panda gigante (*Ailuropoda melanoleuca*)? Justifique sua resposta.
- Observe a árvore filogenética simplificada que relaciona os principais grupos de plantas terrestres e responda:



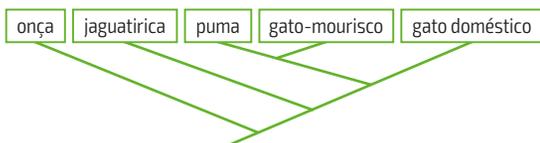
(Os elementos da ilustração não estão na mesma escala; cores fantasia.)

- As angiospermas são mais próximas das gimnospermas ou das pteridófitas? Explique.
  - Qual é a característica que reúne pteridófitas, gimnospermas e angiospermas em um grupo?
  - Qual é a principal característica que reúne plantas angiospermas em um único grupo?
4. (Uerj) Técnicas de hibridização ou de determinação da sequência de bases do DNA permitem estimar o grau de parentesco entre espécies de seres vivos. O resumo da árvore evolutiva, esquematizado a seguir, apresenta resultados de pesquisas realizadas com primatas utilizando essas técnicas:



Entre os primatas citados, relacione, na ordem crescente de semelhança ao genótipo do chimpanzé, os que tiveram um ancestral que viveu há cerca de 10 milhões de anos. Indique, ainda, o percentual de semelhança.

5. (UEL-PR) Analise o cladograma a seguir, constituído por onça (*Panthera onca*), jaguatirica (*Leopardus pardalis*), puma (*Puma concolor*), gato-mourisco (*Puma yagouaroundi*) e gato doméstico (*Felis catus*)



(O'BRIEN, S. J.; JOHNSON, W. E. A evolução dos gatos. *Scientific American Brasil*, São Paulo, n. 63, p. 56-63, ago. 2007.)

Com base no cladograma e nos conhecimentos sobre sistemática filogenética, assinale a alternativa correta.

- Por estar na base, a onça é o ancestral dos felinos apresentados no cladograma.
- O ancestral imediato do puma e do gato-mourisco é o mesmo do gato-doméstico.
- Entre os felinos do cladograma, o gato-doméstico é o mais evoluído.
- d) O puma e o gato-mourisco são mais próximos geneticamente do que a onça e a jaguatirica.
- O gato-mourisco é o que mais se aproxima filogeneticamente do gato-doméstico.

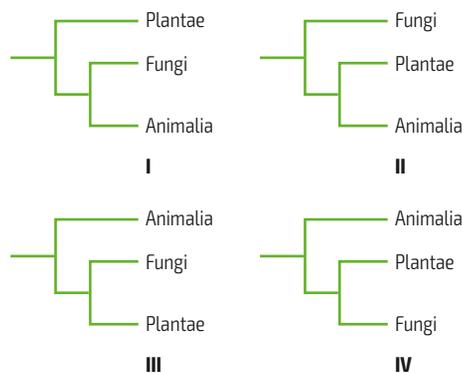
6. (Vunesp-SP) Três populações de insetos, **X**, **Y** e **Z**, habitantes de uma mesma região e pertencentes a uma mesma espécie, foram isoladas geograficamente. Após vários anos, com o desaparecimento da barreira geográfica, verificou-se que o cruzamento dos indivíduos da população **X** com os da população **Y** produzia híbridos estéreis. O cruzamento dos indivíduos da população **X** com os da população **Z** produzia descendentes férteis, e o dos indivíduos da população **Y** com os da população **Z** não produzia descendentes. A análise desses resultados permite concluir que:

- X**, **Y** e **Z** continuaram pertencendo à mesma espécie.
- X**, **Y** e **Z** formaram três espécies diferentes.
- X** e **Z** tornaram-se espécies diferentes e **Y** continuou a pertencer à mesma espécie.
- d) **X** e **Z** continuaram a pertencer à mesma espécie e **Y** tornou-se uma espécie diferente.
- X** e **Y** continuaram a pertencer à mesma espécie e **Z** tornou-se uma espécie diferente.

7. (Unifesp-SP) Em uma área de transição entre a mata Atlântica e o Cerrado, são encontrados o pau-d'arco (*Tabebuia serratifolia*), a caixeta (*Tabebuia cassinoides*) e alguns ipês (*Tabebuia aurea*, *Tabebuia alba*, *Cybistax antisiphilitica*). O cipó-de-são-joão (*Pyrosetegia venusta*) é também frequente naquela região. Considerando os critérios da classificação biológica, no texto são citados

- 3 gêneros e 3 espécies.
- 3 gêneros e 4 espécies.
- c) 3 gêneros e 6 espécies.
- 4 gêneros e 4 espécies.
- 4 gêneros e 6 espécies.

8. (PUC-RJ) Os três domínios da vida são conhecidos como Bacteria, Archaea e Eukarya. O domínio Eukarya inclui três reinos de eucariontes multicelulares: Plantae, Fungi e Animalia. Evidências recentes sugerem que os reinos Fungi e Animalia apresentam parentesco mais íntimo entre si do que o apresentado com o reino Plantae.



De acordo com a figura acima, a relação de parentesco entre os reinos Fungi e Animalia é melhor representada pelo(s) cladograma(s).

- a) I.
- III.
- I e II.
- II e IV.
- I e III.

## Sugestões de aprofundamento

### Para ler:

- De primatas a astronautas: a jornada do homem em busca de conhecimento.** Leonard Mlodinow. Rio de Janeiro: Editora Jorge Zahar, 2015.
- Dinossauros.** Dylan M. Nash. São Paulo: Ciranda Cultural, 2010.
- Filogenética: primeiros passos.** Sonia Pantoja. Rio de Janeiro: Technical Books, 2016.
- Vida: uma biografia não autorizada.** Richard Fortey. São Paulo: Record, 2000.

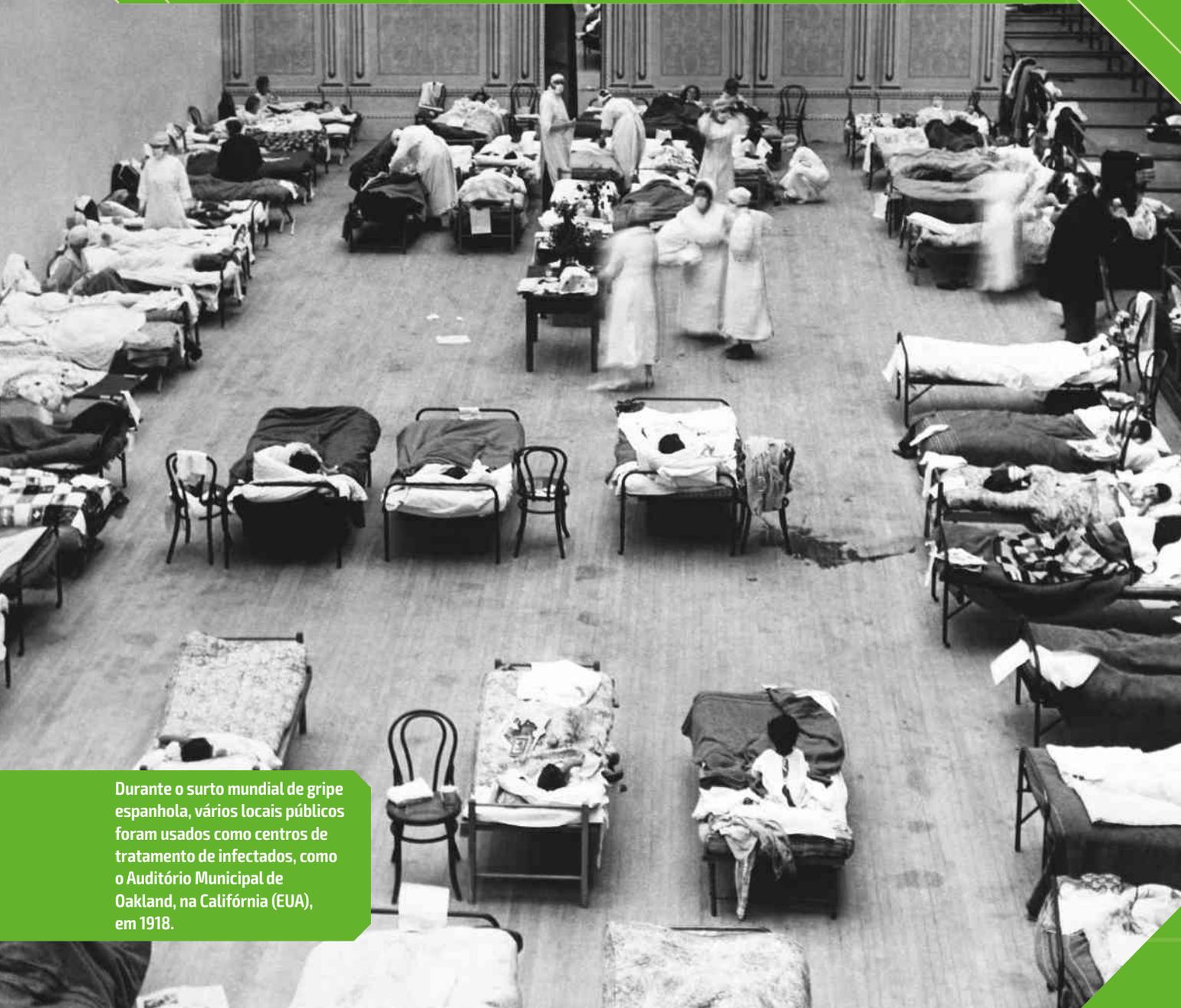
### Para acessar:

- Conceitos básicos de sistemática filogenética:** <[http://uenf.br/pos-graduacao/gmp/files/2013/05/Mazzarolo\\_Apostila.pdf](http://uenf.br/pos-graduacao/gmp/files/2013/05/Mazzarolo_Apostila.pdf)>
- Reinos e domínios na classificação:** <<http://simbiotica.org/reinos.htm>>

Acesso em: 12 abr. 2016

# Vírus e seres de organização mais simples

Já vimos no Volume 1 desta coleção que a célula é a unidade fundamental da vida. Agora vamos estudar como estão organizados os seres vivos mais simples — aqueles que se apresentam em uma única célula: as bactérias e os protozoários. Em seguida, estudaremos as algas, sendo algumas delas unicelulares e outras pluricelulares. No final da Unidade vamos entender a organização dos fungos. Também nesse grupo temos organismos unicelulares e pluricelulares. E onde se encaixam os vírus? Muitos pesquisadores não os veem como formas de vida. No entanto, como a existência dos vírus está sempre relacionada a pelo menos uma célula viva, vamos buscar entender como esses seres interagem com organismos vivos, incluindo o ser humano.



Durante o surto mundial de gripe espanhola, vários locais públicos foram usados como centros de tratamento de infectados, como o Auditório Municipal de Oakland, na Califórnia (EUA), em 1918.

Entre 1918 e 1920, a gripe espanhola, que surgiu na Ásia, espalhou-se pelo mundo e matou cerca de 40 milhões de pessoas. No Brasil, provocou aproximadamente 300 mil mortes, incluindo, em 1919, o então presidente da República, Rodrigues Alves, que acabara de ser reeleito. Hoje dispomos de vacinas contra a gripe e contra várias outras doenças virais; porém, todos os anos surgem novas epidemias causadas por vírus, o que evidencia a importância de estudá-los.



- ◆ Os vírus não são formados por células, mas dentro delas eles conseguem se reproduzir. Em sua opinião, os vírus são seres vivos? Por quê?
- ◆ De que modo podemos combater doenças causadas por vírus, como a dengue e a gripe?
- ◆ Que medidas podemos tomar para evitar doenças causadas por bactérias, como a causadora da cólera?

## 1 A descoberta dos vírus

Os vírus (do latim *virus* = veneno) causam doenças em todos os tipos de seres vivos, inclusive em plantas. Uma doença viral que ficou muito conhecida por destruir plantações foi o mosaico do tabaco (figura 2.1). O primeiro sintoma da doença é uma coloração verde-clara entre as nervuras das folhas novas e a formação de um mosaico que alterna a coloração do tecido da folha. Apesar de não provocar a morte da planta, o vírus causa problemas no desenvolvimento, prejudicando o cultivo e os agricultores.



Nigel Cattlin/Alamy/Lainstock

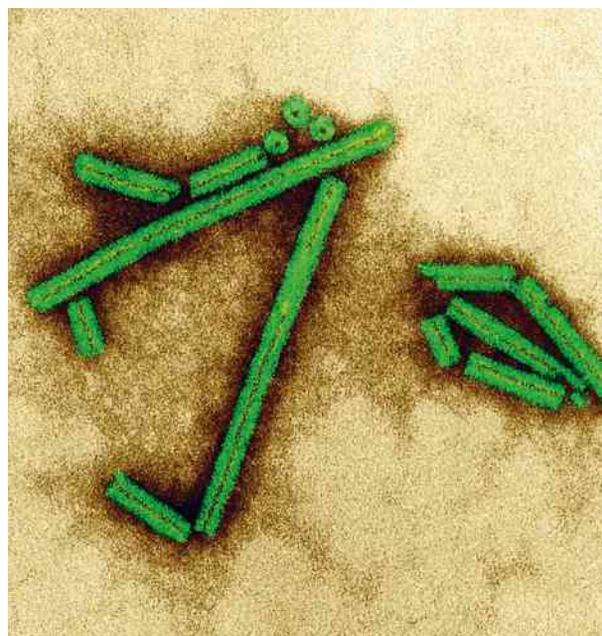
**Figura 2.1** Folha de tabaco contaminada com o vírus do mosaico do tabaco. Podem-se notar as manchas claras nas folhas da planta (também conhecidas como clorose). A folha de tabaco pode ter até um metro de comprimento.

Hoje temos uma tecnologia capaz de obter imagens excelentes dos vírus, mas nem sempre foi assim. Como são seres microscópicos, durante muito tempo foi difícil entender que eles eram os causadores de diversas doenças.

Em 1883, o cientista alemão Adolf Mayer (1843-1942), preocupado com o mosaico do tabaco, fez uma série de experimentos e mostrou que o caldo extraído das folhas doentes do tabaco transmitia esse mal às plantas saudáveis. Assim, ele levantou a hipótese de que algum tipo de bactéria, muito pequena, seria a causa da doença.

Somente em 1935, o bioquímico estadunidense Wendell Meredith Stanley (1904-1971) foi capaz de cristalizar o vírus do tabaco. E, em 1939, esse vírus pôde ser observado ao microscópio eletrônico (figura 2.2).

Os vírus não possuem organização celular. Por isso, eles só se reproduzem no interior de células vivas, causando, em geral, doenças aos seus hospedeiros. Diz-se, então, que os vírus são **parasitas intracelulares obrigatórios**. Quando estão fora das células, são inertes, capazes até mesmo de cristalizar-se como alguns minerais.



Dennis Kunkel Microscopy, Inc./Visuals Unlimited/Corbis/Lainstock

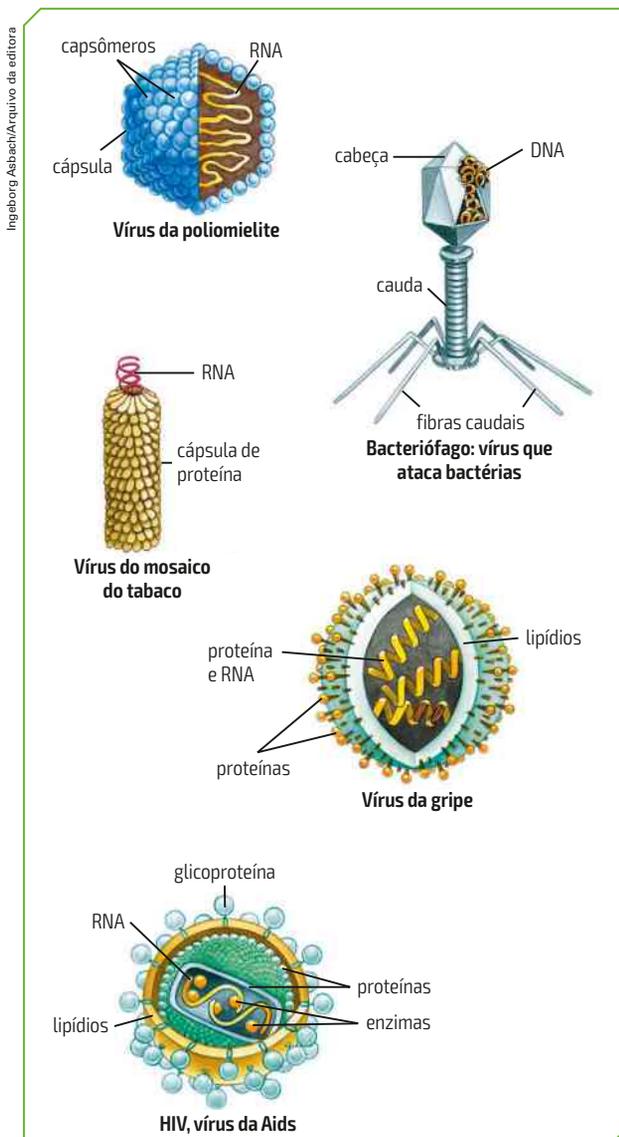
**Figura 2.2** Vírus do tabaco. (Microscópio eletrônico; aumento de cerca de 90 mil vezes; imagem colorizada por computador.)

Os vírus não pertencem a nenhum dos cinco reinos ou dos três domínios em que os seres vivos são classificados. Para muitos cientistas, os vírus não são considerados vivos, pois não possuem metabolismo próprio. Esses cientistas definem os vírus como **agentes patogênicos**, isto é, causadores de doenças. Outros pesquisadores consideram os vírus seres vivos por apresentarem capacidade de replicação, hereditariedade e estarem sujeitos à evolução.

## 2 Estrutura e reprodução dos vírus

Os vírus medem entre  $0,01\ \mu\text{m}$  e  $0,9\ \mu\text{m}$  e são formados por uma cápsula de proteína, o **capsídeo** (do latim *capsa* = caixa), com várias subunidades, os **capsômeros** (do grego *meros* = parte). Veja a **figura 2.3**. No interior do capsídeo há um ácido nucleico (DNA ou RNA). Ao conjunto formado pelo capsídeo e pelo ácido nucleico, damos o nome de **nucleocapsídeo**.

Em alguns vírus, o capsídeo é coberto por uma membrana lipídica, constituída pela membrana plasmática da célula invadida. Proteínas virais podem estar mergulhadas nessa membrana (**figura 2.3**).



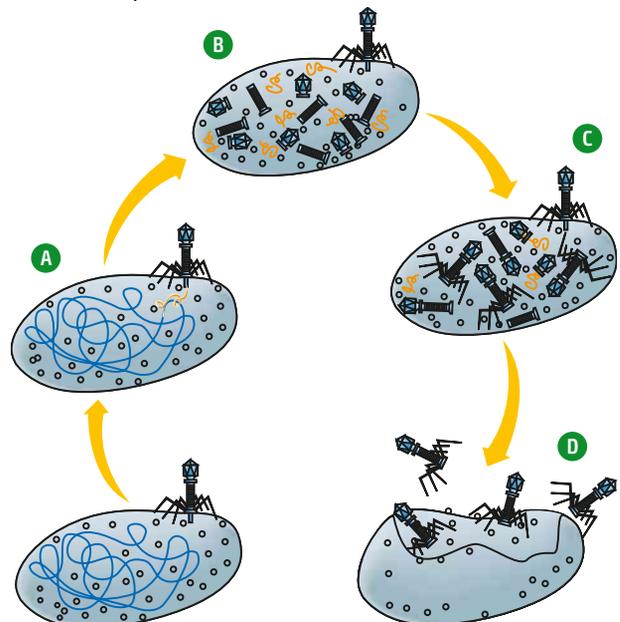
**Figura 2.3** Estrutura de alguns tipos de vírus (medem entre  $0,01\ \mu\text{m}$  e  $0,9\ \mu\text{m}$ ; os elementos da ilustração não estão na mesma escala; cores fantasia).

Como não possuem todas as estruturas necessárias para a duplicação de seu ácido nucleico e para a síntese de proteínas da cápsula, os vírus usam o equipamento metabólico de uma célula viva para se multiplicar.

## Reprodução de um vírus de DNA, o bacteriófago

Um dos vírus mais estudados é o **bacteriófago**, ou **fago** (do grego *phagein* = comer), que ataca bactérias, reproduzindo-se em seu interior.

O processo de infecção começa com o encaixe das fibras da cauda do vírus na membrana da célula bacteriana. A cauda se contrai e injeta o DNA viral na bactéria. A cápsula, vazia, fica do lado de fora (**figura 2.4 A**). No interior da célula, o DNA do vírus comanda a produção de uma enzima que inativa o DNA da bactéria e assume o comando do metabolismo celular. Assim, ele utiliza os nucleotídeos e as enzimas da célula para fabricar cópias de seu DNA, além de comandar a síntese de proteínas da cápsula viral (**figura 2.4 B**). As novas cápsulas se associam às cópias do DNA, e cerca de 150 novos vírus são formados (**figura 2.4 C**). Um dos genes do vírus produz então uma enzima que digere a parede bacteriana. Isso provoca a ruptura e a morte da célula, liberando os novos vírus formados (**figura 2.4 D**). Cada novo vírus pode então infectar uma outra bactéria.



**Figura 2.4** Esquema que mostra a reprodução do bacteriófago (bacteriófagos medem cerca de  $0,04\ \mu\text{m}$  por  $0,1\ \mu\text{m}$ ; os elementos da ilustração não estão na mesma escala; cores fantasia).

## Reprodução de vírus de RNA

Alguns tipos de vírus, como os vírus da gripe, do sarampo, da raiva e da poliomielite, apresentam RNA como material genético. Nesses vírus, o ácido nucleico orienta – dentro da célula hospedeira – a produção de uma molécula de RNA. Essa molécula comanda a síntese de proteínas da cápsula e de novas moléculas de RNA.

Já em um grupo de vírus de RNA, os **retrovírus** (do latim *retro* = atrás), esse ácido sintetiza uma molécula de DNA. Ou seja, ao contrário do que acontece no processo de transcrição dos seres vivos em geral, nos retrovírus, o RNA é a molécula que sintetiza o DNA. O DNA, por sua vez, orienta a produção de novas moléculas de RNA virais e das proteínas da cápsula. Por isso, a enzima que permite esse processo é chamada de **transcriptase reversa**. O vírus HIV, por exemplo, é um retrovírus, como veremos adiante.

## 3 Doenças causadas por vírus

É grande o número de **viroses**, ou seja, de doenças causadas por vírus: hepatite viral, herpes, sarampo, rubéola, catapora (varicela), caxumba (parotidite) e mononucleose, entre outras.

Antes de estudarmos algumas viroses, é importante compreender termos importantes no que se refere à disseminação de doenças:

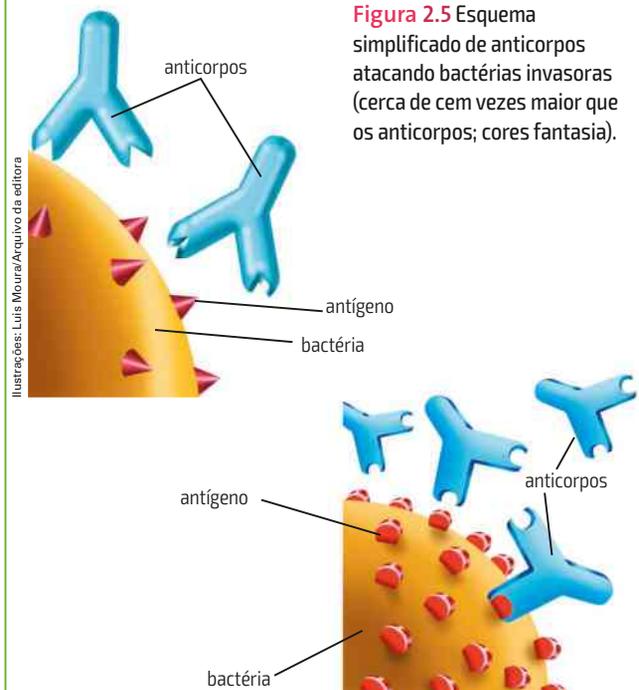
O termo **epidemia** (do grego *epi* = sobre; *demos* = povo) refere-se a toda doença que surge de forma súbita e se espalha rapidamente em uma região, acometendo, por tempo limitado, um número de pessoas maior que o habitual. É o caso da gripe.

Se uma doença persiste por vários anos em um lugar, ela passa a ser considerada **endemia** (do grego *en* = dentro). Portanto, uma endemia afeta de forma permanente um número constante de pessoas em uma determinada região. A malária, doença causada por um protozoário, é endêmica na Amazônia.

A **pandemia** (do grego *pân* = todo) é o aparecimento de um número fora do comum de casos dessa doença em todo o mundo. Foi o que aconteceu, por exemplo, em 2009 com a gripe H1N1, também conhecida como gripe suína.

O organismo capaz de causar infecção é chamado **agente etiológico** ou **patogênico** (do grego *pathos* = doença; *genesis* = origem). **Vetor** é o ser vivo que transmite o agente patogênico, é o caso do mosquito que transmite o vírus da dengue. **Reservatório** é qualquer ser vivo em que um agente infeccioso vive habitualmente e se multiplica, sem causar grandes danos e do qual ele pode ser transmitido a outros organismos. Já **parasita** (do grego *para* = ao lado; *sitos* = alimento) é um organismo que se instala no corpo de outro, o hospedeiro, passando a extrair alimento dele e causando-lhe prejuízos (doenças). Por fim, **profilaxia** é o conjunto de medidas para a prevenção de doenças.

Como vimos no Volume 1, quando um vírus ou outro microrganismo invade o nosso corpo, há produção de **anticorpos** (figura 2.5), que são moléculas que atacam o invasor. Nos organismos invasores há moléculas, os **antígenos**, que ativam a produção de anticorpos.



**Figura 2.5** Esquema simplificado de anticorpos atacando bactérias invasoras (cerca de cem vezes maior que os anticorpos; cores fantasia).

Em alguns casos, os anticorpos produzidos após a primeira infecção fornecem proteção permanente, e a pessoa dificilmente contrai a mesma doença de novo. É o que ocorre no sarampo, na rubéola e na caxumba, por exemplo. Mas a reação do organismo para produzir anticorpos leva certo tempo, que varia de acordo com a doença (o tipo de vírus) e o estado geral da saúde da pessoa: se ela está bem alimentada, por exemplo.

Muitos dos remédios que tomamos quando temos uma infecção viral combatem apenas os sintomas e não a infecção em si. Mas há vacinas, soros terapêuticos e outros medicamentos específicos contra certos tipos de vírus, como o do herpes, o da gripe e o da Aids.

#### Fique de olho!

Os vírus não podem ser combatidos por antibióticos.

## Gripe e resfriado comuns

Embora sejam doenças causadas por vírus diferentes, seus sintomas são semelhantes: coriza, obstrução nasal, tosse e espirro. Em geral, febre e dores no corpo só aparecem nos casos de gripe. Em ambas as doenças, os vírus são transmitidos por gotículas eliminadas pelas vias respiratórias de pessoas contaminadas, como na fala, no espirro, na tosse, etc. Por isso é fundamental evitar o contato com os doentes.

A gripe, também chamada *influenza* (nome de origem latina e que significa ‘influência’, pois, no século XIV, achava-se que ela surgia por influência dos corpos celestes), é causada por variedades de vírus do gênero *Influenzavirus*.

No caso da gripe, a vacina oferece uma proteção limitada, de cerca de um ano. Isso acontece porque os vírus da gripe sofrem tantas mutações que, depois de um ano, novos vírus mutantes já estarão no ambiente.

A vacina é indicada, geralmente, para pessoas com mais chances de ter complicações decorrentes da gripe, como os maiores de 60 anos, adultos e crianças portadoras de doenças pulmonares crônicas, entre outros. Também devem tomar a vacina os médicos, enfermeiros e outros profissionais que trabalham com pessoas com a saúde debilitada.

## Poliomielite

Na maioria das pessoas, essa virose causa apenas febre e mal-estar. Em alguns casos, porém, pode atacar o sistema nervoso, o que pode provocar paralisia e pode ainda levar a pessoa à morte. O termo “poliomielite” tem origem grega: *poliós*, ‘cinzento’, *mielos*, ‘medula’ e *ite*, ‘inflamação’, uma referência ao fato de o vírus atacar as células na parte cinzenta da medula.

A transmissão do vírus pode ocorrer por meio de água ou alimentos contaminados ou por contato

com a saliva ou fezes de um doente. Para evitar a doença, é muito importante que todas as crianças sejam vacinadas na época recomendada pelo médico. Também são importantes medidas de higiene e saneamento básico. A vacinação é fundamental porque a doença ainda existe em alguns países.

## Dengue

O vírus da dengue (gênero *Flavivirus*) é transmitido, no Brasil, pela picada do mosquito *Aedes aegypti*. Esse mosquito é, portanto, o vetor da dengue.

O *A. aegypti* é pequeno, de cor escura, vive nas regiões urbanas e tem hábitos predominantemente diurnos. É possível identificar pequenas listras brancas em suas pernas (figura 2.6).



Figura 2.6 *Aedes aegypti* (4 mm a 6 mm de comprimento), mosquito transmissor do vírus da dengue.

Dengue é uma palavra de origem espanhola e significa ‘dengoso’ ou ‘requibrado’, uma referência ao fato de que os doentes costumam balançar o corpo ao caminhar, devido às dores nos músculos e nas articulações, características da doença. A dengue pode se apresentar de duas formas: clássica e hemorrágica. Na **dengue clássica**, alguns dias após a picada (período de incubação), a pessoa apresenta febre alta durante quatro a sete dias, dores musculares e articulares, dores na cabeça e nos olhos (pode haver fotofobia, ou seja, aversão à luz), inflamação na garganta e sangramento na boca e no nariz. Podem surgir, ainda, manchas avermelhadas na pele semelhantes às do sarampo.

Cerca de uma semana depois, essas manifestações começam a desaparecer. Mas é preciso acompanhamento médico porque, em pessoas subnutridas e debilitadas, a doença pode levar à morte. O médico geralmente receita antitérmico,

para baixar a febre, e repouso. É importante também ingerir bastante líquido e outros produtos indicados pelo médico para manter o organismo hidratado, como o soro de reidratação oral. No entanto, não se deve tomar medicamentos contra a dor e a febre à base de ácido acetilsalicílico, porque essa substância favorece hemorragias.

Quem já teve dengue, mesmo de uma forma assintomática, ou quem é portador de doença crônica, como diabetes, artrite reumatoide ou lúpus, pode contrair **dengue hemorrágica**, provocada por outro tipo de vírus da dengue. Essa forma começa do mesmo modo, mas, quando termina a fase febril, os sintomas se agravam, com queda da pressão arterial, hemorragias da pele, intestino e gengivas (há aumento da permeabilidade dos capilares sanguíneos) e aumento no tamanho do fígado. Nesse caso, as pessoas devem permanecer em observação no hospital, uma vez que, se não houver assistência médica, a doença pode levar o paciente à morte em cerca de 10% dos casos.

Recomenda-se o uso de repelentes e telas nas janelas para evitar picadas, mas o combate ao mosquito é a medida mais importante para a prevenção da dengue. Esses mosquitos atacam preferencialmente durante o dia, ao contrário do mosquito comum (gênero *Culex*), que costuma picar durante a noite. Machos e fêmeas do gênero *Aedes* alimentam-se de seiva das plantas, mas a fêmea precisa de sangue para desenvolver os ovos. A postura é feita em águas paradas perto de habitações, como caixas-d'água, poços, cisternas, latas, pneus, garrafas, vasos de plantas e outros recipientes onde a água pode ficar acumulada. A larva do mosquito da dengue desenvolve-se nessa água parada (**figura 2.7**).

Caixas-d'água, poços e cisternas devem estar sempre cobertos e deve-se impedir que os objetos retenham água parada, esvaziando-os, não os deixando expostos à chuva e colocando areia grossa nos pratos sob os vasos de plantas.

O combate à dengue e a muitas outras doenças depende de ações sociais, da interação entre governo e sociedade, envolvendo campanhas de conscientização, mudança de hábitos pessoais, entre outras medidas de cunho social, estudadas também em Sociologia e em outras disciplinas.



Fabio Colombini/Acervo do fotógrafo

**Figura 2.7** Larva do *Aedes aegypti* (1 mm a 6 mm de comprimento, conforme o estágio larval) na água parada.

## Febre amarela

O vírus da febre amarela é transmitido pela picada do mosquito *Aedes aegypti* e do mosquito do gênero *Haemagogus* (nas matas), entre outros. O doente apresenta febre, vômito, dor no estômago e lesões no fígado, o que torna a pele amarelada (icterícia). A doença pode se apresentar de forma leve, e até sem sintomas, ou de forma grave, podendo levar à morte. A prevenção é feita com combate ao mosquito e vacinação, principalmente das pessoas que habitam ou visitam as regiões onde a doença é endêmica. No Brasil, a febre amarela é endêmica em partes das regiões Norte e Centro-Oeste.

## Raiva

Trata-se de uma doença fatal que ataca o sistema nervoso. A contração dos músculos responsáveis pela deglutição torna muito doloroso o ato de comer e beber, daí a **hidrofobia** (do grego *hydror* = água; *phobos* = aversão), típica da doença.

O vírus é transmitido pela mordida de animais infectados, principalmente do cão e do gato. Por isso, são obrigatórios a vacinação anual dos animais domésticos e o recolhimento daqueles soltos na rua. O vírus pode ser transmitido também por morcegos hematófagos (que se alimentam de sangue) e por ratos. Quando uma pessoa é mordida por qualquer animal, deve-se lavar a área ferida com água e sabão e procurar imediatamente um posto de saúde para, se necessário, receber soro, vacina antirrábica e outros medicamentos.

## Aids

A Aids ou Sida (siglas de *acquired immunodeficiency syndrome*, em inglês, ou síndrome da imunodeficiência adquirida) é causada pelo **vírus da imunodeficiência humana** (HIV, do inglês *human immunodeficiency virus*).

Entre outros fatores, a explosão demográfica, as migrações para as cidades e a reutilização de agulhas contaminadas teriam espalhado o vírus pelo continente africano. A partir da década de 1970, a agressividade do vírus aumentou, espalhando-se rapidamente pelo mundo, por meio de relações sexuais desprotegidas, do uso de drogas injetáveis com o compartilhamento de seringas e de transfusões sanguíneas. À medida que se espalhava, seu código genético sofria mutações e surgiam novas variedades do vírus.

A história da Aids demonstra que a disseminação de várias doenças é influenciada não apenas por fatores biológicos, mas também por fatores sociais e culturais, estudados em Sociologia, entre outras disciplinas.

Medindo apenas 0,1  $\mu\text{m}$ , o HIV é formado por uma cápsula esférica de glicoproteínas mergulhadas em uma dupla camada de lipídios e proteínas. No seu interior, há duas moléculas de RNA e enzimas (transcriptase reversa, integrase e protease).

A proteína mais externa do HIV, chamada de gp120, encaixa-se à glicoproteína CD4 da membrana do linfócito T4. Esse linfócito, também denominado

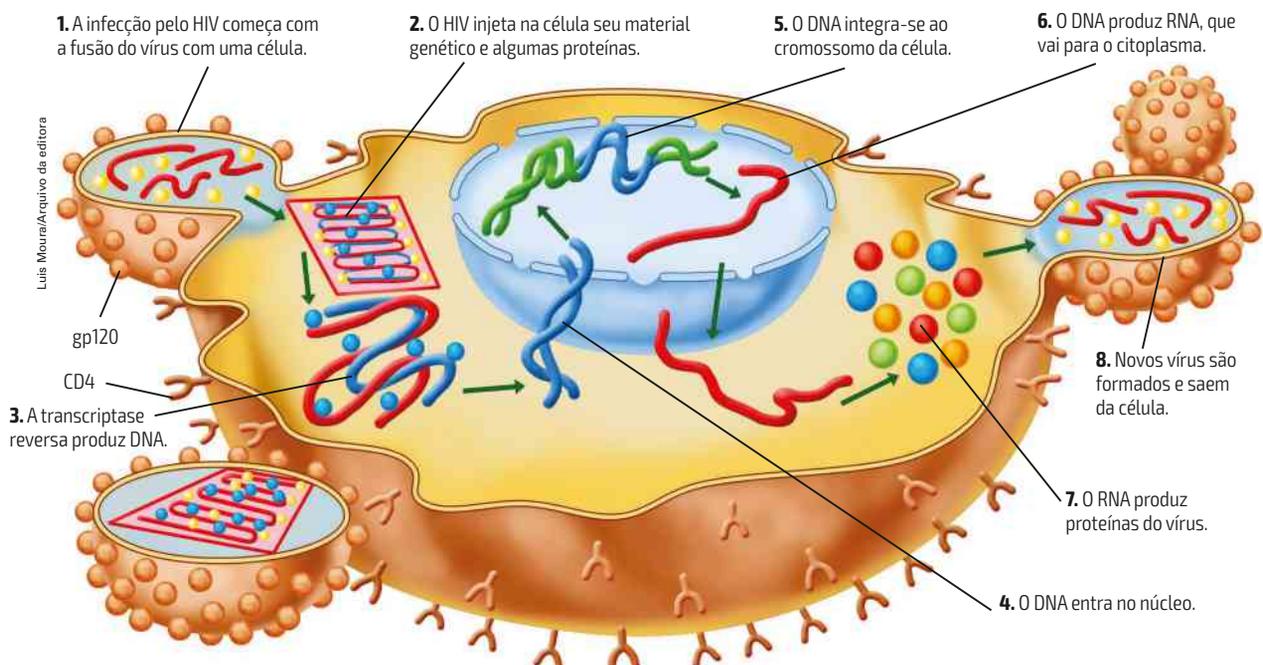
CD4+ ou auxiliador, é a principal célula atacada pelo vírus.

Após o encaixe, a cápsula do vírus se funde à membrana da célula e o material genético viral penetra no citoplasma. Com o auxílio da enzima transcriptase reversa, o RNA sintetiza uma molécula de DNA, que lhe é complementar, e em seguida é destruído. Essa molécula de DNA produz outra de DNA, complementar, e as duas se unem, formando uma dupla cadeia, que migra para o núcleo e se incorpora ao material genético da célula (**figura 2.8**).

Como é o RNA que sintetiza uma molécula de DNA, ao contrário do que acontece no processo de transcrição dos seres vivos em geral, o HIV é classificado no grupo dos retrovírus.

O DNA do vírus pode desencadear a síntese de novas moléculas de RNA, que orientam também a síntese de proteínas da cápsula e das enzimas virais. Assim, formam-se novos vírus, que migram para a periferia da célula, são envolvidos pela membrana e compõem brotos que se soltam da célula. Esses novos vírus podem, então, infectar outras células.

O resultado desse processo é a progressiva diminuição da quantidade de linfócitos T4. Com o passar do tempo, isso compromete todo o sistema imunológico: o organismo fica sem defesa contra diversos microrganismos, e pode morrer vítima de uma série de infecções.



**Figura 2.8** Esquema mostrando a entrada do HIV (cerca de 0,1  $\mu\text{m}$  de diâmetro) na célula e sua multiplicação (os elementos não estão na mesma escala; cores fantasia).

Não há evidências de que o vírus seja transmitido por suor, urina, saliva ou lágrima. Ou seja, não há contágio por apertos de mão, abraços, beijos sociais, tosse, espirro, uso de piscinas ou uso comum de roupas, toalhas, copos, talheres ou louças, pentes e objetos caseiros. Também não se adquire o vírus tomando vacinas, sendo picado por mosquitos ou entrando em contato com animais domésticos.

O HIV pode ser transmitido por vários fluidos corporais contaminados – sangue, sêmen, secreção vaginal, leite materno, líquido cefalorraquiano, líquido amniótico –, quando eles entram em contato com mucosas, como a da boca, a do ânus e a da vagina, ou com a pele (se esta apresentar cortes ou perfurações).

Objetos que possam entrar em contato com sangue, como lâmina de barbear, tesoura, alicate de unha, instrumentos usados por médicos e dentistas (bisturis, pinças, alicates, seringas, etc.) ou por tatuadores e acupunturistas, tudo isso pode transmitir o vírus se tiver sido utilizado anteriormente em pessoas infectadas. Antes de serem usados de novo, esses instrumentos devem ser esterilizados. A transmissão também pode ocorrer por transfusão de sangue contaminado (embora a fiscalização dos bancos de sangue pelo governo tenha diminuído muito esse problema), por perfuração com agulha contaminada (problema frequente entre usuários de drogas injetáveis) e em transplantes de órgãos.

Durante as relações sexuais, o vírus presente no sêmen contaminado pode penetrar na mucosa da vagina ou do reto. A transmissão da vagina ou do reto para o pênis pode ocorrer através da uretra masculina ou de lesões microscópicas ocasionadas no pênis durante a relação. Por isso, na relação entre duas pessoas, qualquer uma delas pode ser infectada, e a melhor prevenção é o uso da camisinha durante toda a relação sexual, seja a masculina, geralmente de látex, seja a feminina, de poliuretano. É importante ressaltar ainda que a inseminação artificial pode ser uma forma de transmissão.

O vírus pode ser transmitido da mãe para o filho durante a gestação, o parto ou o aleitamento. Por isso, mulheres grávidas devem fazer o teste de Aids. Alguns estudos indicam que, se a gestante se tratar com medicamentos e o bebê tomar os remédios corretos nas primeiras semanas depois do nascimento, o risco desse tipo de transmissão é de aproximadamente 2%. Porém, se esses cuidados não forem tomados, o risco é de cerca de 27%.

Por meio de exames feitos em clínicas especializadas, o paciente pode saber se é portador do HIV, ou seja, se é HIV-positivo (também chamado de soropositivo). É necessário fazer mais de um exame para confirmar o resultado, que pode ser falso negativo, isto é, apresentar resultado negativo para uma pessoa contaminada; ou falso positivo, isto é, apresentar resultado positivo para alguém que não está contaminado. Em caso de confirmação de resultado positivo, a pessoa deve consultar um médico para saber, com segurança, como se tratar.

Muitos portadores do vírus podem apresentar sintomas como: febre e suores noturnos; inflamação dos linfonodos da cabeça, do pescoço e das axilas (íngua); erupções (feridas) na pele, na boca e nos órgãos genitais; diarreia; dores abdominais; falta de apetite e perda de peso; náusea; vômitos. Esses sintomas, porém, variam muito e não são específicos da Aids. Por isso, apenas o médico tem condições de diagnosticar a síndrome. Há também portadores que não apresentam sintomas por longo tempo. Ainda assim, podem transmitir o vírus a outras pessoas, até mesmo para o filho, no caso de uma mulher soropositiva que engravide.

Com a contínua multiplicação do vírus no organismo, pode chegar um momento em que o número de linfócitos diminui bastante e começam a aparecer infecções por germes oportunistas (que vivem no ambiente, na pele ou em cavidades do corpo e normalmente não causam problemas em indivíduos saudáveis): tuberculose, pneumonia, diarreias crônicas provocadas por amebas, giárdia e outros germes, meningites, herpes cutâneo, candidíase oral (sapinho).

Embora não destruam completamente os vírus, os medicamentos atuais podem retardar a evolução da doença e combater as infecções oportunistas. Além de medicamentos que atacam as infecções oportunistas, há também os chamados antirretrovirais, que inibem a reprodução do HIV no sangue. Uma das maiores dificuldades para o desenvolvimento de vacinas é a capacidade que o vírus tem de sofrer mutações muito rapidamente. Como a vacina tem de ser específica, ela poderia não atuar sobre as demais variedades.

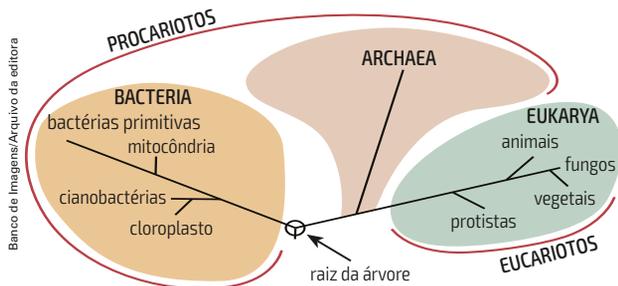


## ATENÇÃO

Para mais informações, procure orientação médica.

## 4 Bactérias: características gerais

No sistema de cinco reinos, bactérias fazem parte do reino Monera. Na classificação mais recente (figura 2.9), em três domínios (Bacteria, Archaea, Eukarya), elas pertencem ao domínio Bacteria, enquanto as arqueas fazem parte do domínio Archaea.



**Figura 2.9** Divisão dos seres vivos em três domínios. Essa divisão foi proposta em 1990 pelo microbiologista estadunidense Carl Woese (1928-2012). A ilustração indica que mitocôndrias e cloroplastos originaram-se de bactérias que invadiram células. Isso está de acordo com a teoria endossimbiótica, estudada no Volume 1 desta coleção.

Várias espécies de bactérias vivem associadas a outros organismos causando-lhes doenças, ou seja, são parasitas.

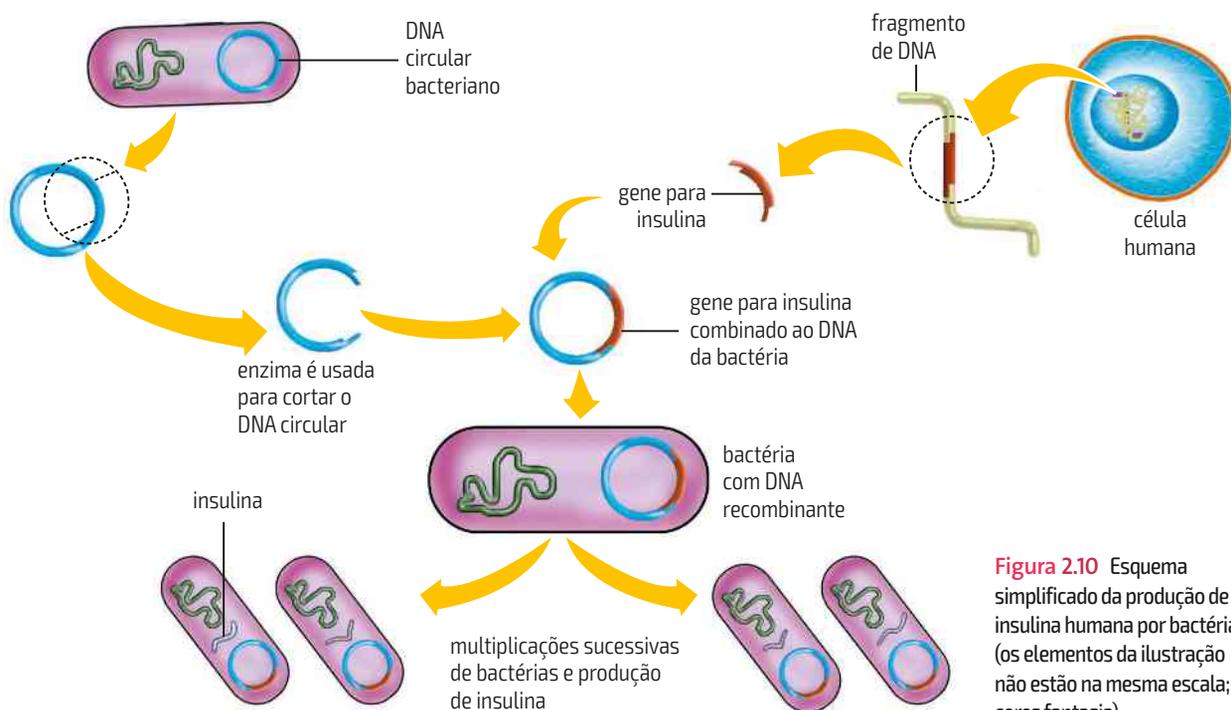
Outras bactérias, porém, associam-se a outros seres vivos e obtêm alimento sem lhes causar prejuízo. Esse tipo de associação é chamada **comensalismo**. O termo comensal significa 'cada um daqueles que co-

mem juntos'. É o caso de muitas bactérias que vivem sobre a nossa pele e em nosso sistema digestório: nosso corpo abriga trilhões de bactérias, um número maior que o total de células do próprio organismo.

Há também associações que trazem benefícios a ambos os organismos envolvidos. Algumas bactérias que vivem em nosso intestino, por exemplo, ingerem parte de nosso alimento, mas produzem vitaminas do complexo B e vitamina K. Esse tipo de associação, em que ambas as espécies são beneficiadas, é chamada **mutualismo** (do latim *mutuare* = trocar).

É provável que as bactérias primitivas tenham sido os primeiros seres vivos do planeta e pode-se afirmar que, sem elas, talvez a vida na Terra não existisse. Elas promovem, com os fungos, a reciclagem da matéria na natureza, realizando a decomposição da matéria orgânica de fezes, organismos mortos, etc. Essa matéria orgânica é decomposta em gás carbônico, água e sais minerais, que podem ser reaproveitados pelas plantas na produção de substâncias orgânicas.

O ser humano utiliza algumas bactérias (do gênero *Lactobacillus*) na produção de iogurtes, queijos e coalhadas. Há também aquelas que são empregadas pela engenharia genética, na produção de medicamentos (figura 2.10) e de outros produtos, como veremos com mais detalhes no Volume 3.



**Figura 2.10** Esquema simplificado da produção de insulina humana por bactérias (os elementos da ilustração não estão na mesma escala; cores fantasia).



## Bactérias no controle de insetos pragas

Na década de 1950 pesquisadores descobriram que poderiam manipular microrganismos para causar doenças em insetos pragas. A técnica permitia evitar as pragas sem, contudo, provocar danos à saúde humana e a outras espécies de insetos, como abelhas polinizadoras.

Esse tipo de controle biológico ficou conhecido como bioinseticida. Por não conter aditivos químicos, os bioinseticidas são uma forma mais segura que os agrotóxicos convencionais.

Um bioinseticida feito a partir de uma bactéria existente no meio ambiente (*Bacillus sphaericus*) foi desenvolvido no Brasil. O uso dessa bactéria tem se mostrado eficiente no combate a mosquitos, como o transmissor da malária, por meio da eliminação das larvas. A bactéria infecta e mata a larva, impedindo que os mosquitos se desenvolvam e se reproduzam.

Fontes de pesquisa: <[www.biologico.sp.gov.br/bioinseticidas.php](http://www.biologico.sp.gov.br/bioinseticidas.php)>; <<http://hotsites.sct.embrapa.br/prosarural/programacao/2007/bioinseticidas-inovacao-e-qualidade-de-vida>>. Acesso em: 16 out. 2015.

## 5 Morfologia e fisiologia das bactérias

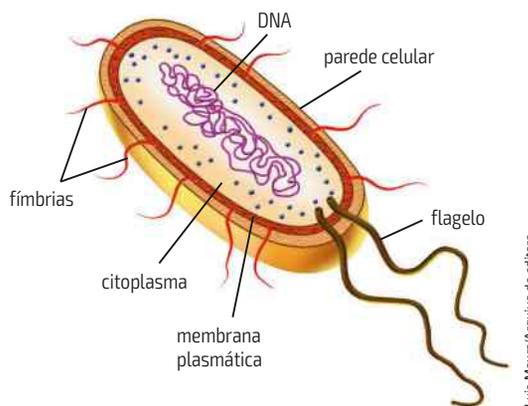
As bactérias são os menores organismos do planeta (se não considerarmos os vírus). A maioria delas mede entre 0,5  $\mu\text{m}$  e 1  $\mu\text{m}$ , cerca de dez vezes menos que as células eucariotas.

Quase todas as bactérias possuem **parede celular** envolvendo a membrana plasmática. Uma exceção é o micoplasma, bactéria que causa um dos tipos de pneumonia no ser humano. A parede celular bacteriana é um envoltório rígido constituído de uma rede de peptídios ligados a polissacarídeos, chamada **peptidoglicano**.

No citoplasma, há apenas DNA, ribossomos e grãos de glicogênio (reserva de alimento). Estão ausentes as outras organelas, que ocorrem nas células eucariotas. As bactérias também não possuem citoesqueleto. O DNA tem forma circular e não está ligado a proteínas, como nos eucariontes. Além desse DNA, pode haver uma ou mais moléculas menores de DNA, os **plasmídeos**. Alguns podem conter genes que conferem à bactéria resistência a antibióticos; outros podem ser injetados em bactérias competidoras, fazendo com que sintetizem uma substância tóxica que determina sua morte.

Muitas bactérias possuem **flagelos**, filamentos longos usados para locomoção. Além dos flagelos, pode haver filamentos de citoplasma, as **fímbrias**

(**figura 2.11**), que atuam na **conjugação** (troca de material genético entre duas bactérias) e ajudam na adesão da bactéria às células do hospedeiro, facilitando a infecção. Essa adesão favorece, por exemplo, a formação da placa bacteriana nos dentes e, conseqüentemente, as cáries dentárias.



Luís Moura/Arquivo da editora

**Figura 2.11** Ilustração de bactéria (em média, entre 0,5  $\mu\text{m}$  e 1  $\mu\text{m}$  de diâmetro) com fímbrias e flagelos. (Os elementos da ilustração não estão na mesma escala; cores fantasia.)

As bactérias podem ser classificadas de acordo com a forma que apresentam: esféricas, chamada **cocos** (do latim *coccus* = grão); em bastonete reto, chamadas **bacilos** (do latim *bacillus* = bastonete); em bastonete curvo, os **vibriões** (do latim *vibrare* = tremer); em hélice e com uma célula rígida, os **espirilos**. Em algumas espécies de bactérias, várias células se unem umas às outras, formando colônias típicas de cada espécie, como os **estafilococos** (do grego *staphyle* = cacho) e os **estreptococos** (do grego *streptós* = cadeia).

## Nutrição

A maioria das bactérias é heterotrófica por absorção: retira moléculas orgânicas já digeridas do ambiente ou de seres vivos parasitados. As outras são autotróficas por fotossíntese (fotoautotróficas) ou por quimiossíntese (quimioautotróficas), e usam energia luminosa ou química, respectivamente, para produzir compostos orgânicos.

As cianobactérias possuem uma clorofila idêntica à das plantas, mas as outras bactérias fotossintéticas possuem outro tipo, a **bacterioclorofila**.

Nas bactérias quimioautotróficas, a energia química provém de reações químicas de oxidação de compostos minerais. A oxidação, estudada com mais detalhes em Química, não envolve necessariamente uma reação com o gás oxigênio, como se poderia pensar, e sim uma perda de elétrons.

Algumas bactérias conseguem utilizar o nitrogênio atmosférico fazendo-o reagir com hidrogênio para produzir amônia, que pode ser incorporada às substâncias orgânicas (pode combinar-se com o gás carbônico para formar aminoácidos). Esse processo é chamado **fixação do nitrogênio** e feito por bactérias do gênero *Rhizobium* e cianobactérias, entre outras. Esse assunto será detalhado no Volume 3 desta coleção.

## Respiração e fermentação

Em relação à respiração, as bactérias podem ser **aeróbias** ou **anaeróbias**.

As aeróbias não sobrevivem na ausência de oxigênio, pois dependem desse gás para obter energia para realizar todas as suas atividades.

Já as bactérias anaeróbias não dependem de oxigênio para sobreviver. Elas podem ser **anaeróbias facultativas**, que sobrevivem à custa de processos anaeróbios, mas podem realizar respiração aeróbia se houver oxigênio no ambiente; ou **anaeróbias obrigatórias** ou **estritas**, que morrem quando há determinada concentração de oxigênio no ambiente, porque esse gás, livre dentro da célula, pode danificar moléculas importantes, como o DNA e as enzimas. No caso dessas bactérias anaeróbias estritas, a fermentação é o único processo de liberação de energia.

Imagina-se que bactérias primitivas tenham dado origem às mitocôndrias, organelas responsáveis pela respiração celular nas células eucarióticas.

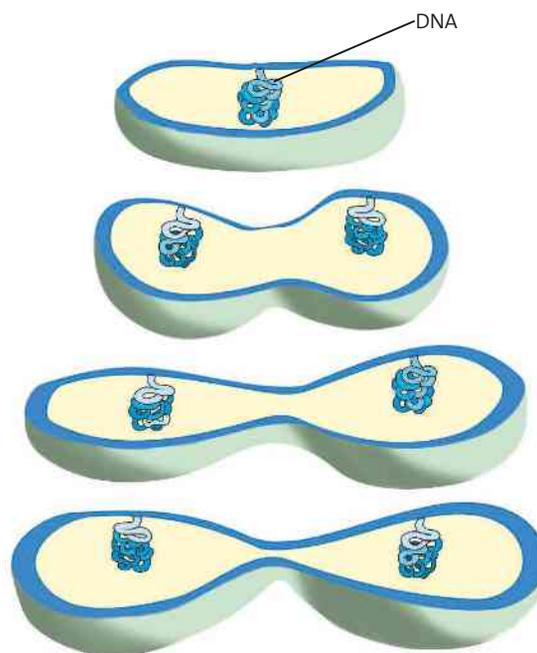
De acordo com essa teoria, conhecida como **teoria endossimbiótica**, isso teria acontecido há cerca de 2 bilhões de anos, quando bactérias foram fagocitadas por células maiores e, tendo escapado dos mecanismos de digestão, passaram a viver dentro delas.

Essas bactérias seriam capazes de realizar respiração aeróbia, ao contrário das células que as abrigaram, que realizariam apenas fermentação. Como aquele processo libera mais energia por molécula de glicose, as células hospedeiras passaram a contar com maior disponibilidade de energia.

A teoria endossimbiótica da origem das mitocôndrias é apoiada pelas semelhanças estruturais e bioquímicas entre mitocôndrias e bactérias.

## Reprodução

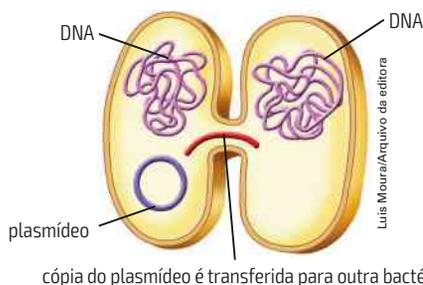
A principal forma de reprodução das bactérias é a assexuada, por **divisão binária** ou **bipartição**: a célula aumenta de tamanho e o DNA se duplica; em seguida, a célula se divide, ficando uma cópia do DNA para cada célula-filha (**figura 2.12**). Esse processo origina uma população de indivíduos geneticamente iguais, chamados **clones**.



Luis Moura/Arquivo da editora

**Figura 2.12** Esquema de reprodução assexuada das bactérias (os elementos não estão na mesma escala; cores fantasia). O DNA duplica-se e passa para as duas células-filhas.

As bactérias podem também realizar **conjugação**: duas bactérias se ligam pelas fímbrias e ocorre a transferência do plasmídeo de uma para a outra (figura 2.13). Após a troca, elas se separam. Quando, posteriormente, as bactérias se dividirem, serão produzidas bactérias que também carregam novos plasmídeos. A conjugação permite, por exemplo, espalhar a resistência a antibióticos entre as bactérias. Isso acontece quando um plasmídeo com um gene que confere resistência a determinado antibiótico é transferido. Desse modo, também podem surgir bactérias resistentes a vários tipos de antibióticos.

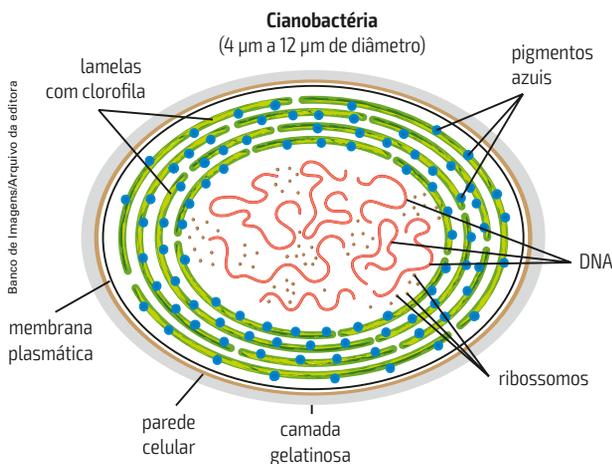


**Figura 2.13** Esquema de conjugação entre bactérias. (Os elementos não estão na mesma escala; cores fantasia.)

## Estrutura das cianobactérias

As cianobactérias vivem isoladas ou em colônias, a maioria em água doce, mas algumas podem ser encontradas no mar, em solos úmidos e agregadas a fungos, formando os líquens (conforme veremos no Capítulo 4).

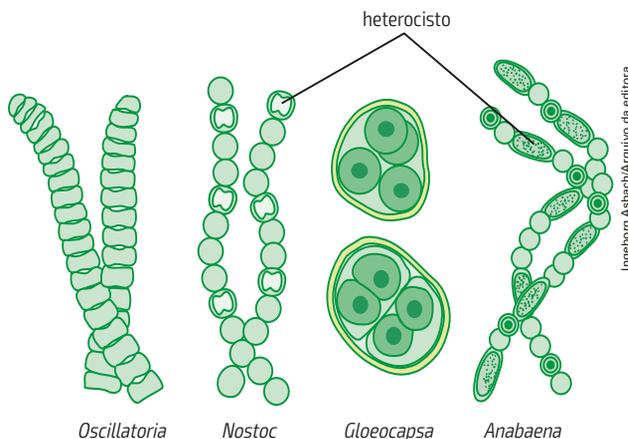
Elas são autotróficas e, além da clorofila **a** (como a das plantas), possuem outros pigmentos distribuídos nas membranas que estão espalhadas no citoplasma (figura 2.14).



**Figura 2.14** Estrutura de uma cianobactéria (em torno de 4 µm a 12 µm de diâmetro; os elementos ilustrados não estão na mesma escala; cores fantasia.)

Algumas colônias apresentam também células com parede espessa – os **heterocistos** –, nas quais se realiza a fixação do nitrogênio: as cianobactérias absorvem esse gás e o utilizam para construir suas proteínas. Associado à fotossíntese, esse processo dá a elas grande autonomia nutritiva, além de ser importante no equilíbrio do ciclo do nitrogênio. A reprodução das cianobactérias ocorre de forma assexuada.

Veja alguns exemplos de cianobactérias na figura 2.15.



**Figura 2.15** A ilustração mostra alguns gêneros de cianobactérias (as ilustrações não estão na mesma escala; cores fantasia.)

## 6 Doenças causadas por bactérias

As bactérias patogênicas podem ser transmitidas de diversas maneiras: por gotículas de saliva dos doentes ou portadores (como no caso da tuberculose, lepra, difteria, coqueluche, escarlatina, pneumonia, meningite), por contato com alimento, água ou objeto contaminado (disenteria bacilar, tétano, tracomia, leptospirose, cólera, febre tifoide, botulismo) ou por contato sexual (gonorreia, sífilis).

Ao contrário dos vírus, as bactérias são sensíveis a antibióticos, que devem ser usados somente com orientação médica. Também há vacinas e soros contra alguns tipos de bactérias.

### Hanseníase

Transmitida pelo bacilo de Hansen (*Mycobacterium leprae*), causa lesões na pele, nas mucosas e nos nervos, o que provoca falta de sensibilidade na pele. Quando o tratamento é feito a tempo, a recuperação é total.



## O estigma da hanseníase

*O bacilo Mycobacterium leprae tem andado pelo mundo há muito tempo. Já no século 6 a.C., havia referências à temida doença por ele causada: a hanseníase. Acredita-se que a doença tenha surgido no Oriente e se espalhado pelo mundo por tribos nômades ou por navegadores, como os fenícios.*

[...]

*Por falta de um conhecimento específico, a hanseníase era muitas vezes confundida com outras doenças, principalmente as de pele e venéreas. Daí o preconceito em relação ao seu portador: a transmissão da doença pressupunha um contato corporal, muitas vezes de natureza sexual.*

[...]

*Quando não eram enviados para leprosários e excluídos da sociedade, os doentes [...] tinham que usar luvas e roupas especiais, carregar sine-tas ou matracas que anunciassem sua presença e, para pedir esmolas, precisavam colocar um sa-co amarrado na ponta de uma longa vara. Não havia cura e ninguém queria um doente por perto!*

*Somente em 1873, a bactéria causadora da moléstia foi identificada pelo norueguês Armauer Hansen, e as crenças de que a doença era here-ditária [...] foram afastadas.*

*No Brasil, até meados do século XX, os doen-tes eram obrigados a se isolar em leprosários e tinham seus pertences queimados. Apenas em 1962 a internação compulsória dos doentes dei-xou de ser regra.*

[...]

*Desde 1995, o tratamento é gratuitamente oferecido para os pacientes do mundo todo, e, nesse mesmo ano, no Brasil, o termo lepra e seus derivados foram proibidos de serem em-pregados nos documentos oficiais da Adminis-tração, em uma tentativa de reduzir o estigma da doença.*

*Esse estigma, porém, vai muito além da de-nominação. [...] a hanseníase hoje evidencia desigualdades sociais, afetando sobretudo as regiões mais carentes do mundo. Por isso, o pre-conceito persiste e muitas pessoas ainda acre-ditam que apenas os pobres adquirem a doença. No entanto, apesar de ser transmitida mais fa-cilmente quando as condições sanitárias e de habitação não são adequadas, a hanseníase não escolhe, nem nunca escolheu, classe social.*

CAVALIERE, Irene. *Hanseníase na História*. Disponível em: <[www.invivo.fiocruz.br/cgi/cgilua.exe/sys/start.htm?infoid=1182&sid=7](http://www.invivo.fiocruz.br/cgi/cgilua.exe/sys/start.htm?infoid=1182&sid=7)>.  
Acesso em: 16 out. 2015.

## Tuberculose

Causada pelo bacilo de Koch (*Mycobacterium tuberculosis*), em geral a tuberculose compromete os pulmões, mas outros órgãos também podem ser afetados. O doente apresenta tosse persistente, emagrecimento, febre, fadiga e, nos casos mais avançados, hemoptise (expectoração com sangue).

A infecção pode ocorrer pela inalação de gotícu-las contendo bacilos expelidos pela tosse, fala ou espirro de pessoas doentes.

As medidas preventivas incluem vacinação das crianças – a vacina é a BCG (bacilo de Calmet-Guérin) – e melhorias dos padrões de vida das popu-lações mais pobres. O tratamento é feito com antibióticos.

## Meningite meningocócica

Trata-se de uma infecção das membranas que envolvem o cérebro e a medula, as meninges, cau-sada pelo meningococo (*Neisseria meningitidis*), embora também existam alguns vírus que provo-cam meningite. Os sintomas iniciais são febre alta, náuseas, vômitos e rigidez dos músculos da nuca (o doente não consegue encostar o queixo no peito).

A hospitalização deve ser imediata, pois a doença pode ser fatal. Como a bactéria é transmi-tida por espirro, tosse ou fala, também é impor-tante notificar à escola, caso algum aluno a con-traia. O tratamento é feito à base de antibióticos, mas alguns tipos de meningite podem ser preve-nidos com o uso de vacinas.

## Leptospirose

Doença causada pela *Leptospira interrogans*, que é transmitida por água, alimentos e objetos contaminados por urina de ratos, cães e outros animais portadores da bactéria.

O doente apresenta febre alta, calafrios, dores de cabeça, musculares e articulares. É necessário atendimento médico para evitar complicações renais e hepáticas.

Existe grande risco de se contrair leptospirose nas enchentes que atingem as cidades, pois a água mistura-se à urina dos ratos que vivem nos esgotos. Como prevenção, deve-se controlar o número de ratos e melhorar o saneamento básico e as galerias pluviais.

## Cólera

É uma doença causada pelo *Vibrio cholerae* (vibrião colérico). É causada pela ingestão de água ou alimentos contaminados, crus ou malcozidos, uma vez que a bactéria morre em água fervida e em alimentos cozidos.

O vibrião se instala e se multiplica na parede do intestino delgado, produzindo substâncias tóxicas e provocando forte diarreia, o que pode causar desidratação: o doente pode perder até 2 litros de líquido por hora e apresentar sede, câibras, olhos encoados e pele seca, azulada e enrugada. As fezes são aquosas e esbranquiçadas (parecem água de arroz), sem muco ou sangue. Cólicas abdominais, dores no corpo, náuseas e vômitos também são comuns. Esse quadro pode causar insuficiência renal e morte em 24 horas ou menos. Portanto, é preciso procurar atendimento médico logo, para que seja realizada reidratação endovenosa com soro e antibióticos.

Para se prevenir contra a cólera e outras doenças transmitidas pela água, deve-se evitar beber água que não tenha sido tratada, isto é, ingerir somente água filtrada e fervida ou esterilizada com produtos à base de cloro; lavar frutas, verduras e legumes que serão consumidos crus e deixá-los de molho em água com produtos à base de cloro, seguindo as instruções da embalagem; ferver o leite e deixá-lo protegido contra moscas e insetos; lavar as mãos antes de preparar ou consumir alimentos.



### ATENÇÃO

Para mais informações, procure orientação médica.



## O domínio Archaea

Fazem parte do domínio Archaea (arqueas, anteriormente chamadas arqueobactérias) seres unicelulares (o diâmetro da célula varia entre 0,1  $\mu\text{m}$  e 15  $\mu\text{m}$ ), autotróficas e procariontes que compartilham algumas características com as bactérias, outras com eucariotas, e, ainda, possuem algumas características únicas desse grupo.

As arqueas não possuem peptidoglicanos em sua parede celular e os lipídios de sua membrana são diferentes dos de outros seres vivos. Além disso, análises do RNA indicaram que esses seres são mais aparentados com os eucariontes do que com as bactérias.

Muitas arqueas vivem em condições extremas de temperatura, de salinidade ou de pH, sendo, por isso, chamadas **extremófilas** (do grego *philein* = afinidade). As **termófilas extremas** (do grego *thermos* = calor) podem ser encontradas nas fontes hidrotermais no fundo dos oceanos, sobrevivendo em temperaturas de cerca de 100 °C, e em fontes de água sulfurosa. Elas usam a energia química do gás sulfídrico, presente nessas fontes, para sintetizar compostos orgânicos. Já as **halobactérias** ou **halófilas extremas** (do grego *halos* = sal), vivem em regiões de alta salinidade, como o mar Morto, em Israel, ou o Grande Lago Salgado, nos Estados Unidos. Há também um grupo que vive em ambientes sem oxigênio livre, como a lama dos pântanos e o intestino dos animais herbívoros. São as arqueas **metanogênicas**, que usam hidrogênio para reduzir o gás carbônico e produzir metano.

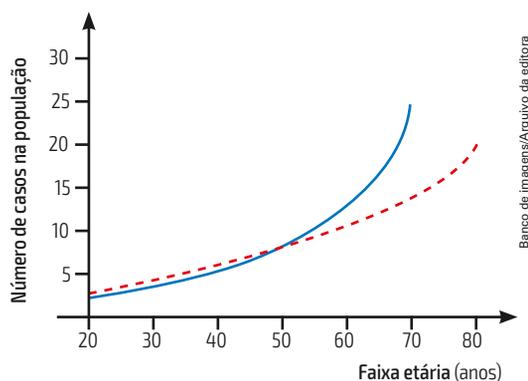
Como as enzimas de algumas arqueas funcionam bem em temperaturas e condições que destruiriam as enzimas dos outros organismos, elas podem ser aproveitadas na produção de detergentes ativos em água quente ou meio ácido, em técnicas que aceleram o isolamento de DNA (fundamentais para os testes de DNA), em temperaturas mais altas, na limpeza de água contaminada por petróleo e na produção de gás combustível a partir da matéria orgânica dos esgotos. Portanto, o estudo das arqueas e de suas enzimas ilustra o fato de que a pesquisa básica pode ter importantes aplicações práticas. A relação entre a pesquisa básica e a tecnologia é um tema debatido em Filosofia e Sociologia da Ciência.

- Vários microrganismos patogênicos podem ser cultivados em laboratório, em condições especiais denominadas “meio de cultura”, isto é, um meio (sólido ou líquido) com os nutrientes (açúcares, gordura, proteínas, etc.) adequados ao microrganismo, que se multiplica e pode ser estudado. Por que essa técnica não funciona no caso dos vírus? Explique.
- Que fato explica tanto a dificuldade de se conseguir produzir uma vacina contra o HIV como a necessidade de se repetir a vacinação contra a gripe todos os anos?
- Como você defenderia a teoria de que vírus são seres vivos? E a posição contrária?
- Um estudante afirmou que as bactérias são prejudiciais ao ser humano, uma vez que provocam inúmeras doenças. Você concorda com essa afirmação? Por quê?
- As bactérias *Clostridium botulinum* e *Clostridium tetani* são anaeróbias estritas ou obrigatórias. A primeira pode contaminar alimentos e causar botulismo em quem os ingere. A segunda causa o tétano, entrando pela pele através de ferimentos produzidos por objetos contaminados. Então, responda:
  - Em um bolo de carne contaminado pela bactéria deve haver, em princípio, mais toxinas dela na superfície do bolo ou no meio dele? Justifique a resposta.
  - Por que há mais risco de aparecer tétano em ferimentos profundos?
- Bactérias sensíveis à penicilina foram cultivadas no mesmo meio de cultura que bactérias resistentes a essa substância e, após certo tempo, alguns indivíduos do grupo sensível tinham se tornado resistentes. Supondo que esses indivíduos não tenham sofrido mutação, explique como eles podem ter adquirido resistência à penicilina.
- Coliformes fecais, como a *Escherichia coli*, são bactérias encontradas geralmente no intestino humano. A quantidade de coliformes fecais na água das praias costuma ser medida e classificada da seguinte forma:
  - Excelente – máximo de 250 coliformes fecais em 100 mL de água do mar;

- Muito boa – máximo de 500 em 100 mL;
- Satisfatória – máximo de 1 000 em 100 mL;
- Imprópria – acima de 1 000 em 100 mL.

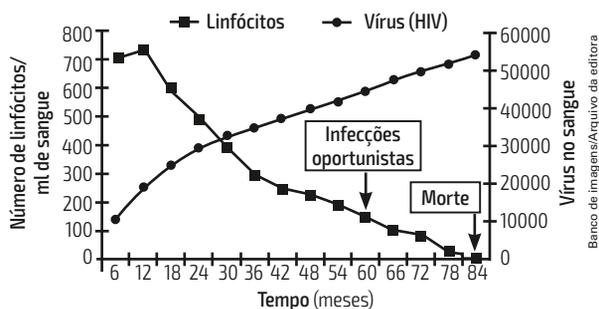
- Como os coliformes fecais chegam até a água?
- Por que esses coliformes podem ser usados como indicador da qualidade da água?

- O gráfico a seguir indica o número de casos de pneumonia causada por duas espécies de bactérias, a *Streptococcus pneumoniae* (curva cheia) e a *Mycoplasma pneumoniae* (curva tracejada), por faixa etária, na população de uma pequena cidade. Com base no gráfico, responda:



- Que espécie de bactéria é a principal responsável pelos casos de pneumonia em pessoas com mais de 60 anos?
  - O que acontece com o número de casos de pneumonia em função da idade? Como isso pode ser explicado?
- (Unifesp) Cientistas criaram em laboratório um bacteriófago (fago) composto que possui a cápsula proteica de um fago T2 e o DNA de um fago T4. Após esse bacteriófago composto infectar uma bactéria, os fagos produzidos terão:
    - a cápsula proteica de qual dos fagos? E o DNA será de qual deles?
    - Justifique sua resposta.
  - (Fuvest-SP) Com o objetivo de promover a reprodução de certo vírus bacteriófago, um estudante incubou vírus em meio de cultura esterilizado, que continha todos os nutrientes necessários para o crescimento de bactérias. Ocorrerá a reprodução dos vírus? Por quê?

11. (UFRJ) O gráfico a seguir mostra a variação do número de um tipo de leucócitos, os linfócitos T4, e da quantidade de vírus HIV no sangue de um indivíduo ao longo do tempo. Esse indivíduo, portador da síndrome de imunodeficiência causada pelo vírus HIV (AIDS/SIDA), não teve acesso a tratamento algum durante o período mostrado.



Note que, somente após cerca de 60 meses, apareceram, nesse indivíduo, infecções oportunistas por fungos, parasitas e bactérias. Foram essas infecções, e não o vírus propriamente dito, que levaram o paciente à morte.

Por que pacientes infectados com HIV e não tratados sofrem, em geral, de infecções oportunistas?

12. (Udesc) Nos últimos dias vários meios de comunicação têm noticiado casos de dengue em diferentes Estados do Brasil. Em alguns destes Estados os números indicam uma situação epidêmica, segundo os parâmetros da Organização Mundial de Saúde (OMS).

Analise as proposições em relação à dengue, e assinale (V) para verdadeira e (F) para falsa.

- (//) A doença é adquirida pela picada de um hemíptero, denominado cientificamente de *Triatoma infestans*.
- (//) Existem duas formas de dengue: a clássica e a hemorrágica.
- (//) Por ser uma doença causada por bactérias do grupo *Neisseria*, a dengue pode ser tratada com antibiótico, o que garante a cura em mais de 90% dos casos.
- (//) Uma das medidas mais eficazes do combate à dengue são as campanhas de vacinação, realizadas anualmente.
- (//) Após contaminar-se uma vez com a dengue, o indivíduo adquire imunidade natural e não mais contrai a doença.

Assinale a alternativa que indica a sequência correta, de cima para baixo.

- a) V – V – F – F – V
- b) V – V – V – F – V
- c) V – F – F – F – V
- X d) F – V – F – F – F
- e) V – V – V – V – V

13. (UPF-RS)

### ***Ebola já matou 3 439 na África, diz OMS***

*O vírus Ebola matou 3 439 pessoas no oeste da África, de um total de 7 478 casos registrados em cinco países (Serra Leoa, Guiné, Libéria, Nigéria e Senegal), segundo o último balanço da Organização Mundial de Saúde (OMS), realizado até 1º de outubro e divulgado nesta sexta, em Genebra. [...] A epidemia, a mais grave desde que o vírus foi identificado, em 1976, teve início na Guiné, no fim de dezembro de 2013. Desde então, foram registrados 2 069 mortos entre 3 834 casos na Libéria, o país mais afetado. Na Guiné, foram contabilizados 739 mortos de um total de 1 199 casos e, em Serra Leoa, 623 mortos em 2 437 casos. Trabalhadores de saúde têm sido particularmente afetados, com 216 mortos entre 377 casos confirmados.*

(Disponível em: <http://www.afp.com/pt/noticia>. Acesso em: 04 out. 2014)

A febre hemorrágica ebola (FHE) está sendo considerada uma epidemia, porque:

- a) é infecciosa e transmissível e atinge grandes proporções, se espalhando por um ou mais continentes ou por todo o mundo, matando grande número de pessoas.
  - b) não é infecciosa e surgiu em alguns indivíduos, sem um caráter regular.
  - X c) é infecciosa e transmissível e surgiu rapidamente em determinada região, matando grande número de pessoas.
  - d) tem duração contínua, se manifesta apenas em determinada região e tem causa local.
  - e) não é infecciosa e transmissível e surgiu numa região, mas se espalhou rapidamente entre as pessoas de outras regiões.
14. (Enem) Durante as estações chuvosas, aumentam no Brasil as campanhas de prevenção à dengue, que têm como objetivo a redução da proliferação do mosquito *Aedes aegypti*, transmissor do vírus da dengue. Que proposta preventiva poderia ser efetivada para diminuir a reprodução desse mosquito?
- a) Colocação de telas nas portas e janelas, pois o mosquito necessita de ambientes cobertos e fechados para a sua reprodução.

- b) Substituição das casas de barro por casas de alvenaria, haja vista que o mosquito se reproduz na parede das casas de barro.
- c) Remoção dos recipientes que possam acumular água, porque as larvas do mosquito se desenvolvem nesse meio.
- d) Higienização adequada de alimentos, visto que as larvas do mosquito se desenvolvem nesse tipo de substrato.
- e) Colocação de filtros de água nas casas, visto que a reprodução do mosquito acontece em águas contaminadas.

**15.** (Enem)

*Medidas de saneamento básico são fundamentais no processo de promoção de saúde e qualidade de vida da população. Muitas vezes, a falta de saneamento está relacionada com o aparecimento de várias doenças. Nesse contexto, um paciente dá entrada em um pronto atendimento relatando que há 30 dias teve contato com águas de enchente. Ainda informa que nesta localidade não há rede de esgoto e drenagem de águas pluviais e que a coleta de lixo é inadequada. Ele apresenta os seguintes sintomas: febre, dor de cabeça e dores musculares.*

Disponível em: <<http://portal.saude.gov.br>>. Acesso em: 27 fev. 2012 (adaptado).

Relacionando os sintomas apresentados com as condições sanitárias da localidade, há indicações de que o paciente apresenta um caso de

- a) difteria.
- b) botulismo.
- c) tuberculose.
- d) leptospirose.
- e) meningite meningocócica.

**16.** (Enem) Na embalagem de um antibiótico, encontra-se uma bula que, entre outras informações, explica a ação do remédio do seguinte modo: “O medicamento atua por inibição da síntese proteica bacteriana”. Essa afirmação permite concluir que o antibiótico:

- a) impede a fotossíntese realizada pelas bactérias causadoras da doença e, assim, elas não se alimentam e morrem.
- b) altera as informações genéticas das bactérias causadoras da doença, o que impede a manutenção e a reprodução desses organismos.
- c) dissolve as membranas das bactérias responsáveis pela doença, o que dificulta o transporte de nutrientes e provoca a morte delas.

- d) elimina os vírus causadores da doença, pois não conseguem obter as proteínas que seriam produzidas pelas bactérias que parasitam.
- e) interrompe a produção de proteína das bactérias causadoras da doença, o que impede sua multiplicação pelo bloqueio de funções vitais.

**17.** (Fuvest-SP) Decorridos mais de 50 anos do uso dos antibióticos, a tuberculose figura, neste final de século, como uma das doenças mais letais; isso se deve ao fato de os bacilos terem se tornado resistentes ao antibiótico usado para combatê-los. Considerando que a resistência de uma população de bactérias a um antibiótico é resultado de mutação ao acaso e que a taxa de mutação espontânea é muito baixa, foi proposto o uso simultâneo de diferentes antibióticos para o tratamento de doentes com tuberculose. Com relação a esse procedimento, foram levantados os seguintes argumentos:

- I. O tratamento não será efetivo para o paciente, uma vez que a resistência ao antibiótico não é reversível.
  - II. O tratamento terá alta chance de ser efetivo para o paciente, pois a probabilidade de que uma bactéria seja resistente a dois ou mais antibióticos é extremamente baixa.
  - III. O tratamento poderá apresentar riscos para a população, pois poderá selecionar linhagens bacterianas altamente resistentes a antibióticos.
- Analisando as informações contidas no texto, pode-se concluir que apenas
- a) o argumento I é válido.
  - b) o argumento II é válido.
  - c) o argumento III é válido.
  - d) os argumentos I e III são válidos.
  - e) os argumentos II e III são válidos.

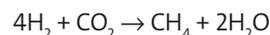
**18.** (IFPE) Os números de casos de dengue no Brasil em 2015 são 240% maiores em relação ao mesmo período do ano passado. Em média, 251 brasileiros contraem dengue por dia. O número de mortes por casos graves também aumentou. Foram 132 mortes em decorrência de dengue este ano, 29% a mais que em 2014.

Disponível em: <<http://veja.abril.com.br/noticia/saude/casos-de-dengue-aumentam-240-em-2015-saiba-as-razoes>>. Acesso em: 21 set. 2015.

A dengue é uma doença causada por vírus. Com relação aos vírus, é correto afirmar que

- a) não possuem material genético.
- b) causam doenças apenas em humanos.
- c) não possuem organização celular.
- d) reproduzem-se dentro e fora das células vivas.
- e) são parasitas intracelulares facultativos.

19. (UFRGS-RS) O domínio Archaea consiste principalmente de organismos procarióticos que vivem em ambientes extremos, como fontes termais, vulcões ou águas hipersalinas. Os Archaea são encontrados também dentro do trato digestivo de alguns animais, onde produzem metano. Os organismos metanogênicos são capazes de produzir energia segundo a seguinte reação:



Em relação ao seu metabolismo energético, os Archaea metanogênicos podem ser caracterizados como

- a) heterótrofos por absorção e anaeróbios.
- X b) autótrofos e anaeróbios.
- c) heterótrofos por ingestão e aeróbios.
- d) autótrofos e aeróbios.
- e) heterótrofos por absorção e aeróbios.

### Trabalho em equipe

1. Em grupo, escolham um dos temas a seguir para pesquisar. Depois, apresentem o resultado do trabalho para a classe e para a comunidade escolar (alunos, professores, funcionários da escola e pais ou responsáveis). Se possível, os resultados das pesquisas devem ser expostos também fora da escola, como forma de conscientização.

- a) Os números da Aids: casos de Aids no Brasil e no mundo e projeções para os próximos anos. Medidas que foram tomadas pelo governo brasileiro e o que ainda precisa ser feito no mundo para prevenir e combater a infecção. Se possível, agendem a visita de um profissional da área da Saúde para dar uma palestra e conversar com a turma sobre seu trabalho. Lembrando que sempre que um profissional for chamado para uma entrevista, vocês devem buscar saber como é o cotidiano de sua profissão, perguntando sobre aspectos positivos e negativos do trabalho.

- b) A Revolta da Vacina: qual era a situação social do Rio de Janeiro em 1904, quem foi o médico envolvido na campanha de vacinação, etc.

- c) Escolham uma das viroses abaixo para realizar uma pesquisa sobre o agente causador, modo de transmissão, prevenção, etc.

- Gripe aviária.
- Sars.
- Gripe A (“gripe suína”).
- Variola.
- Febre *Chikungunya*.
- Zika vírus.
- Herpes.
- Condiloma acuminado.

- d) Calendário básico de vacinação: visitem um posto de saúde, peçam um calendário de vacinação e façam um resumo das doenças listadas que podem ser prevenidas por vacinas.

- e) Higiene alimentar: cuidados que devemos ter ao comprar e manipular os alimentos e também para conservá-los em casa para garantir a higiene.

2. Uma doença que ficou conhecida como peste negra matou milhões de pessoas durante a Idade Média.

- a) Componham uma ficha técnica que contenha informações sobre essa doença: a bactéria causadora, os sintomas, a forma de transmissão e os tipos de tratamento.

- b) Com a ajuda de livros e de *sites* de História, criem uma apresentação que descreva o contexto histórico-social em que a doença se espalhou. Considerando esse contexto, analisem também como essa doença era representada em pinturas e desenhos dessa época. Se possível, peçam orientações ao professor de História.

#### Fique de olho!

Quando fizer pesquisas na internet, dê preferência a *sites* de universidades e órgãos públicos. Sempre procure a informação em mais de uma fonte e não se esqueça de dar o crédito dos textos e das imagens apresentados em sua pesquisa. Os resultados podem ser publicados em vídeos, *blogs* ou páginas de redes sociais.



Alga filamentosa do gênero *Spirogyra* vista ao microscópio de luz (de 10  $\mu\text{m}$  a 100  $\mu\text{m}$  de largura). Esse tipo de alga verde é comumente usado em demonstrações de laboratório.

As algas são seres aquáticos que podem ser microscópicos ou macroscópicos. Esses organismos são responsáveis por grande parte da produção do gás oxigênio disponível no ambiente. As algas microscópicas fazem parte do chamado fitoplâncton e são importantíssimas como base da cadeia alimentar dos ambientes aquáticos. Neste capítulo estudaremos também os protozoários, muitos dos quais podem causar doenças em seres humanos.

- ◆ Você sabe o que são protozoários?
- ◆ Quais doenças algumas espécies desses microrganismos podem nos causar?
- ◆ Você sabe onde podemos encontrar algas? Por que é importante estudá-las?



## 1 Protistas

O reino Protista reunia, inicialmente, os seres unicelulares eucariontes, como os protozoários (heterotróficos) e as algas unicelulares (autotróficas). Depois, passou a abrigar todas as algas, tanto unicelulares quanto pluricelulares, e alguns autores passaram a chamar esse novo reino de **Protoctista**, enquanto outros continuam a usar o termo Protista com o novo significado. No entanto, verificou-se mais tarde que, entre os protistas, há grupos de organismos que estão mais próximos evolutivamente de outros reinos do que de outros grupos de protistas: é o caso das algas verdes, por exemplo, que estão evolutivamente mais próximas das plantas do que de outros protistas. Por isso, na classificação em três domínios, o reino Protista foi dividido em vários novos reinos do domínio Eukarya. Essa divisão leva em conta análises moleculares dos genes para estabelecer relações filogenéticas. Então, vamos nos limitar aqui a estudar dois grandes grupos de protistas: os protozoários e as algas (grupos sem valor taxonômico no sistema de três domínios).

O que há então em comum entre os protistas?

Primeiro, suas células possuem um núcleo individualizado, ou seja, são eucariontes e não procariontes, como são as bactérias e as arqueas.

Além disso, os protistas unicelulares diferem de plantas e animais – todos pluricelulares.

Como veremos adiante, alguns fungos são unicelulares, mas sua parede celular é diferente da parede celular que alguns protistas possuem.

Há protistas pluricelulares, como certas algas. Embora sejam muito parecidas com as plantas, as algas não possuem estruturas especializadas, como as raízes, os caules e as folhas, nem apresentam os tecidos que protegem o embrião em seu desenvolvimento inicial.

Finalmente, o desenvolvimento embrionário dos animais também é diferente e mais complexo do que o dos protistas pluricelulares.

### Fique de olho!

Chamaremos protistas, ou protoctistas, todos aqueles que não são procariontes, fungos, plantas ou animais.

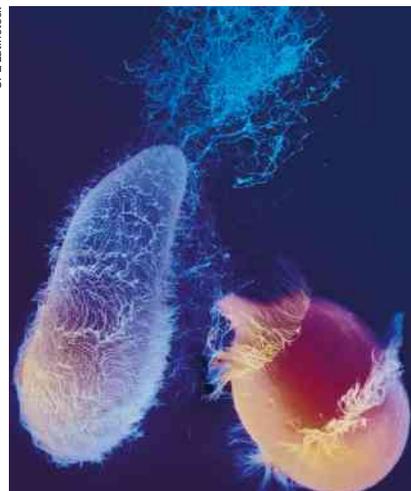
## 2 Protozoários

Esses seres habitam os mais variados tipos de ambientes, com vida livre ou em diversos tipos de associação com outros seres vivos. Alguns são parasitas; outros são comensais, retirando alimento sem causar prejuízo ao outro ser; e muitas espécies vivem em relação de mutualismo, quando os dois seres são beneficiados.

Quando as condições do meio se tornam desfavoráveis, alguns protozoários podem adotar a forma de **cisto**: o organismo perde água, diminuindo de volume, perde organelas e forma uma casca resistente. Em condições favoráveis, o protozoário dissolve o cisto, à custa de enzimas, e passa à forma ativa.

Nas classificações mais antigas, os protozoários foram divididos em quatro classes principais: **Sarcodinea** ou **Rhizopoda** (sarcodíneos ou rizópodes; do grego *sarkos* = carne; *rhiza* = raiz; *podos* = pés), **Ciliophora** (cilióforos; ‘portadores de cílios’; **figura 3.1**), **Mastigophora** ou **Flagellata** (mastigóforos, zoomastiginos ou zooflagelados; do grego *mastigion* = chicote; do latim *flagellum* = chicote; ‘portadores de chicote’) e **Apicomplexa** ou **Sporozoa** (esporozoários). No sistema de três domínios, o grupo é dividido em muitos filos, alguns ainda em discussão. Para simplificar, vamos falar apenas de alguns representantes desse grupo, de acordo com o tipo de locomoção e sem entrar em detalhes de classificação.

SP/LiaInatstock

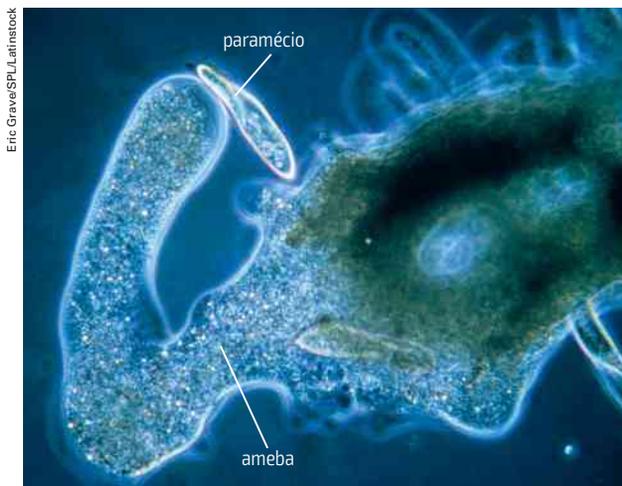
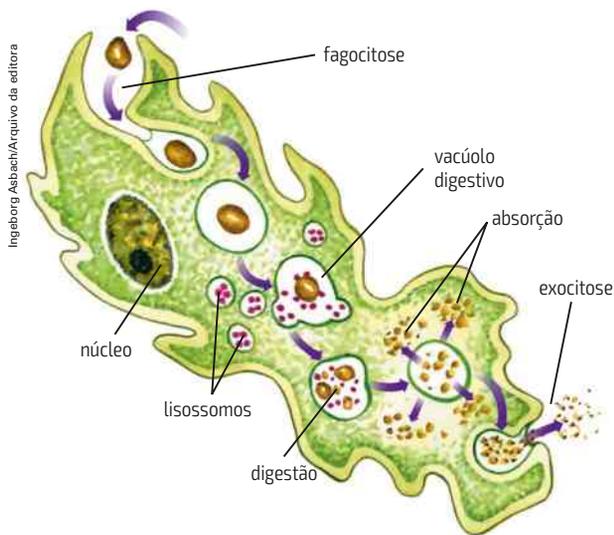


**Figura 3.1**

O protozoário ciliado do gênero *Didinium* (rosado, à direita) é um predador. Ele captura e come paramécios (à esquerda, com cerca de 200  $\mu\text{m}$ ), que também são protozoários ciliados (microscópio eletrônico de varredura; imagem colorizada por computador).

## Protozoários com pseudópodes

Um exemplo desse grupo de protozoários é a ameba (figura 3.2). Ela é capaz de reagir a estímulos químicos por meio da emissão de **pseudópodes** (do grego *pseudos* = falso), expansões citoplasmáticas com as quais pode aproximar-se do alimento (algas e outros seres unicelulares), englobá-lo por fagocitose e digerir-lo em vacúolos com enzimas dos lisossomos (figura 3.2). Ameba é um termo que vem do grego e significa 'aquele que muda', nome dado justamente pela mudança de forma que esse protozoário apresenta ao mover os pseudópodes.



**Figura 3.2** Nutrição da ameba: o material não digerido é eliminado por exocitose, processo inverso à fagocitose (os elementos ilustrados não estão na mesma escala; cores fantasia). Na foto, ameba usa um pseudópode para capturar outro protozoário – um paramécio (microscópio óptico; aumento de cerca de 40 vezes; com uso de corantes).

Outros protozoários com pseudópodes, como os foraminíferos, possuem carapaças resistentes de sílica ou de carbonato de cálcio, que funcionam como um esqueleto ou uma concha e dão sustentação e proteção à célula.

A forma mais comum de reprodução desses protozoários é a assexuada, que ocorre, em geral, por divisão binária. Em certos casos, a reprodução assexuada ocorre por divisão múltipla, em que uma célula origina vários indivíduos.

## Protozoários com cílios

A principal característica desse grupo é a presença de cílios, filamentos de estrutura idêntica à dos flagelos, mas menores e mais numerosos. Por isso, os organismos do grupo são conhecidos como **protozoários ciliados**.

Realizam reprodução assexuada (por bipartição) e sexuada, por conjugação (figura 3.3), na qual trocam material genético de seus núcleos com outro protozoário.



**Figura 3.3** Reprodução sexuada em *Paramecium caudatum*. As duas células ficam conjugadas e trocam material genético (microscópio eletrônico de varredura; imagem colorizada por computador; aumento de 500 vezes).

## Protozoários com flagelos

Nesse grupo estão os protozoários portadores de flagelos, filamentos em número variável (em geral, de um a quatro, embora alguns apresentem número maior), que funcionam na locomoção e na captura de alimento. São chamados **protozoários flagelados**.

A maioria é aquática e de vida livre. Alguns são parasitas e causam doenças, como veremos adiante. Outros formam associações mutualísticas, como os do gênero *Triconympha*, que vivem no intestino do cupim e digerem a celulose ingerida pelo inseto (figura 3.4). Os protozoários flagelados reproduzem-se por divisão binária.

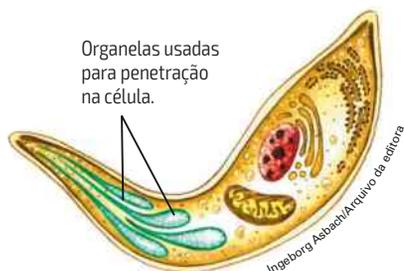
Fotos: Eric V. Gravel/PhotoSearchers, Inc./iStock



**Figura 3.4** Cupim (microscópio eletrônico; aumento de cerca de 20 vezes; imagem colorizada por computador) e o protozoário *Triconympha* sp. (microscópio de luz; aumento de cerca de 250 vezes).

## Protozoários sem organelas de locomoção

Esses protozoários, desprovidos de organelas especializadas para locomoção, são parasitas intracelulares. A entrada do protozoário na célula parasitada é feita com o auxílio de um conjunto de organelas filamentosas presentes em uma das extremidades do protozoário, chamado **complexo apical** (figura 3.5).



**Figura 3.5** Ilustração de um esporozoário (*Toxoplasma gondii*; cerca de 10 µm de comprimento; cores fantasia) com suas organelas para penetração na célula que será parasitada.

Em referência a essa estrutura, o grupo foi denominado **apicomplexos** ou grupo dos **esporozoários** (do grego *sporo* = semente; *zoon* = animal, termo que se refere à época em que os protozoários eram classificados no grupo dos animais) porque produzem formas chamadas **esporozoítos**, como veremos adiante, na descrição do ciclo da malária.

A reprodução dos protozoários esporozoários é assexuada, por divisão múltipla. Entretanto, em muitos ocorre alternância desse tipo de reprodução com a reprodução sexuada.

## 3 Doenças causadas por protozoários

Entre os protozoários parasitas, destacamos aqui aqueles que podem causar doenças no ser humano.

### Doença de Chagas

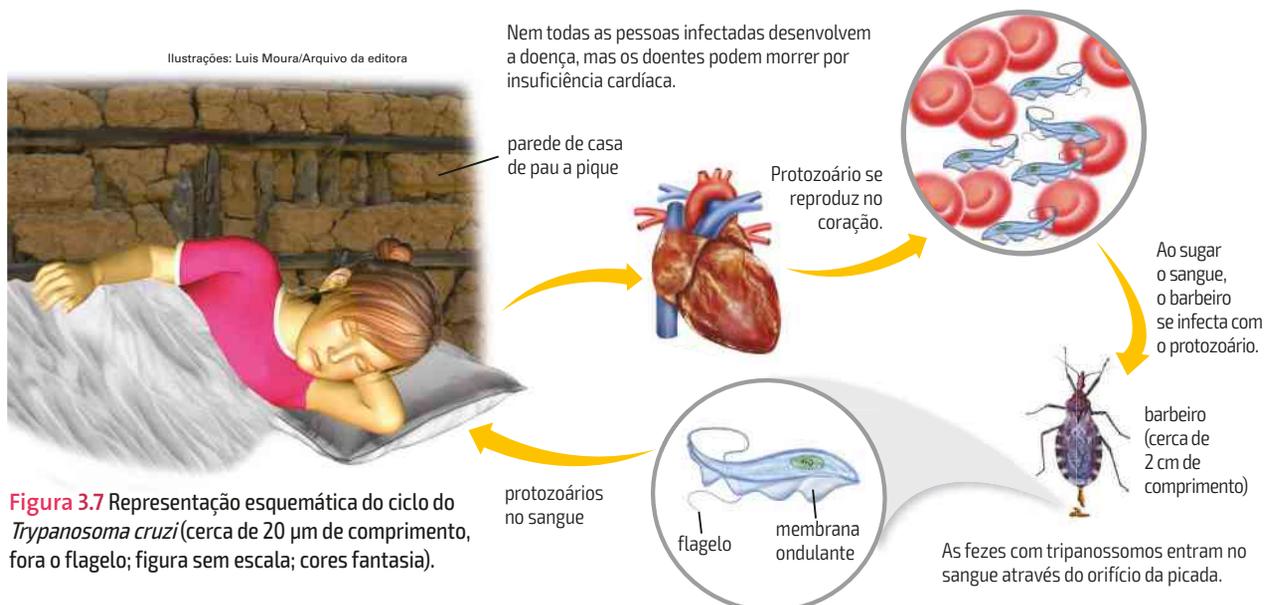
Assim chamada em referência ao cientista brasileiro Carlos Chagas, descobridor do ciclo dessa doença em 1909. É provocada pelo *Trypanosoma cruzi* (“cruzi” é homenagem ao cientista Oswaldo Cruz), transmitido por percevejos triatomíneos (*Triatoma infestans*, *Panstrongylus megistus* e outras espécies), conhecidos como barbeiros, chupanças, procotós ou bichos-de-parede (figura 3.6).



Fabio Colombini/Arquivo da editora

**Figura 3.6** O inseto barbeiro (cerca de 2 cm de comprimento).

O barbeiro contrai o protozoário de animais silvestres (chamados **reservatórios naturais**), como o tatu, o gambá e o macaco, ou de uma pessoa doente. O protozoário sai pelas fezes do inseto (este defeca ao sugar o sangue do indivíduo) e penetra pelo orifício deixado pela picada ou pela ferida feita, quando a pessoa se coça (figura 3.7). De início, ele aloja-se na pele, perde o flagelo e reproduz-se, dentro das células, por divisão binária. Os indivíduos resultantes dessas divisões se dirigem, através do sangue, para outros órgãos (coração, fígado, etc.), nos quais se reproduzem e provocam lesões. Há medicamentos que devem ser administrados pelo médico assim que o diagnóstico for realizado.



O ambiente ideal para reprodução e abrigo do barbeiro são as frestas das paredes de casas de sapé ou de pau a pique (casas construídas com barro socado sobre uma armação de varas e troncos), de onde sai à noite para se alimentar de sangue (**figura 3.7**). O combate ao barbeiro com inseticidas e a construção de casas de alvenaria contribuíram para diminuir essa forma de transmissão em vários países. No entanto, é preciso manter a fiscalização dos bancos de sangue para evitar a transmissão por transfusão e em transplante de órgãos. O protozoário pode passar também por alimentos contaminados pelas fezes do barbeiro e, ainda, através da placenta (da gestante para o feto) ou pelo leite materno.

O estudo da doença de Chagas é mais um exemplo de que o combate a muitas doenças não é apenas uma questão médica, mas também uma questão social. Muitos afirmam que há um interesse maior em pesquisar medicamentos que atendam pessoas capazes de comprá-los e que isso pode deixar de lado pesquisas com doenças que atingem as pessoas mais pobres de países em desenvolvimento. Por isso, são necessários estudos e ações sociais envolvendo instituições governamentais e privadas para reverter esse quadro.

## Leishmaniose

Também conhecida como **úlcera de Bauru**, a **leishmaniose tegumentar** é causada por protozoários do gênero *Leishmania* (*L. braziliensis*, *L. guyanensis* e *L. amazonensis*). Esse protozoário é transmitido pela picada de mosquitos fêmeas da família dos fle-

botomíneos e do gênero *Lutzomyia*, conhecidos como mosquitos-palha ou biriguis (**figura 3.8**), que se infectam ao sugar o sangue de pessoas contaminadas.

O protozoário penetra no ser humano pela saliva do mosquito. Isso acontece porque, ao sugar o sangue, o mosquito injeta saliva para evitar a coagulação do sangue em seu aparelho bucal. No fim de alguns dias, aparece uma lesão na pele, causada pela reprodução intensa do protozoário; mais tarde, o parasita espalha-se e causa lesões na mucosa da boca, no nariz e na faringe. Se tratada a tempo, há regressão das lesões.

Para evitar essa doença, além do diagnóstico e do tratamento dos doentes, é preciso combater o mosquito e os focos de transmissão. Um meio de defesa contra seu ataque é o uso de telas ou cortinados e repelentes.



**Figura 3.8** Mosquito-palha (1 mm a 3 mm de comprimento), transmissor da leishmaniose tegumentar.

A **leishmaniose visceral**, também chamada **ca-lazar**, no Brasil é provocada pela espécie *Leishmania chagasi*. É transmitida pelas fêmeas de algumas espécies de mosquitos do gênero *Lutzomyia*, que se contaminam ao picar um mamífero infectado. O doente apresenta febre, anemia e aumento do baço. Se não for tratada, pode levar à morte.

## Tricomoníase

É causada pelo *Trichomonas vaginalis* e a transmissão ocorre por contato sexual. Na mulher, causa inflamação na uretra e na vagina, que elimina um líquido branco ou amarelado. No homem, em geral, é assintomática.

Durante o tratamento, porém, todos os parceiros sexuais devem tomar o medicamento indicado pelo médico. As medidas preventivas incluem o uso de preservativo durante as relações sexuais, como vimos no volume 1.

## Giardíase

É provocada pela *Giardia lamblia*. O doente apresenta infecções no intestino delgado e diarreias que podem ter graves consequências, como a desidratação. A transmissão é feita pela ingestão de água e alimentos contaminados.

## Malária

Todos os anos, cerca de 250 milhões de pessoas contraem malária no mundo. A maioria vive na África subsaariana. No Brasil, a malária é endêmica principalmente nos estados da Amazônia Legal, como Acre, Amazonas, Roraima e Maranhão, entre outros. A malária, a dengue, a doença de Chagas, entre outras, são consideradas **doenças negligenciadas** por serem mais comuns em populações de baixa renda. Essas enfermidades apresentam investimentos reduzidos em pesquisas, produção de medicamentos e em seu controle.

A malária é causada por um protozoário do gênero *Plasmodium* (figura 3.9) e também é conhecida como impaludismo, maleita ou sezão.

O plasmódio é transmitido pela picada da fêmea do mosquito do gênero *Anopheles*, popularmente chamado mosquito-prego (a fêmea necessita de sangue para a produção de ovos; o macho alimenta-se apenas da seiva das plantas). Com a saliva do mosquito penetram também formas do plasmódio, chamadas **esporozoítos** (do grego *sporo* = semente; *zoon* = animal; *ito*

indica diminutivo), que, pelo sangue, chegam ao fígado e ao baço e reproduzem-se por divisão múltipla.



**Figura 3.9** Na primeira foto, o plasmódio entra em contato com a hemácia (em vermelho). Na segunda, o protozoário encontra-se no interior da hemácia (ao microscópio eletrônico, aumento de cerca de 5 mil vezes; imagens colorizadas por computador).

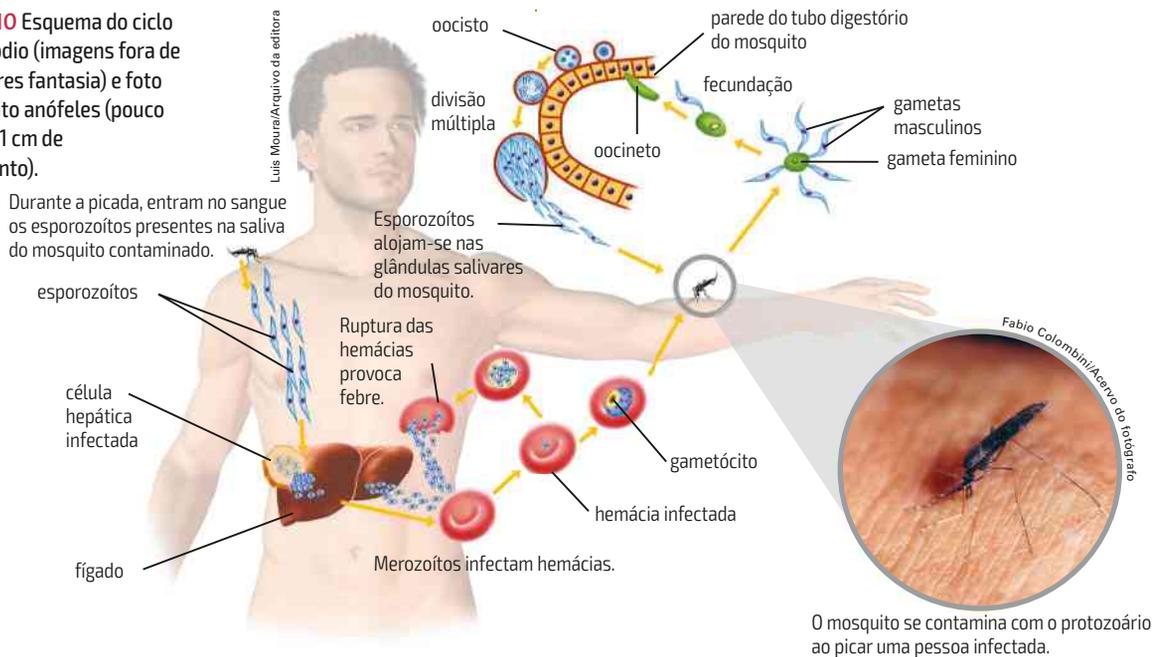
Naqueles órgãos, produzem formas denominadas **merozoítos** (do grego *meros* = parte), que invadem as hemácias, nas quais crescem e sofrem novas divisões múltiplas, arrebentando-as. A ruptura das hemácias provoca no doente febre alta, com tremores e grande sudorese. Liberados no sangue, os merozoítos invadem outras hemácias, que também serão destruídas (figura 3.10). Depois de algum tempo, aparecem nas hemácias formas que não se dividem, os **gametócitos**, que, ingeridos pelo mosquito, originam gametas em seu tubo digestório.

No mosquito, a fecundação dos gametas produz o **ooocineto** (do grego *oon* = ovo; *kinetos* = móvel), um ovo que se movimenta por pseudópodes e se fixa na parede do tubo digestório, originando um **ooocisto**. Este sofre divisão múltipla e produz esporozoítos, que se dirigem para as glândulas salivares do mosquito, a partir das quais poderão ser inoculados no ser humano (figura 3.10).

O organismo no qual ocorre a reprodução sexual de um parasita é chamado **hospedeiro definitivo**. O que abriga apenas a fase assexuada do parasita recebe o nome de **hospedeiro intermediário**. No caso da malária, o ser humano é o hospedeiro intermediário, e o mosquito, o hospedeiro definitivo.

A gravidade da doença depende da espécie do esporozoário: com o *Plasmodium vivax*, o ciclo febril retorna a cada 48 horas (febre terçã benigna); com o *Plasmodium malariae*, o acesso de febre ocorre a cada 72 horas (febre quartã benigna); com o *Plasmodium falciparum*, o intervalo varia de 36 a 48 horas, sendo esta a forma mais grave da doença, que pode provocar a morte por obstrução de vasos sanguíneos. Com o *Plasmodium ovale* (inexistente no Brasil, mas encontrado na África e na Ásia), o ciclo febril é de 48 horas.

**Figura 3.10** Esquema do ciclo do plasmódio (imagens fora de escala; cores fantasia) e foto do mosquito anófeles (pouco menos de 1 cm de comprimento).



O tratamento é feito com medicamentos que matam as formas do parasita no fígado e no sangue. É importante também combater os insetos adultos com inseticidas. As formas larvais podem ser evitadas por meio da drenagem de regiões alagadas, do uso de larvicidas ou da criação de peixes que se alimentam de larvas. Também é necessário usar telas em portas e janelas, além de redes de filó protetoras, chamadas mosquiteiros, ao redor das camas e nas janelas. Outras medidas profiláticas envolvem cuidados com o sangue contaminado, como no caso de transfusões, uso compartilhado de agulhas e cuidados na hora do parto, caso a mãe esteja infectada.

## Toxoplasmose

A toxoplasmose é uma doença infecciosa causada pelo protozoário *Toxoplasma gondii*, que infecta grande variedade de aves e mamíferos, inclusive o ser humano.

O contágio pode ocorrer principalmente de três maneiras: pela ingestão de carne crua ou malcozida de animais parasitados, sobretudo porco, boi e carneiro; pela ingestão de água e alimentos contaminados com cistos, muitas vezes provenientes das fezes de gatos; ou quando mulheres contaminadas passam o protozoário para o embrião até o sexto mês de gestação. Não é transmitida diretamente de um indivíduo a outro, exceto na gestação.

Às vezes, o doente não apresenta sintomas; em outras, há febre e aumento dos linfonodos. Em geral, a doença desaparece sem nenhuma consequência para o organismo, mas pode haver lesões nos olhos

e em outros órgãos. A prevenção consiste em evitar o consumo de carne malcozida, lavar as mãos depois do contato com animais ou com a terra por onde eles passaram, alimentá-los com comida cozida ou ração.

Mulheres grávidas que desenvolvem a doença correm risco de transmiti-la ao feto, que poderá apresentar lesões no cérebro e em outros órgãos. A mulher que pretende engravidar deve realizar um exame específico para a doença. Se ela convive com gatos, deve avisar o médico, para que ele possa orientá-la devidamente.

## Amebíase

É causada pela *Entamoeba histolytica*, um protozoário com pseudópodes. O ser humano se contamina ao ingerir alimentos ou água com cistos da ameba, eliminados nas fezes de indivíduos portadores da ameba. Também pode ser transmitida pelo contato direto de mãos contaminadas.

No intestino grosso, o cisto libera as amebas que invadem a mucosa intestinal e provocam feridas e diarreia. Às vezes, as amebas atingem o fígado ou outros órgãos e provocam lesões. Como os cistos são eliminados pelas fezes, são importantes os hábitos de higiene pessoal (lavar bem as mãos e os alimentos) e os serviços de saneamento básico (privada, fossas ou esgoto). A doença pode ser curada com medicamentos.



**ATENÇÃO**

Para mais informações, procure orientação médica.

## 4 Algas

As algas (grupo sem valor taxonômico) podem ser unicelulares ou pluricelulares (multicelulares). Vivem na água doce ou salgada ou em ambientes terrestres úmidos. Fazem fotossíntese e possuem cloroplastos com clorofila e outros pigmentos. Sua reprodução é, basicamente, assexuada, por divisão binária, embora um número reduzido de espécies tenha reprodução sexuada.

As algas microscópicas fazem parte de uma comunidade de organismos que flutuam na água, levados pelas correntes aquáticas: o **plâncton** (do grego *plagkton* = vagante). Essas algas formam o **fitoplâncton** (do grego *phyton* = planta), e os seres heterotróficos dessa comunidade (protozoários, pequenos crustáceos, larvas de vários animais, etc.) formam o **zooplâncton** (do grego *zoo* = animal). Assim, forma-se uma cadeia alimentar: as algas são os produtores da cadeia, realizando fotossíntese e sintetizando matéria orgânica. O zooplâncton (formado por consumidores primários) alimenta-se do fitoplâncton e serve de alimento para peixes e outros animais aquáticos (consumidores secundários, terciários, etc.).

O corpo das algas pluricelulares é denominado **talo**, isto é, um conjunto de células no qual não se distinguem tecidos ou órgãos típicos de plantas (raiz, caule, folhas, etc.). Nas classificações antigas, essas algas eram estudadas no grupo dos talófitos, pertencente ao reino vegetal.

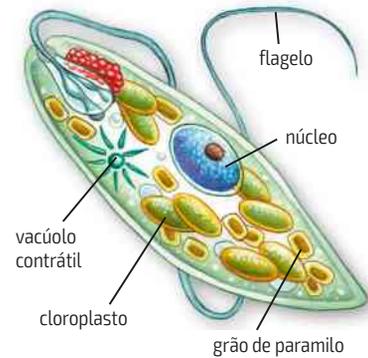
### Euglenófitas

Também chamadas **euglenóideos**, possuem flagelos e vacúolo contrátil. Nos cloroplastos, há clorofilas **a** e **b** e carotenoides, pigmentos que auxiliam na captura da energia da luz. Como substância de reserva, acumulam **paramilo**, polissacarídeo exclusivo desse grupo.

O gênero mais comum é *Euglena* (figura 3.11). Havendo luz e nutrientes inorgânicos, a euglena realiza fotossíntese. As euglenas possuem estruturas fotorreceptoras, que as ajudam a se orientar em direção a regiões onde há condições ideais de luz. Na ausência de condições para a fotossíntese, os cloroplastos regredem e ocorre nutrição heterotrófica. Alguns protozoários desse grupo são exclusivamente heterotróficos, mas estão nesse grupo porque descendem evolutivamente de protistas autotróficos que, ao longo da evolução, perderam os cloroplastos.

As euglenas se reproduzem por divisão binária; não foi observada reprodução sexuada nesse grupo.

**Figura 3.11** Representação esquemática de uma *Euglena* sp. (cerca de 30  $\mu\text{m}$  de comprimento; cores fantasia).



Ingeborg Aabach/Arquivo da editora

### Bacilariófitas (diatomáceas)

As **diatomáceas** são algas microscópicas que constituem a parte majoritária do fitoplâncton.

Possuem clorofilas **a** e **c**, carotenoides e outros pigmentos que lhes conferem a cor dourada característica. Armazenam crisolaminarina (um polissacarídeo) e óleos. A carapaça das diatomáceas possui compostos pécticos (polissacarídeos), geralmente impregnados de sílica, formando uma estrutura rígida típica, com duas metades (valvas) que se encaixam uma na outra (figura 3.12). Desenvolvidos ao longo do tempo, os depósitos dessas carapaças formam uma espécie de terra muito fina, a **terra de diatomáceas**, utilizada como abrasivo em polidores de metais e pastas de dente.

A reprodução pode ser assexuada, por bipartição, ou sexuada, com produção de gametas.



**Figura 3.12** Carapaças de diatomáceas (microscópio de luz; aumento de cerca de 60 vezes).

Lester V. Bergman/Corbis/Latinstock

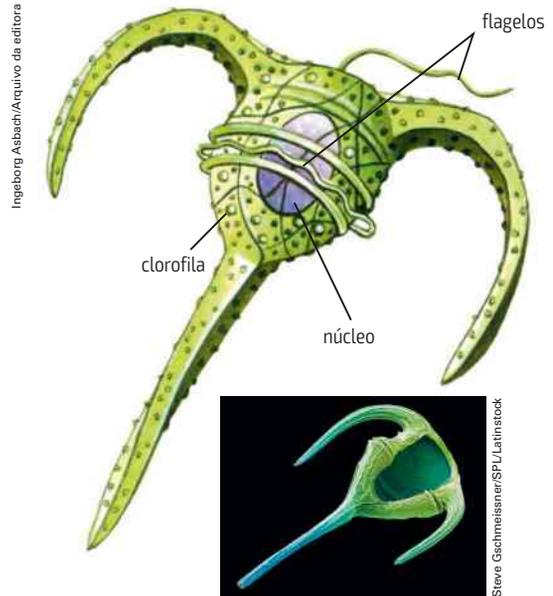
## Dinoflagelados

As algas desse grupo apresentam dois sulcos em forma de cinta, cada um com um flagelo (figura 3.13). O batimento desses flagelos provoca no organismo um movimento de rotação à medida que se desloca (decorre disso o nome dessas algas: **dinoflagelado**, 'flagelado que roda'; do grego *dinein* = turbilhão, rodopio).

O grupo também é conhecido como dinófitas, ou ainda pirrófitas (do grego *pyrrhós* = cor de fogo), por causa da cor avermelhada de algumas delas, embora também sejam comuns algas com as colorações amarelo-pardas e amarelo-esverdeadas.

Como as diatomáceas, elas são importantes representantes do plâncton marinho, mas também podem ser encontradas na água doce. São portadoras de clorofilas **a** e **c** e carotenos, e armazenam óleos e amido.

A reprodução nessas algas ocorre, em geral, por divisão binária.



**Figura 3.13** Esquema (cores fantasia) e foto (colorizada por computador) de um dinoflagelado (gênero *Ceratiium*; cerca de 0,5 mm de comprimento).

## Biologia e ambiente



### Maré vermelha

O aumento excessivo da população de certas algas, principalmente de dinoflagelados, provoca um desequilíbrio ecológico conhecido como **maré vermelha**, pois a água adquire comumente coloração vermelha (figura 3.14). Essa denominação, no entanto, não é adequada, uma vez que as manchas podem ser de outras cores. Por isso o fenômeno é chamado também de "floração de algas nocivas".

Ele pode ser provocado por alterações na salinidade, aumento da temperatura da água do mar ou pelo excesso de sais minerais, originados do despejo do esgoto doméstico ou trazidos por correntes marinhas e que sustentam uma população maior de dinoflagelados. Esse fenômeno acaba quando essas condições deixam de existir, o que pode ocorrer, por exemplo, com a formação de ventos que dispersam as algas e diminuem a temperatura da água.

O aumento da população é seguido de morte em grande escala das algas. Dependendo da espécie, são liberadas substâncias tóxicas que envenenam e matam milhares de seres aquáticos. A ingestão de peixes e moluscos contami-

nados também pode envenenar o ser humano, que apresenta, então, diarreia e problemas respiratórios e cardiovasculares. Se a quantidade de toxinas ingeridas for muito alta, a pessoa pode morrer.

Assim, é preciso que a população seja alertada e que a área seja interdita. O consumo de peixes e outros produtos deve ser liberado só depois de análises que constatem a ausência de toxinas na água e nos moluscos (que concentram muitas toxinas).



**Figura 3.14** Foto do fenômeno da maré vermelha observado no Japão, em 2007.

## Algas pardas ou feofíceas

Essas algas são quase todas marinhas, macroscópicas e pluricelulares e possuem clorofilas **a** e **c** associadas a carotenoides, principalmente a **fucoxantina** (do latim *fucus* = alga; do grego *xanthós* = amarelo; *phaios* = pardo), responsável pela cor marrom (figura 3.15). Na parede celular há celulose e outras substâncias, como as **alginas** ou **alginatos**, usados como espessante (para dar consistência) em sorvetes, cremes, pudins, cremes dentais, etc. Seu açúcar de reserva é um polissacarídeo típico do grupo, a **laminarina**.



*Laminaria*, conhecida como *kombu*, alga comestível comum no litoral brasileiro e muito usada na China e no Japão (30 cm a 1,5 m de comprimento).



*Sargassum*, alga encontrada no litoral brasileiro e que pode ser usada como adubo (atinge vários metros de comprimento).

Figura 3.15 Exemplos de alguns gêneros de feofíceas.

## Algas verdes ou clorofíceas

Nessas algas a cor verde da clorofila predomina sobre a de outros pigmentos (do grego *khloros* = verde). Elas possuem clorofilas **a** e **b**, pigmentos carotenoides, parede celular de celulose e reserva de amido.

Pode haver formas unicelulares móveis (com flagelos), imóveis, coloniais ou de vida livre e espécies pluricelulares de vários tamanhos e formas

(figura 3.16). São mais frequentes no mar e em água doce, embora algumas formas vivam no solo úmido, em troncos, em rochas úmidas, na neve, no gelo e até no interior de outros seres vivos ou associadas aos fungos (formando os líquens).



Figura 3.16 Alga verde (gênero *Ulva*), conhecida como alface-do-mar e encontrada no litoral brasileiro (a parte em forma de lâmina tem de 10 cm a 15 cm de comprimento).

## Algas vermelhas ou rodofíceas

Possuem pigmentos carotenoides, clorofila **a** e **ficoeritrina** e **ficobilina**, responsáveis por sua cor vermelha. Armazenam um polissacarídeo semelhante ao glicogênio, denominado “amido das florídeas”. Quase todas são pluricelulares, marinhas e variam muito de tamanho, desde formas microscópicas até formas com 3 m de comprimento (figura 3.17).

Na parede celular há, além de celulose, **ágar** e **carragenina**, polissacarídeos que podem ser utilizados como estabilizante em sorvetes, ou para dar consistência a alimentos industrializados (cremes, pudins, sorvetes, etc.), e para fazer cápsulas de medicamentos, cosméticos e moldes dentários, entre outras aplicações.



*Porphyra* sp., conhecida como *nori*, é cultivada e usada como alimento (o comprimento varia de alguns milímetros a 3 m, dependendo da espécie).



*Sushi*, rolinhos comestíveis feitos com a alga *nori* (parte escura) e recheio de arroz e, em geral, peixe (parte alaranjada).

Figura 3.17 Exemplo de rodofíceas e sua utilização na culinária.

Algumas vezes, seu corpo apresenta partes que se assemelham à raiz, ao caule e à folha das plantas superiores e são chamadas **rizoides**, **cauloides** e **filoides** ou **lâminas**.



## Importância econômica das algas

As algas são ricas em sais minerais (potássio, iodo, cobre, ferro, zinco, cálcio) e vitaminas A, C e do complexo B, e por esse motivo são frequentemente aproveitadas como alimento.

Há também algas que são fontes de substâncias usadas para dar consistência e textura a alimentos e cosméticos, entre inúmeros outros produtos, e as que são utilizadas como adubo em cultivos agrícolas.

Algas como as dos gêneros *Chlamydomonas* e a *Chlorella* podem ser utilizadas também para o tratamento do esgoto em estações de tratamento de água. Ao liberar oxigênio pela fotossíntese, elas promovem a decomposição aeróbia de resíduos orgânicos, o que evita a decomposição anaeróbia, que produziria gases e compostos tóxicos.

Assim, pode-se compreender por que cerca de 4 milhões de toneladas de algas são colhidas por ano em todo o mundo.

Elas podem ser cultivadas em tanques, no fundo do mar ou em cordas na superfície da água, em áreas protegidas de ventos fortes e correntezas.

Os principais produtores mundiais são os chineses e os japoneses, mas no Brasil também já se começa a cultivá-las, principalmente no Nordeste, com destaque para o estado do Ceará.

Para que as algas e seus produtos tenham mais aplicações práticas é necessária uma série de pesquisas, como a extração e análise de seus produtos, feitas por químicos, biólogos e farmacêuticos, além de estudos da viabilidade econômica e social do uso desses produtos.

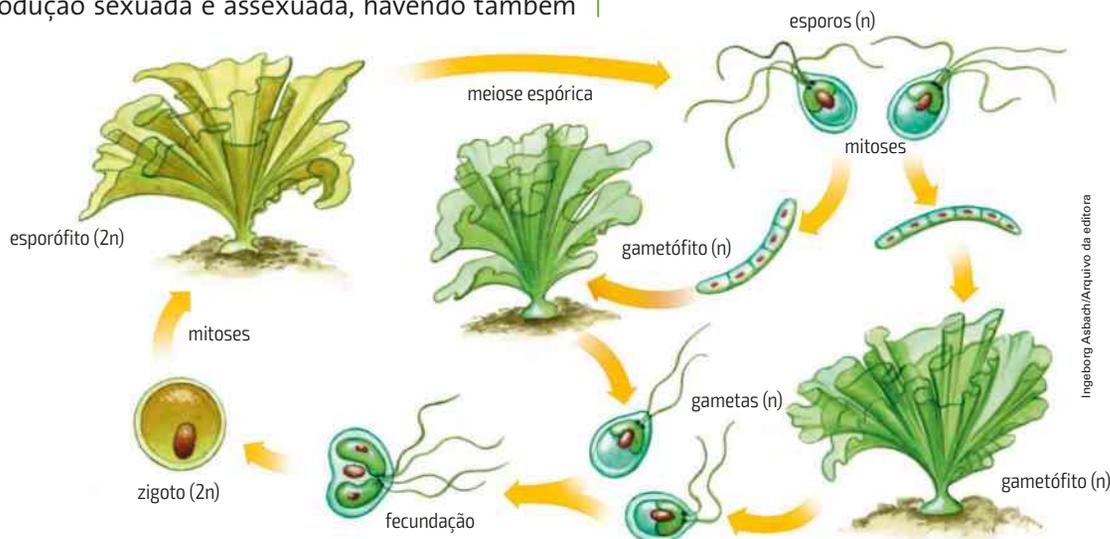
Esses estudos de mercado são feitos por vários tipos de profissional, como economistas, engenheiros e administradores especializados em *marketing*.

## Reprodução das algas

Nas algas, a reprodução assexuada pode ocorrer por bipartição ou divisão binária (nas formas unicelulares), por **fragmentação** do talo (um pedaço do filamento da alga se desprende e origina outro filamento por mitose) e por **esporulação** (formação de células resistentes, os esporos).

Em algumas algas ocorre uma alternância de reprodução sexuada e assexuada, havendo também

indivíduos haploides e diploides (**figura 3.18**). Nesses casos em que há alternância, o indivíduo diploide ( $2n$ ) produz esporos ( $n$ ) por meiose e, por isso, é chamado de **esporófito**. Os esporos germinam e produzem indivíduos haploides ( $n$ ), que formam gametas. Por isso, os indivíduos haploides são chamados de **gametófitos**. A união dos gametas origina um zigoto diploide, que se desenvolve em um esporófito, reiniciando o ciclo. Reveja a **figura 3.18**.



**Figura 3.18** Esquema do ciclo reprodutivo da *Ulva sp.*, uma alga verde (comprimento da lâmina: de 10 cm a 15 cm). Observe que indivíduos diploides (esporófitos) alternam com indivíduos haploides (gametófitos). Nesse caso, os esporos são flagelados e se chamam zoósporos (os elementos do esquema não estão na mesma escala; cores fantasia).

1. A tabela abaixo mostra o número de casos de malária ao longo dos anos na região amazônica.

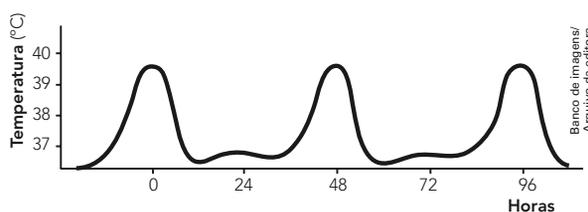
Ano	Número de casos
2005	607 782
2007	457 434
2009	306 342
2011	263 323
2013	177 767

Fonte: <www.saude.gov.br/malaria>. Acesso em: 15 fev. 2016.

- Qual é o protozoário causador da malária?
  - Como ele penetra no organismo humano?
  - Que consequências essa doença traz para o organismo?
  - De acordo com a tabela acima, o número de casos de malária na região amazônica aumentou ou diminuiu?
  - Que medidas devem ter sido usadas para combater essa doença?
2. “Entre usuários de drogas injetáveis, as agulhas compartilhadas equivalem aos mosquitos na transmissão de algumas doenças.” Que doenças causadas por protozoários podem ser associadas a essa frase? Explique.

3. Em uma área onde a doença de Chagas era endêmica, a urbanização, com a construção de casas de alvenaria e a instalação de uma rede de água tratada e de esgotos, contribuiu para erradicar a doença. Um estudante afirmou que isso aconteceu por causa da nova rede de água e de esgotos. Você acha que ele está certo? Justifique sua resposta.

4. Uma pessoa que vive na mesma casa que outra que teve malária também contraiu a doença. Ao saber disso, um vizinho comentou que foi por falta de higiene e que essa pessoa não devia ter usado os mesmos objetos (copos, pratos, etc.) que a outra, que esteve doente.
- Você concorda com essa opinião? Por quê?
  - Desde os primeiros dias da doença, mediu-se a temperatura dessa pessoa e, com os valores medidos, construiu-se o gráfico a seguir. O que o gráfico indica? Explique como esse dado reforça o diagnóstico de malária.



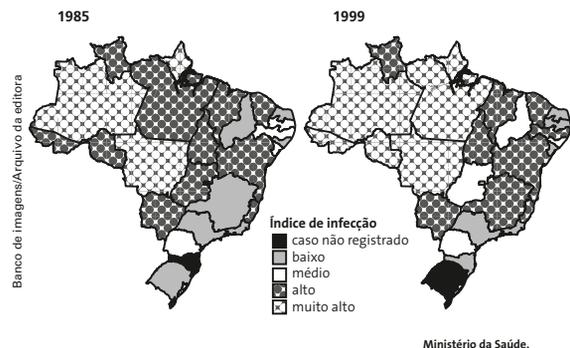
5. Neste capítulo, você estudou organismos que, nos ecossistemas aquáticos, desempenham papel semelhante ao das plantas nos ambientes terrestres. Quais são esses organismos? Justifique essa comparação.

6. (UFG-GO) Um pequeno município teve sua população aumentada em cinco anos por causa da implantação de um grande empreendimento industrial. A Secretaria de Saúde desse município observou que, nesse período, ocorreu um aumento da incidência de amebíase, oxiuríase e leptospirose, superior à incidência máxima esperada pra essa população. Dentre essas doenças, a amebíase destacou-se devido ao significativo número de indivíduos acometidos.

Com relação a essa doença,

- explique uma medida profilática que atenderia de modo eficiente toda a população do município;
- descreva o ciclo biológico do agente etiológico.

7. (Enem) Os mapas a seguir apresentam informações acerca dos índices de infecção por leishmaniose tegumentar americana (LTA) em 1985 e 1999.



A partir da leitura dos mapas acima, conclui-se que:

- o índice de infecção por LTA em Minas Gerais elevou-se muito nesse período.
- o estado de Mato Grosso apresentou diminuição do índice de infecção por LTA devido às intensas campanhas de saúde.
- a expansão geográfica da LTA ocorreu no sentido norte-sul como resultado do processo predatório de colonização.
- o índice de infecção por LTA no Maranhão diminuiu em virtude das fortes secas que assolaram o estado nesse período.
- o aumento da infecção por LTA no Rio Grande do Sul resultou da proliferação do roedor que transmite essa enfermidade.

8. (UFMT) A doença de Chagas, transmitida pelo barbeiro, é causada pelo protozoário *Trypanosoma cruzi*. Sobre esse protozoário, analise as características a seguir.

- I. Eucarionte dotado de flagelo.
- II. Eucarionte dotado de cílios.
- III. Eucarionte unicelular heterótrofo.
- IV. Eucarionte pluricelular autótrofo.

São características do *Trypanosoma cruzi*:

- a) II e IV, apenas.
- b) II, III e IV, apenas.
- c) I e III, apenas.
- d) I, II e IV, apenas.
- e) I, II, III e IV.

9. (Fuvest-SP) Uma pessoa pretende processar um hospital com o argumento de que a doença de Chagas, da qual é portadora, foi ali adquirida em uma transfusão de sangue. A acusação:

- a) não procede, pois a doença de Chagas é causada por um verme platelminto que se adquire em lagoas.
- b) não procede, pois a doença de Chagas é causada por um protozoário transmitido pela picada de mosquitos.
- c) não procede, pois a doença de Chagas resulta de uma malformação cardíaca congênita.
- d) procede, pois a doença de Chagas é causada por um protozoário que vive no sangue.
- e) procede, pois a doença de Chagas é causada por um vírus transmitido por contato sexual ou por transfusão sanguínea.

10. (Enem) Houve uma grande elevação do número de casos de malária na Amazônia que, de 30 mil casos na década de 1970, chegou a cerca de 600 mil na década de 1990. Esse aumento pode ser relacionado a mudanças na região, como:

- a) as transformações no clima da região decorrentes do efeito estufa e da diminuição da camada de ozônio.
- b) o empobrecimento da classe média e a consequente falta de recursos para custear o caro tratamento da doença.
- c) o aumento na migração humana para fazendas, grandes obras, assentamentos e garimpos, instalados nas áreas de floresta.
- d) as modificações radicais nos costumes dos povos indígenas, que perderam a imunidade natural ao mosquito transmissor.
- e) a destruição completa do ambiente natural de reprodução do agente causador, que o levou a migrar para os grandes centros urbanos.

11. (UFPE) Com relação às doenças causadas no homem por protozoários, é verdadeiro afirmar que:

- (01) a tricomoníase é causada por um protozoário flagelado que pode ser transmitido através do contato sexual com portadores desse flagelado.
- (02) a leishmaniose cutânea ou úlcera de Bauru é causada por um protozoário esporozoário e é transmitida através da picada do mosquito-prego do gênero *Anopheles*.
- (04) a giardíase é causada por um protozoário flagelado e é transmitida através da ingestão de alimentos ou de água contaminados com cistos do protozoário.
- (08) a malária é causada por um protozoário flagelado e é transmitida através da picada do mosquito-palha ou birigui (flebotomo).
- (16) a toxoplasmose é causada por um protozoário esporozoário e pode ser transmitida através da ingestão de cistos do parasita, eliminados com as fezes do gato.

Dê como resposta a soma dos números associados às afirmativas corretas.

$$01 + 04 + 16 = 21$$

12. (UEG-GO) O *Trypanosoma cruzi* é o protozoário causador da doença de Chagas. A relação entre a doença e o protozoário foi descoberta por Carlos Chagas ao investigar a presença do protozoário no sangue de indivíduos que moravam em casas infestadas por barbeiros. A principal forma de transmissão da doença é

- a) pela transfusão de sangue, seguida pela transmissão congênita e, menos frequentemente, pelo coito.
- b) pelo vetor, seguida pela transmissão oral e, menos frequentemente, por transfusão de sangue.
- c) pelo vetor, seguida pela transfusão de sangue e, menos frequentemente, por transplantes de órgãos.
- d) pela transfusão de sangue, seguida pela transmissão sexual e contaminação acidental.

13. (Enem) A malária é uma doença típica de regiões tropicais. De acordo com dados do Ministério da Saúde, no final do século XX foram registrados mais de 600 mil casos de malária no Brasil, 99% dos quais na região amazônica. Os altos índices de malária nessa região podem ser explicados por várias razões, entre as quais:

- a) As características genéticas das populações locais facilitam a transmissão e dificultam o tratamento da doença.

- b) A falta de saneamento básico propicia o desenvolvimento do mosquito transmissor da malária nos esgotos não tratados.
- c) A inexistência de predadores capazes de eliminar o causador e o transmissor em seus focos impede o controle da doença.

- x d) A temperatura elevada e os altos índices de chuva na floresta equatorial favorecem a proliferação do mosquito transmissor.
- e) O Brasil é o único país do mundo que não implementou medidas concretas para interromper sua transmissão em núcleos urbanos.

## Trabalho em equipe

1. Em grupo, escolham uma das doenças indicadas a seguir para pesquisar.

- a) Doença de Chagas  
b) Malária  
c) Leishmaniose tegumentar e visceral

Procurem dados atualizados sobre essa doença no Brasil e no município em que vocês vivem. Com o auxílio do professor de Matemática, construam gráficos que mostrem a evolução da doença ao longo do tempo e, com a ajuda dos professores de Geografia e História, confeccionem mapas do Brasil e do mundo com as áreas de maior incidência dessas doenças. Elaborem uma campanha de combate a ela. A campanha deve incluir pequenos textos, escritos em linguagem acessível a leigos, sobre as formas de transmissão, os cuidados para a prevenção, etc. Podem ser criados cartazes, frases de alerta (*slogans*),

figuras, letras de música, etc. Não se esqueçam de avisar que o diagnóstico e o tratamento de uma doença devem ser orientados por médicos. Se possível, convidem um médico para uma palestra sobre a doença. Depois, apresentem o trabalho para a classe e a comunidade escolar.

2. Pesquisem os cientistas brasileiros Carlos Chagas e Oswaldo Cruz, com ênfase nos trabalhos realizados por eles. Depois, apresentem o trabalho para a classe e a comunidade escolar.

### Fique de olho!

Uma forma de apresentar os resultados da pesquisa é criar *blogs*, vídeos ou páginas em redes sociais na internet. Assim, é possível trocar ideias com pessoas dentro e fora da escola. Mas nunca se esqueçam de citar a fonte das informações expostas.

## Atividade prática

Antes de dar início a esta atividade, com a orientação do professor, certifique-se de que você conhece os cuidados e procedimentos necessários para o uso correto do microscópio e a observação de microrganismos com o aparelho.

Você vai precisar de:

- um microscópio;
- lâminas e lamínulas;
- um conta-gotas;
- um pequeno chumaço de algodão;
- papel absorvente;
- folhas de alface sem lavar e água filtrada em filtro de carvão ativado, que remove o cloro;
- vidro de conservas vazio e limpo, com tampa.

Coloque a água filtrada no vidro de conservas e mergulhe nela as folhas de alface (sem lavar as folhas). Tampe o vidro e deixe-o em um local iluminado por uns três dias.

Decorrido esse tempo, prepare a observação da seguinte forma: com o conta-gotas, retire um pouco da água do vidro e pingue uma gota sobre uma lâmina de microscópio; sobre a gota de água, coloque alguns (poucos) fiapos de algodão e cubra tudo com uma lamínula; com o papel absorvente, retire o excesso de água ao redor da lamínula.

Observe ao microscópio o material preparado, usando primeiramente as objetivas de menor aumento. Depois, passe para as de maior aumento e tente identificar alguns seres vivos que se encontram na cultura.

Faça um desenho dos organismos que você visualizou e tente identificá-los usando como referência livros de Biologia ou outras fontes de consulta (na internet, em um *site* de busca – ou em alguns dos *sites* indicados no final deste volume –, digite “protistas” ou “protozoários”).



Cogumelos (cerca de 3 cm) sobre tronco na floresta Amazônica em Manaus, Amazonas. Foto de 2014.

Em florestas e em outros ambientes úmidos é muito comum encontrar cogumelos como os da foto acima. Em nossa casa também temos contato com fungos quando alimentos emboloram ou quando há infiltração de água e vemos mofo nas paredes. Como veremos a seguir, esses organismos estão em praticamente todos os lugares e são fundamentais para a reciclagem de nutrientes no meio ambiente.

- ◆ Onde podemos encontrar fungos no ambiente?
- ◆ Como os fungos podem contribuir para a produção de alimentos e bebidas?
- ◆ Qual é a importância dos fungos para a reciclagem da matéria na natureza?



## 1 Características gerais

O ramo da Biologia que estuda os fungos é a **Micologia** (do grego *mykes* = cogumelo; *logos* = estudo). Assim como as bactérias, eles são importantes decompositores, pois se alimentam de substâncias orgânicas, de folhas mortas, de organismos mortos e resíduos, contribuindo para a reciclagem da matéria no meio ambiente.

Porém, essa capacidade de decompor matéria orgânica também pode causar alguns problemas para o ser humano, uma vez que alguns tipos de fungos destroem alimentos, roupas, papéis, couro e muitos outros produtos. Por outro lado, a relação entre os seres humanos e os fungos pode ser bastante benéfica para nós: algumas espécies de fungos são comestíveis e outras são utilizadas na fabricação de álcool, bebidas alcoólicas, pães, queijos e antibióticos.

Assim como as bactérias, os fungos também podem ser usados na **biorremediação**, como no caso de acidentes com derramamento de petróleo no mar, e como bioinseticidas, no combate a pragas da agricultura. Por exemplo, para combater as cigarrinhas, que atacam as folhas da cana-de-açúcar ou as pastagens, podem ser usados fungos como o *Metarhizium anisopliae* (figura 4.1). A vantagem do combate biológico é ser mais específico que os agrotóxicos: os insetos polinizadores e os predadores das pragas, além de outros animais, não são afetados por essa técnica.

Existem muitos fungos parasitas de vegetais, que podem destruir plantações inteiras; e há também fungos parasitas de animais. Nos seres humanos são espécies de fungos as causadoras das chamadas micoses, como as frieiras, a candidíase oral (o popular “sapinho”), entre outras doenças.

Custom Life Science Images/  
Alamy/LatinStock



**Figura 4.1** Inseto conhecido como percevejo (cerca de 2 cm de comprimento) morto pelo fungo *Metarhizium anisopliae*.

Há também espécies que mantêm relações ecológicas do tipo mutualismo, isto é, relações em que há uma troca de benefícios entre espécies diferentes. É o caso, por exemplo, da associação de fungos com algas (ou com cianobactérias), que formam os **liquens**, e da associação de fungos com plantas, que formam as **micorrizas**. Essas associações serão estudadas com mais detalhes adiante.

Os fungos são eucariontes e, embora existam formas unicelulares, como o levedo, a maioria é formada por um emaranhado de filamentos de células, as **hifas** (do grego *hyphé* = teia, trama). O conjunto de hifas (figura 4.2) se chama **micélio** (do grego *mykes* = cogumelo; ‘élio’ sugere ‘tecido’, como em ‘epitélio’).

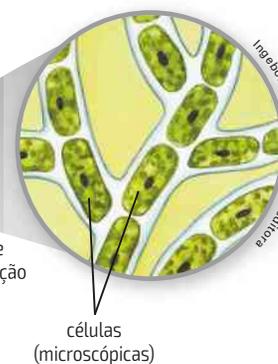
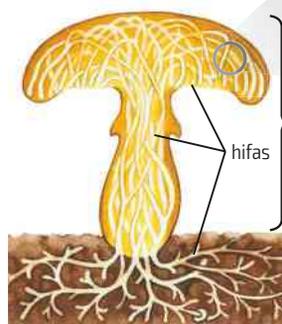
A parede celular dos fungos é formada por **quitina**, polissacarídeo nitrogenado que aparece no esqueleto dos artrópodes (insetos, crustáceos e outros). Em alguns casos, há também celulose.

Alguns fungos possuem estruturas reprodutoras, os **corpos frutíferos** ou de **frutificação**, que correspondem à parte visível acima do solo, chamada **cogumelo** (figura 4.2).



Fabio Colombini/  
Acervo do fotógrafo

**Figura 4.2** *Amanita muscaria*, um cogumelo venenoso (7 cm a 15 cm de diâmetro) e esquema mostrando o cogumelo em corte e ampliado (os elementos da ilustração não estão na mesma escala; cores fantasia).



Ineporg Ababich/Arquivo da editora

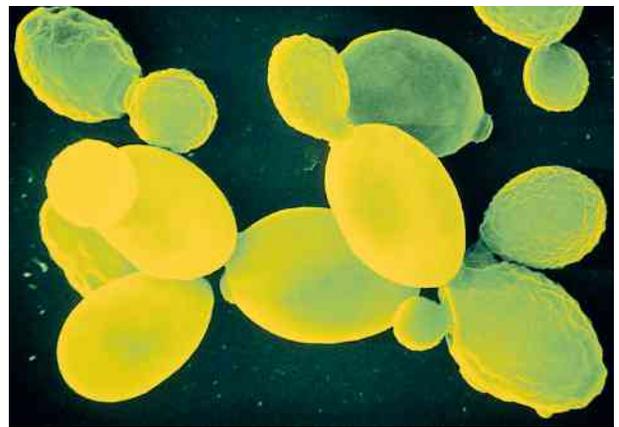
O corpo dos fungos é formado por um conjunto de fios, as hifas (veja ampliação no detalhe).

A nutrição é heterotrófica por absorção de moléculas orgânicas simples, que podem vir de uma digestão extracorpórea realizada pelo próprio fungo: ele lança no ambiente enzimas digestivas que desdobram moléculas orgânicas complexas e absorve as moléculas menores. Nesse processo, muitos fungos são decompositores de organismos mortos, atuando como **sapróbios** ou **saprófagos** (do grego *saprós* = podre; *phagein* = comer). Nos fungos, assim como nos animais, o glicídio usado como reserva de energia é o glicogênio. O transporte de substâncias é facilitado por uma corrente citoplasmática que percorre as hifas.

A reprodução assexuada pode ser feita por brotamento, nas formas unicelulares (**figura 4.3**), por fragmentação do micélio ou pela produção de esporos.

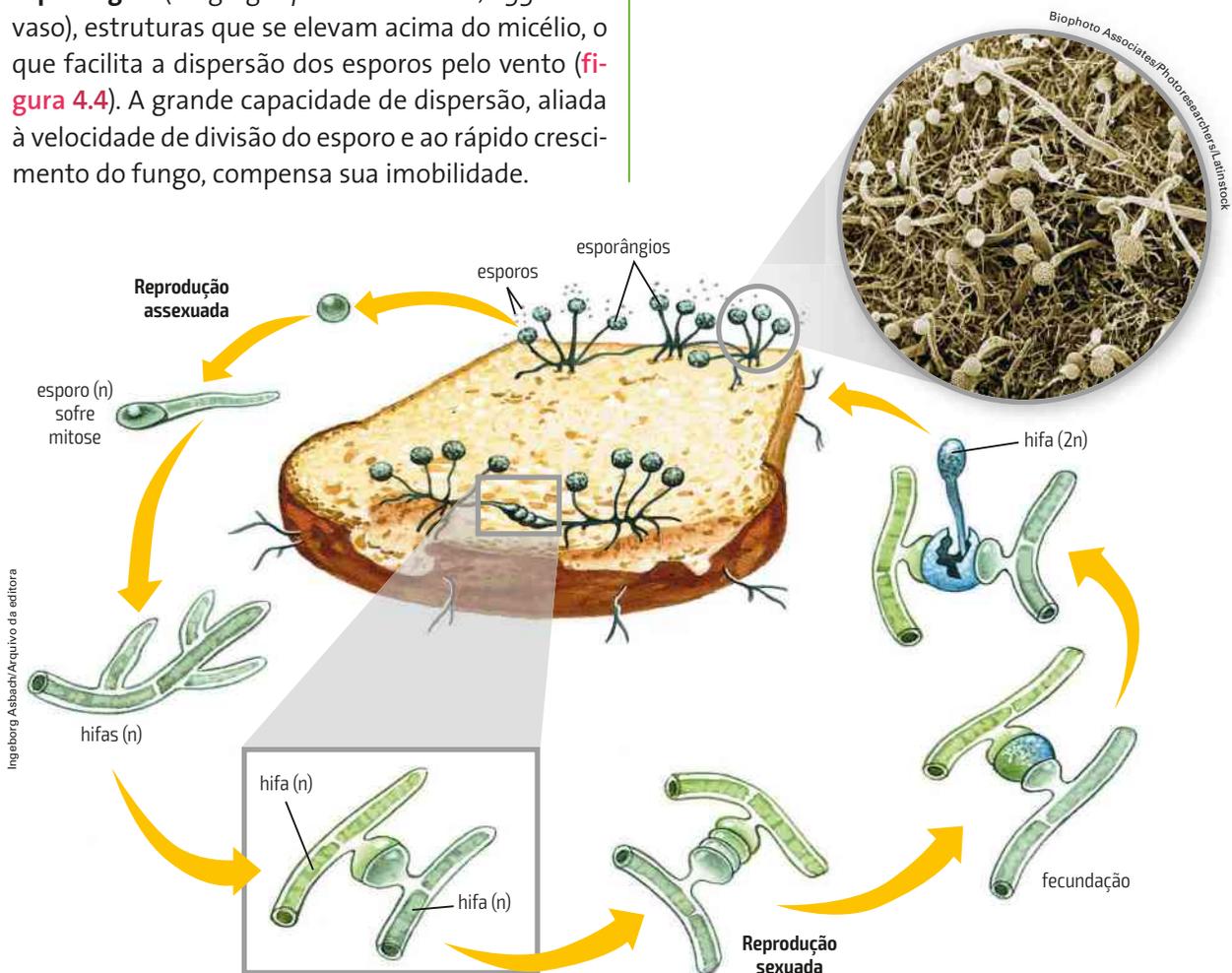
Os esporos são células em geral imóveis, resistentes a ambientes desfavoráveis, que, por mitose, originam novos indivíduos. São produzidos pelos **esporângios** (do grego *sporo* = semente; *ageion* = vaso), estruturas que se elevam acima do micélio, o que facilita a dispersão dos esporos pelo vento (**figura 4.4**). A grande capacidade de dispersão, aliada à velocidade de divisão do esporo e ao rápido crescimento do fungo, compensa sua imobilidade.

A reprodução sexuada resulta, frequentemente, da fusão de duas hifas haploides ( $n$ ). O citoplasma e os núcleos se fundem e originam hifas diploides ( $2n$ ), que se dividem por meiose e formam esporos (**figura 4.4**).



Manfred Kage/SP/Latinstock

**Figura 4.3** Brotamento em *Saccharomyces cerevisiae*, fungo unicelular (levedo) usado na produção de pão (ao microscópio eletrônico; aumento de cerca de mil vezes; imagem colorizada por computador).



**Figura 4.4** Representação gráfica da reprodução do mofo preto do pão (os elementos não estão na mesma escala). Na foto, esporângios e hifas do fungo (imagem ao microscópio eletrônico; aumento de cerca de 150 vezes).

## 2 Classificação

A classificação dos fungos vem passando por mudanças e ainda não há um consenso sobre sua origem e evolução. Por isso, vamos utilizar alguns grupos considerados filos por vários autores: **Zygomycota (zigomicetos)**, **Ascomycota (ascomicetos)** e **Basidiomycota (basidiomicetos)**. Estudaremos ainda um grupo artificial de fungos, que não tem valor taxonômico, os **deuteromicetos**.

### Zigomicetos

Os zigomicetos (do grego *zygos* = par, união) vivem, em geral, no solo. Alguns são usados comercialmente para a produção de molho de soja (o *shoyu*, típico da cozinha japonesa), de hormônios anticoncepcionais e de medicamentos anti-inflamatórios.

O bolor preto do pão (*Rhizopus stolonifer*) é um zigomiceto que se desenvolve a partir de esporos (produzidos nos esporângios), principal forma de reprodução desses fungos.

### Ascomicetos

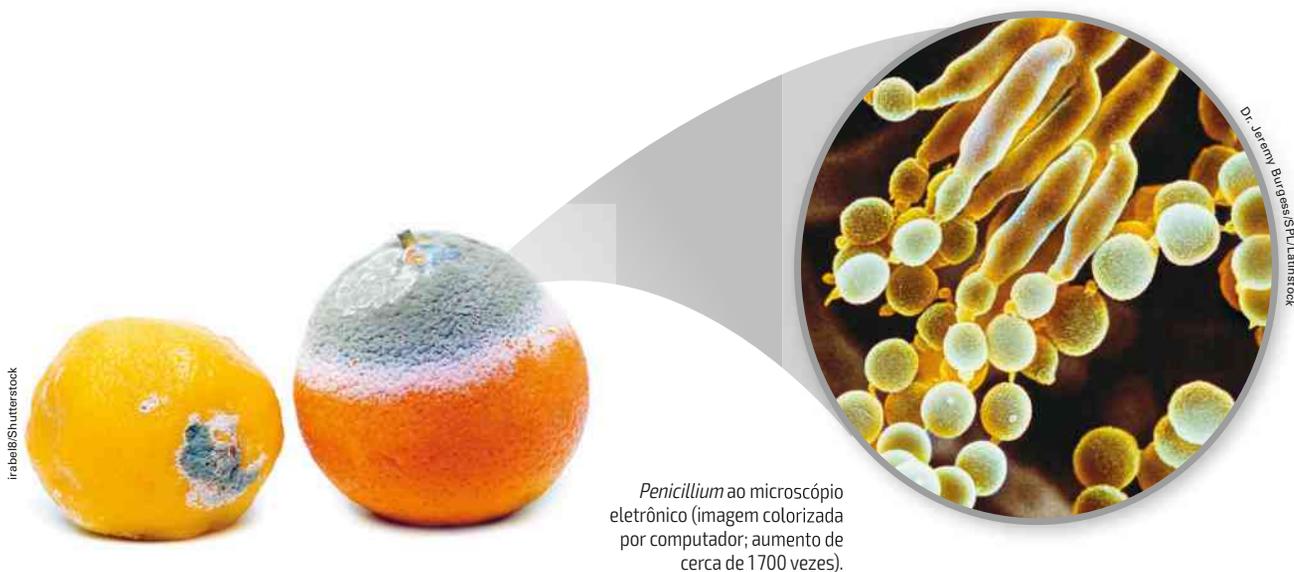
A maioria desses fungos é caracterizada pela presença do **asco** (do grego *askon* = saco), estrutura produtora de esporos. Em alguns casos, os ascos ocorrem em hifas isoladas, mas, na maioria, estão agrupados em corpos de frutificação chamados **ascocarpos** (do grego *karpós* = fruto). Veja a **figura 4.5**.

Como exemplos de ascomicetos, temos: o levedo, cuja espécie mais conhecida é a *Saccharomyces cerevisiae*, usada na fabricação de bebidas alcoólicas, álcool e pão; a trufa (gênero *Tuber*), muito apreciada na culinária; a *Neurospora*, bolor do pão e usado em pesquisas genéticas; as espécies de *Penicillium*, gênero produtor da penicilina e de certos queijos (*roquefort* e *camembert*); diversos parasitas de plantas, como *Aspergillus flavus* e *Claviceps purpurea*, que atacam cereais.

O *Claviceps purpurea* é um fungo perigoso. A ingestão de uma pequena porção, pelo ser humano ou por animais, é suficiente para causar uma forma de envenenamento que provoca alucinações, espasmos nervosos, convulsões, gangrena e morte. A substância responsável por esse quadro é a ergotina, cujos derivados, em baixa concentração, são usados em Medicina por causa de sua capacidade de vasoconstrição e de contração muscular. É também a matéria-prima para a produção de uma droga alucinógena perigosa e ilegal, a dietilamida do ácido lisérgico (LSD).

O principal modo de reprodução dos ascomicetos é a reprodução assexuada, que ajuda na dispersão dos fungos. Nas formas unicelulares, como o levedo, a reprodução assexuada ocorre por brotamento e, nas pluricelulares, por esporos.

A reprodução sexuada ocorre pela fusão de hifas (ou células, no caso do levedo), originando células que produzem esporos, os ascósporos. Estes se espalham e, em substrato adequado, germinam e formam um novo micélio.



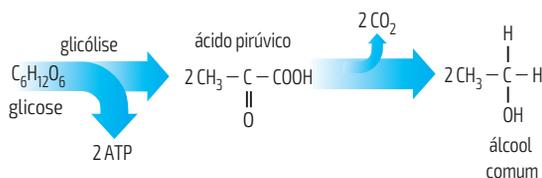
**Figura 4.5** Limão e laranja cobertos por mofo do gênero *Penicillium*, um ascomiceto.



## Fungos e a produção de alimentos

Historiadores estimam que o pão tenha surgido há cerca de 12 mil anos, juntamente com o cultivo do trigo, na região da Mesopotâmia (figura 4.6). Já o cultivo de uvas e a produção do vinho datam de mais de 5 mil anos, aproximadamente na mesma região. Apesar de terem desenvolvido técnicas para a produção desses alimentos, os povos antigos não conheciam o trabalho dos fungos envolvidos nesses processos.

O fungo conhecido como levedo de cerveja (*Saccharomyces cerevisiae*) realiza fermentação alcoólica e libera, além do álcool, gás carbônico. Veja como ocorre a reação da fermentação alcoólica:



As leveduras (*S. cerevisiae*) utilizadas na produção de vinho são seres anaeróbicos facultativos. Misturados às uvas esmagadas em tanques abertos, esses fungos unicelulares realizam a respiração aeróbica, liberando  $\text{CO}_2$  e  $\text{H}_2\text{O}$ . Quando esses tanques são fechados, o ambiente pobre

em oxigênio favorece a fermentação alcoólica, que produz álcool etílico e  $\text{CO}_2$ .

Enquanto o vinho é produzido pela fermentação do açúcar da uva, a cerveja resulta da fermentação da cevada e a cachaça tem origem na fermentação da cana-de-açúcar.

O fungo morre quando o nível de álcool se aproxima de 12%. Por isso, no caso de bebidas de alto teor alcoólico, esse nível é aumentado por meio da destilação.

O fermento biológico, ou de padaria, também contém leveduras vivas. Por meio da fermentação, esses fungos produzem o gás carbônico que faz crescer a massa do pão, além do álcool. Este é eliminado pelo calor do forno, o que explica por que não ficamos embriagados quando comemos pão. O gás carbônico também é eliminado.

Todas essas aplicações práticas da fermentação envolvem conhecimentos em Biologia, Química e Física, demonstrando que a interação entre disciplinas é importante não apenas para compreender o mundo, mas também para o desenvolvimento de tecnologias.

Fontes de pesquisa: <[www.winepros.org/wine101/history.htm](http://www.winepros.org/wine101/history.htm)>; <<http://archaeology.about.com/od/wterms/qt/wine.htm>>; <[www.invivo.fiocruz.br/cgi/cgilua.exe/sys/start.htm?infoid=817&sid=7](http://www.invivo.fiocruz.br/cgi/cgilua.exe/sys/start.htm?infoid=817&sid=7)>. Acesso em: 15 fev. 2016.

### Civilização mesopotâmica

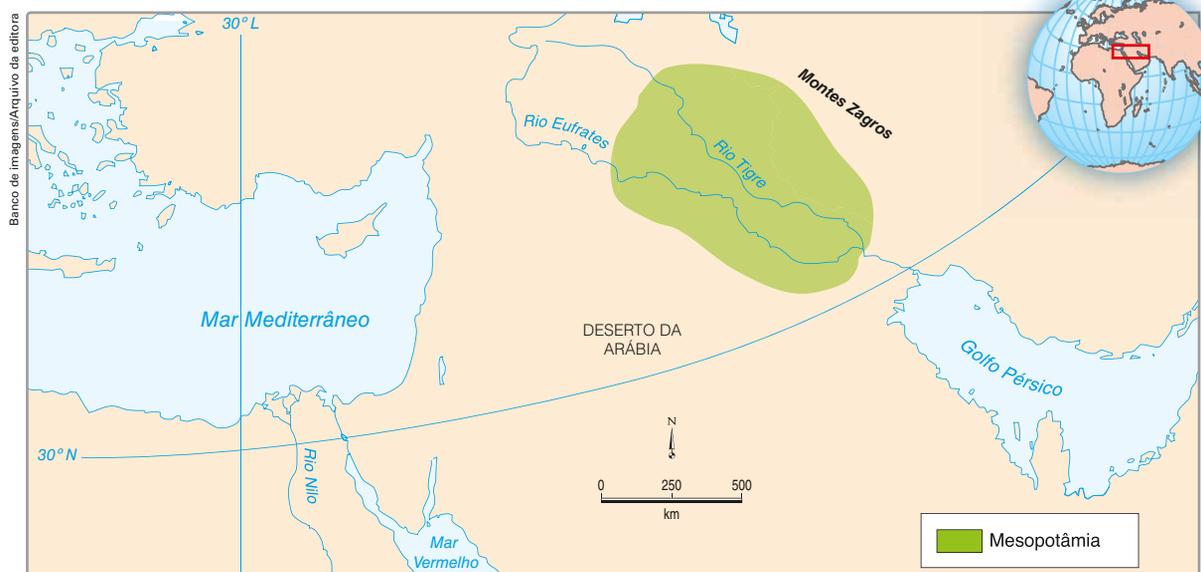


Figura 4.6 Região do Oriente Médio onde encontrava-se a Mesopotâmia.

Adaptado de: ALBUQUERQUE, M. M. de; REIS, A. C. F.; CARVALHO, C. D. de. Atlas histórico escolar. Rio de Janeiro: Fename, 1979. p. 73.

## Basidiomicetos

Nesse grupo estão os fungos mais conhecidos popularmente, chamados cogumelos e orelhas-de-pau (figura 4.7). Alguns, como o *Agaricus campestris* (conhecido pelo nome francês de *champignon*), são comestíveis; outros, como o *Amanita muscaria*, são tão venenosos que a ingestão de um pequeno pedaço pode causar a morte. Há ainda cogumelos como o *Psilocybe mexicana*, que são tóxicos e contêm substâncias alucinógenas. Algumas espécies atacam os vegetais, como os cereais e o café, causando as **ferrugens**, doenças que provocam grandes prejuízos à agricultura (figura 4.7).



Folha de café atacada pelo fungo causador da ferrugem do cafeeiro (*Hemileia vastatrix*; comprimento da folha em torno de 5 cm a 20 cm).

Figura 4.7 Exemplos de basidiomicetos.

### Fique de olho!

Não se deve comer qualquer tipo de cogumelo. É preciso conhecer quais são venenosos e quais não são, e só uma pessoa que os conhece bem consegue diferenciá-los uns dos outros.

Embora possam se reproduzir assexuadamente (pela formação de esporos), a reprodução sexuada é mais frequente e ocorre pela fusão de hifas, que crescem e dão origem ao **basidiocarpo** (do grego *basis* = base), corpo frutífero que, em algumas espécies, tem a forma de chapéu (cogumelo).

No basidiocarpo, por meiose, são produzidos esporos (basidiósporos), que, quando liberados, espalham-se no ambiente. Encontrando o substrato adequado, os esporos germinam; e o ciclo se reinicia (figura 4.8).

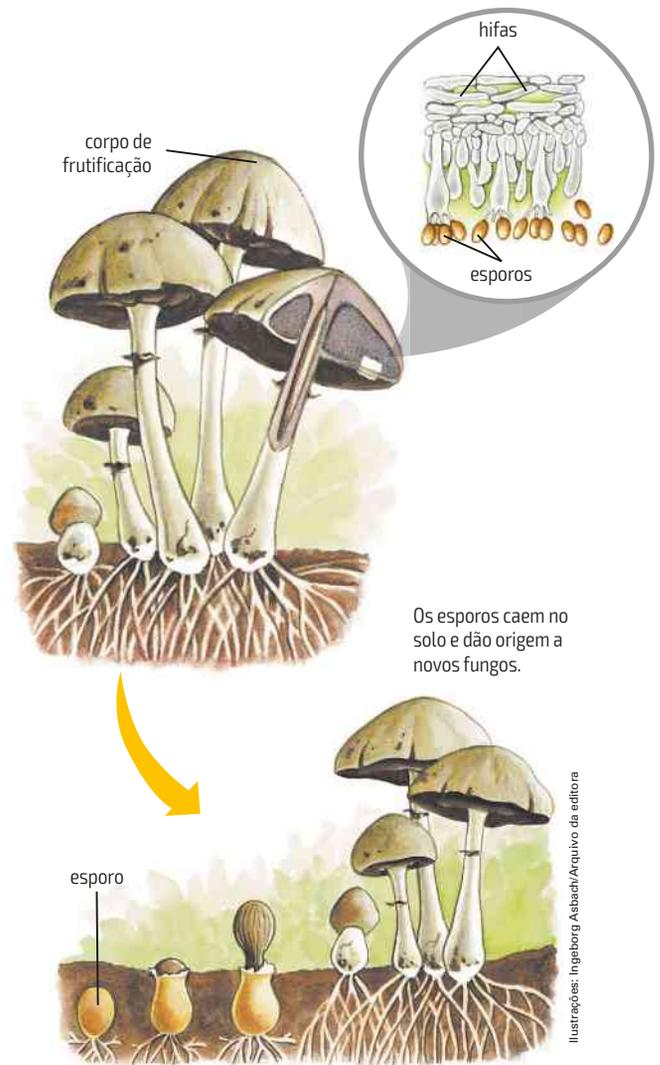


Figura 4.8 Reprodução de um basidiomiceto. As hifas têm entre 5  $\mu\text{m}$  e 10  $\mu\text{m}$  de diâmetro. (Esquema sem escala; cores fantasia.)

## Deuteromicetos

Alguns fungos, que não apresentam formas sexuadas (ou que, pelo menos, dos quais não se conhecem formas sexuadas), costumavam ser reunidos no grupo dos deuteromicetos (do grego *dêuteron* = secundário) – também chamado grupo dos **fungos imperfeitos** ou dos **fungos conidiais**, uma referência ao fato de produzirem esporos muito finos, os **conídios** (do grego *konidion* = pó fino). No entanto, análises moleculares têm feito com que alguns deles sejam remanejados para outros grupos, principalmente o dos ascomicetos, caso dos gêneros *Penicillium* e *Aspergillus*. Trata-se, portanto, de um grupo artificial, sem valor taxonômico.

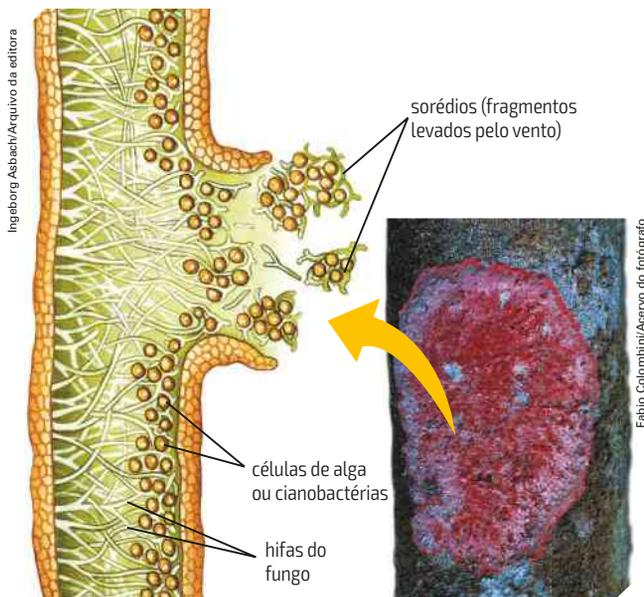
Entre eles há muitos parasitas de vegetais e de animais (inclusive do ser humano), e que produzem micoses.

### 3 Líquens e micorrizas

Os fungos podem estabelecer associações íntimas e permanentes com outros organismos, formando **líquens** e **micorrizas**. Em ambos os casos, os dois organismos são beneficiados. Essa forma de associação é classificada como mutualismo ou simbiose mutualística (do grego *syn* = união; *bios* = vida). A troca de benefícios é tão profunda que a sobrevivência isolada dos associados fica comprometida.

## Líquens

São associações entre um fungo (em geral, um ascomiceto) e uma alga (quase sempre uma clorófitcea) ou uma cianobactéria (figura 4.9).



**Figura 4.9** Foto de um líquen (cerca de 15 cm de comprimento) e ilustração de sua estrutura (aumento de cerca de mil vezes; cores fantasia; os elementos da figura não estão em escala).

O fungo produz um ácido que desagrega as rochas e, através de suas hifas, absorve água e sais minerais do solo e da água da chuva, fornecendo-os à alga. Esta fornece ao fungo matéria orgânica produzida na fotossíntese. Na associação com cianobactérias pode haver aproveitamento do nitrogênio do ar: as cianobactérias usam o gás nitrogênio para sintetizar compostos nitrogenados que poderão ser aproveitados também pelo fungo.

A reprodução dos líquens é assexuada, feita por meio de pequenos fragmentos (**sorédios**), que podem ser levados a lugares distantes pelo vento.

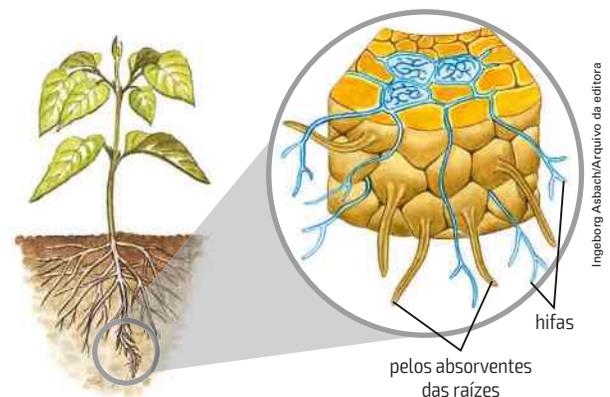
Os líquens resistem a temperaturas extremas e à falta de água. São comumente encontrados em

rochas expostas ao sol, no gelo, em desertos e em solos nus – onde frequentemente são os primeiros seres vivos a se instalar; por isso são chamados **seres pioneiros**. Assim, eles criam condições para que outros seres vivos se instalem no local, permitindo o desenvolvimento de uma comunidade (o processo é chamado sucessão ecológica). Muitas espécies de líquens também servem de indicação do grau de poluição do ar (bioindicadores), uma vez que absorvem facilmente as substâncias tóxicas, como metais pesados e dióxido de enxofre (um gás emitido na queima de combustíveis fósseis em veículos e indústrias). O desaparecimento de líquens em um ambiente indica que o ar do lugar está poluído.

A poluição do ar será estudada com mais detalhes no Volume 3 desta coleção, mas um tópico tão amplo e importante como esse é discutido também no estudo da Física e da Química, entre outras disciplinas. Afinal, precisamos saber qual a composição química dos poluentes, quais seus efeitos biológicos e químicos, como combater esses efeitos, etc.

## Micorrizas

São associações de fungos (a maioria basidiomicetos) com as raízes de muitas espécies de plantas. As hifas envolvem as raízes das plantas ou penetram em suas células (figura 4.10). Com isso, o fungo aumenta a superfície de absorção de água e sais minerais das raízes, além de converter certos sais minerais em formas mais facilmente absorvidas pelas plantas. Em troca, a planta fornece substâncias orgânicas ao fungo. Em geral, as plantas não crescem tão bem – e, às vezes, até morrem – se forem privadas da associação com o fungo, principalmente em solos pobres em sais minerais.



**Figura 4.10** Micorriza (os elementos da ilustração não estão na mesma escala; cores fantasia).

- Os organismos conhecidos atualmente como fungos já foram considerados plantas. Aponte uma semelhança entre fungos e plantas que justifique a antiga classificação dos fungos e uma diferença entre eles que justifique a classificação atual deles em um grupo à parte.
- Que relação existe entre os fungos, os pães e as bebidas alcoólicas?
- Certos fungos crescem especificamente sobre partes mortas de plantas, como folhas e galhos caídos. Qual a importância desses fungos para o equilíbrio da natureza?
- Para combater uma espécie de fungo que estava atacando limoeiros recém-plantados, um agricultor aplicou na área cultivada uma grande quantidade de fungicida de degradação muito lenta. Para sua surpresa, embora o fungo tenha sido eliminado, o crescimento das árvores ficou prejudicado. O que pode ter ocorrido?
- Um pesquisador estava tentando fazer colônias de bactérias crescerem sobre uma placa de vidro com ágar, uma substância extraída de algas. No entanto, como se pode ver na figura abaixo, um fungo (gênero *Penicillium*) acabou crescendo sobre o ágar.



Joseph F. Gemmaro, Jr./Photoresarchers/Latinstock

- Como o fungo chegou até o ágar?
- Por que não houve crescimento de bactérias ao redor do fungo?

- Certos fungos produzem esporos recobertos por uma massa grudenta que atrai as moscas. Os esporos ficam grudados às pernas das moscas, que os levam consigo. Que vantagem isso traz para o fungo?
- (UFBA) Líquens ocorrem nos mais variados tipos de substratos, climas, altitudes e latitudes do planeta, conseguindo sobreviver em condições de vida muito diversas. São formados por organismos de diferentes reinos e, por isso, sua estrutura e atribuições também se alteram, conforme os elementos que os compõem e o ambiente em que se desenvolvem.

Considerando a classificação de Whitakker (1969), identifique os **reinos** que abrigam espécies integrantes de líquens e caracterize a **associação**, considerando o papel de cada um dos simbioses.

- (Fuvest-SP) A lei 7.678 de 1988 define que “vinho é a bebida obtida pela fermentação alcoólica do mosto simples de uva sã, fresca e madura”. Na produção de vinho, são utilizadas leveduras anaeróbicas facultativas. Os pequenos produtores adicionam essas leveduras ao mosto (uvas esmagadas, suco e cascas) com os tanques abertos, para que elas se reproduzam mais rapidamente. Posteriormente, os tanques são hermeticamente fechados. Nessas condições, pode-se afirmar, corretamente, que
  - o vinho se forma somente após o fechamento dos tanques, pois, na fase anterior, os produtos da ação das leveduras são a água e o gás carbônico.
  - o vinho começa a ser formado já com os tanques abertos, pois o produto da ação das leveduras, nessa fase, é utilizado depois como substrato para a fermentação.
  - a fermentação ocorre principalmente durante a reprodução das leveduras, pois esses organismos necessitam de grande aporte de energia para sua multiplicação.
  - a fermentação só é possível se, antes, houver um processo de respiração aeróbica que forneça energia para as etapas posteriores, que são anaeróbicas.
  - o vinho se forma somente quando os tanques voltam a ser abertos, após a fermentação se completar, para que as leveduras realizem respiração aeróbica.

9. (UFSC) O mofo que ataca os alimentos, os cogumelos comestíveis e o fermento de fazer pão são formados por organismos que pertencem ao reino Fungi. Com relação a esse grupo assinale a(s) proposição(ões) verdadeira(s).

- (01) São organismos eucariontes, unicelulares ou pluricelulares, autotróficos facultativos.
- (02) O material nutritivo de reserva é o glicogênio.
- (04) Em função da nutrição heterótrofa, esses seres podem viver em mutualismo, em saprobiose ou em parasitismo.
- (08) Alguns fungos são utilizados na obtenção de medicamentos.
- (16) Nutrem-se por digestão extracorpórea, isto é, liberam enzimas digestivas no ambiente, que fragmentam macromoléculas menores, permitindo sua absorção pelo organismo.
- (32) Na alimentação humana são utilizados, por exemplo, na fabricação de queijos, como roquefort e gorgonzola.

(64) Reproduzem-se, apenas, assexuadamente por meio de esporos, formados em estruturas denominadas esporângios, ascos e basídios. Dê como resposta a soma dos números associados às proposições corretas.  $02 + 04 + 08 + 16 + 32 = 62$

10. (PUC-SP) Foram feitas três afirmações a respeito dos líquens:

- I. São organismos pioneiros em um processo de sucessão ecológica.
- II. Os dois tipos de organismos que constituem um líquen são capazes de produzir glicose e oxigênio utilizando gás carbônico, água e energia luminosa.
- III. Os organismos que constituem um líquen apresentam uma relação mutualística.

Assinale:

- a) se apenas uma das afirmações estiver correta.
- b) se apenas as afirmações I e II estiverem corretas.
- x c) se apenas as afirmações I e III estiverem corretas.
- d) se apenas as afirmações II e III estiverem corretas.
- e) se as afirmações I, II e III estiverem corretas.

### Atividade prática

Esta atividade deve ser feita na escola, com a orientação do professor. Antes de realizá-la, porém, certifique-se de que você conhece os cuidados e procedimentos necessários para o uso do microscópio.

Nesta atividade, você vai precisar de:

- uma laranja;
- uma fatia de pão de forma;
- um recipiente plástico com tampa em que caiba a laranja;
- um prato e um pires;
- alguns palitos de dentes limpos;
- um pouco de água;
- microscópio, lâminas e lamínulas.

Por favor, ponha a laranja dentro do recipiente plástico e tampe-o. Umedeça a fatia de pão, coloque-a no prato e cubra-a com o pires. Guarde os dois conjuntos em um armário fechado por algum tempo.

Diariamente, verifique se a laranja e o pão já começaram a mofo. Quando isso acontecer, com um palito de dentes ainda sem uso colha um pouco do mofo de um dos materiais e espalhe sobre a lâmina de vidro. Pingue uma gota de água sobre a amostra e cubra-a com uma lamínula. Observe-a ao microscópio: inicialmente com o menor aumento e, em seguida, usando as outras objetivas. Depois, repita esse procedimento com o mofo do outro material.

- a) Para cada um dos materiais analisados na atividade, desenhe o que você viu e tente identificar as estruturas do mofo.
- b) De acordo com o que você estudou neste capítulo, explique por que foi preciso umedecer o pão e com a laranja isso não precisou ser feito.

## Sugestões de aprofundamento

### Para acessar:

- **Calendários de vacinação:** <<http://sbim.org.br/vacinacao>>
- **Febre chikungunya:** <<http://drauziovarella.com.br/letras/c/febre-chikungunya>>
- **Perguntas e respostas sobre o vírus zika:** <<http://portalsaude.saude.gov.br/index.php/perguntas-e-respostas-zika>>
- **Tuberculose:** <[http://portalsaude.saude.gov.br/index.php?option=com\\_content&view=article&id=11045&Itemid=674](http://portalsaude.saude.gov.br/index.php?option=com_content&view=article&id=11045&Itemid=674)>

Acesso em: 28 abr. 2016.

### Para assistir:

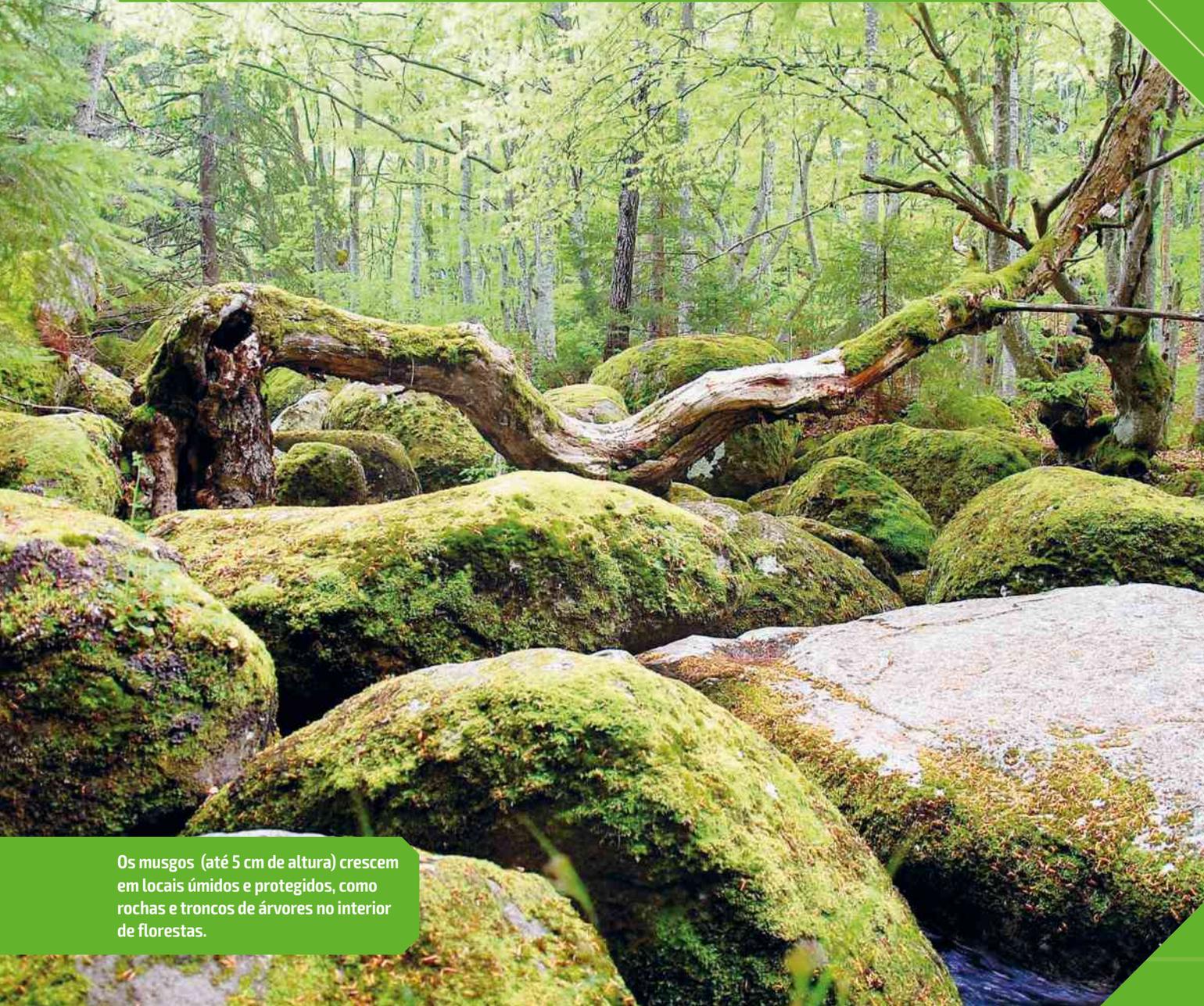
- **Capitães da areia.** Cecília Amado. Brasil, 2009. 100 minutos. Em Salvador dos anos 1930, menores abandonados sobrevivem enfrentando todo tipo de dificuldade, como a varíola. Adaptação para cinema do romance escrito por Jorge Amado.

# Plantas

Você já imaginou como seria a vida sem, por exemplo, arroz, feijão, pão, frutas, legumes, chocolate, tecidos de algodão, linho e flores? A espécie humana depende das plantas. Precisamos delas não apenas como fonte de alimento, mas também como fonte de matéria-prima para a produção de madeira, tecidos, papel, medicamentos e uma infinidade de produtos. Mais do que isso, plantas formam a base de uma cadeia alimentar que sustenta a vida por meio da fotossíntese. Preservar matas, florestas e outros ecossistemas naturais é preservar a vida.

## Briófitas e pteridófitas

Nature energy/Shutterstock



Os musgos (até 5 cm de altura) crescem em locais úmidos e protegidos, como rochas e troncos de árvores no interior de florestas.

Os exemplos mais comuns de briófitas são os musgos. Se você já caminhou em alguma área úmida e sombreada, certamente viu musgos em troncos de árvores, por exemplo. As pteridófitas também são comuns em áreas assim, mas podem viver em locais um pouco mais secos. As mais conhecidas popularmente são as samambaias, muito utilizadas na decoração de ambientes. Vamos entender quais são as principais características desses dois grupos de plantas.

- ◆ Você sabe que as plantas não são todas iguais. Quais tipos de plantas você conhece?
- ◆ As plantas não se locomovem. Então, como elas se reproduzem?
- ◆ Quais são as diferenças entre os musgos e as samambaias?



## 1 Introdução ao estudo das plantas

Costuma-se usar a expressão “plantas terrestres” para designar o grupo das plantas sem incluir as algas. Neste livro usaremos o termo “plantas” para designar tanto as plantas terrestres quanto as plantas aquáticas (figura 5.1), visto que estas descendem de plantas terrestres.

Há muitas semelhanças entre as plantas e as algas verdes: parede celular de celulose, reserva de amido, clorofilas **a** e **b**, entre outras. Ao contrário do embrião das algas, porém, o das plantas está protegido por uma camada de células na fase inicial de seu desenvolvimento.

As plantas são organismos eucariontes, pluricelulares e autotróficos fotossintéticos. Suas células possuem uma parede celular rígida, com celulose, e cloroplastos com clorofila **a** e **b** e outros pigmentos que absorvem a energia luminosa.



**Figura 5.1** As ninfeas (de 15 cm a 80 cm de diâmetro dependendo da espécie), que aparecem em primeiro plano, e os aguapés (cada folha tem cerca de 10 cm de comprimento), ao fundo, são exemplos de plantas aquáticas. Elas são descendentes de espécies já extintas de plantas terrestres.

### Adaptações à vida terrestre

O corpo das plantas está organizado de maneira muito diferente do dos animais. A maior parte dessas diferenças constitui adaptações ao modo autotrófico de vida.

Diferentemente do que ocorreu com os animais, o processo evolutivo nas plantas não levou à formação de músculos, que permitem os movimentos; de sistema nervoso, que coordena esses movimentos; de órgãos dos sentidos, fundamentais para a locali-

zação do alimento; e de corpo compacto, que facilita os movimentos. As plantas não dependem do movimento para absorver água, sais e gás carbônico e sua fonte de energia (luz). Além disso, por evolução, foi vantajoso para as plantas ter um corpo com grande superfície relativa (figura 5.2). Essa grande área em relação ao volume do corpo melhora a absorção desses nutrientes e de energia.



**Figura 5.2** Samambaiçu na Mata Atlântica, Tapiraí (SP). As folhas dessa planta podem ultrapassar 2 metros de comprimento.

Em geral, há mais luz no ambiente terrestre que na água (esta absorve parte da energia da luz). A concentração de gás carbônico e de oxigênio – necessários para a fotossíntese e para a respiração – é maior no ar que na água. Essas condições tornaram possível a sobrevivência das primeiras plantas terrestres.

Por outro lado, na água, o gás carbônico e os sais minerais estão em contato com todo o corpo das algas. As plantas terrestres têm de retirar a água e os sais minerais do solo. Mas no interior deste não há luz para a fotossíntese.

Não podemos esquecer também que as plantas terrestres correm o risco de sofrer desidratação; que o ar não fornece tanta sustentação para o corpo como a água; e que as plantas terrestres têm de resistir à chuva e ao vento. Por isso, ao longo da evolução das plantas terrestres, foi bastante importante o surgimento de tecidos de sustentação e de proteção contra a desidratação.

No estudo da reprodução das plantas vamos conhecer ainda outras adaptações ao modo de vida terrestre, como a produção de esporos com parede resistente à desidratação e o desenvolvimento inicial do embrião em estruturas protegidas, características que permitiram a dispersão das plantas por todo o planeta.



## O carvão mineral

Entre 360 milhões e 286 milhões de anos atrás, no período geológico conhecido como Carbonífero, plantas sem sementes de muitos metros de altura (algumas espécies atingiam mais de 30 metros) dominavam a paisagem da Terra e formavam imensas florestas (figura 5.3).

Com o tempo, partes dessas plantas foram depositadas em pântanos e cobertas por sedimentos, originando rochas sedimentares que, ao longo de milhões de anos, formaram o carvão mineral, usado atualmente como combustível e como fonte de solventes, colas e outros produtos químicos.

Ao estudar História e Geografia, aprendemos que o carvão mineral ainda é uma importante

fonte de energia para diversos países. No entanto, o uso do carvão mineral como combustível libera muitos poluentes e colabora para o aquecimento global, uma questão importantíssima de nosso tempo, discutida no Volume 3 desta coleção e também em Física, Química e Geografia, entre outras disciplinas.

**Figura 5.3**  
Reconstituição artística do período Carbonífero. (Ilustração feita com base em registros fósseis.)



Johann Brandstätter/Alamy Images/Latiinstock

## Classificação

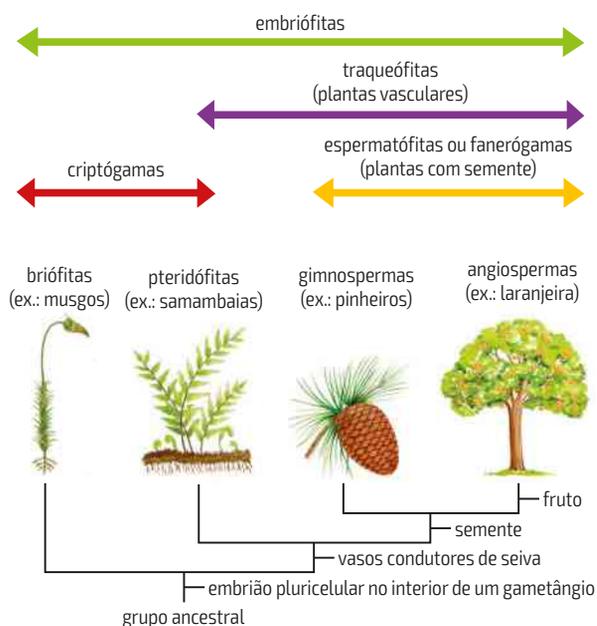
Algumas plantas, como as **briófitas** (do grego *bryon* = musgo; *phyton* = planta), são pequenas e não apresentam vasos que transportem água, sais minerais e substâncias orgânicas para as células; por isso essas plantas são chamadas **avasculares** (do latim *a* = sem; *vasculum* = vaso). Por causa de seu tamanho reduzido, o transporte por difusão é eficiente nessas plantas. Água, sais minerais e substâncias orgânicas são passadas de uma célula para outra por difusão.

A maioria das plantas terrestres, no entanto, apresenta vasos condutores e por isso são denominadas **vasculares** ou **traqueófitas** (do grego *trakheia* = canal áspero). Veja a figura 5.4. A presença de vasos condutores possibilitou que essas plantas atingissem tamanhos maiores, uma vez que por difusão os nutrientes são transportados muito lentamente pelas células, limitando o crescimento.

Os vasos que transportam água e sais minerais (seiva bruta ou mineral) da raiz para as folhas são chamados **vasos lenhosos**, e o conjunto formado por esses vasos e outros tecidos associados a eles é chamado **lenho** ou **xilema** (do grego *xylon* = madeira). As substâncias orgânicas produzidas na folha (seiva elaborada) são levadas para toda a planta pelos **vasos liberianos** ou **elementos de vaso**, e o conjunto formado por esses vasos e outros tecidos associados forma o **líber** ou **floema**.

No grupo das **pteridófitas** (do grego *pteris* = feto; samambaia, avenca, etc.) estão as primeiras plantas

vasculares, mas elas não possuem flor nem semente (figura 5.4). Dessas plantas surgiram os primeiros vegetais com sementes, as **espermatófitas** ou **espermáfitas** (do grego *sperma* = semente). A semente facilitou a conquista do meio terrestre por esse grupo, pois protege o embrião contra a perda de água (perigo constante nesse ambiente) e ajuda na dispersão do vegetal.



Ogni de Oliveira/Arquivo da editora

**Figura 5.4** Árvore filogenética simplificada das plantas, com indicação de algumas novidades evolutivas. (Os elementos da ilustração não estão na mesma escala; cores fantasia.)

As espermatófitas dividem-se em dois grupos: **gimnospermas** (do grego *gymnos* = nu), que não possuem fruto e são representadas pelos pinheiros; e **angiospermas** (do grego *aggeion* = recipiente, vaso), com flores e frutos, e representadas pela maioria das plantas.

São usados também os termos **criptógamas** (do grego *krypton* = escondido; *gámos* = casamento), para denominar plantas com estrutura reprodutora pouco visível; e **fanerógamas** (do grego *phanerós* = aparente) para aquelas com estruturas reprodutoras bem visíveis. Nesse sentido, as gimnospermas e as angiospermas são fanerógamas e as outras são criptógamas.

Outra característica das plantas terrestres é que o desenvolvimento inicial do embrião ocorre no corpo da planta, o que lhe dá maior proteção. Por isso as plantas terrestres são também chamadas **embriófitas**.

## Ciclos reprodutivos

A reprodução das plantas também reflete, de certa forma, sua falta de mobilidade.

É frequente a reprodução assexuada, em que pedaços de caule, galhos ou folhas originam uma nova planta. Quando ocorre reprodução sexuada, em geral se observa formação de esporos, células que ajudam na dispersão da planta (compensando sua imobilidade) e das quais se forma uma nova planta.

Assim, enquanto nos animais um indivíduo diploide produz, por meiose, gametas haploides, que, por fecundação, originam um ovo e um novo indivíduo diploide, na maioria das plantas há alternância entre indivíduos haploides e diploides.

O indivíduo diploide – chamado **esporófito** – produz, por meiose, esporos, que originam um indivíduo haploide (às vezes, apenas um grupo de células), chamado **gametófito**. Este produz por mitoses gametas, que, por fecundação, originam uma célula-ovo e um novo indivíduo diploide. Portanto, além de originar descendentes, o ciclo reprodutivo das plantas promove a conquista de novos ambientes por causa da produção de esporos ou de sementes (figura 5.5).

Observe que, nos animais, há apenas indivíduos diploides, uma vez que a meiose origina diretamente gametas. Dizemos que o ciclo dos animais é **diploite**, **diplobionte** ou de **meiose gamética**. O ciclo de vida da maioria das plantas envolve alternância de gerações haploides e diploides e por isso é conhecido como ciclo **haplonte-diploite**, **haplodiplobiônico** ou de **meiose esporica**.

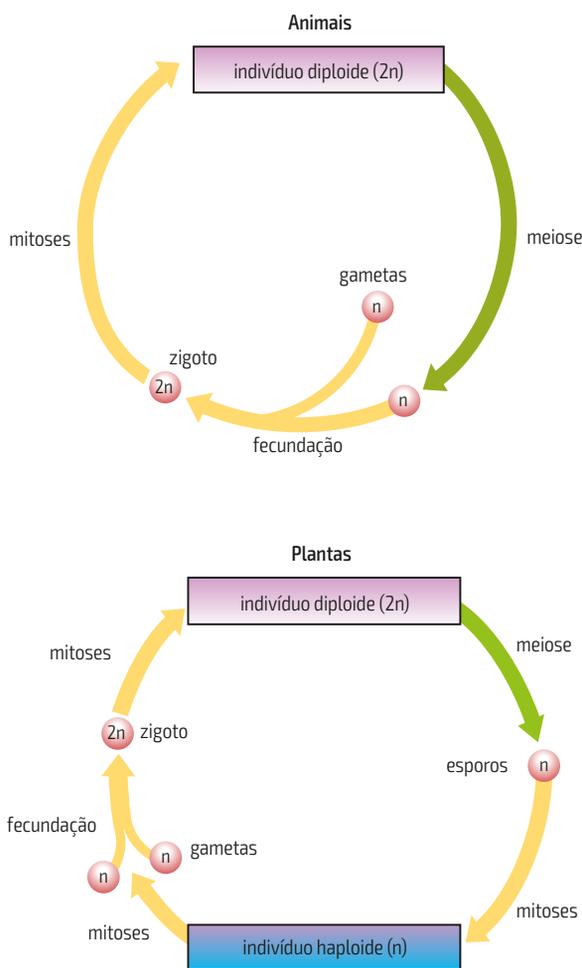


Figura 5.5 Esquema simplificado do ciclo reprodutivo de animais e de plantas.

## 2 Briófitas

As briófitas (do grego *bryon* = musgo; *phyton* = planta) são representadas principalmente pelos musgos e formam o primeiro grupo de plantas a colonizar o ambiente terrestre.

Essas plantas são de pequeno porte (a maioria tem poucos centímetros de altura). Isso resulta da falta de estruturas rígidas de sustentação e de um sistema de condução de seiva. Sem esse sistema, o transporte de substâncias é muito lento, uma vez que é feito por simples difusão.

O corpo desses vegetais não está, em geral, completamente protegido contra a perda de água: a **cutícula**, uma camada que protege contra a perda excessiva de água, é muito fina e, em algumas espécies, está ausente. Essa é uma das razões pelas quais essas plantas são mais comuns em locais úmidos e sombreados.

A planta propriamente dita, isto é, o indivíduo maior, de vida independente e duradoura, é o gametófito, que apresenta **rizoides**, **cauloides** e **filoides** (do grego *phyllon* = folha; *oide* = semelhante a), estruturas que lembram, respectivamente, a raiz, o caule e as folhas das plantas vasculares. Ele possui **gametângios**, órgãos produtores de gametas: o **anterídio** (do grego *antherón* = florido; *idio* = aparência) produz **anterozoides** (os gametas masculinos); o **arquegônio** (do grego *arkhe* = primitivo; *gónos* = que gera) produz a **oosfera** (o gameta feminino). Na maioria dos musgos, o sexo é separado: cada gametófito possui apenas anterídios ou apenas arquegônios.

O esporófito, menos desenvolvido e de curta duração, cresce sobre o gametófito e depende dele para a sua nutrição. No esporófito existem os **esporângios**, dentro dos quais há células que, por meiose, produzem esporos.

## Reprodução

A forma mais característica de reprodução é a alternância de gerações, através de um ciclo haplonte-diplonte (figura 5.6). O transporte do gameta é feito por gotas de chuva que atingem o anterídio e respingam de um gametófito para outro, fazendo com que alguns anterozoides caiam no arquegônio

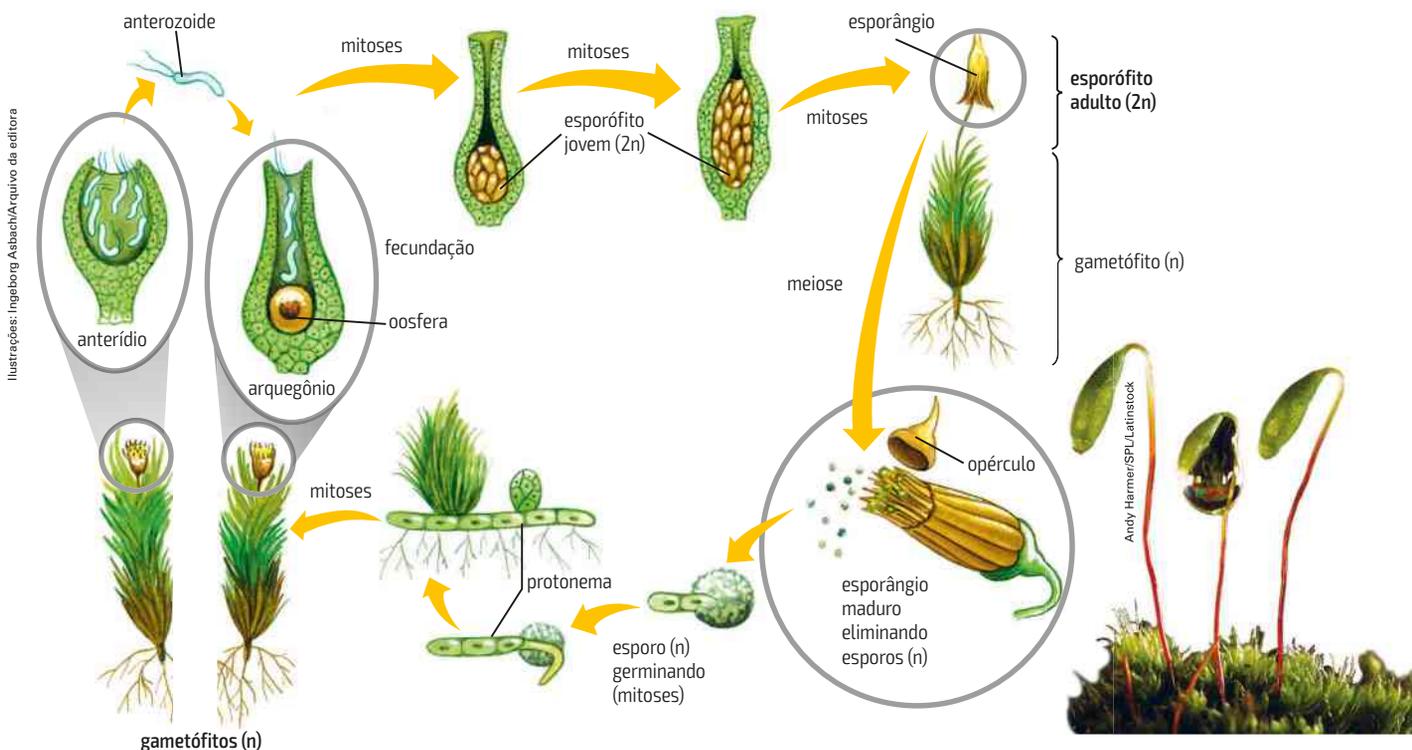
de uma planta feminina. Quando isso acontece, os anterozoides nadam até a oosfera, e ocorre a fecundação. Depois, o zigoto sofre mitoses e origina um embrião, que permanece protegido no arquegônio.

O embrião desenvolve-se por mitoses e forma um esporófito diploide, chamado **esporogônio** (do grego *sporo* = semente; *gonos* = gerar). Este se encontra preso ao gametófito pela **base** ou **haustório** (do latim *haustor* = o que suga, referência ao fato de que o esporófito retira alimento do gametófito), seguindo-se, então, um pedúnculo, denominado **haste**. Tal haste possui uma dilatação na extremidade, a cápsula, coberta por uma “tampa”, o **opérculo**.

Dentro do esporângio há as **células-mães dos esporos**, que, por meiose, originam os esporos, dando início à fase haploide. Esses esporos são liberados quando a cápsula resseca e se abre. Em seguida, são levados pelo vento, germinando distantes do esporófito que os originou.

Depois da produção de esporos, o esporófito morre, e o gametófito permanece. Por isso dizemos que nas briófitas a fase dominante é a haploide.

Ao germinar, o esporo origina um filamento de células, o **protonema** (veja a figura 5.6). Este emite algumas ramificações que penetram no solo, formando os gametófitos e fechando o ciclo.



**Figura 5.6** Esquema do ciclo reprodutivo dos musgos (os elementos da figura não estão na mesma escala; cores fantasia). Na foto, musgos (o gametófito, em geral, não ultrapassa 5 cm de altura; o esporófito pode atingir até 20 cm de altura).

## Classificação

Tradicionalmente, as briófitas eram agrupadas no filo ou divisão **Bryophyta** e eram divididas nas classes **Musci** (musgos), **Hepaticae** (hepáticas) e **Anthocerotae** (antóceros). Em classificações mais recentes, essas plantas estão distribuídas em três filios principais: **Bryophyta** (musgos), **Hepatophyta** (hepáticas) e **Anthocerophyta** (antóceros). No entanto, o termo “briófitas” ainda é usado de modo informal para indicar as plantas desses três filios.

As hepáticas apresentam forma achatada e são encontradas sempre em locais úmidos e sombreados (figura 5.7). O contorno da planta (gametófito) assemelha-se a um fígado (*hépatos* tem origem grega e significa ‘fígado’), daí o nome.

Os antóceros podem ser exemplificados pelo gênero *Anthoceros*, e também crescem em locais úmidos e sombreados.

Fabio Colombini/Acervo do fotógrafo



Figura 5.7 Planta hepática (o gametófito tem cerca de 1,5 cm).

## 3 Pteridófitas

Diferentemente das briófitas, as pteridófitas são traqueófitas. Seus vasos condutores são formados por células modificadas que transportam a água das raízes para as folhas e a matéria orgânica produzida nas folhas para o resto do corpo.

A presença de vasos condutores de seiva aumenta a eficiência do transporte de nutrientes e forma tecidos resistentes, que servem de sustentação. Isso permite a essas plantas atingir maior altura que as briófitas e receber mais luminosidade.

Usaremos como referência o grupo das samambaias e avencas, que vivem em ambiente úmido, em

solos, pedras e areia, por exemplo. Algumas são epífitas, ou seja, vivem sobre o tronco de árvores e arbustos; outras, como as salvinias (plantas do gênero *Salvinia*), são aquáticas e de pequeno porte (figura 5.8). Há ainda grandes pteridófitas arborescentes, como a samambaiaçu.

Samambaia (tamanho variado; a samambaia amazônica chega a 3 m de comprimento).



Detalhe dos soros presentes na face inferior das folhas.



Avenca (folhas com 30 cm a 60 cm de comprimento).



Salvinias (folhas com largura entre 1 cm e 5 cm).

Figura 5.8 Exemplos de pteridófitas.

Pekka Nikonen/Shutterstock/Glow Images

Fabio Colombini/Arquivo da editora

Fabio Colombini/Acervo do fotógrafo

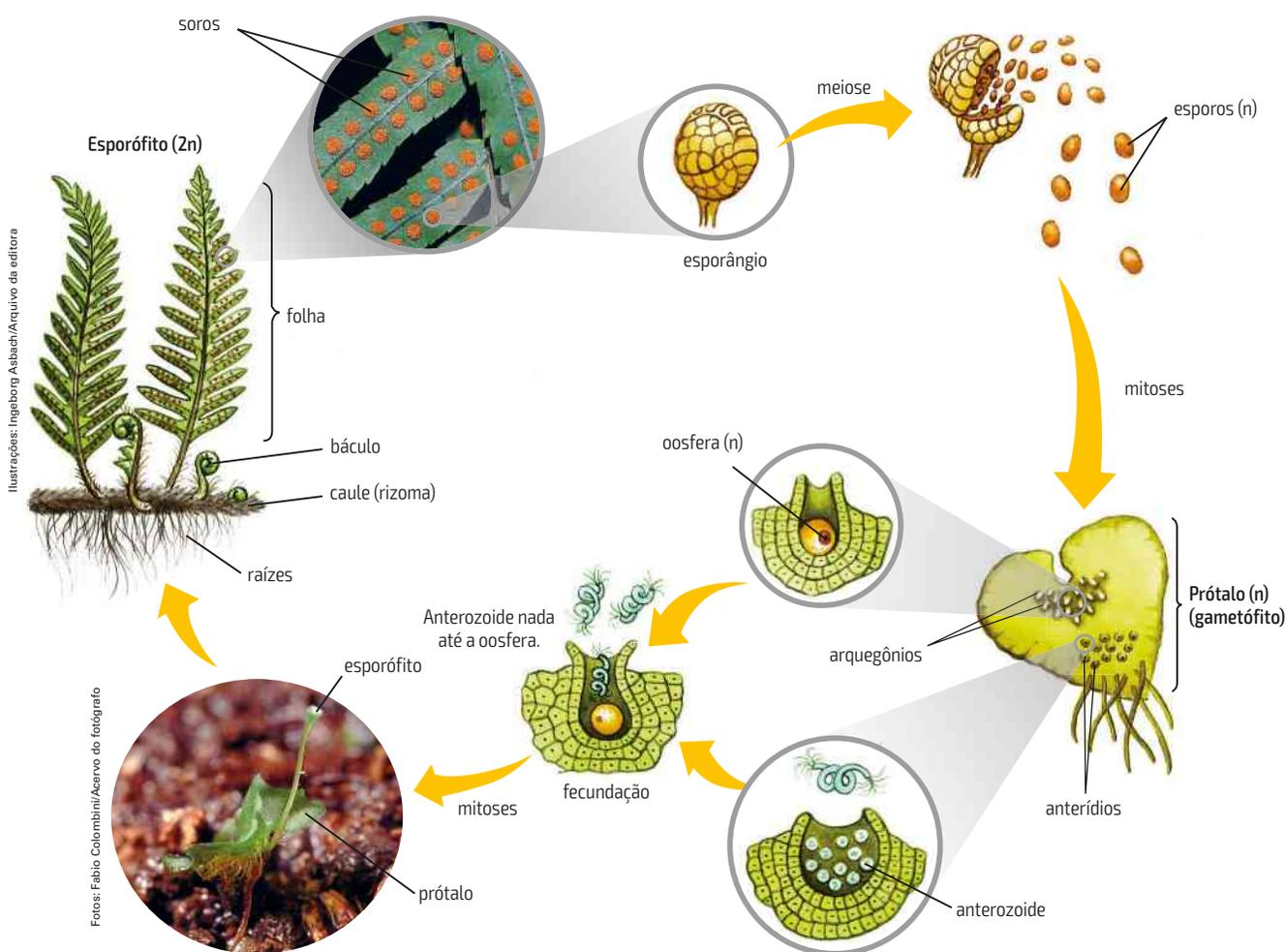
A planta propriamente dita, a fase duradoura do ciclo, é o esporófito (2n). Em geral, suas folhas são divididas em folíolos na forma de penas, uma adaptação que permite captar a luz difusa na altura do chão em uma floresta (figura 5.9). As folhas jovens – chamadas **báculos** – ficam enroladas, parecendo um feto encolhido (lembre-se que *pteris* significa ‘feto’). De modo geral, a folha é a única parte visível da planta, pois o caule é subterrâneo ou fica rente ao solo, com crescimento horizontal. Esse tipo de caule, que se assemelha a uma raiz, é chamado **rizoma** (do grego *rhiza* = raiz; *oma* = proliferação).

O esporófito possui esporângios, que se agrupam em estruturas chamadas **soros**, distribuídas na face inferior ou na borda dos folíolos (figura 5.9). O gametófito (n), denominado **prótalo** (do grego *pró* = anterior; *thallós* = ramo verde), é bem menos desenvolvido que o esporófito, mas tem vida autônoma. Na época da

reprodução, os soros tornam-se pardos e, no interior dos esporângios, são produzidos esporos por meiose.

Levados pelo vento, os esporos germinam ao encontrar um substrato suficientemente úmido, no qual se fixam pelos rizoides, e formam o prótalo. Este possui anterídios e arquegônios, nos quais se formam os gametas. Reveja a figura 5.9. Por ser pequeno, fica facilmente coberto pela água da chuva ou pelo orvalho, o que possibilita a fecundação (os anterozoides multiflagelados devem nadar até a oosfera). Essa redução no tamanho do gametófito em comparação com o esporófito constitui uma adaptação à vida terrestre. Como veremos, nas plantas com sementes o gametófito é ainda mais reduzido.

O zigoto formado origina um esporófito jovem (embrião), que, no início, recolhe alimento do gametófito. Depois, torna-se independente e o gametófito regride.



**Figura 5.9** Esquema do ciclo reprodutivo da samambaia (esporos e gametas estão muito ampliados; os elementos da ilustração não estão na mesma escala; prótalo: 3 mm a 10 mm de comprimento por 2 mm a 8 mm de largura; soros: cerca de 1 mm a 3 mm de diâmetro; cores fantasia).

## Classificação

No filo **Pteridophyta** (ou **Pterophyta**), encontramos as samambaias e avencas (filicíneas), já estudadas, as cavalinhas (gênero *Equisetum*; **figura 5.10**) e as psilófitas (gênero *Psilotum*). Quanto às plantas dos gêneros *Selaginella* e *Lycopodium* (**figura 5.10**), que já foram consideradas integrantes desse filo, atualmente integram um filo à parte, denominado **Lycophyta**. No entanto, o termo “pteridófitas” ainda é usado, de modo informal, para indicar todas as plantas dos dois filios (Pteridophyta e Lycophyta).

Fotos: Fabio Colombini/Acervo do fotógrafo



Cavalinhas – *Equisetum* sp. (atingem até 1 m de altura).



Licópódio (de 15 cm a 60 cm de altura).

**Figura 5.10** Plantas dos filios Pteridophyta e Lycophyta.

## 4 As primeiras plantas terrestres

As primeiras plantas terrestres podem ter se originado dos mesmos ancestrais que deram origem às algas verdes. Os fósseis mais antigos identificados como esporos de plantas terrestres datam de 425 milhões de anos atrás, do Período Siluriano, compreendido entre 430 milhões e 395 milhões de anos atrás. Ainda no mesmo período, há registros de fósseis de pteridófitas (**figura 5.11**).

Dirk Wiersma/SPL/Latinstock



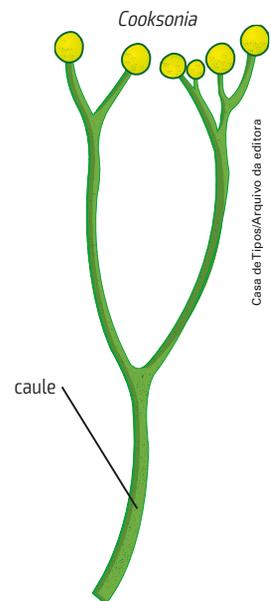
**Figura 5.11** Foto de fóssil de pteridófitas.

Acredita-se que as primeiras plantas avasculares e sem raízes talvez conseguissem absorver nutrientes do solo por causa de associações com fungos. Como vimos no Capítulo 4, associações entre fungos e plantas são chamadas micorrizas.

Os fósseis mais antigos de plantas vasculares adultas datam do Período Siluriano. Esses fósseis foram identificados como parte do gênero *Cooksonia* e indicam que essas plantas provavelmente atingiam poucos centímetros de altura (**figura 5.12**).

Aos poucos, as plantas vasculares começaram a atingir tamanhos muito maiores do que o atingido pelas briófitas. Isso ocorreu porque nas plantas vasculares desenvolveu-se um transporte interno eficiente. Além disso, esses vegetais também passaram a sintetizar lignina, uma molécula que confere rigidez às células, dando maior sustentação às plantas e contribuindo para o aumento do porte delas.

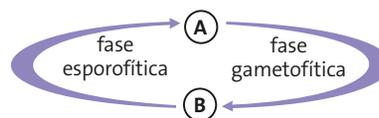
Atualmente, árvores do grupo das gimnospermas podem alcançar dezenas de metros de altura, como veremos no próximo capítulo.



**Figura 5.12** Ilustração do gênero fóssil *Cooksonia* (com poucos centímetros de altura; cores fantasia).

- Um estudante afirmou que as briófitas não se libertaram completamente da água. Com base nos conhecimentos adquiridos neste capítulo, analise criticamente a afirmação do estudante.
- Por que se pode dizer que o ciclo de vida das pteridófitas é "igual ao das briófitas só que invertido"?
- Em seu caderno, escreva um pequeno texto sobre a reprodução das pteridófitas. O texto deve colocar os seguintes acontecimentos na ordem correta: planta – produção de gametas – formação do prótalo – produção de esporos – fecundação.
- Em geral, os animais têm corpos compactos, o que facilita seu deslocamento. Já as plantas apresentam corpos com grande superfície relativa. Explique por que podemos dizer que tais formas corporais representam adaptação ao tipo de nutrição desses organismos.
- (Unicamp-SP) A Mata Atlântica é um ambiente bastante úmido. Nesse ambiente, é comum encontrar diversos tipos de plantas verdes, de pequeno porte (alguns centímetros), crescendo sobre troncos e ramos de árvores, bem como recobrimdo certas áreas na superfície do solo. A reprodução dessas plantas não ocorre por meio de flores, mas no seu ciclo há gametas envolvidos.
  - Que plantas são essas?
  - Qual o fator que delimita o seu tamanho?
  - Qual é a fase transitória do seu ciclo reprodutivo?
- (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.
  - A predominância da fase esporofítica.
  - O aparecimento dos tecidos xilema e floema.
  - O desenvolvimento de rizoides para fixação.
  - O surgimento dos esporos para reprodução.
 Assinale a alternativa correta.
  - Somente as afirmativas I e II são corretas.
  - Somente as afirmativas I e IV são corretas.
  - Somente as afirmativas III e IV são corretas.
  - Somente as afirmativas I, II e III são corretas.
  - Somente as afirmativas II, III e IV são corretas.

- (Fuvest-SP) O esquema representa o ciclo de vida da samambaia. A letra **A** representa a célula haploide, que faz a transição da fase esporofítica para a fase gametofítica; a letra **B** representa a célula diploide, que faz a transição da fase gametofítica para a fase esporofítica.



- Descreva resumidamente a aparência das plantas que representam a fase esporofítica e a fase gametofítica.
  - Quais são os nomes das células representadas pelas letras **A** e **B**?
- (Uece) A opção que contém a sequência correta correspondente ao ciclo de vida das pteridófitas é:
    - Produção de esporos – esporófilo – produção de gametas – fecundação – protonema.
    - Produção de gametas – fecundação – esporófito – produção de esporos – prótalo.
    - Protonema – esporófito – produção de esporos – produção de gametas – fecundação.
    - Produção de esporos – esporófito – prótalo – fecundação.
  - (Fuvest-SP) Um pesquisador que deseje estudar a divisão meiótica em samambaia deve utilizar em suas preparações microscópicas células de:
    - embrião recém-formado.
    - rizoma da samambaia.
    - soros da samambaia.
    - rizoides do prótalo.
    - estruturas reprodutivas do prótalo.
  - (Vunesp-SP) A uma pessoa que comprasse um vaso de samambaia em uma floricultura e pretendesse devolvê-lo por ter verificado a presença de pequenas estruturas escuras, dispostas regularmente na face inferior das folhas, você diria que:
    - a planta, com certeza, estava sendo parasitada por um fungo.
    - a planta necessitava de adubação, por mostrar sinais de deficiências nutricionais.
    - a planta tinha sido atacada por insetos.
    - as pequenas estruturas eram esporângios reunidos em soros, os quais aparecem normalmente durante o ciclo da planta.
    - a planta se encontrava com deficiências de umidade, mostrando manchas necróticas nas folhas.

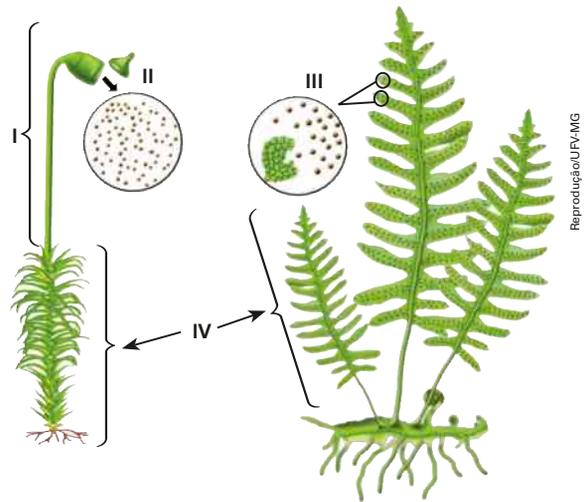
11. (Uerj) Algas e musgos possuem diversas características em comum. Uma característica comum a todos os tipos de algas e musgos é a inexistência de:

- a) nutrição autotrófica.
- b) estruturas pluricelulares.
- c) vasos condutores de seiva.
- d) reprodução do tipo sexuada.

12. (Mack-SP) No seu ciclo de vida, os vegetais apresentam alternância de gerações como padrão. Nesse tipo de ciclo, a fase gametofítica produz gametas, e a fase esporofítica produz esporos. A respeito dos tipos de células reprodutivas citados, é correto afirmar que:

- a) ambos são produzidos por meiose.
- b) os gametas são produzidos por meiose, e os esporos por mitose.
- c) os gametas são produzidos por mitose, e os esporos por meiose.
- d) ambos são produzidos por mitose.
- e) o esporo sofre meiose para originar os gametas.

13. (UFV-MG) A figura adiante corresponde a duas plantas com parte de suas estruturas morfológicas e reprodutivas indicadas por I, II, III e IV.



Observe a representação e assinale a afirmativa correta.

- a) As duas plantas são vascularizadas e apresentam folhas clorofiladas.
- b) A estrutura indicada por I é diploide e corresponde ao prótalo.
- c) III corresponde a soros  $2n$  que produzem os esporos nas pteridófitas.
- d) II indica os anterozoides haploides produzidos pelo esporângio.
- e) As estruturas indicadas por IV são gametófitos haploides.

### Trabalho em equipe

O caule da pteridófito conhecida como samambaiçu (*Dicksonia sellowiana*) é aéreo, e não subterrâneo, e está envolvido por raízes, também aéreas, entrelaçadas de forma compacta. Dele é feito o xaxim, material utilizado na produção de vasos para plantas ornamentais. Em grupo, façam uma pesquisa sobre os problemas causados pelo seu uso.

### Atividade prática

Realize esta atividade com a orientação de seu professor. Antes de iniciar, certifique-se de que você conhece os cuidados e procedimentos corretos para o uso do microscópio. Você vai precisar de:

- gametófitos de musgos recém-coletados;
- lâminas e lamínulas;
- microscópio.

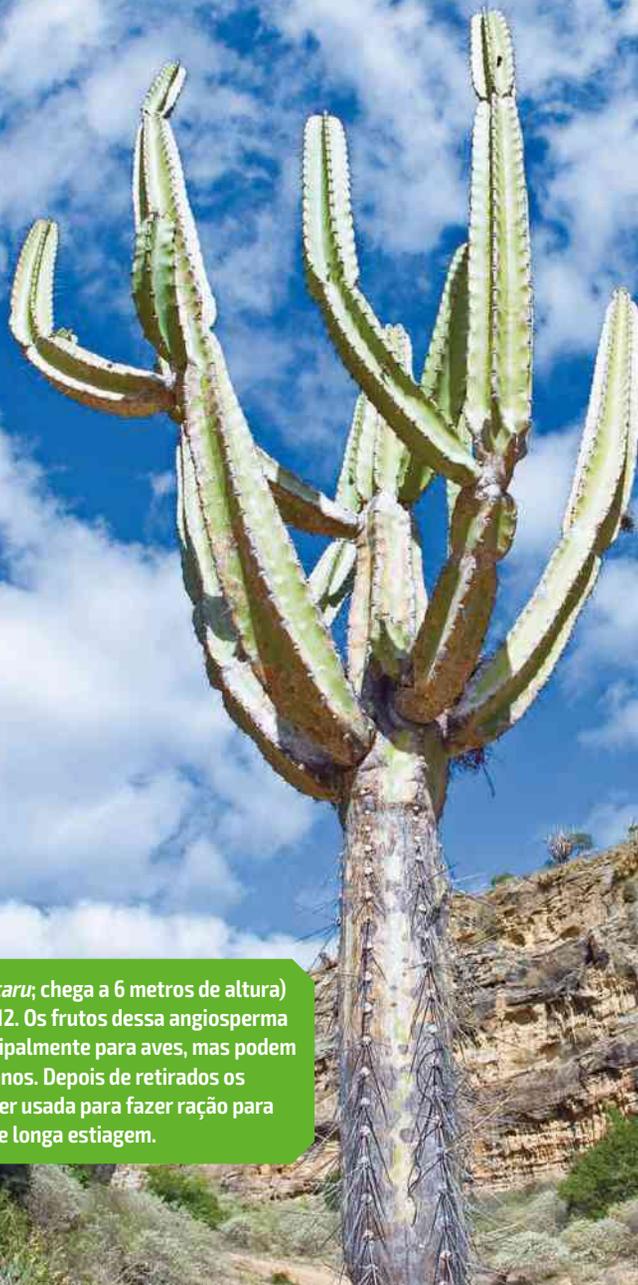
Em grupo, coloquem sobre uma lâmina um filoide de musgo. Pinguem uma gota de água sobre ele e cubram o material com a lamínula.

Levem a preparação ao microscópio e observem-na inicialmente com o menor aumento. Depois, troquem de objetiva e observem novamente o material.

- a) Façam esquemas do que vocês observaram.
- b) O que são as estruturas verdes observadas no interior das células?
- c) Qual a importância dessas estruturas para o vegetal?

# Gimnospermas e angiospermas

Mauricio Simonetti/Pulsar Imagens



Mandacaru (*Cereus jamacaru*; chega a 6 metros de altura) em Paulo Afonso (BA), 2012. Os frutos dessa angiosperma servem de alimento principalmente para aves, mas podem ser consumidos por humanos. Depois de retirados os espinhos, a planta pode ser usada para fazer ração para os animais em períodos de longa estiagem.

As gimnospermas e as angiospermas são grupos de plantas que dominaram o ambiente terrestre. Já foram descritas, por exemplo, cerca de 235 mil espécies de angiospermas, ou seja, de plantas que produzem flores e frutos. Elas estão presentes nos mais diversos tipos de ambientes, como os cactos nas regiões áridas, as enormes árvores nas florestas tropicais e até plantas que florescem em regiões geladas, como o Ártico.



- ◆ Onde são mais comumente encontrados os pinheiros?
- ◆ Você conhece exemplos de plantas angiospermas, além do mandacaru?
- ◆ Quais características você pode observar para identificar uma angiosperma?
- ◆ Quais são as diferenças entre a forma de reprodução das gimnospermas e das angiospermas?

## 1 Gimnospermas

Assim como as pteridófitas, as gimnospermas são plantas vasculares, com raiz, caule e folhas. Uma novidade evolutiva é a presença, no caule, de ramos com folhas especializadas na produção de esporos. Esses esporos germinam na própria planta, originando os gametófitos. Por causa da presença desses órgãos reprodutores bem diferenciados e visíveis, as gimnospermas são incluídas no grupo das **fanerógamas** (do grego *phanerós* = aparente; *gamós* = casamento), como vimos no capítulo anterior. Outra novidade evolutiva do grupo das gimnospermas é a presença de semente, o que as caracteriza como espermatófitas.

Devido a essas duas novidades, as plantas gimnospermas apresentam ciclo reprodutivo independente da presença de água, o que facilitou a propagação dessas plantas no meio terrestre.

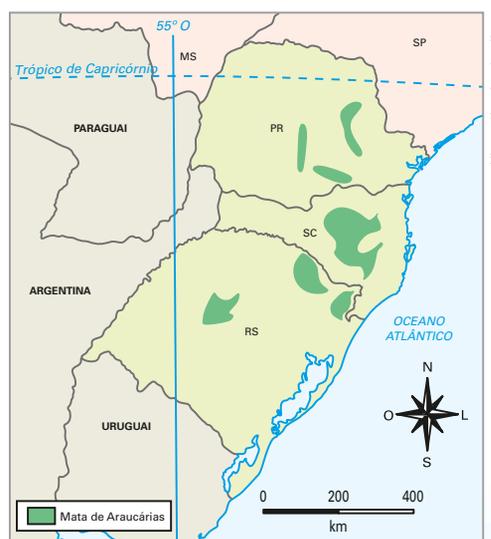
### Ciclo reprodutivo

Usaremos as **coníferas** como referência para estudar o ciclo reprodutivo das gimnospermas. Elas formam grandes florestas no hemisfério norte, constituindo um terço das florestas do mundo. No sul do Brasil há a **Mata de Araucárias**, com o pinheiro-do-paraná (*Araucaria angustifolia*; **figura 6.1**) e o pinheiro-bravo (gênero *Podocarpus*).

**Figura 6.1** Pinheiro-do-paraná (*Araucaria angustifolia*; 10 m a 35 m de altura em média) e, à direita, mapa de sua distribuição no sul do Brasil em 2008.

O pinheiro é muito explorado para a extração de madeira e a produção de papel, de resinas e de verniz. Essas aplicações envolvem conhecimentos de Química, mas é importante que a extração seja sempre acompanhada de estudos ambientais, para que ela possa ser feita de forma sustentável e para que não ocorram desequilíbrios ecológicos.

### Área de distribuição da Mata de Araucárias em 2008



Adaptado de: SIMIELLI, M. E. *Geoatlas*. São Paulo: Ática, 2012.

Fabio Colombini/Arquivo do fotógrafo





## O cultivo de pinheiros

Do pinheiro *Pinus elliottii* nada se perde. Além da resina, que pode ser coletada durante dez anos, o tronco fornece madeira para vigas, móveis, aglomerados e celulose para a fabricação de papel.

Essa planta pertence à família Pinaceae, do grupo das gimnospermas. Nativa do sudeste dos EUA, essa espécie é amplamente cultivada no Brasil, na Índia e na China e é usada principalmente na produção de resina e na fabricação de móveis.

A resina (figura 6.2) produzida por espécies de coníferas como o *P. elliottii* é uma fonte abundante de compostos conhecidos como terpenos, que desempenham importante papel na fisiologia vegetal. Eles podem atuar na atração de insetos polinizadores, como reguladores do crescimento e também na fotossíntese. Mas a função mais importante da resina parece estar relacionada à defesa contra insetos e contra fungos causadores de doenças.

Fontes de pesquisa: <www.ambiente.sp.gov.br/blog/2001/01/01/extracao-de-resina-coloca-o-brasil-como-segundo-maior-produtor-mundial/> e <www.remade.com.br/br/revistadamadeira\_materia.php?num=1317&subject=Resina>. Acesso em: 10 nov. 2015.

**Figura 6.2** Plantação de *P. elliottii* no município de Sacramento, MG. Foto de 2014.



Thomas Vita Neto/Pulsar Imagens

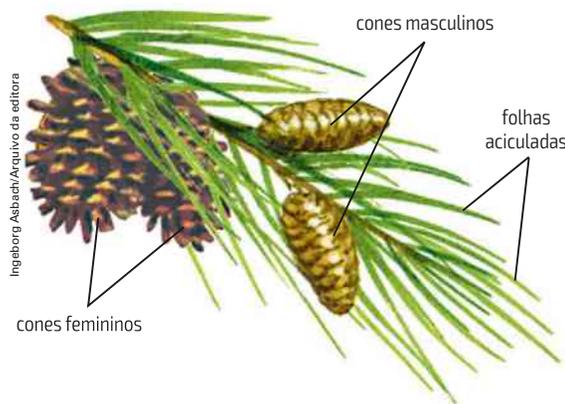
A semente do pinheiro-do-paraná, o pinhão, é aproveitada como alimento por aves e por alguns mamíferos, incluindo o ser humano (figura 6.3).

Além das folhas destinadas à fotossíntese, existem folhas relacionadas à reprodução, chamadas **esporófilas** (do grego *sporo* = semente; *phyllon* = folha), que possuem esporângios. Em geral, elas estão reunidas em estruturas chamadas **estróbilos** (do grego *stróbilos* = cone) ou **cones**. Na superfície dessas folhas se formam as sementes após a fecundação dos gametas.

**Fique de olho!**

Os estróbilos têm, geralmente, a forma cônica, daí o nome coníferas.

Ramo de um pinheiro do gênero *Pinus*



Ingeborg Asbach/Arquivo da editora

cones masculinos

folhas aciculadas

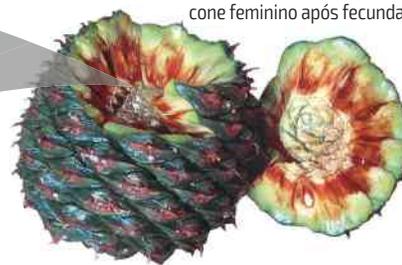
cones femininos

**Figura 6.3** Alguns aspectos das gimnospermas, plantas com sementes, mas sem frutos. (Os elementos da figura não estão na mesma escala; cores fantasia.)



**Pinhão** (cerca de 5 cm de comprimento).

**Pinha** (cerca de 15 cm de comprimento): cone feminino após fecundação.



Fotos: Fabio Colombini/Arquivo do fotógrafo

## Formação do grão de pólen

A planta propriamente dita é o esporófito ( $2n$ ). As folhas reprodutoras produzem dois tipos de esporos: **micrósporos** (do grego *mikros* = pequeno) e **megásporos** (do grego *méga* = grande). Por isso, há dois tipos de gametófitos: o masculino, originado do micrósporo e que se chama **grão de pólen**, e o gametófito feminino ou **megagametófito**, originado do megásporo.

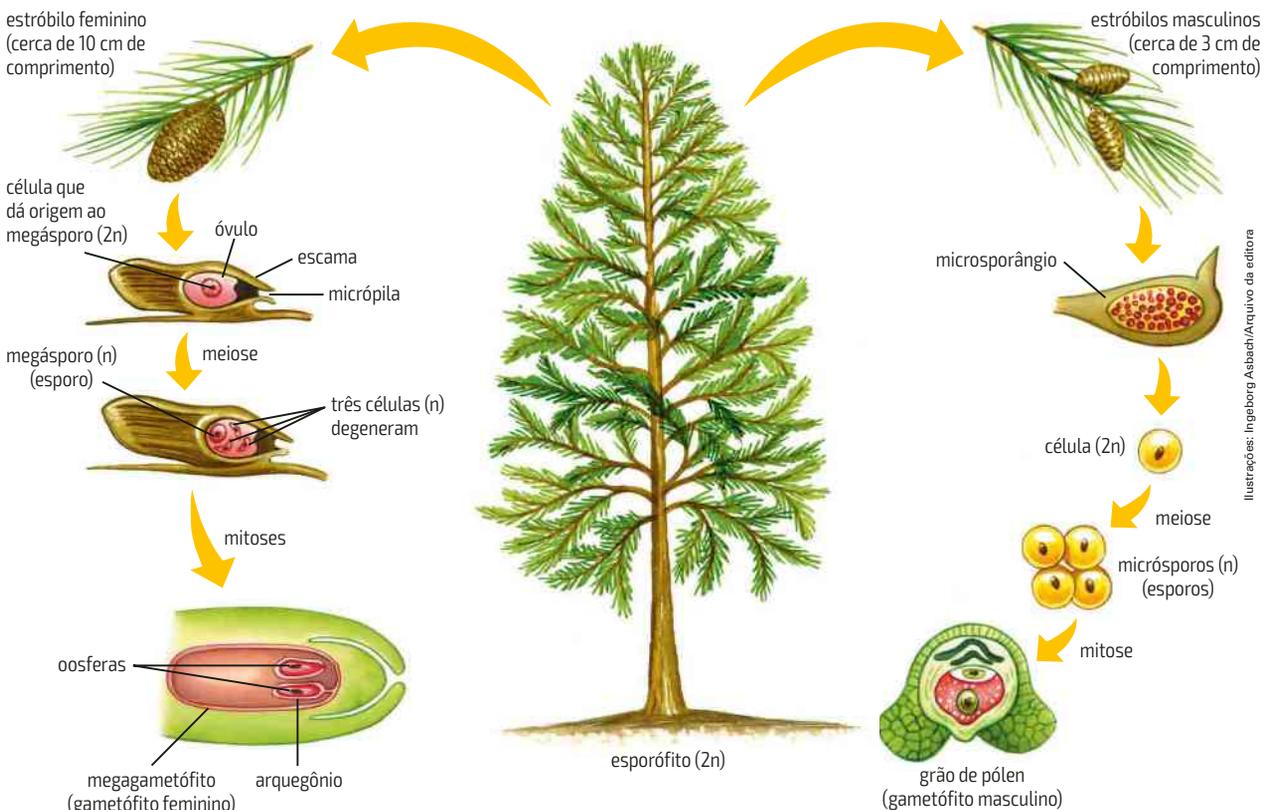
No estróbilo (cone) masculino há folhas modificadas em escamas, chamadas **microsporófilas**, contendo cápsulas, os **microsporângios**. No interior dessas cápsulas, células especiais (diploides) sofrem meiose e formam micrósporos (haploides). Estes sofrem mitoses e originam os grãos de pólen. Em algumas espécies há, em torno do grão de pólen, uma parede protetora, com duas expansões laterais em forma de asa que facilitam sua dispersão pelo vento (figura 6.4).

Uma vez liberados, os grãos de pólen são levados pelo vento; apenas alguns deles atingem o cone feminino, polinizando-o. É a chamada **polinização anemófila** ou **anemofilia** (do grego *ánemos* = vento; *philein* = amigo). Nesse caso, a grande quantidade de grãos de pólen produzidos compensa a perda que ocorre no transporte pelo vento.

## Formação do gametófito feminino

Os estróbilos femininos, também chamados **pinhas**, são formados por folhas modificadas em escamas (**megasporófilas**), que contêm **megasporângios**. O megasporângio revestido por uma ou duas camadas de tecidos (**tegumento**) forma o óvulo, que possui uma abertura, a **micrópila** (do grego *mikros* = pequeno; *pülen* = orifício, entrada). Observe que, enquanto nos animais o óvulo corresponde ao gameta feminino, nos vegetais o óvulo é uma cápsula que contém o gameta feminino (oosfera), além de outras células. No óvulo há uma célula especial, que sofre meiose e origina quatro células haploides. Dessas, três células degeneram e uma, o **megásporo**, dará origem ao gametófito feminino.

A transformação do megásporo em gametófito feminino começa com a multiplicação, por mitose, do núcleo, sem que o citoplasma se divida, formando uma massa plurinucleada que corresponde ao gametófito feminino. Nessa massa começam a se formar membranas celulares e surgem dois ou mais arquegônios, os órgãos produtores de gametas femininos presentes nos gametófitos. Cada arquegônio contém um gameta feminino, ou oosfera.

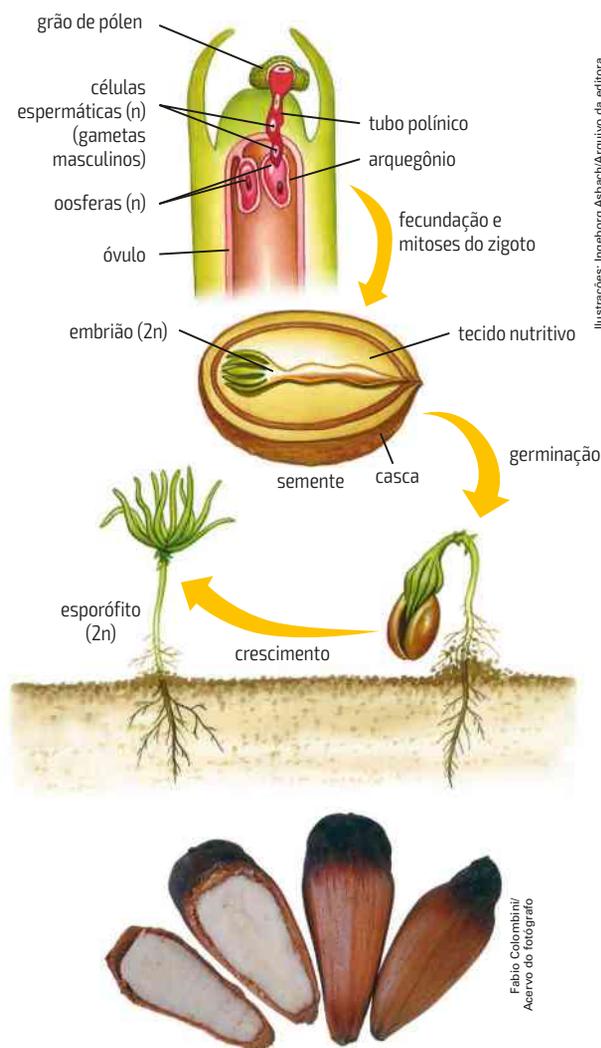


**Figura 6.4** A produção de esporos e gametófitos em um pinheiro do gênero *Pinus* (10 m a 40 m de altura). (Os elementos da ilustração não estão na mesma escala; cores fantasia.)

## Fecundação

Os grãos de pólen que atingem um óvulo ficam presos próximo à micrópila por um líquido viscoso. Quando o grão de pólen germina, forma-se o tubo polínico, que cresce em direção à oosfera. No interior desse tubo, há duas **células espermáticas**, denominadas também **núcleos espermáticos**, que funcionam como gametas masculinos (figura 6.5).

O tubo polínico pode ser considerado um gametófito masculino maduro (com gametas em seu interior). O grão de pólen seria o gametófito jovem. O crescimento do tubo polínico torna a fecundação independente da água – o que não ocorre nas pteridófitas. Portanto, a presença desse tubo é um fator importante na conquista do meio terrestre pelas gimnospermas.



**Figura 6.5** Esquema da fecundação e da formação do embrião nas gimnospermas. (Os elementos da ilustração não estão na mesma escala; cores fantasia.) Na foto, pinhões inteiros e em corte, expondo o tecido nutritivo.

A fecundação ocorre quando uma das células espermáticas se une à oosfera e origina um zigoto. Mesmo quando ocorre mais de uma fecundação (há mais de um arquegônio e de um tubo polínico), apenas um embrião se desenvolve.

Após a fecundação, o óvulo transforma-se em semente, que contém um embrião, o tecido nutritivo e uma casca (figura 6.5).

As sementes, em muitos casos, flutuam no ar e vão germinar distantes da planta que as originou (promovendo a dispersão). Elas também ajudam na adaptação à vida terrestre ao protegerem o embrião fisicamente e também contra a perda de água, além de fornecerem alimento ao embrião.

## 2 Angiospermas

As angiospermas estão agrupadas na divisão **Anthophyta** (do grego *anthos* = flor; *phyton* = planta). Esse grupo de plantas se diversificou pelo planeta provavelmente devido ao seu eficiente sistema de vasos condutores e à presença de flores e frutos. Essas estruturas são exclusivas das angiospermas e são fundamentais para a reprodução, já que ajudam a dispersão dessas plantas.

Atualmente, as angiospermas estão bem disseminadas pelas regiões tropicais e temperadas e constituem mais de 70% do número total de espécies de plantas conhecidas. Seu tamanho é muito variável, abrangendo desde pequenas ervas até grandes árvores.

Diferentemente das gimnospermas, cujos órgãos reprodutores são representados por estróbilos, as angiospermas possuem flores típicas.

As flores são séries de folhas modificadas e especializadas na reprodução sexuada. Elas são compostas de **carpelos** (diminutivo do grego *karpos* = fruto), que se fecham formando uma estrutura que lembra um vaso, denominada **pistilo** (do latim *pistillu* = pilão), no qual se desenvolvem as sementes (daí o nome angiosperma: do grego *aggeion* = vaso; *sperma* = semente). Após a fecundação, parte do pistilo transforma-se em fruto.

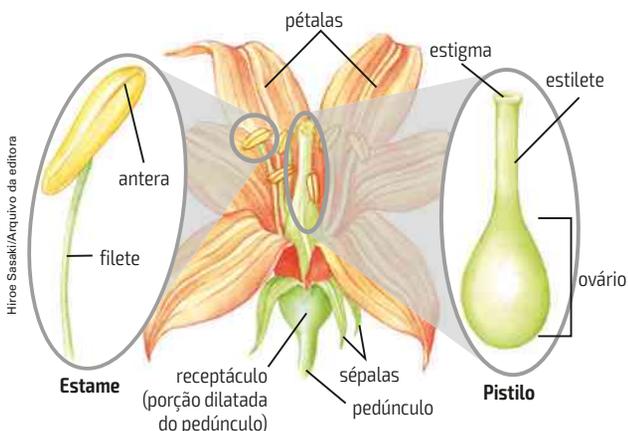
Nas angiospermas, a planta propriamente dita é o esporófito. O gametófito é extremamente reduzido e desenvolve-se dentro dos tecidos do esporófito, como veremos adiante.

Ilustrações: Ingeborg Asbach/Arquivo da editora

## Flor

Uma flor completa (figura 6.6) é formada por: **pedúnculo** ou pedicelo, haste de sustentação que prende a flor ao caule; **receptáculo**, extremidade do pedúnculo, geralmente dilatada, na qual se prendem os **verticilos florais**, conjunto de folhas modificadas ou esporófilas, em geral dispostas em círculo. Na maioria das flores, da periferia para o centro, há quatro verticilos:

- **cálice**, conjunto de folhas protetoras, geralmente verdes, chamadas **sépalas**;
- **corola**, formada por esporófilas chamadas **pétalas**, de colorido vivo, embora, às vezes, sejam pálidas ou brancas. As pétalas estão indiretamente relacionadas com a reprodução por atraírem os animais polinizadores com suas cores, aromas ou secreções adocicadas;
- **androceu** (do grego *andros* = masculino), formado por estames, que correspondem a microsporófilos; os estames possuem um pedúnculo (**filete**) com uma dilatação na extremidade (**antera**);



Flor de lírio (cerca de 8 cm de diâmetro).

**Figura 6.6** Partes de uma flor. (Os elementos da ilustração não estão na mesma escala; cores fantasia.)

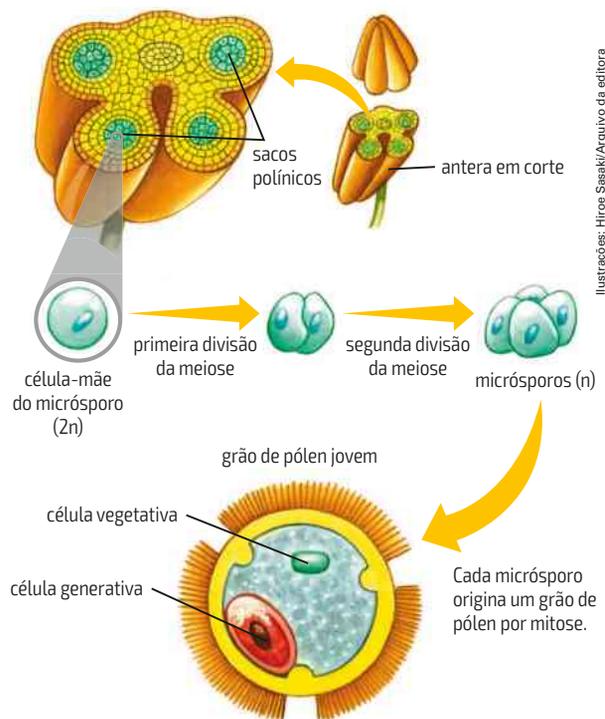
- **gineceu** (do grego *gyné* = feminino), formado pelos **carpelos**, que se enrolam e se soldam formando o **pistilo**; a base dilatada do pistilo é o ovário e, na extremidade oposta, há outra dilatação, o **estigma**, que se conecta ao ovário pelo **estilete**.

O conjunto formado pelo cálice e pela corola é chamado **perianto** (do grego *peri* = ao redor; *anthos* = flor).

Às vezes, pétalas e sépalas têm a mesma cor, recebendo o nome de **tépalas**, e o conjunto de tépalas é chamado **perigônio** (do grego *gonos* = gerar).

## Produção do gametófito masculino

A produção de micrósporos ocorre nos estames, nos quais há os **sacos polínicos**, que correspondem a microsporângios. Em cada saco polínico existem várias células-mães dos esporos, que sofrem meiose e formam esporos haploides (figura 6.7). Dentro do saco polínico, o esporo sofre mitose e forma o grão de pólen (gametófito masculino). Dessa mitose, originam-se duas células: a **célula generativa** ou **geradora**, e a **célula vegetativa** ou **do tubo**. O conjunto é revestido por uma capa de duas paredes: uma interna e outra externa, mais resistente.

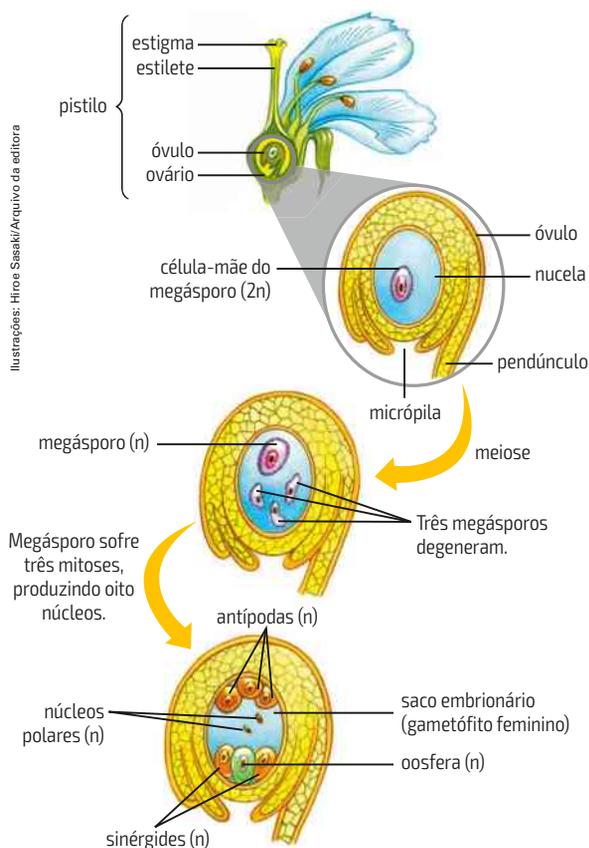


**Figura 6.7** Esquema de formação do micrósporo e do gametófito masculino. (Os elementos ilustrados não estão na mesma escala; cores fantasia.)

## Formação de megásporos e do gametófito feminino

A produção de megásporos ocorre no pistilo, mais especificamente no ovário, onde é possível encontrar um ou vários macrosporângios (óvulos) presos ao ovário por um **pedúnculo** (figura 6.8). Cada óvulo possui um tecido protegido por tegumentos. Esses tegumentos apresentam uma abertura, a **micrópila**.

A célula-mãe do esporo sofre meiose e origina quatro células haploides, das quais só uma sobrevive, o **megásporo**. Este sofre três divisões nucleares sucessivas e forma uma massa citoplasmática com oito núcleos haploides, dos quais três permanecem em um polo e três vão para o polo oposto, onde são envolvidos por membranas plasmáticas e individualizam-se como células (figura 6.8). Os outros dois núcleos migram para o centro, formando os **núcleos polares** (que podem unir-se e formar a **célula central** ou o **núcleo secundário**). Desse modo, surge o gametófito feminino, chamado **saco embrionário**, constituído por dois núcleos polares, três **antípodas** e uma oosfera (gameta feminino) ladeada por duas **sinérgides** (do grego *synegos* = auxiliar).



**Figura 6.8** Ilustração esquematizando a formação do megásporo e do gametófito feminino. (Os elementos ilustrados não estão na mesma escala; cores fantasia.)

## Polinização

Embora muitas flores apresentem, simultaneamente, estames e pistilos, existem mecanismos que evitam a autofecundação. Exemplos desses mecanismos são a incompatibilidade genética entre o grão de pólen e o pistilo da mesma planta; ou o amadurecimento do estame e do pistilo em épocas diferentes. Tais mecanismos favorecem a fecundação cruzada, mais vantajosa em termos de variabilidade genética.

Uma das razões do sucesso evolutivo das angiospermas é a diversidade de mecanismos de transporte do grão de pólen de uma planta até o pistilo de outra: a polinização. Assim, além de a fecundação ser independente da água, esses mecanismos permitem a ampla distribuição desses vegetais pelos *habitat* terrestres.

A polinização pode ser feita pelo vento, sendo chamada de **anemofilia**; por insetos, **entomofilia** (do grego *entomon* = inseto); por aves, **ornitofilia** (do grego *ornis*, *ithos* = ave); por morcegos, **quiropterofilia** (do grego *cheir* = mão; *ptéron* = asa).

Há uma diferença importante entre a polinização das gimnospermas e a das angiospermas. Em geral, as gimnospermas dependem do vento para a polinização, o que só é eficiente quando as plantas da mesma espécie estão relativamente próximas umas das outras, como ocorre com as gramíneas (capim, arroz, trigo, etc.).

Na maioria das angiospermas, a polinização é feita por insetos e outros animais que se alimentam do néctar da planta (figura 6.9). Com isso, há mais chances de um grão de pólen ser levado para uma planta da mesma espécie. Esse sistema de “polinização dirigida” não apenas permite economia na produção de grãos de pólen como também facilita a fecundação cruzada entre duas plantas distantes.



**Figura 6.9** O peso da abelha (cerca de 2 cm de comprimento) faz descer o estame da flor, que então encosta no abdome do inseto; os grãos de pólen aderidos ao abdome poderão passar para o carpelo de outra flor em que a abelha pousar.

No caso das angiospermas polinizadas pelo vento, como as gramíneas (capim, arroz, trigo, etc.), geralmente suas flores não apresentam os atrativos comuns às flores de outras espécies e a produção de pólen é maior; além disso, em geral, os indivíduos formam grupos numerosos, ficando próximos uns dos outros.

## Fecundação

O grão de pólen, ao entrar em contato com o estigma, desenvolve um tubo de citoplasma, o **tubo polínico**. Dentro do tubo, o núcleo da célula geradora divide-se e origina duas células espermáticas haploides, que funcionam como gametas masculinos (figura 6.10). Chegando ao ovário, o tubo penetra no óvulo, em geral pela micrópila, e promove uma **dupla fecundação**, característica das angiospermas:

- Uma célula espermática funde-se com a oosfera e origina o zigoto. Sucessivas divisões mitóticas levam o zigoto a se desenvolver em um embrião diploide;
- A outra célula espermática funde-se com os dois núcleos polares e origina a **célula-mãe do albúmen**, ou, na nova terminologia, o **núcleo primário do endosperma** ( $3n$ ).
- Posteriormente, essa célula triploide sofrerá mitoses e formará o **albúmen** ou **endosperma** (do grego *endon* = interno; *sperma* = semente), que representa uma reserva nutritiva para o embrião (figura 6.10).

## Formação do fruto e da semente

Após a fecundação, o ovário transforma-se em fruto, e os óvulos, no seu interior, em sementes. O fruto apresenta uma parede, o **pericarpo** (do grego

*peri* = ao redor; *karpós* = fruto), formado por três regiões, derivadas dos dois tegumentos e do tecido mediano do ovário: **epicarpo** (do grego *epi* = sobre), **mesocarpo** (do grego *mesos* = meio), que, em geral, é a parte comestível por causa do acúmulo de reserva nutritiva, e **endocarpo** (veja a figura 6.10).

A semente é formada pelo **tegumento**, proveniente das paredes do óvulo, e pela **amêndoa**, constituída de embrião e endosperma. O embrião possui folhas especiais chamadas **cotilédones** (do grego *kotyledon* = côncavo, por causa do aspecto de folha côncava), que têm a função de armazenar nutrientes ou transferi-los do endosperma para o embrião.

Uma das maneiras pelas quais o fruto colabora para a dispersão da semente ocorre por meio do acúmulo de reservas nutritivas, que atraem animais consumidores dessas reservas (figura 6.11). Por causa de suas membranas protetoras, muitas vezes a semente não é digerida e sai com as fezes.



Fabio Colombini/Acervo do fotógrafo

Figura 6.11 Araçari-castanho (*Pteroglossus castanotis*; comprimento entre 34 cm e 45 cm) comendo frutos de árvore do Pantanal.

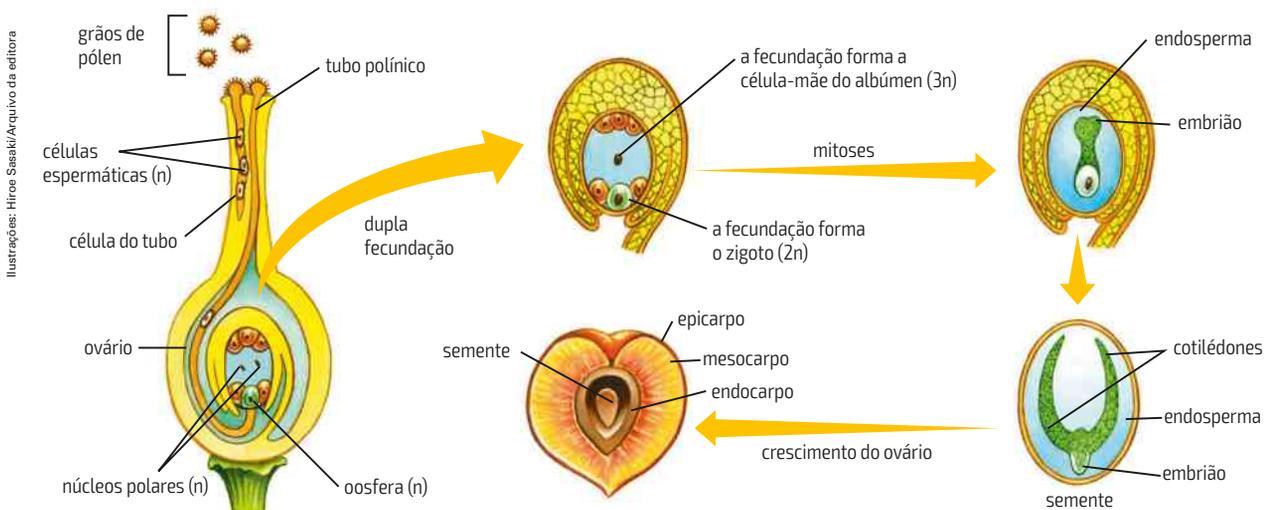


Figura 6.10 Esquema simplificado de fecundação e formação da semente e do fruto. (Os elementos da ilustração não estão na mesma escala; cores fantasia.)

Em alguns frutos, como o carrapicho, há espinhos e outras estruturas que se prendem aos pelos dos animais, facilitando a dispersão. Outros frutos estão adaptados à dispersão pelo vento: são grãos bem pequenos e leves, como o dente-de-leão, ou desenvolveram estruturas aladas que auxiliam no deslocamento pelo ar. Alguns, como o coco-da-baía (fruto do coqueiro), são levados pelo mar, alcançando praias distantes (figura 6.12).

A dispersão do fruto por animais é chamada **zoo-*coria*** (do grego *zoon* = animal; *chorisis* = espalhar); pelo vento, **anemocoria** (do grego *ánemos* = vento); pela água, **hidrocoria** (do grego *hydor* = água).



**Figura 6.12** O fruto do dente-de-leão (A), cerca de 2 cm de diâmetro; e o coco-da-baía (B), em média 20 cm de comprimento.

## Desenvolvimento

Em condições adequadas, a semente germina e origina um novo esporófito. O embrião é formado por **radícula**, **caulículo**, **gêmula** e **cotilédone** (folha com reserva nutritiva; figura 6.13). De início, a semente absorve água do ambiente – processo chamado **embebição** –, fazendo com que seu volume aumente e a casca se rompa.

À medida que o embrião se desenvolve, a reserva dos cotilédones ou do endosperma é consumida pela planta. Quando essas reservas se esgotam, já existe uma pequena raiz originada da radícula, com pelos absorventes que servem para retirar água e sais minerais do solo, bem como um tecido (originado da

gêmula) com células clorofiladas, próprias para realizar fotossíntese. O caulículo origina a parte inicial do caule (**hipocótilo**) e a gêmula, a parte superior do caule (**epicótilo**) e as primeiras folhas (figura 6.13).

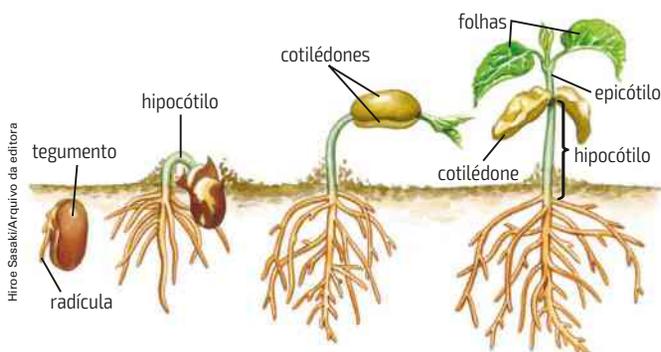
## Reprodução assexuada

Os caules ou as folhas das angiospermas geralmente são capazes de originar novos indivíduos de suas gemas ou botões vegetativos. Essa reprodução assexuada é chamada **propagação vegetativa**. Isso acontece de forma natural em caules subterrâneos e rasteiros, que crescem rentes ao solo, chamados **estolhos** ou **estolões**, presentes, por exemplo, no morangueiro (figura 6.14) e na grama. Esses caules formam raízes que originam novas plantas. Com o tempo, as partes mais velhas do caule morrem e formam-se plantas independentes. Do mesmo modo, se cortarmos pedaços de cana-de-açúcar, de mandioca ou de batata, cada parte pode originar uma nova planta, desde que contenha uma gema.

O caule subterrâneo da batata, por exemplo, forma tubérculos providos de gemas. Quando o caule morre, as gemas originam uma nova planta. Na fortuna e na begônia existem gemas nos bordos das folhas que originam novas plantas quando a folha se desprende, caindo no solo.



**Figura 6.14** Esquema de reprodução assexuada em morangos. (Os elementos das ilustrações não estão na mesma escala; cores fantasia.)



Dr. Jeremy Burgers/SP/Latinstock

**Figura 6.13** Na ilustração, esquema da germinação de uma semente de feijão. (Semente com cerca de 1,5 cm de comprimento; os elementos ilustrados não estão na mesma escala; cores fantasia.)



## O que aconteceu com as sementes da banana?

A palavra 'banana' parece ser originária das línguas faladas em Serra Leoa e na Libéria, ambos países da costa ocidental da África.

É difícil afirmar exatamente qual é a região de origem da fruta, mas considera-se que as bananeiras (gênero *Musa*) são originárias do sul da China, ou da Indochina. Na Índia, a banana tem sido cultivada há mais de 4 mil anos.

Ao contrário do que observamos nas bananas hoje em dia, as sementes das bananeiras primitivas teriam tido 2 cm de comprimento. Aquelas plantas se reproduziam de forma sexuada.

Atualmente, as bananas são, em geral, estéreis, e os pequenos pontos escuros no eixo central da fruta são o que restou dos óvulos não fecundados (figura 6.15).

Ao longo do tempo, buscando melhorar a qualidade dos frutos para o consumo, o ser humano acabou selecionando frutos sem sementes, formados sem fecundação (frutos partenocárpicos).

A bananeira se reproduz de forma assexuada por brotos que surgem na base de seu "falso caule", formado pela união de várias folhas. O caule verdadeiro da bananeira não é o que observamos sobre a terra, mas sim uma estrutura subterrânea.

Fonte de pesquisa: <[www.ufrgs.br/afeira/materias-primas/frutas/banana/origem-da-banana](http://www.ufrgs.br/afeira/materias-primas/frutas/banana/origem-da-banana)>. Acesso em: 11 nov. 2015.



Figura 6.15 Banana em corte longitudinal.

Sik2012/Shutterstock/Glow Images

Além de ser mais rápida (para plantar cana-de-açúcar, por exemplo, basta enterrar seus gomos), a reprodução assexuada produz indivíduos geneticamente idênticos ao original. Desse modo, preservam-se determinadas características que poderiam perder-se com a reprodução sexuada, pois, ao se cruzarem plantas híbridas, por exemplo, apenas uma parte dos descendentes obterá todas as características desejáveis pela agricultura.

Quais seriam então as possíveis desvantagens da reprodução assexuada? Como esse tipo de reprodução produz indivíduos geneticamente iguais, todos podem ser igualmente suscetíveis ao ataque de determinado parasita ou praga, por exemplo.

## Classificação

As angiospermas costumavam ser subdivididas em duas classes: **Monocotyledoneae** (monocotiledôneas) e **Dicotyledoneae** (dicotiledôneas), levando-se em conta o número de cotilédones na semente. Atualmente, essa classificação passa por modificações.

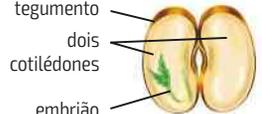
Tomando-se por base a história evolutiva do grupo, as angiospermas podem ser divididas em **monocotiledôneas**, **eudicotiledôneas** e mais alguns grupos que, informalmente, podem ser reunidos sob o nome de **angiospermas basais**, também chamadas **dicoti-**

**ledôneas basais**. Nesse último grupo há plantas como a fruta-do-conde, a pimenta-do-reino, o abacate, a graviola, o jaborandi, a vitória-régia, entre outras, que, apesar de apresentarem sementes com dois cotilédones, possuem várias características em comum com as monocotiledôneas, como o tipo de pólen.

Entre as monocotiledôneas, a maioria é de plantas herbáceas. Entre elas, encontramos os cereais – arroz, milho, aveia, cevada, trigo e centeio –, que formam a base da alimentação humana. Outros exemplos de monocotiledôneas são o bambu, o capim, o abacaxi, a cebola, o alho, as orquídeas, o aspargo, a íris, o gengibre e a cana-de-açúcar. Há poucas árvores no grupo; alguns exemplos são as palmeiras, como o coqueiro-da-baía, os palmiteiros e a carnaubeira.

Mais de 70% das espécies de angiospermas pertencem ao grupo das eudicotiledôneas, que inclui a maioria das árvores e dos arbustos e muitas ervas. São exemplos de eudicotiledôneas: feijão, ervilha, soja, amendoim, lentilha, grão-de-bico, fumo, batata, tomate, pimentão, berinjela, algodão, couve, nabo, agrião, couve-flor, repolho, rosa, morango, maçã, pera, café, cenoura, mandioca, girassol, margarida, jabuticaba, mamão, laranja, maracujá, goiaba, cacau, eucalipto, cacto, seringueira.

Na **figura 6.16** são apresentadas as principais diferenças morfológicas entre as monocotiledôneas e as eudicotiledôneas.

	Monocotiledônea	Eudicotiledônea
<b>Sementes</b>	Grão de milho em corte 	Grão de feijão aberto 
<b>Folhas</b>	Folhas com nervuras paralelas (paralelinérveas) 	Folhas com nervuras ramificadas (reticuladas) 
<b>Caules</b>	Vasos irregularmente espalhados pelo caule 	Vasos na periferia do caule em arranjo regular 
<b>Raízes</b>	Raiz fasciculada (sem raiz principal) 	Raiz axial (com raiz principal) 
<b>Flores</b>	Flor trímera (organização em três ou múltiplos de três) 	Flor tetrâmera ou pentâmera (organização em quatro, cinco ou múltiplos) 

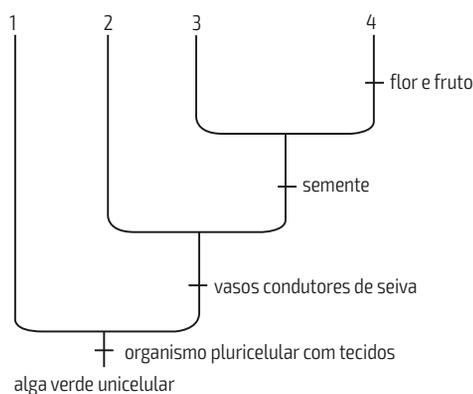
Ilustrações: Luis Moura/Arquivo da editora

**Figura 6.16** Principais diferenças entre monocotiledôneas e eudicotiledôneas. (Os elementos da ilustração não estão na mesma escala; cores fantasia.)

## Atividades



- Muitas flores possuem pétalas coloridas e perfumadas e produzem néctar. Para as plantas, quais são as vantagens dessas características?
- Na figura abaixo está representada a relação filogenética das plantas terrestres a partir das algas verdes unicelulares, com a indicação das novidades evolutivas de cada grupo.



- a) Identifique os grupos representados pelos números de 1 a 4.

- Em quais desses grupos ocorre fecundação e formação de um zigoto?
  - Em quais desses grupos pode ocorrer polinização pelo vento? Justifique sua resposta.
- Se considerarmos apenas o aspecto reprodutivo, podemos afirmar que gimnospermas e angiospermas têm maior independência em relação à água do que briófitas e pteridófitas? Por quê?
- (UFPR) Acredita-se que as plantas terrestres evoluíram a partir de algas verdes que conquistaram o ambiente terrestre. Briófitas e pteridófitas apresentam gametas masculinos flagelados, demonstrando haver ainda nesses grupos uma grande dependência da água para a sua reprodução. Nas angiospermas, essa dependência foi eliminada através do desenvolvimento de grãos de pólen.
  - Cite dois meios pelos quais os grãos de pólen podem ser transportados até o estigma das flores.
  - Descreva como, após o grão de pólen alcançar o estigma de uma flor, ocorrerá a fecundação da oosfera e o desenvolvimento do endosperma.

5. (PUC-RJ) O arroz (*Oryza sativa*) é um dos grãos mais consumidos no mundo. Seu valor nutricional está relacionado ao albume (endosperma), que é a reserva de nutrientes para o embrião da semente. Considerando que as células somáticas do arroz possuem 24 cromossomos, quantos cromossomos podem ser encontrados nas células do albume? Justifique sua resposta.

6. (Enem) Caso os cientistas descobrissem alguma substância que impedisse a reprodução de todos os insetos, certamente nos livrariamos de várias doenças em que esses animais são vetores. Em compensação teríamos grandes problemas, como a diminuição drástica de plantas que dependem dos insetos para polinização, que é o caso das:

- a) algas.
- b) briófitas, como os musgos.
- c) pteridófitas, como as samambaias.
- d) gimnospermas, como os pinheiros.
- e) angiospermas, como as árvores frutíferas.

7. (Enem) Os frutos são exclusivos das angiospermas, e a dispersão das sementes dessas plantas é muito importante para garantir seu sucesso reprodutivo, pois permite a conquista de novos territórios. A dispersão é favorecida por certas características dos frutos (ex.: cores fortes e vibrantes, gosto e odor agradáveis, polpa suculenta) e das sementes (ex.: presença de ganchos e outras estruturas fixadoras que se aderem às penas e pelos de animais, tamanho reduzido, leveza e presença de expansões semelhantes a asas). Nas matas brasileiras, os animais da fauna silvestre têm uma importante contribuição na dispersão de sementes e, portanto, na manutenção da diversidade da flora.

CHIARADIA, A. *Manual de pesquisa*: Biologia. jun. 2004 (adaptado).

Das características de frutos e sementes apresentadas, quais estão diretamente associadas a um mecanismo de atração de aves e mamíferos?

- a) Ganchos que permitem a adesão aos pelos e penas.
- b) Expansões semelhantes a asas que favorecem a flutuação.
- c) Estruturas fixadoras que se aderem às asas das aves.
- d) Frutos com polpa suculenta que fornecem energia aos dispersores.
- e) Leveza e tamanho reduzido das sementes, que favorecem a flutuação.

8. (Mack-SP) Comparando-se os ciclos reprodutivos das criptógamas (briófitas e pteridófitas) com os das fanerógamas (gimnospermas e angiospermas), destacamos a seguinte diferença:

- a) Ciclo de vida alternante.
- b) Meiose gamética.

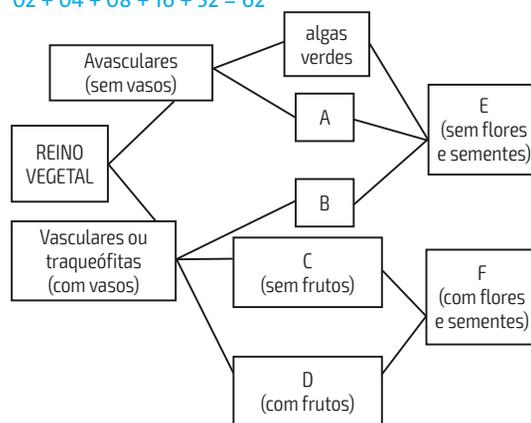
- c) Independência da água para a reprodução.
- d) Predominância da geração gametofítica sobre a esporofítica.
- e) Geração esporofítica diploide.

9. (UFC-CE) O predomínio das angiospermas em relação aos demais grupos vegetais relaciona-se:

- a) à dupla fecundação, resultado da união de dois anterozoides com a oosfera e o megaprotalo, gerando o endosperma triploide, o que permite a longevidade das sementes.
- b) à alternância de gerações, havendo predominância do ciclo de vida esporofítico e redução da fase gametofítica, o que permite a ocupação de ambientes áridos.
- c) ao desenvolvimento de estróbilos, cuja oferta de pólen e outros recursos florais favoreceu a interação com uma grande diversidade de insetos e uma maior probabilidade de polinização.
- d) ao desenvolvimento do tubo polínico, permitindo a independência do meio aquático para a fecundação e uma maior estabilidade do sucesso reprodutivo.
- e) ao espessamento da parede do ovário, o que favoreceu a especialização em mecanismos de dispersão do embrião e a ocupação de ambientes distantes da planta-mãe.

10. (UFSC) Observe o esquema a seguir e assinale a(s) proposição(ões) correta(s).

02 + 04 + 08 + 16 + 32 = 62



- (01) **A** corresponde às plantas denominadas pteridófitas.
- (02) As samambaias são representantes de **B**.
- (04) **C** representa as gimnospermas.
- (08) A roseira é um exemplo de **D**.
- (16) **E** e **F** correspondem, respectivamente, às criptógamas e às fanerógamas.
- (32) Todos os representantes deste reino possuem, obrigatoriamente, clorofila.

11. (UFU-MG) Numere a coluna da direita de acordo com a da esquerda.

- |                  |                |
|------------------|----------------|
| (1) Briófitas    | (//) Cipreste  |
|                  | (//) Musgo     |
| (2) Pteridófitas | (//) Avenca    |
|                  | (//) Rosa      |
| (3) Gimnospermas | (//) Milho     |
|                  | (//) Samambaia |
| (4) Angiospermas | (//) Acerola   |
|                  | (//) Capim     |

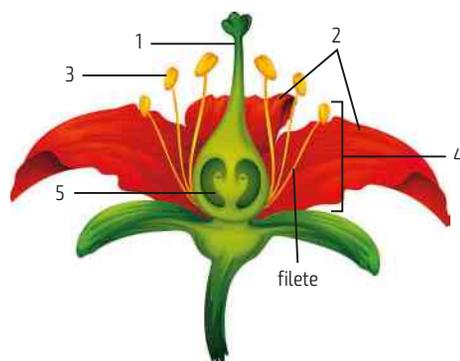
Assinale a alternativa que apresenta a sequência correta, de cima para baixo.

- a) 1, 2, 1, 3, 3, 1, 3, 4  
 b) 2, 1, 2, 4, 3, 2, 4, 3  
 x c) 3, 1, 2, 4, 4, 2, 4, 4  
 d) 4, 1, 2, 3, 4, 1, 3, 3

12. (UPF-RS) Na reprodução dos vegetais com sementes, ocorre a denominada dupla fecundação. Isso significa que:

- a) as células envolvidas na reprodução dividem-se duas vezes consecutivamente, para formarem o embrião diploide.  
 x b) um dos núcleos espermáticos junta-se ao núcleo da oosfera e forma o embrião (2n); o outro núcleo espermático funde-se aos dois núcleos polares, resultando no endosperma (3n).  
 c) cada núcleo espermático sofre duas divisões e cada uma das quatro células resultantes fecundará uma célula da oosfera.  
 d) o núcleo da oosfera é fecundado por dois núcleos espermáticos do pólen.  
 e) um dos núcleos espermáticos, ao juntar-se ao núcleo da oosfera, forma um embrião (3n), enquanto o outro junta-se a um dos núcleos polares e dá origem ao endosperma (2n).

13. (UEPB) Nas angiospermas as estruturas relacionadas com a reprodução sexuada são as flores. Observe o esquema, onde se encontra representada uma flor, e identifique as estruturas numeradas; em seguida, estabeleça a relação entre o número indicado no esquema, o nome da estrutura e a descrição da mesma.



BlueRingMedia/Shutterstock

- |             |             |            |
|-------------|-------------|------------|
| A. Ovário.  | C. Estame.  | E. Antera. |
| B. Pétalas. | D. Gineceu. |            |
- I. Dilatação na ponta do filete onde são produzidos os grãos de pólen;  
 II. Estrutura que contém o óvulo e que, ocorrendo a fecundação, desenvolve-se originando o fruto;  
 III. Estrutura reprodutora feminina da flor, formada pela fusão de folhas carpelares;  
 IV. Em conjunto compõem a corola, importante na atração de agentes polinizadores;  
 V. Formado pelo filete e a antera: o conjunto destes compõe o androceu.

A alternativa que apresenta a relação correta é:

- x a) 1-D-III, 2-B-IV, 3-E-I, 4-C-V, 5-A-II.  
 b) 1-B-I, 2-D-V, 3-A-II, 4-E-IV, 5-C-III.  
 c) 1-D-II, 2-B-V, 3-E-IV, 4-C-III, 5-A-V.  
 d) 1-C-IV, 2-A-II, 3-D-III, 4-B-IV, 5-E-I.  
 e) 1-E-V, 2-C-III, 3-B-II, 4-A-I, 5-D-IV.

### Atividade prática

Você vai precisar de algumas flores grandes – como hibisco, azaleia, lírio ou palma-de-santarita (gladiolo) –, folhas brancas de papel, pinça, estilete ou agulha de costura (cuidado para não se ferir com esses objetos), fita adesiva, lupa (lente de aumento), luvas de látex, microscópio, lâmina e lamínulas.

1. Observe uma flor e identifique suas partes. Conte o número de pétalas e sépalas e anote na folha. Nessa mesma folha, prenda a flor com a fita adesiva.
2. Com o auxílio da pinça e do estilete ou da agulha e orientado pelo professor, separe as partes de

outra flor, começando pela parte mais externa. Prenda com a fita adesiva o cálice e a corola em folhas de papel, identificando as estruturas que você observou.

3. Sacuda o estame e veja se caem grãos de pólen. Em caso afirmativo, observe-os ao microscópio. Cole o estame em uma folha, identificando suas partes. Corte o gineceu e com o auxílio da lupa identifique o que existe em seu interior e desenhe o que observar, identificando as partes. Prenda o gineceu em uma folha de papel e identifique suas partes.

# Morfologia das angiospermas

Javier Teniente/Cover/Getty Images



Variedade de frutas comestíveis disponíveis no Brasil.

O Brasil possui uma imensa variedade de frutas comestíveis. Veja algumas delas na foto acima. Neste capítulo estudaremos os tecidos e a morfologia das plantas, com ênfase nas angiospermas, as plantas dominantes na maioria dos ambientes terrestres. Lembrando, porém, que o estudo das flores e de sua importância para esse grupo foi realizado no capítulo anterior.

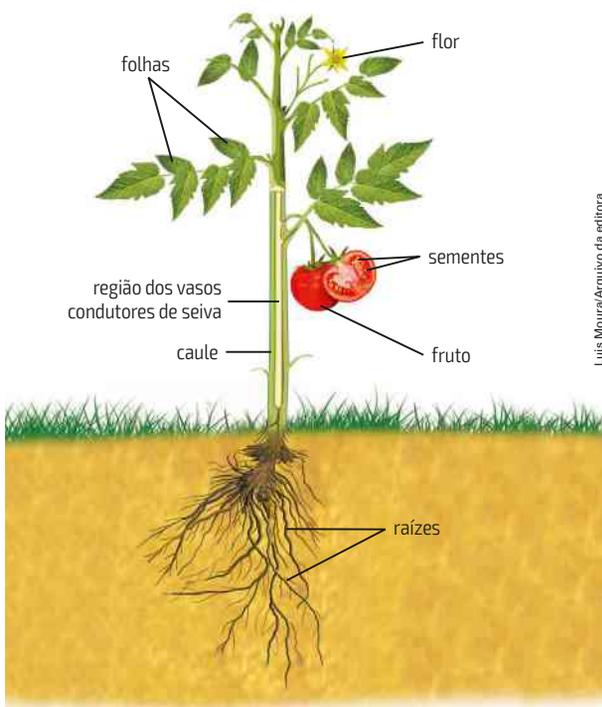
- ◆ Suponha que você precise descrever e diferenciar as várias partes de uma planta para um amigo. Como você faria isso?
- ◆ Quais são as funções de cada parte das plantas?



## 1 Tecidos vegetais

O corpo de uma planta é organizado de maneira bem diferente da organização do corpo de um animal. A maior parte das diferenças deve ser vista como adaptação à nutrição autotrófica dos vegetais em oposição à nutrição heterotrófica dos animais. Assim, só os vegetais possuem tecidos especializados para a fotossíntese e para o transporte de água e minerais retirados do solo (seiva mineral) e de substâncias orgânicas produzidas nas folhas (seiva orgânica). Os órgãos das plantas também são diferentes dos órgãos dos animais.

Por exemplo, em uma planta com flor existem: a raiz, que fixa a planta ao solo e absorve e transporta água e minerais; o caule, que sustenta a planta e transporta água e minerais para as folhas, que fazem fotossíntese; e as flores, nas quais se formam sementes e frutos (figura 7.1).



Luís Moura/Arquivo da editora

**Figura 7.1** Ilustração esquemática de um tomateiro (*Solanum lycopersicum*), uma angiosperma. Os primeiros frutos aparecem na altura de 20 cm a 30 cm do solo. O corte longitudinal no caule mostra a região dos vasos condutores de seiva. (Ilustração sem escala; cores fantasia.)

Os tecidos vegetais têm conformações próprias que também diferem daquelas encontradas em animais. Os tecidos que constituem as plantas podem ser divididos em **tecidos meristemáticos (tecidos de formação ou meristemas)** e **tecidos diferenciados (permanentes ou adultos)**.

Os meristemas (do grego *meros* = parte; *stemma* = coroa) são grupos de células não diferenciadas que conservam as características embrionárias (células pequenas, com parede celular fina, etc.). Essas células possuem grande capacidade de se dividir e de se diferenciar, originando outros tecidos e colaborando para o crescimento da planta. Há dois tipos de meristemas:

- Meristemas primários: localizados na extremidade do caule e da raiz e nas axilas das folhas. São responsáveis pelo crescimento em altura do vegetal.
- Meristemas secundários: localizados no interior do caule e da raiz das gimnospermas, da maioria das eudicotiledôneas (algodão, mamão, maçã, laranja, etc.) e de algumas monocotiledôneas com formação arbórea. Esse tecido é responsável pelo crescimento em espessura da planta.

Estudaremos a seguir os principais tecidos diferenciados das angiospermas.

## Tecidos de revestimento e proteção

Revestindo os vegetais, há tecidos que fornecem proteção e, no caso das plantas terrestres, evitam a perda excessiva de água. Esses tecidos são a **epiderme** e o **súber** (do latim *suber* = sobreiro, árvore da qual se extrai a cortiça).

A epiderme reveste as folhas e as partes jovens do caule e da raiz das plantas lenhosas (aquelas que produzem madeira) e todo o corpo das herbáceas. É formada por uma camada de células vivas, sem clorofila, que apresentam na face externa uma cobertura chamada **cutícula**, constituída, entre outros fatores, por um lipídio impermeável, a **cutina**, que impede a evaporação da água. A cutícula da carnau-beira, uma palmeira brasileira, produz uma cera que é usada industrialmente na produção de protetores de móveis e na pintura de carros.



## Festa da carnaúba

Uma festa para louvar a natureza e afirmar a cultura indígena. É a festa da Carnaúba, realizada pelos índios Tapeba, de Caucaia, Ceará. A planta, marca da etnia, é considerada meio de subsistência local. As casas são levantadas com seu tronco. A palha cobre os telhados e faz as vestes. Dela é tirado o Tucum, fibra usada no artesanato. Além da cera da carnaúba, que é comercializada.

Por tudo o que a planta dá à comunidade durante o ano, os índios agradecem com um festejo especial. [...] Atualmente, além do agradecimento à planta maior da aldeia, os índios incorporaram outros significados à celebração. "Com a divulgação da festa, mostramos para o

Brasil que no Nordeste, no Ceará, estamos vivos e fortes", anuncia Nildo Tapeba. [...]

[...] A festa inicia-se à noite, com o ritual sagrado em reverência à palha da carnaúba. [...] Após o ritual, as pessoas que trabalham diretamente com a carnaúba falam sobre a importância da planta para a subsistência da comunidade. No resto da noite, os índios dançam o Toré e bebem o Mocororó, bebida alcoólica, fermentada do caju. Até as cinco horas da manhã, dançam e contam histórias recentes e antigas. Para os índios, a realização da festa é sinal de fortalecimento. [...]

Disponível em: <www.adital.com.br/site/noticia2.asp?lang=PT&cod=4049>. Acesso em: 12 nov. 2015.

Na raiz, a epiderme não apresenta cutícula e suas células formam prolongamentos, os **pelos absorventes** ou **radiculares**, que aumentam a superfície de absorção de água e minerais (figura 7.2).

Em alguns vegetais, as células da epiderme emitem projeções, os **pelos** ou **tricomas** (do grego *thrix*, *chos* = pelo), que podem ter funções variadas (figura 7.2). Em plantas de clima seco, formam, na superfície da folha, um emaranhado que ajuda a reter umidade e dificulta a perda de água por transpiração (saída de água na forma de vapor). Em plantas como o algodão, funcionam de modo similar a um paraquedas

e facilitam o transporte da semente pelo vento. No caso da urtiga, contêm um líquido urticante que defende a planta contra os animais.

A epiderme também pode formar, como no caso da roseira (figura 7.2), saliências pontiagudas – os **acúleos** (do latim *aculeu* = ponta aguçada).

### Fique de olho!

Embora se assemelhem a espinhos, os acúleos são formações da superfície da planta, facilmente destacados; enquanto os espinhos são ramos atrofiados do caule (como no limoeiro) ou folhas modificadas (caso do cacto).

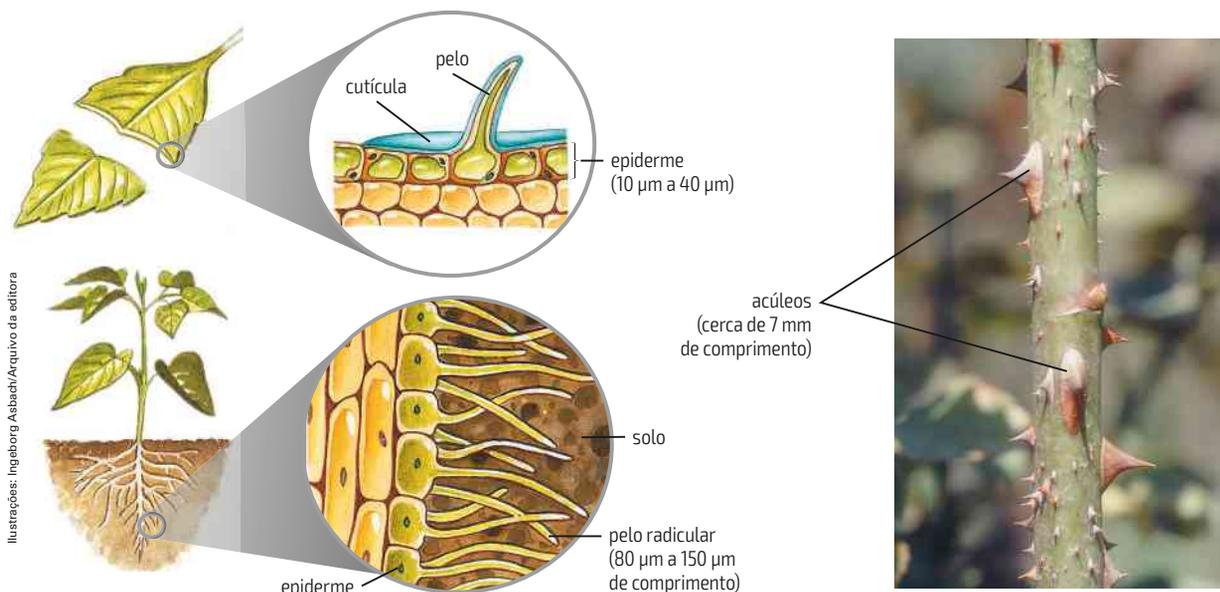
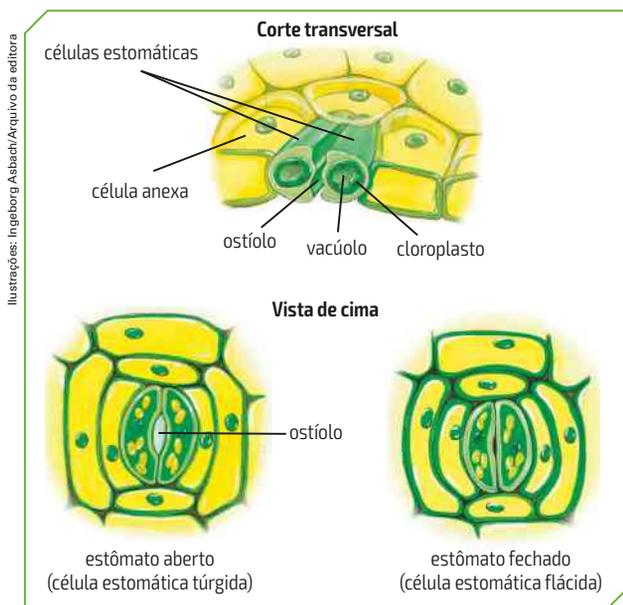


Figura 7.2 Epiderme, pelos e acúleos. (Os elementos das ilustrações não estão na mesma escala; cores fantasia.)

Embora reduza a perda de água pela transpiração, a cutina também dificulta a passagem de gás carbônico e oxigênio pela folha. Assim, a entrada e a saída desses gases são garantidas pelos **estômatos** (do grego *stoma* = boca) (**figura 7.3**), estruturas existentes na epiderme formadas por um par de **células estomáticas** ou **células-guarda**, clorofiladas, que delimitam uma abertura chamada **ostíolo** (do latim *ostiolum* = pequena entrada), pela qual passa o ar. Em volta dessas células aparecem as **células anexas**, que não possuem clorofila.

Além de permitir as trocas gasosas entre a planta e o ambiente, facilitando a fotossíntese e a respiração, os estômatos podem se fechar sempre que a perda de água por transpiração ameaçar a sobrevivência da planta (**figura 7.3**).



**Figura 7.3** Ilustrações de estômatos (em média, de 20  $\mu\text{m}$  a 60  $\mu\text{m}$  de diâmetro; cores fantasia).

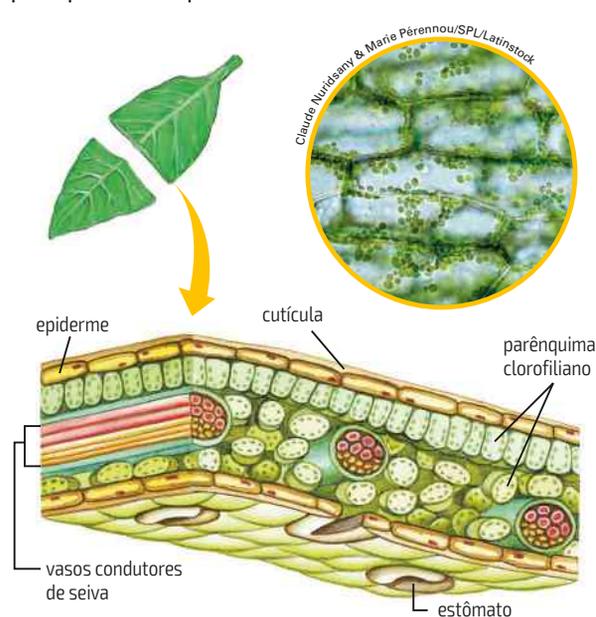
## Tecidos de assimilação e de reserva

Os sistemas responsáveis pela fotossíntese (assimilação) e pelo armazenamento de substâncias (reserva) são formados por **parênquimas** (do grego *parencheo* = encher ao lado): conjuntos de células vivas, com pouco citoplasma e grandes vacúolos. O parênquima é um tecido de preenchimento encontrado em todos os órgãos vegetais.

Por sua capacidade de divisão, eles são importantes nos processos de regeneração e cicatrização de feridas.

O **parênquima de assimilação**, também chamado **clorofiliano**, produz a matéria orgânica do vegetal. Suas células, ricas em cloroplastos, realizam fotossíntese e são encontradas nas partes aéreas dos vegetais, principalmente na folha (**figura 7.4**). Em uma das faces da folha, as células do parênquima estão arrumadas perpendicularmente à superfície – **parênquima paliçádico** –; na face oposta, sua disposição é irregular, com grandes espaços intercelulares – **parênquima lacunoso** – pelos quais circulam os gases que participam da fotossíntese. Tais espaços se comunicam com o exterior pelos estômatos. O conjunto formado por esses dois parênquimas constitui o **mesofilo** (do grego *mesos* = meio; *phyllein* = folha).

O **parênquima de reserva** armazena substâncias (amido, óleos, etc.) que podem depois ser usadas pela planta ou pelo embrião.



**Figura 7.4** Ilustração mostrando o interior de uma folha (as células são microscópicas; cores fantasia). Na foto, parênquima clorofiliano da folha de elódea (microscópio óptico; aumento de cerca de 300 vezes; com uso de corantes).

O parênquima de reserva de amido (**parênquima amilífero**) é encontrado nas raízes, como a batata-doce, a beterraba, a cenoura e o aipim; nos caules, como a batata-inglesa (batatinha) e a cana-de-açúcar; nas folhas; nas sementes; nos frutos. Nas plantas de clima seco, como o cacto, o parênquima ajuda a armazenar água (**parênquima aquífero**). Em certas plantas aquáticas, como a vitória-régia, as células desse tecido estão dispostas de modo a formar grandes lacunas onde o ar se acumula, facilitando a flutuação da planta (**parênquima aerífero**).

## Tecidos condutores de seiva

Nas algas e nos musgos, as substâncias absorvidas do ambiente (água e minerais) são distribuídas de célula para célula por difusão e osmose.

As plantas chamadas **vasculares** ou **traqueófitas** são maiores e mais complexas, com grande número de células. Essas plantas utilizam um sistema de transporte mais especializado, constituído por **vasos condutores de seiva**. Esses vasos são compostos de células cilíndricas ligadas entre si, formando tubos ao longo do vegetal.

A presença desses vasos facilita a sobrevivência em ambiente terrestre, pois ajuda o vegetal a repor rapidamente a água perdida pela transpiração. Além disso, possibilita o desenvolvimento de plantas de grande porte, já que torna mais eficiente o transporte de substâncias no organismo, comparando com a difusão célula a célula.

Existem dois tipos de vaso condutor de seiva: os **vasos lenhosos** (ou **elementos traqueais**) e os **vasos liberianos** (ou **elementos crivados**).

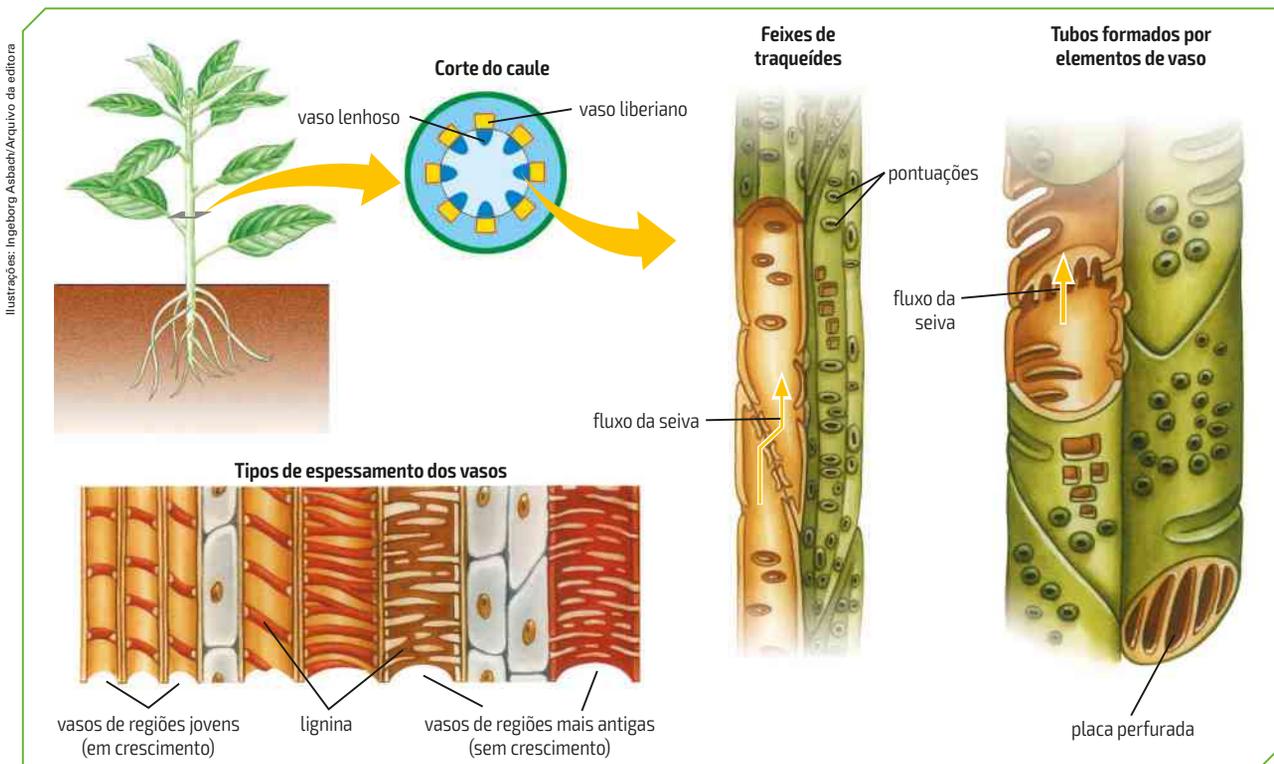
- **Vasos lenhosos:** Transportam principalmente a seiva bruta (ou seiva mineral) da raiz para as folhas. São formados por células que, quando adultas e especializadas, morrem, permanecendo delas apenas a parede celular com reforço de celulose e lignina.

Em plantas jovens, a lignina se deposita na parede celulósica formando anéis ou espirais, o que lhes dá maior elasticidade e permite acompanhar o intenso crescimento da planta. No vegetal adulto, os vasos costumam ter mais lignina (**figura 7.5**).

Há dois tipos de elemento traqueal: as **traqueídes** e os **elementos de vaso** (**figura 7.5**). Nas traqueídes, a lignina desaparece em alguns pontos, mas a celulose persiste, ficando apenas mais fina, e a seiva bruta tem de passar por essa parede. Assim, elas recebem o nome de **vasos fechados**, e as regiões sem lignina, de **pontuações**. Já nos elementos de vaso, a parede celular desaparece por completo em alguns pontos e ficam **perfurações** que permitem a passagem da água com facilidade. Por isso esses vasos são chamados **abertos**, e a comunicação entre as células é chamada **placa perfurada** (**figura 7.5**).

O espaço entre os elementos traqueais é preenchido por um parênquima de reserva e por fibras e esclereídes (esclerênquima), que acumulam reservas nutritivas e contribuem para a sustentação da planta. O conjunto de vasos lenhosos e do parênquima e esclerênquima a eles associados forma o **xilema** (do grego *xylon* = madeira) ou **lenho**.

Nas samambaias e no pinheiro só há traqueídes; nas angiospermas, há os dois tipos de vasos.



**Figura 7.5** Tipos de vasos lenhosos e de espessamentos (os elementos ilustrados não estão na mesma escala; diâmetro das células entre 20 µm e 60 µm; cores fantasia).

A água e os minerais levados pelo xilema chegam às folhas. A água e o gás carbônico são usados na fotossíntese para produzir glicídios e, com estes e a participação dos minerais, são produzidos os outros compostos orgânicos do vegetal. Esse material orgânico forma a seiva elaborada, que será distribuída para todo o corpo da planta através dos elementos crivados.

- **Vasos liberianos:** As células que compõem esses vasos são vivas, alongadas e ligadas umas nas extremidades das outras. Na união entre duas células, a parede, sem espessamento de lignina, possui uma série de **orifícios** ou **crivos** por onde os dois citoplasmas se comunicam. A presença dessa parede ou **placa crivada** justifica o nome de elementos crivados para esses vasos (**figura 7.6**).

Apesar de vivas, as células não possuem núcleo nem boa parte das organelas celulares, e sua sobrevivência depende da troca de substâncias com células parenquimatosas adjacentes, chamadas **células-companheiras**.

Além dos elementos crivados e das células-companheiras, há fibras de esclerênquima e células do parênquima, com função de sustentação e de armazenamento de substâncias. O conjunto desses elementos forma o **floema** (do grego *phloíos* = casca).

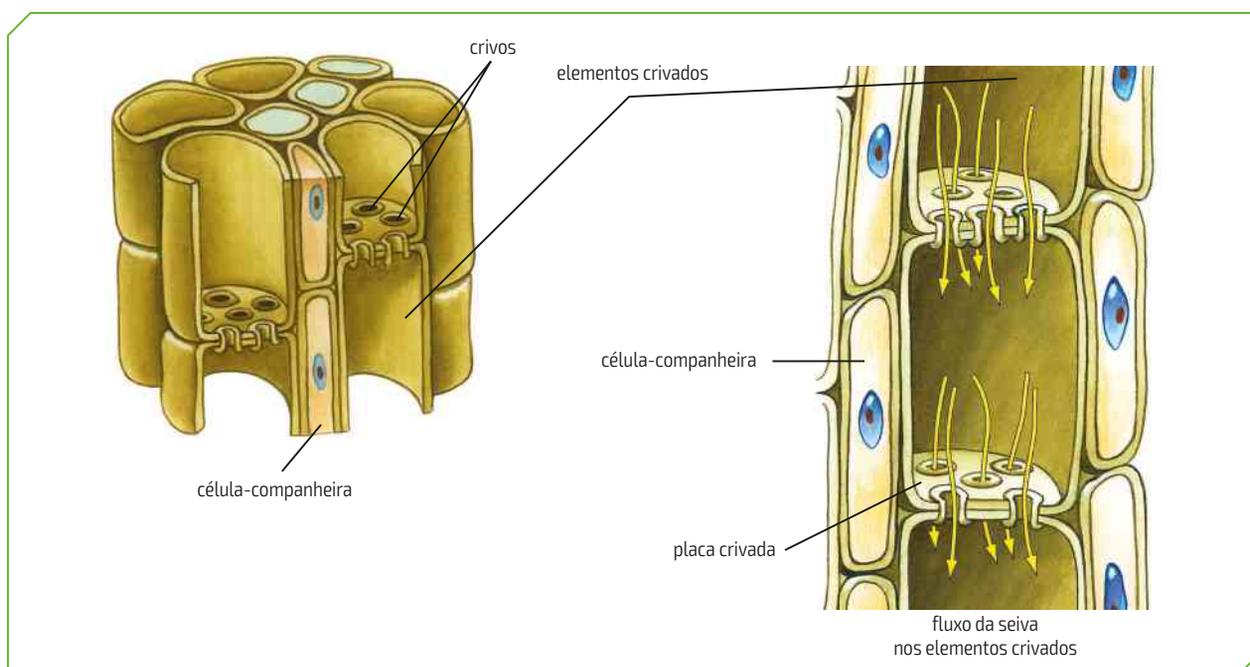
## Tecidos secretores

Diversos produtos finais do metabolismo das plantas ficam armazenados em células ou em agrupamentos de células espalhados pelo vegetal. Embora não atuem mais diretamente no metabolismo, esses produtos ainda podem ser importantes para a planta. Um exemplo é o **néctar**, substância doce e perfumada, produzida nas flores por um agrupamento especial de células secretoras, o **nectário**. A função do néctar é atrair os insetos e as aves responsáveis pela polinização.

Algumas plantas produzem essências e resinas, que são acumuladas em dutos secretores, em dutos resiníferos ou em vasos localizados nas folhas, nos frutos e nos caules. Algumas dessas secreções ajudam a proteger as plantas contra insetos.

Outro exemplo de secreção é o **látex**, substância leitosa que circula pelos vasos **laticíferos** de muitas plantas. No látex já foram identificadas substâncias tóxicas para insetos e sua capacidade de coagular pode ajudar a imobilizar larvas e defender a planta.

Nas plantas de clima úmido, em que a saída de vapor de água pelos estômatos é difícil, a água na forma líquida pode ser eliminada através de pequenas aberturas nas bordas das folhas. Esse fenômeno, chamado **gutação**, pode ser considerado excreção, uma vez que o excesso de água não desempenha nenhuma função na planta.



Ilustrações: Ingaborg Asbach/Arquivo da editora

**Figura 7.6** Elementos crivados com células-companheiras. (O citoplasma das células dos elementos crivados não foi representado e os elementos ilustrados não estão na mesma escala; diâmetro das células entre 20 µm e 60 µm; cores fantasia.)



## Produção da borracha no Brasil

Com o látex da seringueira é feita a borracha natural. A partir dela, vários produtos são adicionados para que a borracha fique mais dura e elástica. Assim é fabricada uma gama imensa de produtos, como pneus, brinquedos, utensílios domésticos, luvas e preservativos.

Explorada em pequena escala desde o início do século XIX, a extração da borracha intensificou-se na Amazônia a partir de 1860. Principalmente entre os anos de 1905 e 1912, a exportação do látex chegou perto de ter uma importância econômica comparável à do café. Nesse período, que ficou conhecido como Ciclo da Borracha, ocorreu o maior movimento de migração brasileira em direção à Amazônia. Estima-se que 500 mil pessoas tenham chegado à região amazônica vindas do Nordeste para trabalhar nos seringais.

O extrativismo da borracha, comandado por empresas de fora do país trouxe algumas contribuições para o desenvolvimento da cidade de Manaus. O Teatro Amazonas (**figura 7.7**), por exemplo, foi inaugurado em 1896. Desde então já recebeu todo tipo de espetáculo: óperas, musicais, peças de teatro, *shows* de cantores líricos e populares, orquestras e muitos outros. Além de casa de espetáculos, o Teatro Amazonas é um lugar de referências fundamentais para a cidade, funcionando como museu.



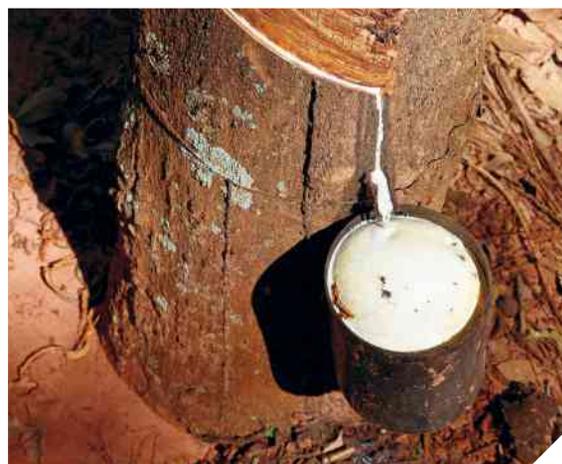
**Figura 7.7** Teatro Amazonas, na cidade de Manaus, AM. Foto de 2010.

A expansão desordenada do extrativismo da borracha, no entanto, teve consequências desastrosas, como o avanço da exploração da floresta e a morte de mais de 25 mil seringueiros que contraíram doenças como a malária e a leishmaniose (ambas causadas por protozoários), entre outras.

Com o passar dos anos, a produção de látex descentralizou da região Amazônica para outras localidades, abrangendo os estados de São Paulo, Bahia, Mato Grosso, Goiás, Tocantins, entre outros. Pelo menos até o ano de 2014, o estado de São Paulo era o maior produtor de borracha natural do Brasil.

Em um terreno de um hectare é possível plantar entre 400 e 500 seringueiras. Nesse espaço, após cerca de oito anos do plantio das mudas, a produção de látex pode chegar a duas toneladas por ano. O látex, composto basicamente por hidrocarbonetos (compostos formados apenas por átomos de carbono e de hidrogênio), é extraído por meio de cortes na casca da seringueira, processo que é chamado sangria (**figura 7.8**).

Uma seringueira pode produzir, em média, de 50 gramas de seiva por dia, chegando no máximo a 100 gramas, e sua extração pode ser feita por mais de 20 anos.



**Figura 7.8** Extração de látex. Cidade de Mirandópolis, SP. Foto de 2013.

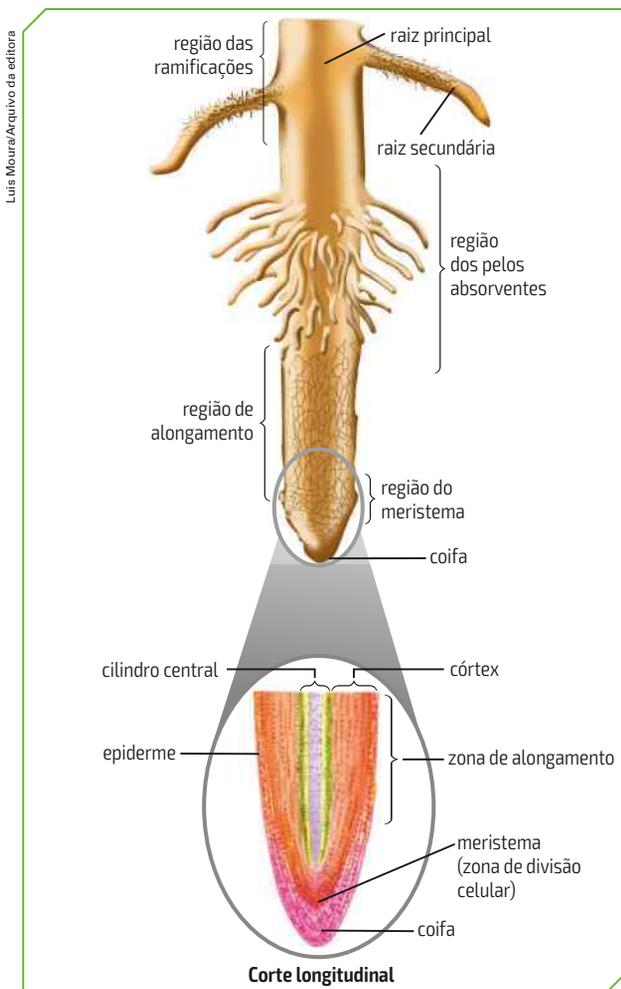
Fontes de pesquisa: <[www.cultura.am.gov.br/teatro-amazonas/](http://www.cultura.am.gov.br/teatro-amazonas/)>; <<http://redeglobo.globo.com/globociencia/noticia/2012/09/latex-extraido-das-seringueiras-serve-para-fabricar-de-pneu-luva-cirurgica.html>>; <[www.portalamazonia.com.br/secao/amazoniadeaz/interna.php?id=114](http://www.portalamazonia.com.br/secao/amazoniadeaz/interna.php?id=114)>. Acesso em: 25 nov. 2015.

## 2 Raiz

Em geral, a raiz é um órgão subterrâneo, sem clorofila e especializado na fixação da planta e na absorção de água e minerais.

### Morfologia externa

Na extremidade da raiz há a coifa, que protege os meristemas primários situados mais internamente. Acima dela está a **região lisa**, na qual as células se alongam e provocam o crescimento da raiz; por isso é chamada também **região de crescimento** ou de **alongamento**. A **região pilífera** absorve água e minerais do solo. Como já vimos, os pelos absorventes aumentam a área de absorção dessa região. Na **região suberosa**, formada por células cobertas de suberina, localizam-se as ramificações da raiz (**figura 7.9**).



**Figura 7.9** Morfologia externa e anatomia da raiz (os elementos ilustrados não estão na mesma escala; as células são microscópicas; cores fantasia).

### Tipos de raiz

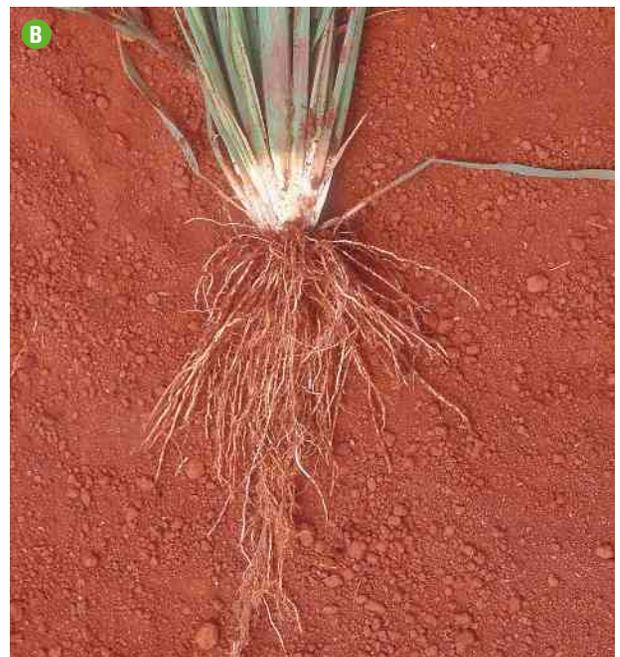
Quando a planta possui uma raiz principal mais desenvolvida que as ramificações, a raiz é classificada como **axial** ou **pivotante** (**figura 7.10**). É típica do grupo das plantas eudicotiledôneas, dá grande sustentação à planta e pode absorver água e minerais das camadas mais profundas do solo.

Quando não existe uma raiz principal, as ramificações são aproximadamente do mesmo tamanho e nascem de um ponto comum. Nesse caso, a raiz é **fasciculada** ou em **cabeleira** (**figura 7.10**). Ela é típica das monocotiledôneas, como a grama e o arroz, e desenvolve-se na camada mais superficial do solo; por isso pode ser usada para combater a erosão.

Muitas plantas desenvolvem raízes a partir do meio do caule (como o milho) ou até da folha (como a begônia). Essas raízes são chamadas **adventícias**.



Blickwinkel/Alamy/Glow Images



Fabio Colombini/Acervo do fotógrafo

**Figura 7.10** Tipos de raiz: **A**, axial; **B**, fasciculada.

As raízes podem desempenhar outras funções, havendo uma série de adaptações a situações específicas, como sustentação (**raízes-suporte** e **raízes tabulares**), reserva de alimento (**raízes tuberosas**), respiração (**raízes respiratórias** ou **pneumatóforos**), absorção da umidade do ar (**raízes aéreas**) e absorção da seiva de outras plantas (**raízes sugadoras** ou **haustórios**), além das **raízes aquáticas**. Veja a **figura 7.11**.



Raízes tabulares: ajudam na sustentação de árvores de grande porte, como a sumaúma (*Ceiba pentandra*, até cerca de 45 m de altura).



A beterraba (6 cm a 8 cm de diâmetro) é um exemplo de raiz tuberosa, que armazena reservas de alimento. Outros exemplos: cenoura, aipim e batata-doce.



Aguapé, uma planta com raiz aquática (parte fora da água: cerca de 10 cm; raiz: cresce até 1 m).



Planta de manguezal: as raízes respiratórias (cerca de 10 cm de comprimento) emergem do solo pobre em oxigênio e facilitam a respiração das partes submersas da planta.

**Figura 7.11** Alguns tipos de raízes.

## 3 Caule

O caule sustenta as folhas, colocando-as em condições de melhor iluminação e facilitando a realização da fotossíntese. Por ele passam os vasos que levam a seiva mineral das raízes para as folhas e a seiva orgânica das folhas para o resto da planta.

### Tipos de caule

Os caules podem ser:

- **aéreos** – são aqueles que crescem acima da superfície do solo e estão em contato direto com a atmosfera. Há vários tipos: **tronco** (ipê), **estipe** (palmeira), **rastejante** (pé-de-melancia), **colmo** (cana-de-açúcar), **haste** (pé-de-feijão), **volúvel** ou **trepador** (**figura 7.12**);



**Figura 7.12** Caulo volúvel: cresce enrolando-se em um suporte, que pode ser outro caule. Exemplos: uva, chuchu, maracujá.

- **subterrâneos** – podem acumular reservas nutritivas, utilizadas no inverno e, nas outras estações, empregadas na produção de folhas; neste caso, a posição subterrânea dificulta a ingestão do caule por animais herbívoros; dividem-se em **rizoma** (*rhiza* = raiz; *oma* = proliferação; bananeira), **tubérculo** (pé-de-batata) e **bulbo** (**figura 7.13**);



Fabio Colombini/Acervo do fotógrafo

**Figura 7.13** Cebola (entre 15 cm e 35 cm de diâmetro): caule do tipo bulbo, pequeno, rodeado de folhas modificadas (catafilos), que, em geral, acumulam reservas nutritivas.

- **aquáticos** – que se desenvolvem em meio líquido, como o da vitória-régia.

O caule pode apresentar modificações, como **espinhos**, **acúleos**, **gavinhas** e **cladódios** (do grego *klados* = ramo; *eidos* = semelhante) (figura 7.14).



Gavinha de uva (folha com 5 cm a 10 cm de largura): ramos que se enrolam em volta de um suporte, dando fixação.



Cladódio: caule achatado, suculento, sem folhas (mandacaru; até 5 m de altura), típico de locais secos.

Fotos: Fabrice Colombini/Acervo do fotógrafo

Figura 7.14 Modificações do caule.

## Biologia e tecnologia



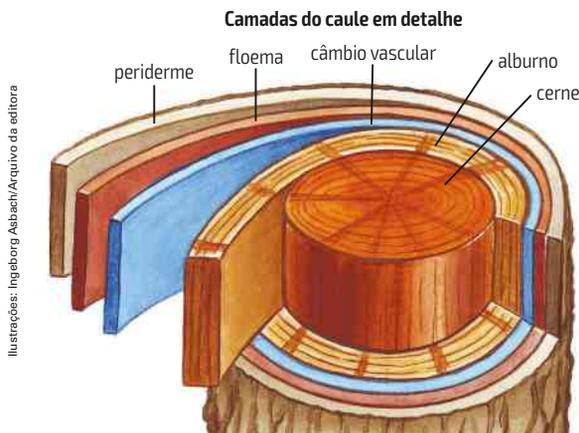
### Dendrocronologia

Em troncos cortados, é possível ver uma zona externa, o albúrneo (do latim *albus* = branco; *urnae* = urna, envoltório), de tonalidade clara, que corresponde ao xilema em atividade, e outra interna (cerne), mais escura, que corresponde ao xilema velho, não funcional, bastante comprimido, o que dá maior resistência à madeira (figura 7.15).

Em regiões onde as estações do ano são bem distintas, é possível observar no tronco uma série de anéis de crescimento (figura 7.15). Cada um corresponde a um ano de vida da planta (pelo número de anéis podemos saber a idade da árvore). Na primavera, quando as condições são favoráveis e existe bom suprimento de água, o câmbio vascular (um meristema secundário) produz o lenho primaveril, com vasos de paredes finas e grandes cavidades internas. Em verões secos e no outono, quando o suprimento de água e outros fatores ambientais estão abaixo do ideal, o câmbio produz

o lenho estival, com vasos de paredes grossas e cavidades internas estreitas. No inverno, o câmbio não apresenta atividade, e na primavera seguinte reinicia-se o ciclo de crescimento. (As estações do ano dependem das diferenças na incidência da luz do Sol sobre a Terra ao longo de sua órbita, devido a uma inclinação do eixo da Terra – um tópico estudado em Geografia.)

O estudo dos anéis de crescimento de árvores, chamado dendrocronologia (do grego *dentron* = árvore; *chrônion* = tempo; *logos* = estudo), principalmente as de clima temperado, permite descobrir a idade da árvore, de obras de arte e de construções antigas de madeira. Além disso, esse estudo permite analisar as variações climáticas de épocas passadas. Portanto, tem aplicações em várias disciplinas, como Climatologia, História, etc., além de servir como apoio para a tomada de decisões em políticas ambientais.



Ilustrações: Ingeborg Abbaeh/Arquivo da editora

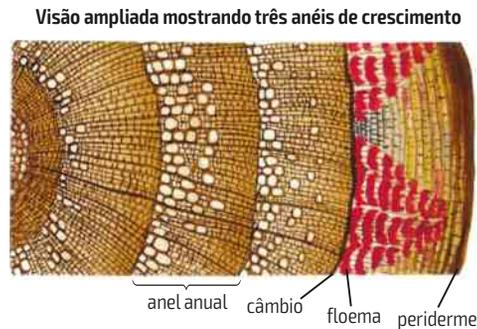


Figura 7.15 Esquemas de caule mostrando o cerne, o albúrneo e os anéis de crescimento (os elementos não estão na mesma escala; cores fantasia).

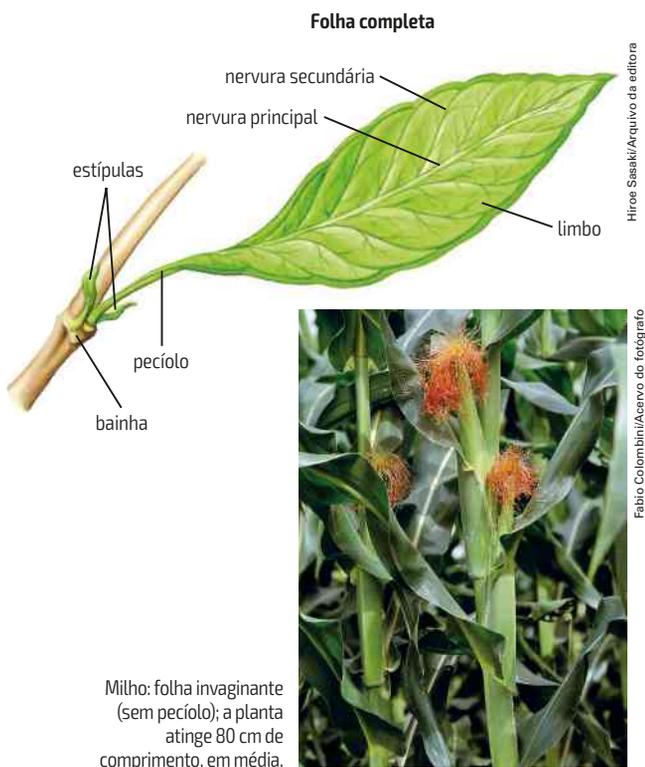
## 4 Folha

A folha é um órgão laminar, clorofilado, especializado na realização da fotossíntese. A superfície laminar contribui muito para a fotossíntese, pois, além de facilitar a absorção de gás carbônico, permite que grande número de cloroplastos fique exposto à luz.

### Morfologia externa e tipos de folha

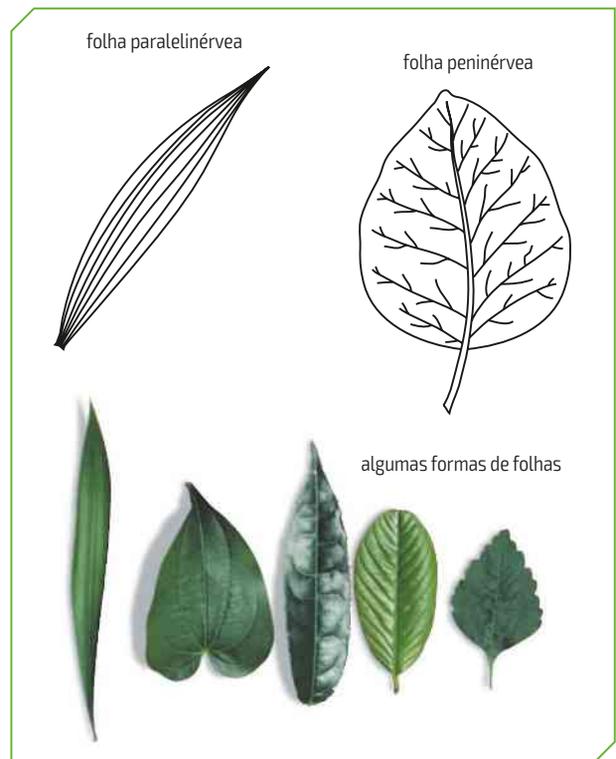
A folha apresenta apenas estrutura primária, derivada do primórdio foliar. Uma folha completa apresenta **limbo**, **pecíolo** e **bainha**; podem também aparecer **estípulas** (do latim *stipula* = palha), pequenas formações dos lados da bainha que protegem o meristema nas folhas jovens (**figura 7.16**).

O limbo é a região laminar. O pecíolo e a bainha são as partes que se prendem ao caule. O pecíolo diminui a sombra que as folhas de cima lançam sobre as de baixo e facilita o movimento delas pelo vento, ajudando no arejamento. Em folhas pequenas ou longas, mas estreitas, o pecíolo pode estar ausente. Folhas sem pecíolo são chamadas **invaginantes** ou **sésseis**, comuns nas monocotiledôneas (**figura 7.16**).



**Figura 7.16** Folhas com e sem pecíolo (os elementos da figura não estão na mesma escala; cores fantasia).

Em relação ao aspecto das nervuras (ramificações dos feixes condutores), há dois tipos principais: **folhas paralelinérveas** (do latim *nervus* = nervura), com nervuras paralelas, características das monocotiledôneas; e folhas **peninérveas** (do latim *penna* = pena), com uma nervura mediana da qual saem ramificações, características das eudicotiledôneas. Quanto à forma, existe grande variedade (**figura 7.17**).



**Figura 7.17** Tipos de folha quanto à nervura e à forma do limbo. (Os elementos da figura não estão na mesma escala; cores fantasia.)

As folhas podem ainda ser classificadas em **simples** (limbo não dividido) e **compostas** (limbo dividido em folíolos). Veja a **figura 7.18**.



**Figura 7.18** Exemplo de folha composta.

Quanto a modificações, podem ser citados (**figura 7.19**): o **espinho** do cacto, adaptação à vida em regiões secas (reduz a área de perda de água; a fotossíntese é feita pelo caule) e proteção da planta contra predadores; as **brácteas** (do latim *bractea* = lâmina fina), folhas na base das flores, às vezes coloridas, que ajudam a atrair animais polinizadores; as **gavinhas foliares** da ervilha, com as mesmas funções das gavinhas de caule.

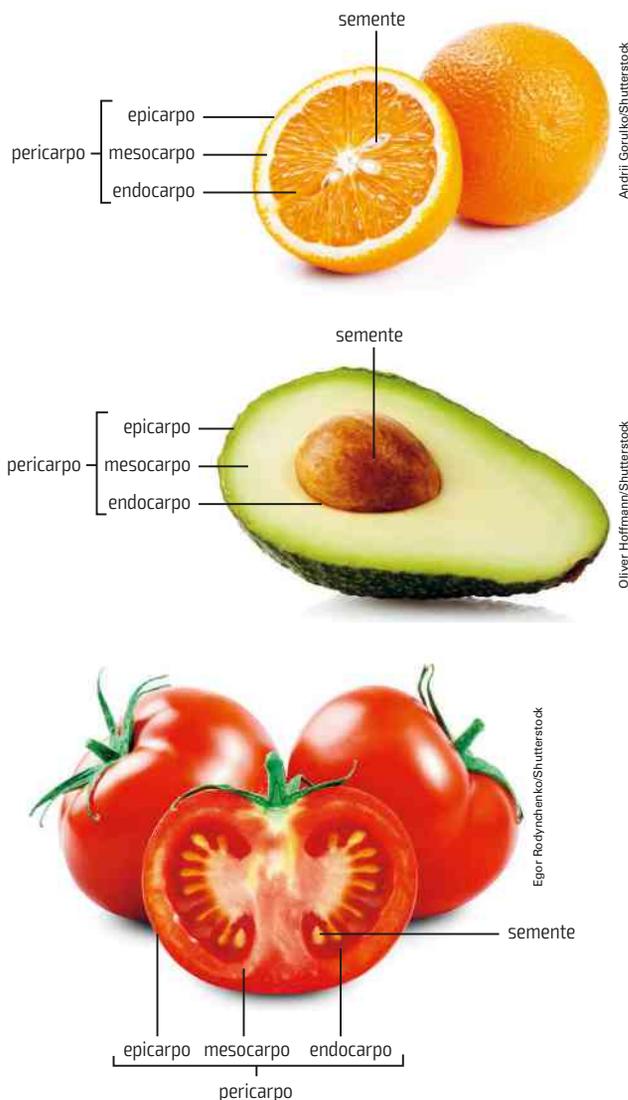


**Figura 7.19** Algumas modificações das folhas: **A**, espinhos (cacto xiquexique; até 4 m de altura); **B**, gavinhas na planta de ervilha (a vagem tem cerca de 7 cm de comprimento); **C**, bico-de-papagaio com brácteas (a planta atinge de 60 cm a 4 m de comprimento).

## 5 Fruto

Depois da polinização, o grão de pólen germina dentro do carpelo e forma-se o tubo polínico. Após a fecundação, o óvulo origina a semente, e o ovário se hipertrofia, surgindo o fruto. Em geral, o fruto possui **pericarpo** e semente (**figura 7.20**). O pericarpo é composto de:

- **epicarpo** – resulta da epiderme externa do ovário;
- **mesocarpo** – forma-se do tecido médio do ovário; em geral é a parte comestível, por causa do acúmulo de substâncias nutritivas (a região comestível pode não ser o mesocarpo, **figura 7.20**);
- **endocarpo** – resultante da epiderme interna do ovário.



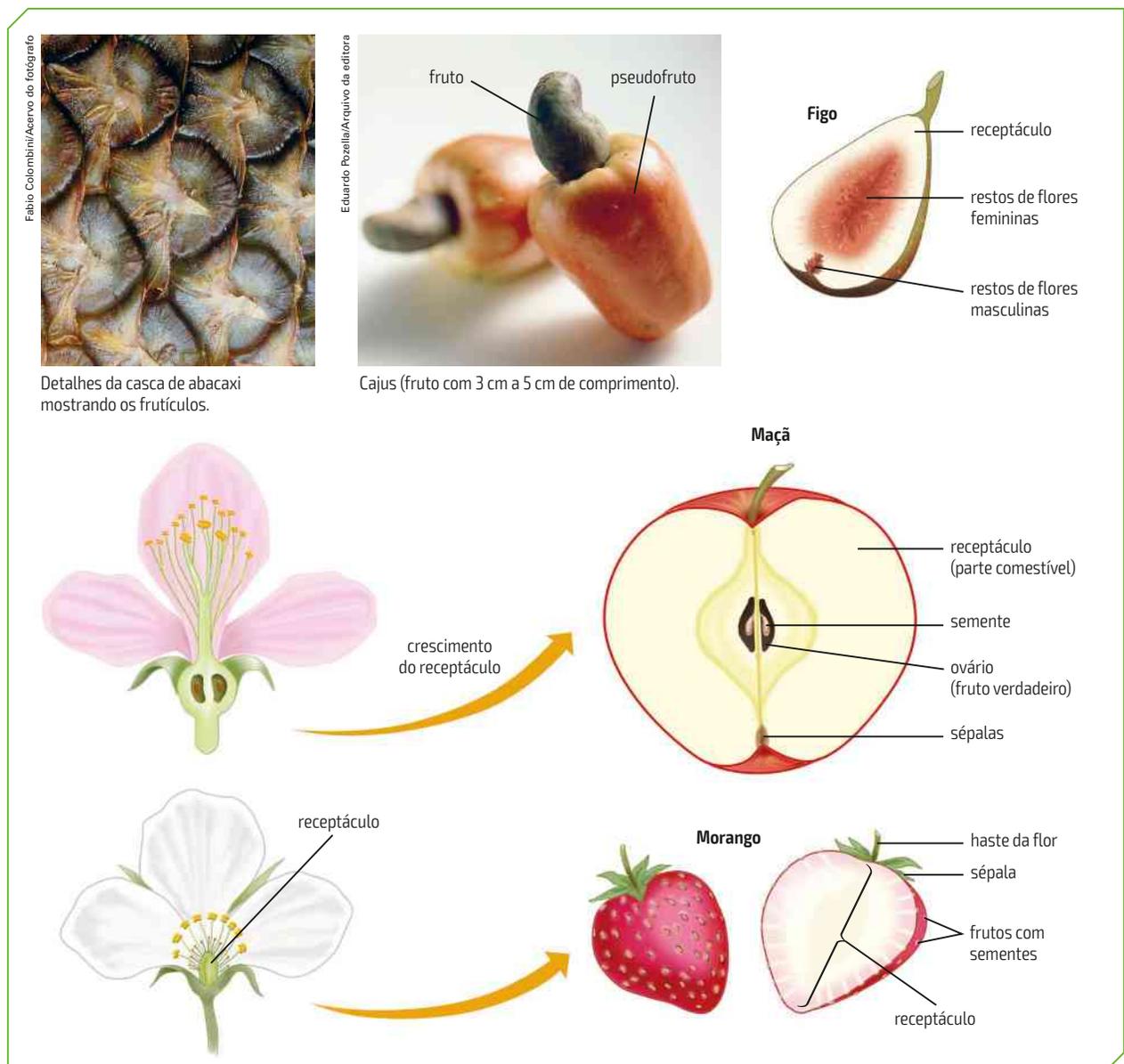
**Figura 7.20** Partes de alguns frutos: laranja, abacate e tomate. (Os frutos não estão em proporção.)

Às vezes, o ovário se desenvolve sem ser fecundado, como na bananeira (a planta reproduz-se assexuadamente, sem produzir semente). Outras vezes, uma mutação produz fruto sem semente, e a planta é perpetuada artificialmente pelo ser humano por meio de enxertos, como no caso da laranja-da-baía. Esses frutos sem semente são chamados partenocárpicos (do grego *parthenos* = virgem; *karpos* = fruto).

O termo “fruta” indica as partes comestíveis que vieram da flor e que nem sempre se desenvolvem do ovário. Quando se originam de outras partes da flor, são chamadas **pseudofrutos** (figura 7.21). Na laranja, o que se come são os pelos suculentos do endocarpo. No caju, a parte suculenta desenvolve-se do pedúnculo de uma única flor (pseudofruto simples); o fruto propriamente dito é a castanha. Na maçã e na pera, também pseudofrutos simples, o fruto é a parte central endurecida, que envolve as sementes; a parte carnosa vem do receptáculo. No morango, os frutos são os pequenos pontos espalhados pela parte vermelha; o pseudofruto desenvolve-se do receptáculo de flor com diversos ovários (pseudofruto composto ou agregado).

No figo e no abacaxi, a parte comestível desenvolve-se do receptáculo e de outras peças florais reunidas em inflorescências; eles são chamados **infrutescências**. No figo, os frutos são as estruturas chamadas popularmente de “sementes”, que ficam em seu interior. No abacaxi, cada escama da casca é um pequeno fruto (frutículo) que se uniu aos outros frutos, formando uma infrutescência.

O chuchu, a abóbora, o pepino, a berinjela, o tomate, o jiló, a abobrinha, um grão de milho ou de arroz e a vagem do feijão, entre outros, são frutos verdadeiros, pois se originam do desenvolvimento do ovário da flor, mas não costumam ser chamados pelo termo popular “fruta”.



**Figura 7.21** Pseudofrutos: sua parte carnosa e comestível não é originada do desenvolvimento do ovário. (Os elementos da ilustração não estão na mesma escala; cores fantasia.)

1. Você já sabe que uma alimentação equilibrada é importante para a manutenção da saúde e que alimentos de origem vegetal não podem faltar nas refeições. Então, que tal almoçar uma salada feita com alface, tomates, pimentões e pepinos, cebola e azeite de oliva? O prato principal pode ser composto de legumes cozidos, como cenoura ou beterraba, e uma carne, como o frango, acompanhados de creme de milho ou purê de batatas... Ou você prefere peixe e um pirão à base de farinha de mandioca? Para beber, você pode escolher entre um suco de laranja ou caju, e, como sobremesa, optar por mamão, doce de batata-doce ou compota de figos.

Após alimentar o corpo, alimente seus conhecimentos de botânica, identificando quais dos alimentos mencionados correspondem a:

- raízes;
- caules;
- folhas;
- frutos e pseudofrutos.

Se necessário, faça uma pequena pesquisa na internet para identificar os alimentos.

2. Os vasos condutores de seiva de uma planta podem ser comparados funcionalmente a que sistema do corpo humano? Justifique sua resposta.
3. Durante uma atividade prática de Biologia na mata, um estudante desobedeceu ao professor e tocou em uma planta que ele não conhecia. A planta era uma urtiga e a pele de suas mãos logo ficou muito vermelha e irritada.
- Que estruturas especializadas da planta foram responsáveis por esse efeito?
  - Em que tecido vegetal essas estruturas estão localizadas?
4. Diferentemente da maioria das plantas, as orquídeas têm raízes com células clorofiladas. Por que isso é possível e que vantagem isso traz para a orquídea?
5. Reveja, na **figura 7.4**, a ilustração e a foto de uma folha em corte e ampliada. Por que é vantajoso, para a realização das funções da folha, que ela não seja muito espessa?

6. Explique a diferença entre o termo **fruto**, usado em Biologia, e o termo popular **fruta**.

7. Você conhece algumas das explicações que a ciência dá para vários fenômenos da natureza. Mas há vários outros tipos de explicação. As fábulas e as mitologias, por exemplo, também explicam fenômenos, mas de uma maneira diferente da ciência. Elas nos lembram de valores importantes e podem nos ajudar a tomar certas decisões. Veja um exemplo.

### O mito tupi da mandioca

*Conta-se que um dia certo cacique ganhou uma linda netinha. Sua pele era branca como a nuvem mais branca. Mandi era seu nome. Todos ficaram intrigados e amedrontados quando viram a cor da pele de Mandi. Eles comparavam assustados o castanho-dourado de suas peles com a alvura da linda menina. E passaram a acreditar que se tratava de um triste presságio!*

*Sem meias-palavras, pediram ao cacique que desse um fim à menina. Mas, cheio de amor e compaixão, ele foi adiando tal crueldade dia após dia. Certa noite, em silêncio, ainda de madrugada, foi ao rio, levando sua netinha. Lavou-a cuidadosamente.*

*No dia seguinte, reuniu toda a tribo e afirmou firmemente que os espíritos haviam recomendado que Mandi ficasse entre eles, sendo bem tratada.*

*Mandi foi crescendo com tanta graça que todos esqueceram o mau presságio e foram cativados por ela. O cacique estava orgulhoso e feliz.*

*No entanto, inesperadamente, Mandi morreu. Os pais, sabendo quanto o avô-cacique a amava, a enterraram em sua maloca. Mas o cacique, inconsolável, fechou-se em sua dor e nada fazia senão chorar.*

*Tantas e tantas foram as lágrimas que do solo brotou uma plantinha. Um dia, a terra se abriu para deixar à mostra as belas raízes da planta, nascida do pranto do avô.*

*Os índios, respeitosos, colheram as raízes e logo viram que eram branquíssimas — como a pele de Mandi. E, ao comê-las, perceberam que eram deliciosas! Foi assim que aquelas raízes se tornaram o principal alimento dos índios tupis. Deram a elas o nome mandioca, que em tupi significa ‘corpo de Mandi’.*

BOFF, Leonardo. *Saber cuidar: ética do humano; compaixão pela terra*. Petrópolis: Vozes, 1999. p. 59-60. (Texto adaptado.)

- Para você, qual é a moral dessa história?
- Quais fatos da natureza são explicados pela história?

8. (Enem) Alunos de uma escola no Rio de Janeiro são convidados a participar de uma excursão ao Parque Nacional de Jurubatiba. Antes do passeio, eles leem o trecho de uma reportagem publicada em uma revista:

*Jurubatiba será o primeiro parque nacional [totalmente] em área de restinga, num braço de areia com 31 quilômetros de extensão, formado entre o mar e dezoito lagoas. Numa área de 14 000 hectares, ali vivem jacarés, capivaras, lontras, tamanduás-mirins, além de milhares de aves e de peixes de água doce e salgada. Os peixes de água salgada, na época das cheias, passam para as lagoas, onde encontram abrigo, voltando ao mar na cheia seguinte. Nos terrenos mais baixos, próximos aos lençóis freáticos, as plantas têm água suficiente para aguentar longas secas. Já nas áreas planas, os cactos são um dos poucos vegetais que proliferam, pintando o areal com um verde pálido.*

Depois de ler o texto, os alunos podem supor que, em Jurubatiba, os vegetais que sobrevivem nas áreas planas têm características tais como:

- a) quantidade considerável de folhas, para aumentar a área de contato com a umidade do ar nos dias chuvosos.
  - b) redução na velocidade da fotossíntese e realização ininterrupta desse processo, durante as 24 horas.
  - c) caules e folhas cobertos por espessas cutículas que impedem o ressecamento e a conseqüente perda de água.
  - d) redução do calibre dos vasos que conduzem a água e os minerais da raiz aos centros produtores do vegetal para evitar perdas.
  - e) crescimento sob a copa de árvores frondosas, que impede o ressecamento e conseqüente perda de água.
9. (Unemat-MT) As angiospermas são as plantas com maior número de espécies e de indivíduos que ocupam o maior número de *habitat*. Assinale a alternativa que apresenta as características exclusivas desse grupo de plantas.
- a) Plantas avasculares sem sementes e sem frutos; como exemplo podemos citar os musgos e as hepáticas.
  - b) Plantas vasculares com presença de flor, fruto e semente, como exemplo, podemos citar as árvores frutíferas e capins.
  - c) Plantas vasculares com sementes, porém sem frutos, como exemplo, podemos citar os pinheiros e os ciprestes.

- d) Plantas vasculares sem sementes e sem frutos, como exemplo, podemos citar as samambaias e as avenas.
- e) São todas as plantas que não apresentam flores.

10. (UFG-GO) A conquista de diferentes ambientes pelos seres vivos depende de processos evolutivos que, muitas vezes, resultam na modificação de órgãos para adaptação à nova condição ambiental. Nesse aspecto, as brácteas coloridas e os espinhos são adaptações foliares que visam, respectivamente:
- a) nutrir a planta e realizar a fotossíntese.
  - b) atrair polinizadores e fornecer proteção.
  - c) dispersar as sementes e nutrir a planta.
  - d) economizar água e realizar fotossíntese.
  - e) proteger contra insolação e realizar transpiração.
11. (IFSP) As angiospermas são vegetais que podem apresentar diferentes tipos de raízes que se relacionam, entre outras funções, às diferentes condições ecológicas, conforme as apresentadas na tabela a seguir.

Tipo de raiz	Características
Pivotante	Raiz subterrânea, com eixo principal profundo e ramificações que garantem a fixação da planta no solo.
Tabular	Raiz suporte, em que os ramos radiculares se fundem com o caule, sendo importantes na fixação da planta.
Estrangulante	Raiz de plantas aéreas, que cresce em direção ao solo e pode envolver o tronco da planta hospedeira, comprometendo a circulação da seiva.
Pneumatófora	Raiz aérea, dotada de pequenos orifícios (pneumatódios) para processar a aeração do vegetal.
Tuberosa	Raiz especial, que atua como órgão de reserva vegetal.

Considerando-se que um manguezal é um ecossistema típico de região litorânea, com alta concentração de matéria orgânica, baixa concentração de oxigênio, alta umidade e salinidade, espera-se que a vegetação local apresente adaptações de raízes do tipo:

- a) tabular.
- b) estrangulante.
- c) tuberosa.
- d) pneumatófora.
- e) pivotante.

12. (PUC-PR) A organização do corpo dos vegetais é bem diferente da dos animais. A maior parte das diferenças deve ser interpretada como adaptação ao modo autotrófico de vida que caracteriza os vegetais, em oposição ao modo heterotrófico dos animais. Assim, podemos afirmar:

- a) As células vegetais são formadas por parede espessa, que dão resistência e sustentação às diferentes partes da planta, constituindo os chamados tecidos de sustentação, representados pelos vasos condutores de seiva.
- X b) Revestindo os vegetais, há estruturas que fornecem proteção mecânica e, nas plantas terrestres, evitam a desidratação, como a epiderme (nas folhas e nas partes jovens do caule e da raiz) e o súber (nas células mais velhas do caule e da raiz).
- c) As briófitas, as pteridófitas, as gimnospermas e as angiospermas desenvolveram um sistema de transporte de seiva bruta e elaborada por meio de tecidos condutores de seiva, representados pelos vasos lenhosos e liberianos.
- d) A água e o gás carbônico usado na fotossíntese para produzir glicídios e outros compostos orgânicos são distribuídos para todo o corpo da planta pelos vasos liberianos.
- e) Há tecidos que fabricam diversas substâncias úteis à planta, como o néctar que atrai aves e insetos polinizadores, favorecendo a fecundação cruzada entre os indivíduos vegetais e permitindo a manutenção do padrão genético da espécie, sem provocar alterações fenotípicas.

### Trabalho em equipe

Em grupo, escolham um dos temas a seguir para pesquisar. Depois, façam uma apresentação, com fotos ou vídeos, para a comunidade escolar.

Informem-se também se na região em que vocês moram existe alguma instituição educacional ou de pesquisa que trabalhe com elementos da flora brasileira, ou que mantenha uma exposição sobre o assunto, e verifiquem se é possível visitar o local. Como opção, podem ser pesquisados na internet *sites* dessas instituições, se houver uma exposição virtual.

- a) Plantas tóxicas encontradas no Brasil.
- b) Exemplos de medicamentos extraídos de plantas. Por que é importante estudar o uso medicinal de certas plantas e preservar os ambientes naturais?
- c) Com o apoio dos professores de Biologia, História, Geografia, Literatura e Arte, façam uma pesquisa

sobre o pau-brasil: verifiquem seu nome científico; sua utilização pelo ser humano e a história de sua exploração; a relação entre a exploração do pau-brasil e a mata Atlântica; o que foi, na literatura, o Manifesto Pau-Brasil, etc.

#### Fique de olho!

As fotos ou vídeos podem ser produzidos com aparelhos de telefone celular; as apresentações podem ser veiculadas também pela internet. Se possível, agendem a visita de um botânico para conversar com a turma sobre seu trabalho, buscando saber como é o cotidiano de sua profissão, perguntando sobre aspectos positivos e negativos do trabalho.

### Atividade prática

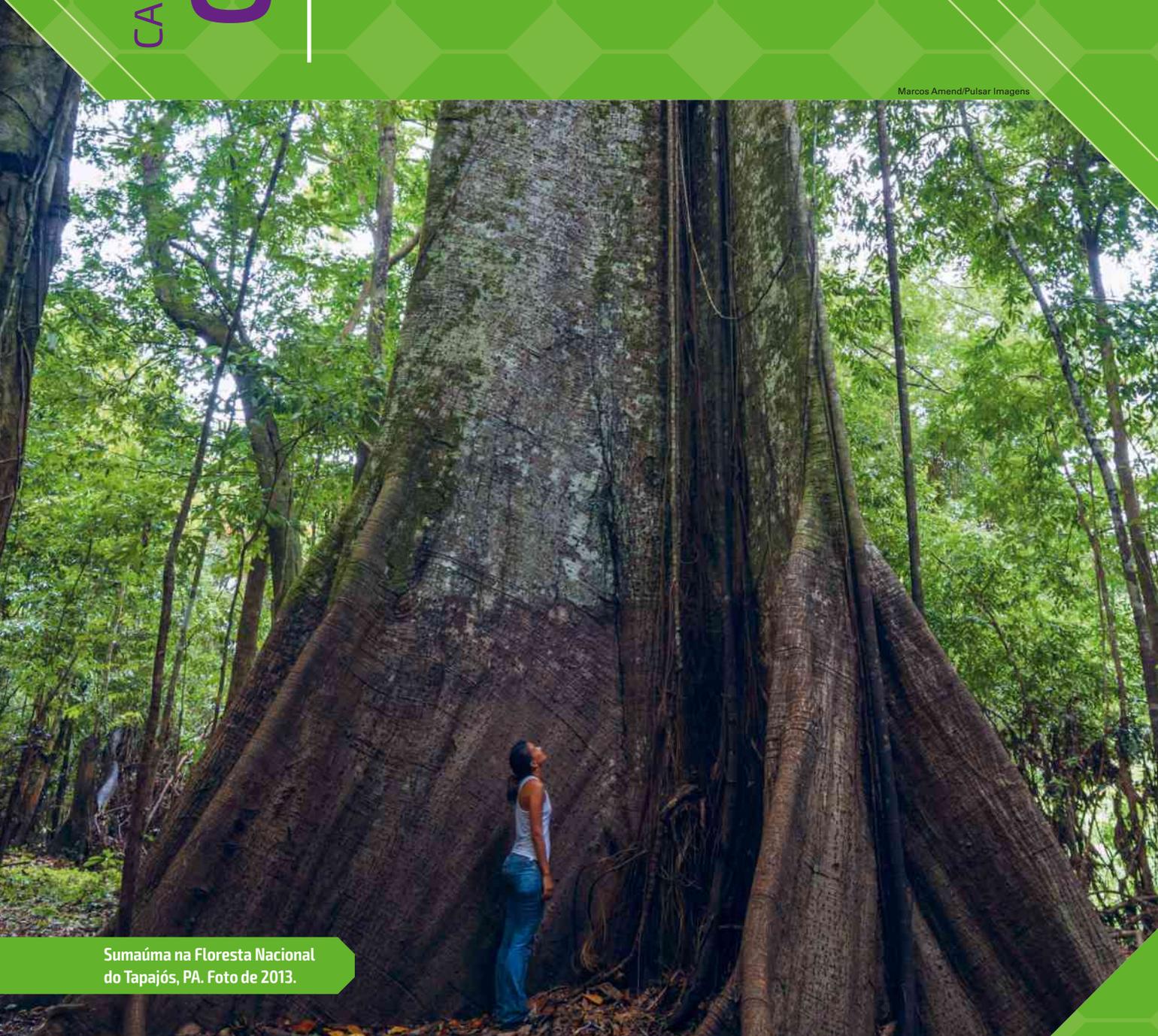
Em grupo, façam o que se pede. Vocês vão precisar de:

- copinhos de plástico;
- algodão;
- etiquetas adesivas;
- grãos de feijão;
- grãos integrais de arroz, grama, alpiste, trigo e aveia (os grãos devem estar com a casca para germinar; podem ser adquiridos em casas de produtos agrícolas).

Coloquem algodão nos copinhos mais ou menos até a metade da altura. Em cada copinho, depositem três sementes do mesmo tipo. Coloquem uma etiqueta de identificação e anotem também a data.

Em seguida, acrescentem um pouco de água a cada copo, o suficiente para umedecer bem o algodão. Diariamente, verifiquem se o algodão está úmido e, se necessário, coloquem mais água, sem encharcar. Por cerca de 30 dias, observem os copinhos e anotem o que está ocorrendo: façam esquemas registrando as mudanças de aparência das sementes e das plantinhas que germinarem.

Acrescentem ainda as seguintes informações: a semente observada é de planta monocotiledônea ou eudicotiledônea (dicotiledônea)? Pesquisem também que produtos são derivados das sementes utilizadas.



Sumaúma na Floresta Nacional do Tapajós, PA. Foto de 2013.

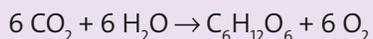
A árvore retratada na foto é a sumaúma (*Ceiba pentandra*), também conhecida popularmente como mafumeira. Ela ocorre em toda a bacia Amazônica, sendo mais comum ao longo das várzeas de água branca e na terra firme adjacente aos rios Solimões, Madeira, Purus e Juruá. Essa árvore tem crescimento rápido, atingindo até 40 metros de altura quando cresce sobre terra firme. A seiva da sumaúma é usada pelas comunidades tradicionais para diversos fins. Na indústria, suas sementes são usadas para a extração de óleos.

- ◆ Como você imagina que a água e os nutrientes circulam por toda a planta, mesmo em árvores de grande porte, como a sumaúma?
- ◆ Qual a importância das folhas para a troca dos gases usados na respiração e na fotossíntese?
- ◆ Será que as plantas apresentam movimentos?



## 1 Nutrição

No Volume 1 desta coleção, aprendemos que os carboidratos sintetizados na fotossíntese (veja abaixo a equação que resume esse processo), em conjunto com os minerais absorvidos do solo, podem ser transformados em outros compostos orgânicos, usados no crescimento ou como fonte de energia para as células da planta.



Algumas plantas, além de realizar a fotossíntese, complementam sua nutrição de modo bem peculiar. É o caso das plantas carnívoras, que capturam pequenos animais e os digerem com enzimas digestivas. São frequentemente chamadas de plantas insetívoras, mas podem capturar também outros invertebrados – como pequenas aranhas e animais aquáticos microscópicos.

Veja alguns exemplos de plantas carnívoras na **figura 8.1**. A dioneia ou papa-moscas possui folhas (de 5 cm a 16 cm de comprimento) que se fecham

Fotos: Fabio Colombini/Acervo do fotógrafo



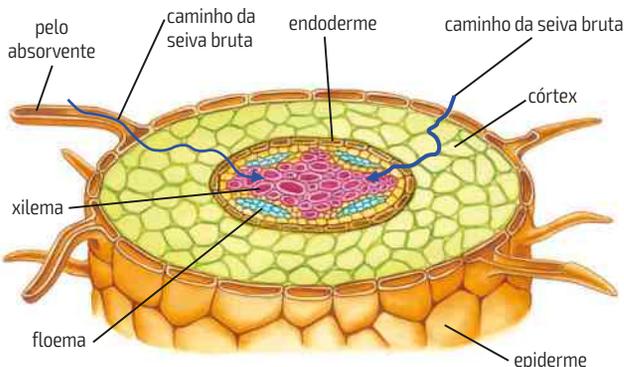
**Figura 8.1** Plantas carnívoras: dioneia (A) e drósera (B). (Veja os tamanhos aproximados no texto.)

automaticamente quando algo toca os pequenos pelos em seu interior. A drósera tem folhas (com cerca de 2 cm de comprimento) com pelos que produzem uma substância pegajosa: o inseto fica preso e os pelos se fecham lentamente sobre ele.

## 2 Transporte de água e minerais

Nas plantas terrestres, os minerais e a água são absorvidos do solo pelas raízes e transportados pelos vasos lenhosos até as folhas, nas quais é realizada a fotossíntese. Saindo das folhas, a seiva produzida pela planta é distribuída para todo o corpo do vegetal através dos vasos liberianos.

A absorção de água e minerais ocorre, principalmente, na região dos pelos absorventes, nas raízes (**figura 8.2**). As células da epiderme, do córtex e da endoderme absorvem os minerais por transporte ativo, à custa da energia da respiração, e acumulam em seu interior concentração de íons muito maior que a do solo. Com isso, essas células ficam hipertônicas em relação ao solo, ou seja, sua pressão osmótica aumenta. Assim, a água entra nelas por osmose. Conforme estudamos no Volume 1 desta coleção, a osmose influencia vários fenômenos biológicos, além da absorção de água pelas raízes. A Química também estuda a osmose quando analisa propriedades coligativas.



Ingeborg Asbach/Arquivo da editora

**Figura 8.2** Caminho da água e da seiva bruta até o xilema (ilustração baseada em imagem observada ao microscópio de luz; cores fantasia).

## Teoria da transpiração-coesão-tensão

As células do parênquima próximo aos vasos lenhosos bombeiam os minerais para o interior dos vasos e levam também água por osmose. Isso gera uma **pressão de raiz** ou **pressão positiva de raiz**, que empurra a seiva para cima.

A pressão de raiz não é forte o bastante para levar a seiva até o topo das árvores altas, e muitos vegetais não desenvolvem significativa pressão de raiz. Assim, o principal fenômeno responsável pela subida da seiva é a transpiração. A teoria que explica essa subida é a **teoria da transpiração-coesão-tensão** ou da **coesão-tensão**, também chamada **teoria de Dixon** (formulada pelo botânico irlandês Henry Dixon, 1869-1953).

A epiderme da folha é revestida por cutícula, o que dificulta a perda de água por evaporação. Embora a cutícula proteja o organismo da desidratação em meio terrestre, ela dificulta também a entrada do gás carbônico necessário à fotossíntese. Os estômatos permitem a entrada desse gás, com perda controlada de água (**figura 8.3**). Quando a eliminação de água é muito grande, a planta de ameaçar a planta de desidratação, eles se fecham.

Power and Sygma/Science Photo Library/Latinstock

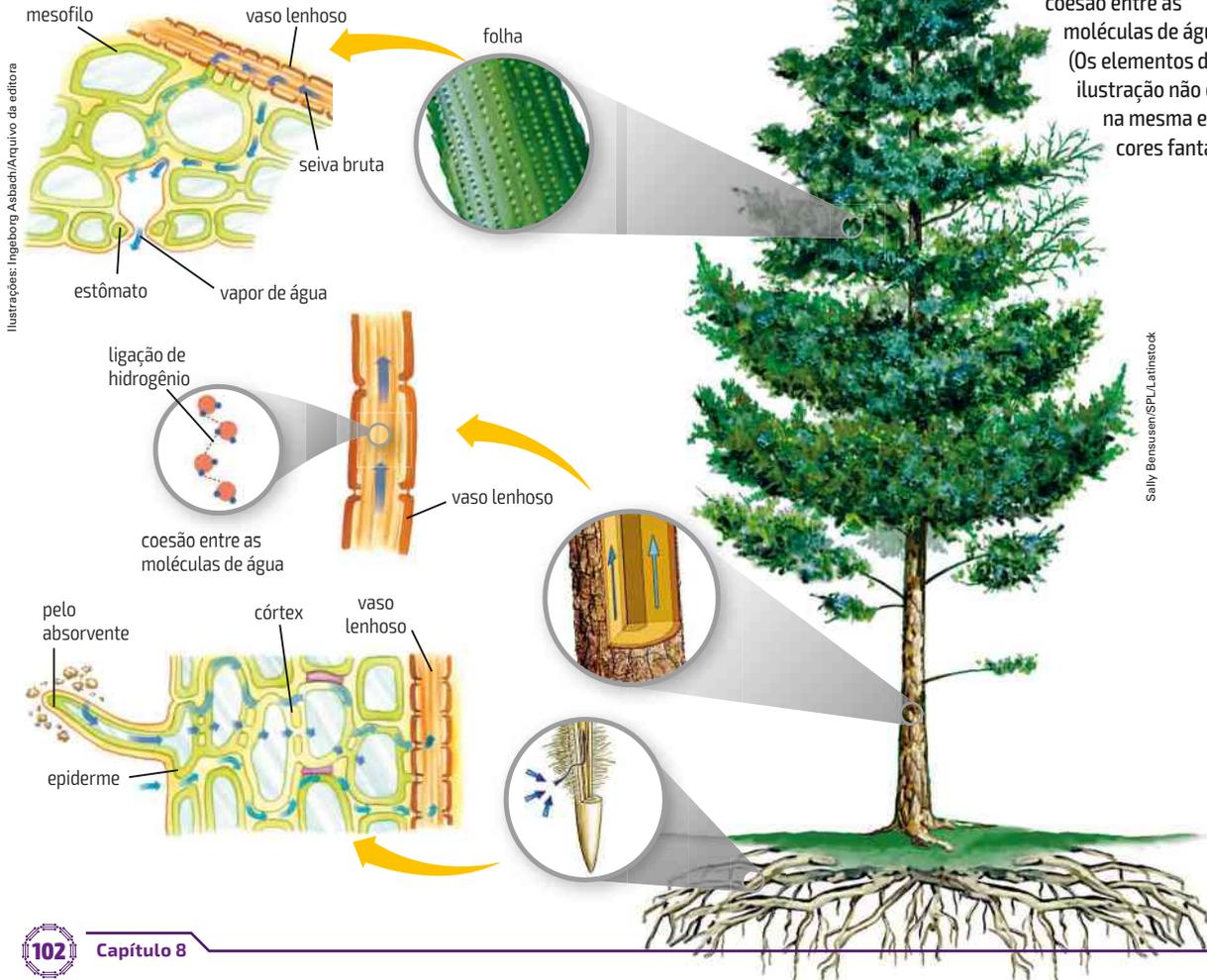


Clement Philippe/Alamy/Latinstock

**Figura 8.3** Os estômatos podem ser encontrados na face abaxial (de baixo) das folhas da maioria das plantas. No detalhe, foto de estômato fechado (microscópio eletrônico; aumento de 700 vezes; imagem colorizada por computador).

À medida que as células do mesofilo perdem água, sua pressão osmótica cresce, ou seja, aumenta a concentração de soluto. Assim, as células passam a absorver água dos vasos lenhosos nas nervuras das folhas. Desse modo, a água passa do xilema para o mesofilo e deste para o ambiente através dos estômatos. Esse processo é a transpiração (**figura 8.4**) e, por meio dele, a água é puxada para cima pela extremidade superior do xilema.

**Figura 8.4** A tensão provocada pela transpiração da água na folha é transmitida por toda a seiva bruta por causa da coesão entre as moléculas de água. (Os elementos da ilustração não estão na mesma escala; cores fantasia.)



Ilustrações: Ingeborg Asbach/Arquivo da editora

Selly Bemsusen/SPL/Latinstock

As moléculas de água podem ligar-se umas às outras por **ligações de hidrogênio**: um átomo de hidrogênio de uma molécula é atraído pelo átomo de oxigênio de outra molécula. Com essas ligações, forma-se uma rede tridimensional de moléculas. Por causa da coesão dessa rede, a sucção provocada pela transpiração no alto do vaso lenhoso é transmitida por toda a coluna líquida até a raiz (figura 8.4). Isso impede que a coluna líquida se rompa, o que faria cessar a subida da seiva.

A ligação de hidrogênio, estudada com mais detalhes em Química, ocorre quando moléculas com átomo de hidrogênio ligado a elementos eletronegativos (nitrogênio, oxigênio, etc.) se aproximam de outra molécula com elementos eletronegativos. Esse tipo de ligação permite uma adesão entre as moléculas de água e a parede dos vasos lenhosos, o que impede a descida da coluna de água pela ação da gravidade.

## Os estômatos e o controle da transpiração

Quando a planta está com suprimento ideal de água, os estômatos ficam abertos, permitindo a entrada de gás carbônico e a transpiração. Mas a chegada de gás carbônico e água ao parênquima clorofiliano é vantajosa se a planta estiver iluminada, uma vez que, sem energia luminosa, não ocorre fotossíntese. Assim, os estômatos em geral ficam abertos quando há luz e boa disponibilidade de água; e se fecham caso a planta perca muita água, ou quando não há luz.

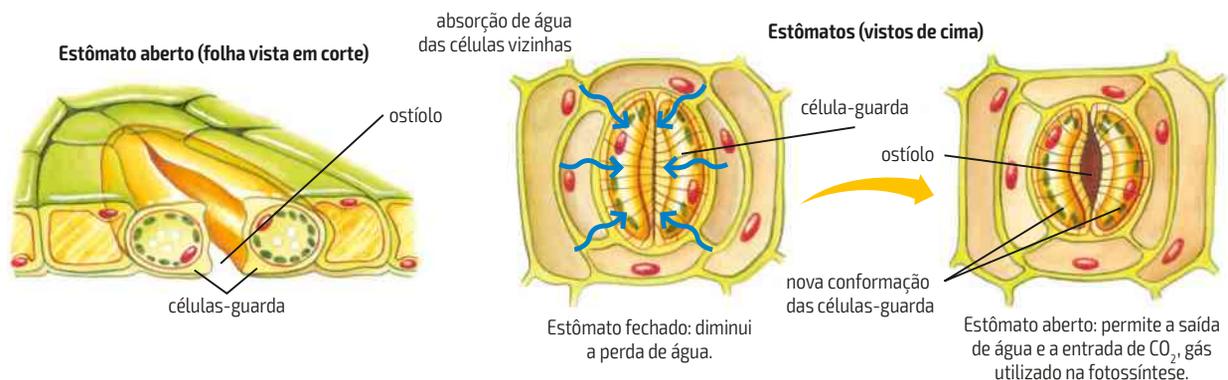
Já descrevemos a estrutura do estômato no capítulo anterior; agora vamos entender melhor como eles

funcionam. As células-guarda são capazes de absorver água das células vizinhas. Com a entrada de água, ocorre uma mudança da forma da célula que provoca a abertura do ostíolo. Como essas células estão presas pelas extremidades, esse aumento provoca sua curvatura. Ao perderem água, as células-guarda voltam ao volume normal e o ostíolo se fecha (figura 8.5).

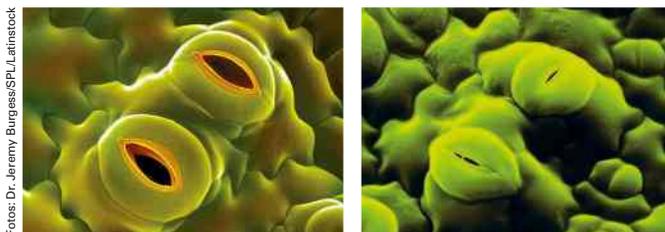
A absorção de água pelas células-guarda resulta da entrada de íons potássio através da membrana por transporte ativo. Quando a célula acumula potássio, sua pressão osmótica aumenta e, por osmose, ela absorve água das células vizinhas. Se o transporte ativo é interrompido, o potássio acumulado sai por difusão, a pressão osmótica diminui e a célula perde água.

Os fatores que estimulam a entrada e a saída de íons potássio – e consequentemente a abertura e o fechamento dos estômatos – são a luz, a concentração de gás carbônico e o grau de hidratação da planta. Veja como isso acontece:

- **Luz:** a energia luminosa estimula o transporte do íon potássio. Por isso, os estômatos normalmente estão abertos de dia e fechados à noite.
- **Gás carbônico:** a baixa concentração desse gás estimula o transporte ativo do íon potássio. Por isso, de dia, enquanto a planta realiza fotossíntese, o gás carbônico é consumido e sua concentração nas células diminui, estimulando a abertura dos estômatos. À noite não há fotossíntese, interrompendo o consumo de gás carbônico. Além disso, como a respiração celular continua, a concentração desse gás aumenta, o potássio sai das células-guarda, e isso leva ao fechamento dos estômatos.



Ilustrações: Ingeborg Astachi/Arquivo da editora



Fotos: Dr. Jeremy Burgess/SPL/latinstock

**Figura 8.5** Abertura e fechamento dos estômatos (os elementos da ilustração não estão na mesma escala; cores fantasia). Nas fotos, estômatos abertos e fechados (imagens ao microscópio eletrônico; aumento de cerca de 700 vezes; colorizadas por computador).

- **Água:** quando perdem água, as células do parênquima clorofiliano secretam o hormônio **ácido abscísico**, que inibe o transporte ativo do íon potássio, resultando no fechamento do estômato. O efeito desse hormônio supera os estímulos de abertura produzidos pela luz e pela baixa concentração de

gás carbônico. Desse modo, qualquer que seja a intensidade de luz e a concentração de gás carbônico, na iminência de desidratação, o estômato se fecha. Com os estômatos fechados, a perda de água é muito pequena, pois a transpiração ocorre apenas pela cutícula (transpiração cuticular).

## Biologia e ambiente



### Adaptações a regiões secas

A temperatura alta e o ar seco elevam a intensidade da transpiração, o que aumenta o risco de perda excessiva de água. Plantas de regiões secas e quentes, chamadas xerófitas, podem apresentar folhas pequenas e grossas em vez de folhas laminares. Nas folhas grossas, a superfície relativa de evaporação é menor em relação ao volume total de células. Nos cactos, as folhas estão transformadas em espinhos, o que reduz muito a perda de água (figura 8.6). Nesse caso, a fotossíntese passa a ser realizada pelo caule. Além disso, os espinhos protegem o vegetal suculento contra o ataque de animais.

Em algumas plantas xerófitas, os estômatos estão em depressões ou criptas da superfície da

folha, onde se acumula vapor de água e forma-se um microambiente úmido, o que diminui a transpiração. Além disso, o sistema de abertura e fechamento dos estômatos é mais rápido que em plantas de clima úmido. Nessas depressões, há também pelos epidérmicos, que ajudam a reter umidade.



Steve Allen/Stockbyte/Getty Images

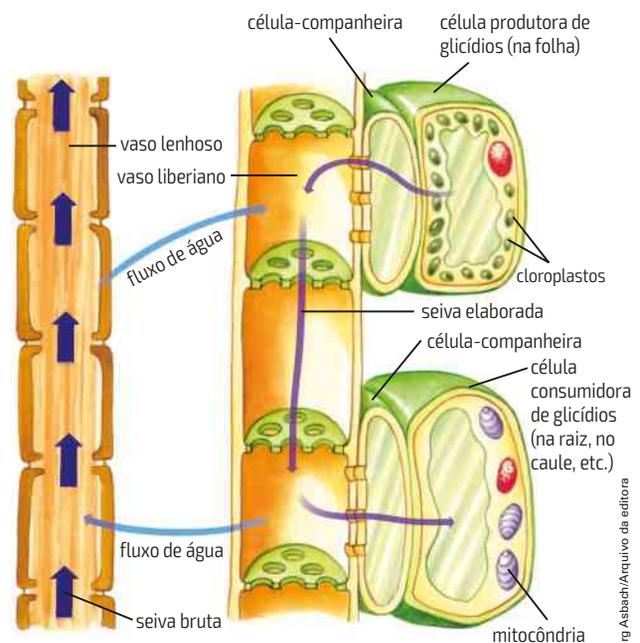
**Figura 8.6** Cactos (de um a vários metros de altura) no deserto do Atacama, Chile.

## 3 Transporte da seiva orgânica

A matéria orgânica produzida nas folhas (fonte produtora) deve ser distribuída para as partes da planta que não fazem fotossíntese (fonte consumidora: raiz, caule, flores e frutos). Esse transporte é realizado pelo floema.

Nas células das folhas forma-se a sacarose, que se difunde pelas células do parênquima clorofiliano até as imediações do floema. A sacarose é então absorvida por transporte ativo pelas células-companheiras dos vasos liberianos e daí passa para o interior da célula do vaso. Com a entrada da sacarose no floema, a pressão osmótica aumenta e as células absorvem água do xilema vizinho (figura 8.7).

A entrada de sacarose e de água no vaso da folha aumenta o volume de seiva dentro do vaso e a pressão da água. Observe que se trata da pressão de um líquido em um vaso, ou seja, de uma **pressão hidrostática**, estudada com mais detalhes em Física.



Ingeborg Asbach/Arquivo da editora

**Figura 8.7** Transporte de seiva elaborada. (Os elementos da ilustração não estão na mesma escala; as células são microscópicas; cores fantasia.)

Na outra extremidade do floema, onde está o órgão consumidor (um fruto ou uma raiz, por exemplo), as células-companheiras bombeiam a sacarose do vaso liberiano para as células do órgão consumidor. Com a saída da sacarose, a pressão osmótica da célula do vaso diminui e ela perde água para o órgão consumidor. Em consequência, a pressão hidrostática nessa região diminui. Assim, a seiva move-se da região onde a pressão hidrostática é mais alta para onde é menor.

Essa teoria para o movimento da seiva orgânica é conhecida como **teoria do fluxo de pressão** ou **teoria do fluxo em massa**, proposta em 1927 pelo botânico alemão Ernst Münch (1876-1946).

Como vimos no capítulo anterior, os vasos liberianos na maioria das eudicotiledôneas estão situados mais próximos à superfície do caule, na parte interna da casca. Se fizermos um corte em anel na casca (processo conhecido como **cintamento**; **figura 8.8**), o fluxo no floema é interrompido e a parte abaixo do corte deixa de receber seiva orgânica, o que



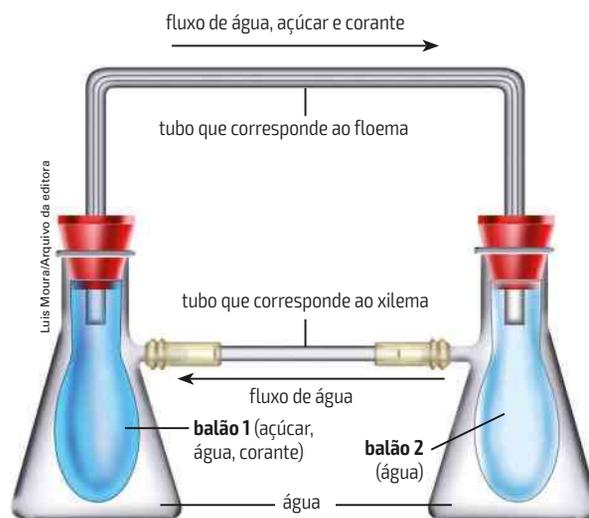
**Figura 8.8** Anel de Malpighi: após a remoção da casca, há um intumescimento da parte acima do corte, e as raízes acabam morrendo pela falta de seiva orgânica. (Os elementos da ilustração não estão na mesma escala; cores fantasia.)

provocará a morte de suas células por falta de nutrientes. Há também um intumescimento na parte acima do corte por causa do acúmulo de seiva orgânica, que parou de descer. Essa experiência, realizada pelo biólogo italiano Marcello Malpighi (1628-1694) em meados do século XVII, demonstra o papel do floema no transporte de seiva orgânica. Em homenagem ao cientista, a experiência foi chamada de **anel de Malpighi**.

A teoria do fluxo de pressão pode ser ilustrada por meio de um experimento (**figura 8.9**), usando dois balões com membranas semipermeáveis (que deixam passar a água, mas não o açúcar). O balão 1 contém açúcar dissolvido em água e um corante – esse balão corresponde às células da folha que produzem açúcar por fotossíntese. O balão 2 contém apenas água – corresponde às células consumidoras de açúcar, como as células da raiz.

Cada balão é mergulhado em um recipiente com água pura, e os balões e os recipientes são conectados por tubos de vidro. Por osmose, a água do recipiente começa a entrar no balão 1, o que gera um fluxo de água no tubo de vidro que corresponde ao floema da planta. Essa pressão de água (pressão hidrostática) arrasta as moléculas de sacarose do balão 1 para o 2. A água sai do balão 2 e volta para o recipiente onde está o balão 1 pelo tubo de vidro que corresponde ao xilema da planta.

No experimento, um equilíbrio nas concentrações dos dois balões acaba sendo atingido. Na planta, porém, o fluxo é mantido porque o açúcar continua sendo produzido nas células da folha e consumido nas células da raiz e em outras partes da planta.



**Figura 8.9** Experimento para explicar o transporte da seiva orgânica pelo floema (cores fantasia).

Os pulgões conseguem alimentar-se da seiva das árvores penetrando seu aparelho bucal sugador nos vasos liberianos da planta. Por causa da pressão do líquido, uma parte da seiva é eliminada pelo ânus do pulgão (figura 8.10). Estudando esse líquido, os cientistas puderam descobrir como é a composição da seiva em árvores vivas.



George D. Lepp/Corbis/Latinstock  
**Figura 8.10** Pulgão (cerca de 2 mm de comprimento) eliminando parte da seiva orgânica.

## 4 Hormônios vegetais ou fitormônios

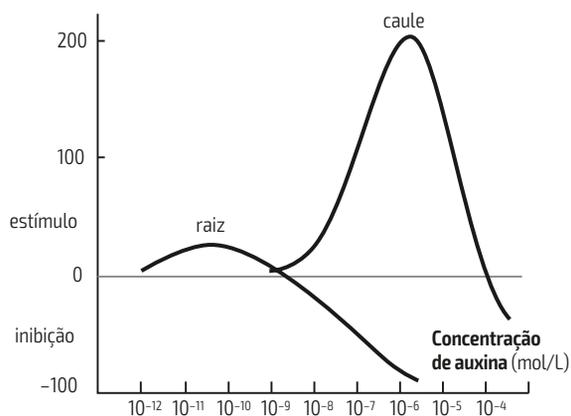
Apesar de não possuírem sistema nervoso, os vegetais são capazes de controlar seu desenvolvimento e crescimento, reagindo a estímulos ambientais, como luz, gravidade e contato. Essas atividades são comandadas pelos **hormônios vegetais** ou **fitormônios**, que são moléculas orgânicas pequenas e de fácil penetração na célula. Há cinco classes de hormônios vegetais, que veremos a seguir.

### Auxina

As **auxinas** (do grego *auxein* = crescimento) são hormônios produzidos pelas células meristemáticas, principalmente na ponta do caule. Existem vários tipos de auxina, mas o principal é o **ácido indolacético (AIA)**.

Nos caules e nas raízes jovens, a auxina estimula a produção de uma enzima que quebra as ligações entre os filamentos de celulose. Isso enfraquece a parede celular, e a célula expande-se por causa da pressão osmótica dos vacúolos. Dessa forma, caso esteja sob estímulo de uma concentração adequada de hormônio, a célula alonga-se mais durante o crescimento.

Raízes e caules reagem diferentemente ao mesmo hormônio: as concentrações ideais de auxina para o crescimento do caule e da raiz são diferentes. Concentrações ideais para o caule podem inibir o crescimento da raiz; concentrações de auxina acima do ideal inibem o crescimento tanto do caule quanto da raiz (figura 8.11).



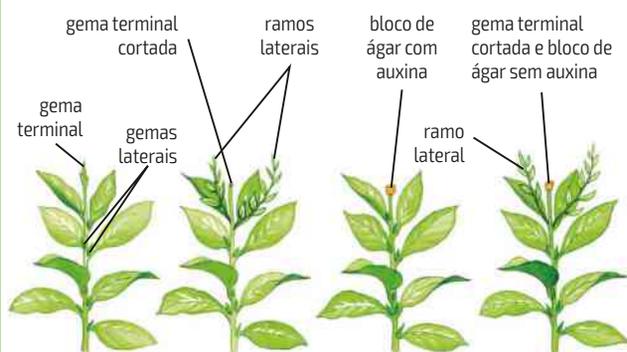
Banco de Imagens/Arquivo da editora

**Figura 8.11** Observe que a concentração ótima de auxina para o crescimento da raiz é inferior à concentração ótima para o crescimento do caule. A raiz é mais sensível ao AIA que o caule. Além disso, a dose ótima para o crescimento do caule é inibitória para o crescimento da raiz.

Além de provocar o alongamento do caule e da raiz, a auxina tem outros efeitos no desenvolvimento da planta, entre eles estimular o desenvolvimento dos frutos. Com base nisso, é possível obter frutos em flores não polinizadas (frutos partenocárpico) com a aplicação de auxinas artificiais.

A auxina produzida pela gema do ápice da planta desce e inibe o crescimento das gemas laterais, que ficam em dormência. Esse fenômeno se chama **dominância apical** (figura 8.12). À medida que a planta cresce, a gema apical se afasta das gemas laterais e a inibição é reduzida até que as gemas laterais mais distantes comecem a se desenvolver.

Se a gema apical for retirada, as outras se desenvolvem até que a mais alta comece a inibir as demais.



Ingeborg Asbach/Arquivo da editora

**Figura 8.12** Experiência para demonstrar o papel da auxina na dominância apical. Nas plantas com gema terminal ou com auxina colocada na ponta do caule (em blocos de agar, substância gelatinosa usada em meios de cultura de bactérias), as gemas laterais não crescem. Nas plantas sem gema terminal e sem a adição de auxina, desenvolvem-se ramos laterais. O bloco de agar sem auxina funciona como controle: ele mostra que o agar não é responsável pela inibição dos ramos laterais. (Os elementos da ilustração não estão na mesma escala; cores fantasia.)

Essa propriedade é usada na **poda de produção**: a remoção da gema apical aumenta o número de ramos e de flores e frutos da planta.

As auxinas estimulam ainda a formação de raízes adventícias (raízes que surgem em folhas e caules) e a diferenciação celular do câmbio em vasos condutores de seiva. Essa propriedade é usada em horticultura com o intuito de fazer crescer novas plantas em pedaços de caule mantidos em solução com auxina.

## Citocinina

As **citocininas** (do grego *kytos* = célula; *kineim* = movimento), substâncias produzidas por tecidos em crescimento, são capazes de estimular a divisão celular (citocinese). Elas estimulam, por exemplo, o crescimento das gemas axilares ou laterais, mas o efeito final depende da concentração relativa de auxinas e citocininas: de forma geral, se a concentração de citocininas for maior, desenvolvem-se brotos de caule; caso contrário, desenvolvem-se raízes. Essas substâncias também agem na germinação da semente (estimulando mitoses) e retardam o envelhecimento (senescência) das folhas.

## Giberelina

As **giberelinas** são hormônios produzidos principalmente pelas raízes e folhas jovens. Elas estimulam com grande intensidade e rapidez o crescimento de caules e folhas, mas não têm muito efeito no desenvolvimento das raízes. O nome vem de um fungo do gênero *Gibberella*, que contaminava plantações de arroz na Ásia. O arroz atacado crescia muito, e o caule tombava antes de florescer. Descobriu-se que esse crescimento anormal resultava de uma dose excessiva do hormônio proveniente do fungo. Promovem ainda a germinação da semente, na qual estão em alta concentração, principalmente no embrião.

As giberelinas e as auxinas promovem o desenvolvimento dos frutos. Por isso são utilizadas comercialmente para aumentar o tamanho de alguns frutos sem sementes, que se formam sem fecundação (partenocárpico).

## Ácido abscísico

O **ácido abscísico** recebeu este nome quando se acreditava que ele estimulava a abscisão (do latim *abscisione* = corte), ou seja, a queda de folhas, flores e frutos. Hoje, no entanto, se sabe que essa função está relacionada a outro hormônio, como

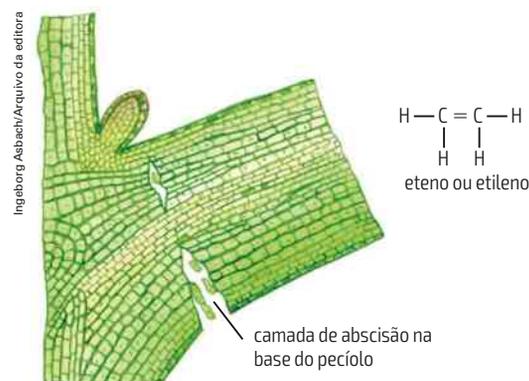
veremos mais adiante. Por sua vez, o ácido abscísico inibe o crescimento das gemas e o desenvolvimento da semente no outono e no inverno, deixando-a no estado de dormência até a primavera, quando as condições são mais favoráveis. Esse hormônio também provoca o fechamento dos estômatos.

## Etileno

O **etileno** é uma substância gasosa e incolor produzida por vários órgãos vegetais, que se espalha pelos espaços intercelulares e está ligado à abscisão e ao amadurecimento dos frutos. Quanto mais maduras estiverem as células do fruto, maior a produção desse hormônio, que, ao espalhar-se pelo ar, estimula o amadurecimento de frutos vizinhos, provocando uma reação em cadeia.

A morte das células ou a queda das folhas e dos frutos no outono não significam um prejuízo para a planta. A perda das folhas no outono por parte das plantas decíduas é uma preparação para o inverno, e a queda do fruto libera a semente para germinação.

A queda das folhas resulta de dois fatores – diminuição da concentração da auxina e aumento da produção de etileno –, desencadeados pela queda de temperatura e pelo encurtamento dos dias no outono. Nessa época, as folhas perdem a clorofila e mudam de cor por causa de outros pigmentos, como carotenoides e antocianinas, responsáveis por tonalidades alaranjadas e avermelhadas. Essa queda é provocada por uma camada de células (**camada de abscisão**) que se forma na base do pecíolo. Os glicídios da parede celular dessa região são digeridos por enzimas e ela enfraquece, o que provoca a queda da folha pelo próprio peso ou pela ação do vento (**figura 8.13**).



**Figura 8.13** Representação da abscisão da folha provocada pelo etileno (as células são microscópicas; cores fantasia).



## Amadurecimento dos frutos

Há muito tempo as pessoas sabem que frutas como o mamão e a banana verdes embrulhadas em jornal amadurecem mais rápido. E sabem também que nas frutas maduras o teor de açúcar aumenta, a cor e o cheiro mudam e a textura fica mais macia.

Essas alterações são provocadas pelos hormônios vegetais. Nos casos relatados, um dos hormônios mais ativos é o gás etileno ( $C_2H_4$ ), liberado após uma reação química que ocorre dentro da planta.

Quando embrulhamos as frutas em jornal, o gás etileno liberado fica retido no espaço entre as frutas e o jornal. Sabendo disso, podemos compreender agora por que, para acelerar o amadurecimento, embrulhamos as frutas e, pa-

ra retardá-lo, devemos renovar o ar no local de transporte das frutas. Esse fato mostra que, às vezes, o conhecimento cotidiano se antecipa ao conhecimento científico – um tema discutido em Filosofia.

No início do século XIX, observou-se que o gás usado na iluminação pública das cidades causava a queda das folhas das árvores. A combustão de querosene ou serragem libera um pouco de etileno; por isso um fruto exposto à fumaça resultante dessa queima amadurece mais rapidamente. Mas é difícil aplicar o etileno no campo, já que se trata de um gás. Por isso se utiliza um derivado dele (obtido aplicando-se os conhecimentos de Química) dissolvido em água, que é absorvido pela planta.

## 5 Movimentos vegetais

Os vegetais são capazes de reagir a certos estímulos ambientais por meio de movimentos de partes do seu corpo. Entre esses movimentos, estão os **tropismos** (do grego *tropein* = desvio, mudança de direção) e as **nastias** ou **nastismos**.

Os tropismos correspondem a mudanças na direção do crescimento. Se a planta crescer no sentido do estímulo, o tropismo é positivo; se ela crescer se afastando do estímulo, é negativo.

### Fototropismo

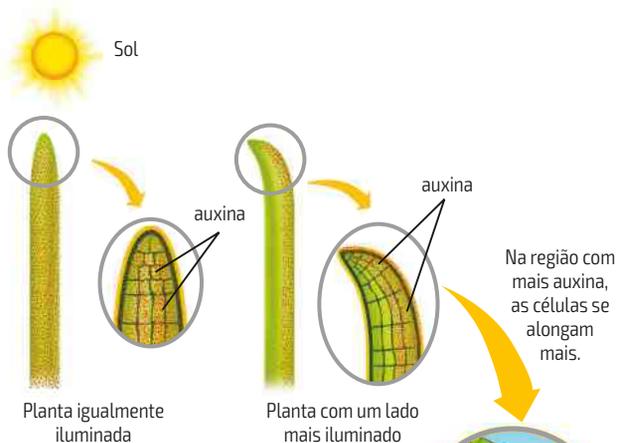
No fototropismo, o estímulo é a luz. Quando um vaso com uma planta é colocado na parte mais escura de uma sala, nota-se que a planta cresce em direção à região iluminada, ou seja, no sentido de onde vem a luz (figura 8.14). Para que a planta não fique torta, pode-se girar periodicamente o vaso.

Diversos estudos feitos por vários cientistas ao longo do tempo mostraram que a luz provoca mi-



**Figura 8.14** Fototropismo: a planta cresce em direção à luz da janela.

gração de auxina para o lado mais escuro e que a ponta do caule possui um pigmento fotorreceptor sensível à luz. A planta cresce em direção à luz porque o lado mais escuro fica com células maiores, o que provoca, mecanicamente, uma curvatura do caule para o lado de onde vem a luz (figura 8.15).



**Figura 8.15** Auxina e fototropismo: observe que a região que recebe menos luz fica com mais auxina, o que provoca o alongamento das células e a curvatura do caule. (Os elementos da ilustração não estão na mesma escala; cores fantasia.)

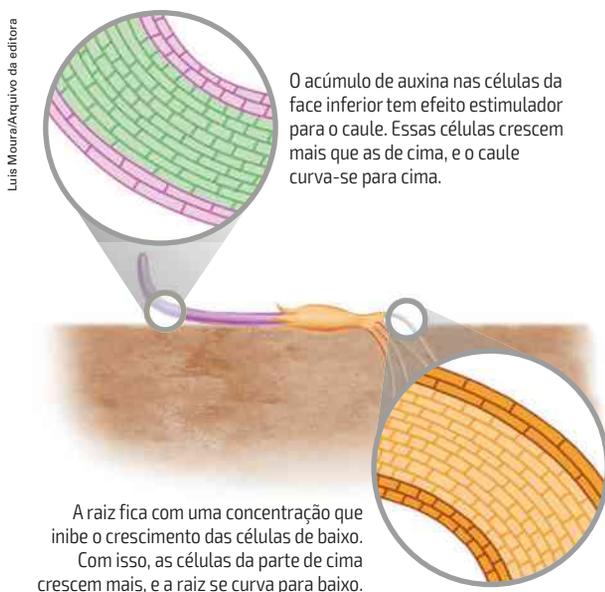


Ilustrações: Luísa Moura/Arquivo da editora

## Gravitropismo ou geotropismo

O estímulo é a gravidade. Quando uma semente germina, a raiz cresce para o interior da terra, e o caule, para fora do solo. Se uma semente germinada for colocada deitada, com o eixo caule-raiz na horizontal, alguns dias depois nota-se que o caule se curva para cima, e a raiz, para baixo. Como se trata do estímulo da gravidade, diz-se que a raiz possui gravitropismo positivo, e o caule, gravitropismo negativo, como mostra a **figura 8.16**.

O efeito se deve ao acúmulo de auxina na face inferior dos órgãos. Lembre-se que as células da raiz e do caule possuem sensibilidade diferente para determinada concentração de auxina. A raiz fica com uma concentração que inibe o crescimento das células de baixo. Com isso, as células da parte de cima crescem mais, e a raiz se curva para baixo. O acúmulo de hormônios nas células da face inferior tem efeito estimulador para o caule. Essas células crescem mais que as de cima, e o caule curva-se para cima.



**Figura 8.16** Gravitropismo na raiz e no caule. (Os elementos da ilustração não estão na mesma escala; as células são microscópicas; cores fantasia.)

## Nastias

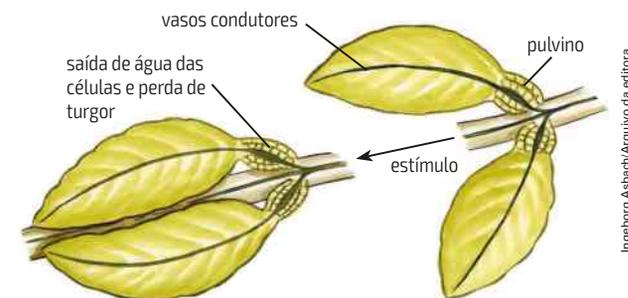
Correspondem a movimentos que não envolvem crescimento e não são orientados, ou seja, são sempre iguais, não importando a direção do estímulo.

Um exemplo ocorre na sensitiva (*Mimosa pudica*): quando tocada, seus folíolos se fecham, e as folhas inclinam-se. Esse movimento, chamado **sismonastia** (do grego *seismós* = abalo; *nastos* = apertado), é cau-

sado pela perda de água de pequenos órgãos (**pulvinos**) situados na base dos folíolos e da folha. Quando estão com suas células túrgidas, os pulvinos mantêm os folíolos abertos e as folhas levantadas. Com o toque, desencadeia-se um impulso elétrico que provoca a saída de íons potássio das células dos pulvinos, e elas perdem água por osmose (**figura 8.17**). Essa reação ocorre entre um e dois segundos, mas o retorno à posição normal leva cerca de dez minutos.

Uma hipótese para a vantagem adaptativa dessa reação seria que o fechamento dos folíolos expõe os espinhos do caule, o que afasta os animais herbívoros. Ou é possível que esses animais se assustem com o brusco movimento da planta. Um vento forte também desencadeia o fenômeno. Nesse caso, o fechamento dos folíolos diminuiria a superfície de transpiração da planta. A evaporação aumenta quando venta, o que poderia levar à desidratação da planta.

O fechamento da folha da dioneia (planta carnívora descrita no início do capítulo) também é uma resposta ao estímulo de contato: o pouso de um inseto, por exemplo. Apesar de mais rápido, o mecanismo é idêntico ao da sensitiva, dependendo de um impulso elétrico que provoque a perda de água de certas células da folha.



**Figura 8.17** Na ilustração, esquema da reação da folha da sensitiva ao toque (os elementos não estão em escala; cores fantasia). Nas fotos, sensitiva (altura da planta: de 15 cm a 45 cm) antes e depois do toque.

## 6 Fotoperiodismo

A duração do dia em relação à noite, em um período de 24 horas, recebe o nome de **fotoperíodo**. A reação da planta a essa duração é chamada de **fotoperiodismo**. A floração pode ser influenciada pelo fotoperíodo, que serve de indicador das estações do ano.

Algumas plantas florescem em qualquer estação (não dependem do fotoperíodo), de acordo com a sua maturação e outros fatores ambientais, como a disponibilidade de água e a temperatura; são as chamadas **plantas neutras** ou **indiferentes** (milho, feijão, algodão, tomate, girassol, etc.).

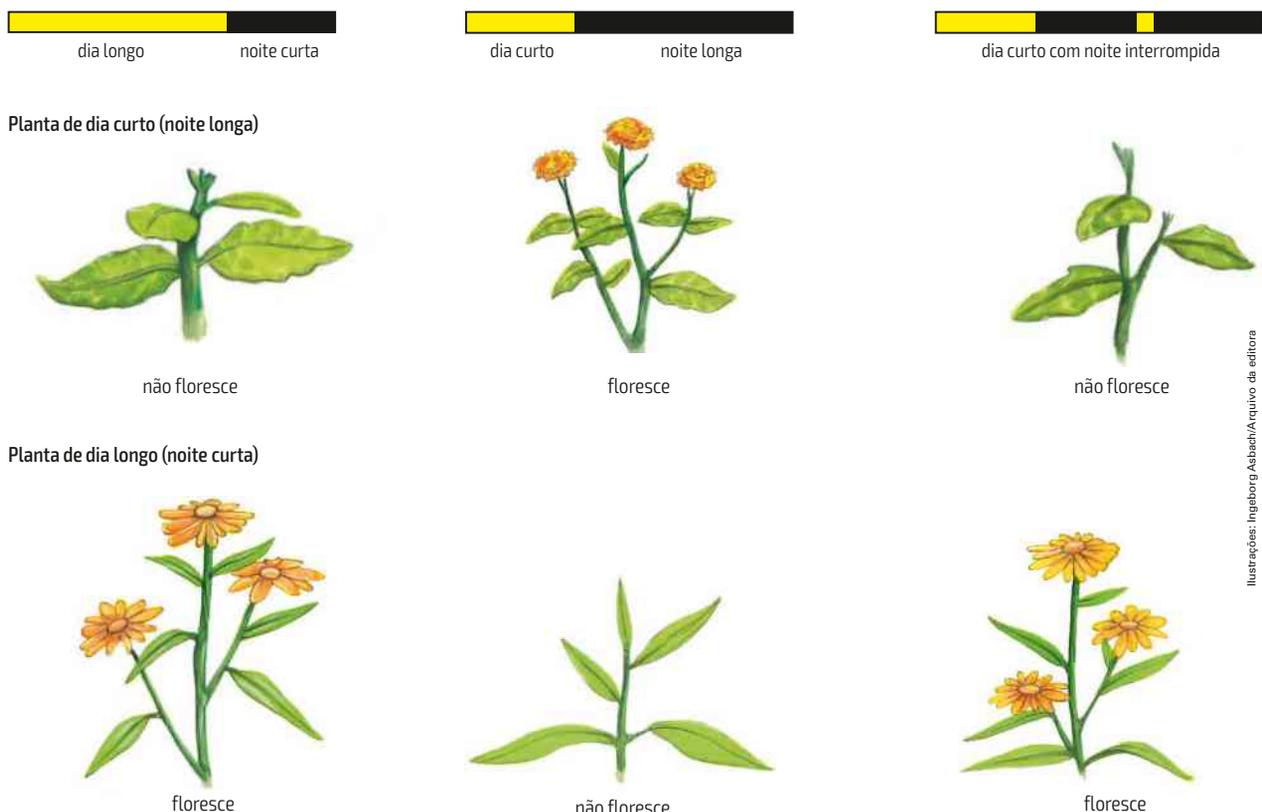
Outras florescem apenas em determinada estação do ano, havendo as **plantas de dia longo** e as **de dia curto**. Elas receberam esses nomes porque, quando o fotoperiodismo foi descoberto, pensou-se que a duração do dia fosse o fator determinante na floração. Mas os dias longos (no verão) são acompanhados por noites curtas, e as noites longas (no inverno) estão ligadas a dias curtos.

Com a realização de experimentos, comprovou-se que o fator que desencadeia a floração é a dura-

ção da noite: o que importa é o tempo que a planta passa sem luz. Assim, as plantas de dia longo florescem quando a duração da noite (do período que elas passam no escuro) é inferior a um determinado valor, o **fotoperíodo crítico**. É o caso da beterraba, do trevo, da petúnia e da cevada, entre outras, que florescem principalmente no verão.

Já as plantas de dia curto florescem quando a duração da noite (do período que elas passam no escuro) é maior que o fotoperíodo crítico. É o caso do crisântemo, da dália, do morango e da violeta, entre outras, que florescem principalmente no início da primavera ou no outono.

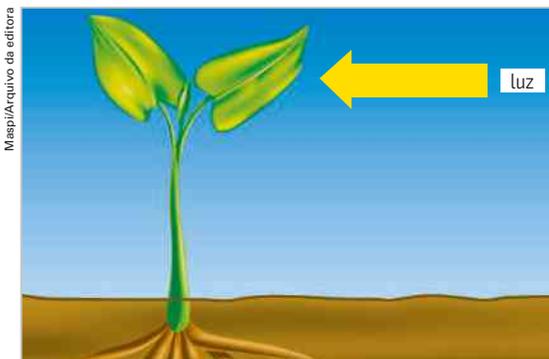
Uma planta de dia longo (de noite curta), cujo fotoperíodo crítico é de treze horas, floresce apenas quando as noites duram menos que esse intervalo. Uma planta de dia curto (de noite longa), cujo fotoperíodo crítico é de oito horas, floresce apenas quando as noites duram mais que esse intervalo. Além disso, é necessário que o fotoperíodo seja contínuo. Se um período no escuro, mesmo suficientemente longo, for interrompido, em certos momentos, por alguns minutos (por meio de iluminação artificial), a planta de dia curto não florescerá (**figura 8.18**).



Ilustrações: Ingeborg Asbaech/Arquivo da editora

**Figura 8.18** Experiência de fotoperiodismo. (Os elementos da ilustração não estão na mesma escala; cores fantasia.)

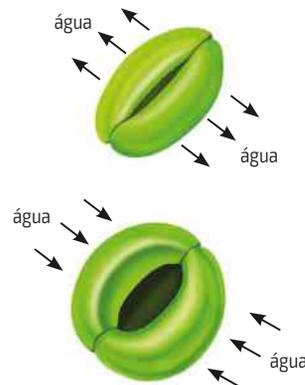
- Você sabe que há dois tipos de vasos condutores de seiva, os vasos lenhosos e os vasos liberianos, que conduzem tipos diferentes de seiva, a inorgânica e a orgânica. Então, responda:
  - Os pulgões, insetos que se alimentam da seiva das plantas, espetam suas trombas sugadoras em que tipo de vasos? Justifique sua resposta.
  - A erva-de-passarinho é uma planta que possui clorofila e faz fotossíntese, mas vive sobre as árvores e, com suas raízes finas, retira delas parte da seiva. Já o cipó-chumbo é uma planta sem clorofila que também retira seiva das árvores sobre as quais se instala. Que tipo de seiva cada uma dessas plantas retira? Justifique suas respostas.
- Um aluno que está começando a estudar Biologia cobriu todas as folhas de uma planta com esmalte transparente – que, portanto, permitia a passagem da luz – para observar qual o efeito disso sobre a planta. Para surpresa dele, a planta deixou de fazer fotossíntese. Como você, que já estudou esse assunto, explicaria o que aconteceu?
- As três questões a seguir estão relacionadas a um mesmo fenômeno vegetal.
  - Por que o amadurecimento de um cacho de bananas é favorecido quando ele é envolvido por jornal ou acondicionado em um saco plástico fechado?
  - Por que algumas bananas maduras colocadas entre outras verdes aceleram o amadurecimento destas?
  - Por que no supermercado os sacos plásticos em que ficam os frutos devem apresentar furos?
- A figura a seguir mostra o caule de uma planta jovem recebendo maior intensidade de luz do lado direito.



Maaspi/Arquivo da editora

Nessa condição, o caule da planta, ao crescer, deve curvar-se para um dos lados, por causa da diferença de concentração de auxina no caule. Para que lado o caule deverá curvar-se? Explique o fenômeno relacionando o sentido da curvatura com a distribuição desse hormônio do crescimento no caule da planta.

- A seção de Ciências de um jornal *on-line* publicou o seguinte esquema para explicar ao público leigo como funciona a entrada e a saída de água nas folhas.



Luis Moura/Arquivo da editora

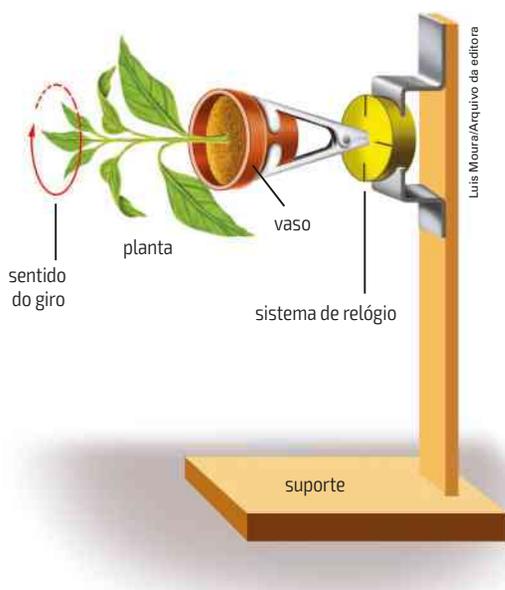
- Que estrutura está representada no esquema publicado?
  - Em que partes da planta estão localizadas estruturas como essas?
  - Em seu caderno, componha um esquema com a explicação correta do fenômeno observado.
- (Fuvest-SP) Realizou-se o seguinte experimento com um grupo de plantas: retirou-se um anel de casca contendo o floema, mantendo-se folhas acima e abaixo da região cortada. Em seguida, somente folhas abaixo do corte foram expostas a  $\text{CO}_2$  radioativo durante 24 horas. Em que regiões da planta serão encontradas substâncias com material radioativo após o experimento? Por quê?
  - (Imed-RS) Todo ano, na primavera, diversas espécies vegetais florescem e exibem diferentes formas e cores de flores. Isso ocorre devido ao:
    - Fototropismo, típico de angiospermas.
    - Estiolamento, que independe da presença de luz.
    - Nastismo, regulado pelo turgor das células vegetais.
    - Fotoperiodismo, que determina o florescimento simultâneo em diferentes espécies.
    - Metabolismo do tipo CAM da maioria das angiospermas.

8. (Unifesp) Um botânico tomou dois vasos, **A** e **B**, de uma determinada planta. O vaso **A** permaneceu como controle e no vaso **B** foi aplicada uma substância que induziu a planta a ficar com os estômatos permanentemente fechados. Após alguns dias, a planta do vaso **A** permaneceu igual e a do vaso **B** apresentou sinais de grande debilidade, embora ambas tenham ficado no mesmo local e com água em abundância. Foram levantadas três possibilidades para a debilidade da planta **B**:

- I. A água que ia sendo absorvida pelas raízes não pôde ser perdida pela transpiração, acumulando-se em grande quantidade nos tecidos da planta.
- II. A planta não pôde realizar fotossíntese porque o fechamento dos estômatos impediu a entrada de luz para o parênquima clorofiliano das folhas.
- III. A principal via de captação de CO<sub>2</sub> para o interior da planta foi fechada, comprometendo a fotossíntese.

A explicação correta corresponde a:

- a) I.                      **X** c) III.                      e) II e III.  
b) II.                      d) I e II.
9. (Enem) A produção de hormônios vegetais (como a auxina, ligada ao crescimento vegetal) e sua distribuição pelo organismo são fortemente influenciadas por fatores ambientais. Diversos são os estudos que buscam compreender melhor essas influências. O experimento seguinte integra um desses estudos.



O fato de a planta do experimento crescer na direção horizontal, e não na vertical, pode ser explicado pelo argumento de que o giro faz com que a

- X** a) distribua uniformemente nas faces do caule, estimulando o crescimento de todas elas de forma igual.  
b) acumule na face inferior do caule e, por isso, determine um crescimento maior dessa parte.  
c) concentre na extremidade do caule e, por isso, iniba o crescimento nessa parte.  
d) distribua uniformemente nas faces do caule e, por isso, iniba o crescimento de todas elas.  
e) concentre na face inferior do caule e, por isso, iniba a atividade das gemas laterais.

10. (Uepa) Leia o texto para responder à questão.

*Há séculos, os chineses aprenderam que os frutos amadureciam mais rapidamente quando colocados em câmaras onde queimavam incenso. Isso também foi observado, por exemplo, em laranjas que produzem um gás o qual promove o amadurecimento de bananas. Tais observações levaram os botânicos a suspeitarem da existência de uma substância gasosa liberada em processos de combustão e também pelas plantas. Tal substância é produzida por todos os órgãos do vegetal, com exceção das sementes.*

(Adaptado de: Favaretto e Mercadante, BIOLOGIA, Volume único, 2005.)

Sobre o assunto tratado no texto, analise as afirmativas abaixo.

- I. O órgão vegetal que não produz o referido gás se origina do óvulo fecundado.
- II. O gás é a giberelina que estimula o crescimento da raiz da planta.
- III. O referido gás é o etileno que atua no amadurecimento de frutos.
- IV. Os órgãos vegetais em destaque no texto estão presentes em representantes tanto de angiospermas como de gimnospermas.

A alternativa que contém todas as afirmativas corretas é:

- a) I e II.                      c) II e III.                      e) I, II, III e IV.  
**X** b) I e III.                      d) II, III e IV.

11. (Unicamp-SP)

### **Seca faz cidades do interior de SP decretarem emergência.**

*A falta de água enfrentada pelo Sudeste do país tem feito cada vez mais cidades de São Paulo e de Minas Gerais adotarem o racionamento, para reduzir o consumo de água, ou decretarem estado de emergência. Além do desabastecimento, a seca tem prejudicado também setores como a agricultura, a indústria, a saúde e o turismo dessas cidades.*

(Adaptado de: <<http://noticias.uol.com.br/ultimas-noticias/agencia-estado/2014/07/07/seca-faz-cidades-do-interior-decretarem-emergencia.htm>>. Acesso em: 16 jul. 2014.)

A situação de seca citada na reportagem é determinada por mudanças no ciclo hidrológico, em que as plantas têm papel determinante, uma vez que representam uma fonte de vapor d'água para a atmosfera. Os vasos que conduzem a água das raízes até as folhas são os:

- a) floemáticos e a transpiração ocorre pelos estômatos.
- b) floemáticos e a transpiração ocorre pelos tricomas.
- c) xilemáticos e a transpiração ocorre pelos tricomas.
- X d) xilemáticos e a transpiração ocorre pelos estômatos.

**12.** (UCS-RS) O estômato é uma estrutura epidérmica que controla a entrada e a saída de gases da planta. Assinale a alternativa que apresenta a relação dos fatores ambientais que afetam a fisiologia do funcionamento dos estômatos.

- a) A maioria das plantas abre os estômatos ao anoitecer, fechando-os ao amanhecer devido ao fotoperíodo.
- b) Os estômatos abrem-se quando submetidos a altas concentrações de gás carbônico, informando que a taxa de fotossíntese chegou ao máximo.
- c) A indisponibilidade de água para a planta estimula a abertura dos estômatos pelo processo de difusão, informando que há *deficit* de suprimento hídrico.

X d) A intensidade de luz, a concentração de CO<sub>2</sub> e o suprimento de água regulam a abertura e o fechamento dos estômatos.

e) A migração de íons de cálcio para o interior das células estomáticas permite o controle da abertura e do fechamento dos estômatos, regulando a pressão osmótica.

**13.** (Uece) A biosfera recebe a radiação solar em comprimentos de onda que variam de 0,3 μm a aproximadamente 3 μm. Em média, 45% da radiação proveniente do Sol encontra-se dentro de uma faixa espectral de 0,18 μm a 0,71 μm, que é utilizada para a fotossíntese das plantas (radiação fotossinteticamente ativa, RFA).

Em função da luz solar, pode-se afirmar corretamente que:

- a) as plantas que crescem sob a sombra, desenvolvem estrutura e aparência semelhantes às daquelas que crescem sob a luz.
- b) a parte aérea das plantas recebe somente a radiação unidirecional.
- X c) fotoperiodismo é a resposta da planta ao comprimento relativo do dia e da noite e às mudanças neste relacionamento ao longo do ano.
- d) respostas sazonais em plantas não são possíveis porque os organismos vegetais são incapazes de “perceber” o período do ano em que se encontram.

### Atividade prática

Separem um pedaço de barbante (1 metro), um vaso não muito grande, com uma planta viva e cheia de ramos com folhas, e dois sacos plásticos incolores, secos e sem furos. Um saco plástico deve ser amarrado firmemente com barbante em volta de um dos ramos da planta, de modo a impedir a entrada de ar. Separem as paredes do outro saco e amarrem bem sua borda. Pendurem-no em algum ponto próximo à planta. O vaso deve ser colocado

perto de uma janela. Após cerca de 3 h, observem o interior do saco e respondam:

- a) O que ocorreu no interior do saco? Como explicar o fenômeno observado?
- b) Qual a função do saco plástico vazio?
- c) Se envolvermos com plástico dois ramos, um com poucas folhas e outro com muitas folhas, poderemos obter resultados diferentes entre eles? Por quê?

## Sugestões de aprofundamento

### Para ler:

- **Frutas no Brasil: nativas e exóticas.** Harri Lorenzi, Marco Túlio Cotes de Lacerda, Luis Benedito Bacher. Nova Odessa: Editora Plantarum, 2015.
- **Plantas do Brasil: árvores nativas.** Daniel Saueressig. Irati: Editora Plantas do Brasil, 2015.
- **Tudo o que você queria saber sobre plantas.** Sueli Angelo Furlan. São Paulo: Oficina de textos, 2007.

### Para assistir:

- **Um pé de quê?** Canal Futura. Brasil, 2005. 300 minutos.
- **Terra Vermelha.** Marco Bechis, Brasil, 2008. 108 minutos. Para a tribo indígena dos Kaiowá, suas terras representam um patrimônio espiritual, e a separação que sofreu desse espaço, em razão de disputas com fazendeiros, é a causa dos males que a rodeia.

# Animais

Os recifes de corais já foram comparados às florestas em sua imensa variedade de espécies: crustáceos, anêmonas, esponjas, lesmas-marinhas, ouriços-do-mar e o próprio coral, entre muitos outros. Já no ambiente terrestre, também temos uma enorme variedade de espécies de vermes, aracnídeos, insetos e animais vertebrados. Ao todo, o número de espécies descritas já ultrapassa 1 milhão e 400 mil. E o trabalho de pesquisadores no mundo inteiro faz com que esse número só aumente. Nesta Unidade, estudaremos os principais filões do reino animal, incluindo seres aquáticos e terrestres.



Recife de coral no mar da Indonésia, próximo da ilha de Sulawesi. Além dos corais, há esponjas e equinodermos que se associaram ao recife. Embora cada indivíduo que forma a colônia de corais tenha poucos milímetros, as formações de recifes podem atingir milhares de quilômetros.

Uma das principais consequências do uso intenso de combustíveis fósseis, como a gasolina, é o aumento da concentração de gás carbônico na atmosfera. Entre os organismos atingidos diretamente por essa elevação estão os corais, animais do grupo dos cnidários que vamos conhecer neste capítulo. Os danos aos recifes de corais são muito prejudiciais porque eles apresentam uma enorme biodiversidade e deles dependem muitas espécies de peixes e o sustento de pescadores em várias partes do mundo.

- ◆ Os poríferos também são chamados de esponjas. Você consegue imaginar o porquê?
- ◆ Você já viu animais do filo dos cnidários? Como eles são?
- ◆ Em que ambiente poríferos e cnidários são encontrados?
- ◆ Por que é importante preservar a diversidade desses e de outros organismos?



## 1 Poríferos

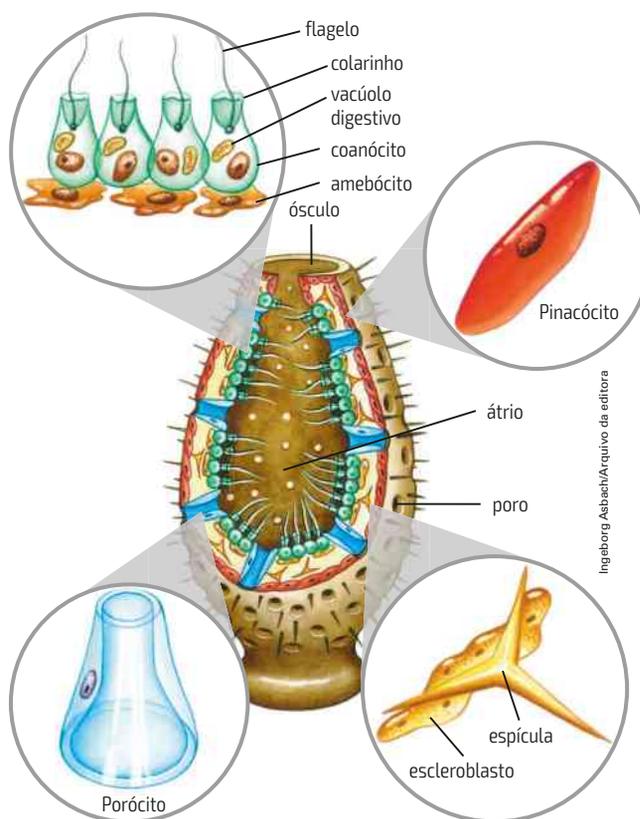
Todos os representantes do filo **Porifera** (do grego *poros* = poro; *ferre* = levar) são aquáticos, a maioria marinha. Não apresentam órgãos de locomoção e grande parte vive presa a rochas (sésseis). Vivem isolados ou formam colônias (figura 9.1) de tamanhos e cores variados.

Sua organização é muito simples: suas células não formam tecidos definidos nem se agrupam em órgãos. Além disso, os poríferos são os únicos animais sem sistema nervoso. Por causa dessas características muito simples, alguns cientistas colocam os poríferos em um grupo à parte: os **parazoários** (do grego *para* = ao lado; *zoon* = animal), enquanto os outros animais ficam no grupo dos **eumetazoários** (do grego *eu* = verdadeiro).

A superfície de uma esponja apresenta uma série de **poros**, pelos quais a água penetra, trazendo alimento (plâncton) e gás oxigênio. No interior do animal há uma cavidade, o **átrio** (espongiocela), e, na parte superior, uma abertura maior, o **ósculo**, pela qual a água sai levando gás carbônico e excretas em geral (figura 9.2).

O corpo das esponjas é envolto por uma camada de células, os **pinacócitos** (do grego *pinakos* = quadro, prancha; *kytos* = célula), interrompida por **porócitos**, células com poros que permitem a entrada de água. A camada interna é formada pelas células características das esponjas, os **coanócitos** (do grego *choane* = funil). Essas células promovem as correntes de água com os batimentos de seus flagelos e fagocitam as partículas de alimento suspensas na água. Entre essas duas camadas há vários tipos de células: **amebócitos** (do grego *amoibe* = aquele que muda), que se loco-

movem por pseudópodes; **arqueócitos** (do grego *archaios* = antigo), células não especializadas e capazes de originar outros tipos de células; **espongioblastos** e **escleroblastos** (do grego *skleros* = duro; *blastos* = germe), que produzem o esqueleto do animal (figura 9.2).



Ingeborg Aebachi/Arquivo da editora

**Figura 9.2** Organização das esponjas (os elementos da ilustração não estão na mesma escala; as células são microscópicas; cores fantasia).

A sustentação da esponja é dada por uma rede macia e flexível de filamentos proteicos, a espongina, produzida pelos espongioblastos. As esponjas com esqueleto apenas de espongina, por exemplo, são macias e já foram usadas pelos seres humanos para o banho e para lavar louça. Hoje em dia, as esponjas usadas costumam ser de plástico. Alguns poríferos possuem, além dessa rede, espículas (estruturas semelhantes a agulhas ou espinhos) de calcário (carbonato de cálcio) ou de sílica (dióxido de silício), produzidas pelos escleroblastos. Além de sustentarem o corpo do animal, as espículas o protegem de predadores, que desistem de comê-lo depois de espetar a boca nelas.

Fabio Colombini/  
Acervo do fotógrafo



**Figura 9.1** A esponja de cor avermelhada (*Amphimedon compressa*, cerca de 15 cm na maior dimensão) é encontrada no litoral do Brasil. O tamanho dos poríferos varia de alguns centímetros até 2 m de altura.



## Poríferos na pesquisa de medicamentos

Em 1986, dois químicos japoneses, Hirata e Uemura, isolaram uma substância da esponja marinha *Halichondria okadai* (figura 9.3), que chamaram de halicondrina B. O isolamento dessa substância gerou grande expectativa, porque ela tinha a capacidade de destruir certos tipos de células cancerosas. Após uma série de testes e investimentos, constatou-se que a quantidade de halicondrina B presente na esponja não era suficiente para permitir sua produção comercial para uso na quimioterapia (uma das formas de tratamento contra o câncer).



**Figura 9.3** *Halichondria okadai*, de cor mais escura, encontrada no litoral do Japão e descrita em 1922. Cada indivíduo tem cerca de 1 cm de diâmetro.

O objetivo passou a ser sintetizá-la em laboratório. Depois de 6 anos de trabalho, químicos

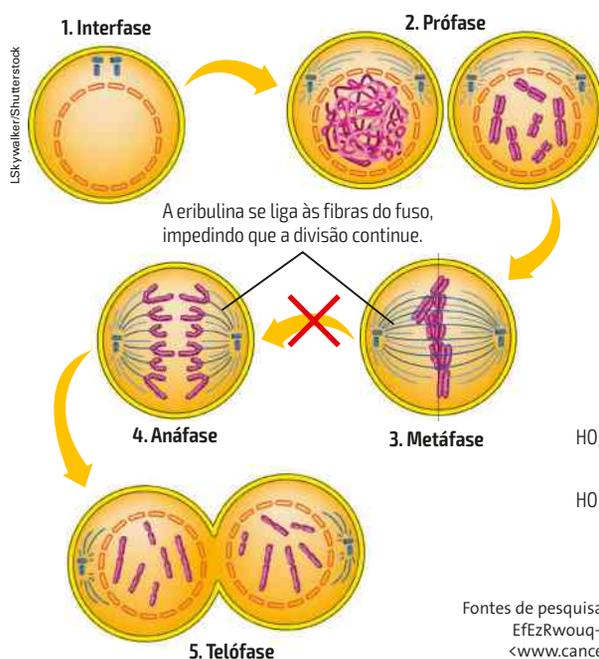
da Universidade de Harvard publicaram a síntese completa dessa molécula. O problema agora era que a síntese da halicondrina B era muito cara e complexa para ser feita em larga escala e passar a ser usada em tratamentos.

Muitos pesquisadores foram envolvidos e múltiplos testes foram feitos até que foi possível obter uma estrutura análoga à halicondrina B, mas com a estrutura simplificada e com propriedades farmacêuticas mais eficientes (figura 9.4). A essa nova molécula foi dado o nome eribulina.

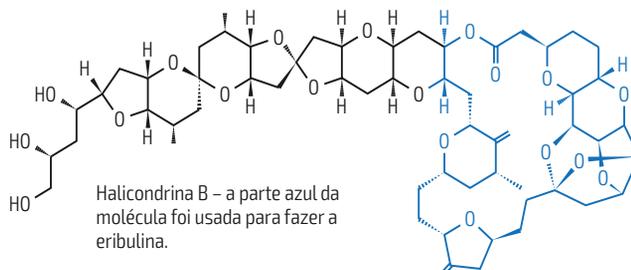
Seu uso foi aprovado em 2010 nos Estados Unidos para o tratamento do câncer de mama em estágio avançado. Ela aumenta em média em 2 meses e meio a expectativa de vida dos pacientes, embora também apresente efeitos colaterais. As pesquisas continuam e o uso da eribulina está ainda em testes contra o câncer de pulmão e de próstata, entre outros.

Como a eribulina funciona? Essa substância inibe a mitose, se ligando a proteínas que formariam as fibras do fuso durante a divisão celular (figura 9.4). Isso faz com que as células cancerosas não consigam proliferar.

Este é apenas mais um exemplo que evidencia que preservar a biodiversidade significa preservar um potencial imenso para pesquisa de novos medicamentos – entre muitos outros benefícios.

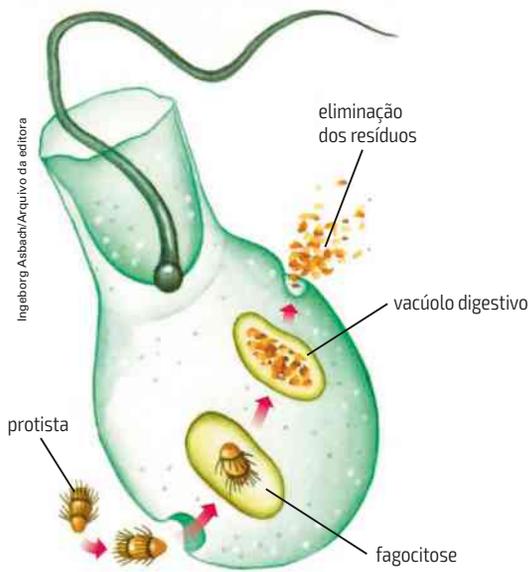


**Figura 9.4** Esquema resumido da mitose (células são microscópicas; cores fantasia) e molécula estrutural da halicondrina B. A parte da molécula destacada em azul foi utilizada na síntese da eribulina. Essa substância atrapalha a divisão celular, impedindo que as células cancerosas se multipliquem.



Fontes de pesquisa: <[http://qnint.s bq.org.br/qni/popup\\_visualizarMolecula.php?id=j6jnh3dNeRGRnEFezRwouq-yN2skUZ8\\_sgEEvswPMXuJNsg-L17zB2Q348eRllwqW8uZ3N6LxJKs8bRF546tog==](http://qnint.s bq.org.br/qni/popup_visualizarMolecula.php?id=j6jnh3dNeRGRnEFezRwouq-yN2skUZ8_sgEEvswPMXuJNsg-L17zB2Q348eRllwqW8uZ3N6LxJKs8bRF546tog==)>; <[www.cancer.gov/types/breast/research/eribulin-improves-survival](http://www.cancer.gov/types/breast/research/eribulin-improves-survival)>. Acesso em: 18 nov. 2015.

As esponjas não possuem boca nem cavidade digestória; elas são **animais filtradores**: à medida que a água circula em seu interior, os coanócitos e os amebócitos capturam, por fagocitose, seres unicelulares (**figura 9.5**). Os amebócitos realizam a digestão intracelular e distribuem o alimento digerido para as outras células.



**Figura 9.5** Digestão intracelular das esponjas no interior de um coanócito. (Os elementos da ilustração não estão na mesma escala; cores fantasia.)

Elas também não possuem sistemas responsáveis pela respiração, pela circulação e pela excreção. O oxigênio, o gás carbônico e as excretas entram nas células ou saem delas por difusão e são levados pela corrente de água.

A reprodução pode ser assexuada ou sexuada. As esponjas têm grande poder de regeneração: pequenos pedaços do corpo são capazes de regenerar um corpo inteiro, caracterizando um tipo de reprodução assexuada por fragmentação. O brotamento é uma forma frequente de reprodução assexuada: os brotos são formados por amebócitos que originam novos indivíduos. Estes podem destacar-se ou permanecer presos, formando colônias.

Algumas esponjas são dioicas (sexos separados), mas a maioria é hermafrodita ou monoica (o mesmo indivíduo pode produzir gametas masculinos e femininos). Nesse caso, porém, o espermatozoide e o óvulo de um indivíduo são geralmente produzidos em épocas diferentes. Portanto, a fecundação é quase sempre cruzada (entre gametas produzidos por indivíduos diferentes).

## 2 Cnidários

No filo **Cnidaria (cnidários)** são classificados os corais, as águas-vivas, as anêmonas, as caravelas e as hidras, animais aquáticos, quase todos marinhos (**figura 9.6**).

Fabio Colombini/Acervo do fotógrafo



Água-viva (São Sebastião-SP; comprimento de cerca de 17 cm).



Anêmona-do-mar: essa espécie é encontrada no litoral do Brasil. Vive presa às rochas e tem cerca de 4 cm de diâmetro.

Fabio Colombini/Acervo do fotógrafo

Corais: são fixos e formam colônias que agrupam vários indivíduos (de 3 mm a 50 mm de comprimento, dependendo da espécie).



Ricardo Azoury/Pulsar Imagens

**Figura 9.6** Alguns representantes dos cnidários.

## Morfologia e fisiologia

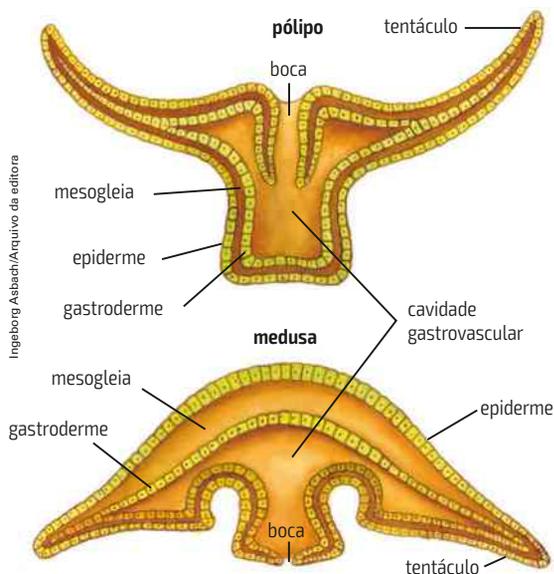
Os cnidários são diblásticos, ou seja, na fase embrionária apresentam apenas dois folhetos embrionários: ectoderme e endoderme (o desenvolvimento embrionário dos animais foi estudado no primeiro volume desta coleção). Esses animais apresentam ainda **simetria radial** (seu corpo pode ser dividido em vários planos de simetria, dispostos em raios), que permite às formas sésseis entrar em contato com o ambiente em várias direções, facilitando-lhes a captura de alimento.

Há dois tipos morfológicos de animais:

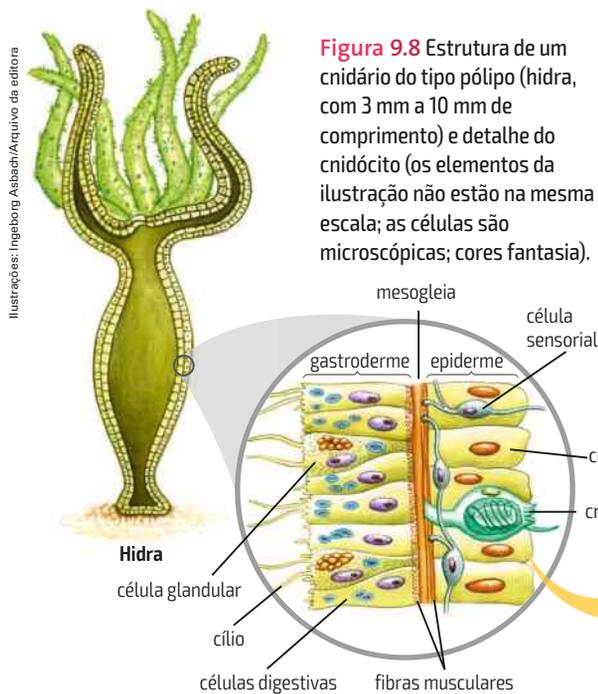
- **polipoide** ou **pólipo** – é cilíndrica, sésbil ou apresenta pouca mobilidade, com uma das extremidades apoiada em um substrato qualquer e a outra livre; a abertura bucal é rodeada de tentáculos; as anêmonas servem de exemplo dessa forma (**figura 9.7**);

- **medusoide** ou **medusa** – geralmente tem aspecto arredondado (em forma de guarda-chuva), apresenta movimentos causados pela contração do corpo, que lança jatos de água (jato-propulsão); corresponde a um pólipó invertido, com a boca na parte inferior; também apresenta tentáculos na periferia do corpo; a água-viva é um exemplo dessa forma (**figura 9.7**).

A parede do corpo dos cnidários é formada pela **epiderme** (derivada da ectoderme) e pela **gastroderme** (derivada da endoderme). Entre ambas, está um material gelatinoso chamado **mesogleia** (do grego *mesos* = meio; *gloia* = visgo). Veja a **figura 9.7**.



**Figura 9.7** Formas pólipó e medusa dos cnidários (os elementos da ilustração não estão na mesma escala; cores fantasia).



**Figura 9.8** Estrutura de um cnidário do tipo pólipó (hidra, com 3 mm a 10 mm de comprimento) e detalhe do cnidócito (os elementos da ilustração não estão na mesma escala; as células são microscópicas; cores fantasia).

Na superfície do corpo há células exclusivas desse grupo, os **cnidócitos** (do grego *knidós* = urtiga) (**figura 9.8**), que se originam de células indiferenciadas, ou **cnidoblastos** (na fase de desenvolvimento). Os cnidócitos participam da defesa contra predadores e da captura de presas. Dentro dessas células há uma cápsula, o **nematocisto** (do grego *nematos* = filamento; *kystis* = vesícula), que contém uma espécie de fio enrolado, com uma ponta que funciona como se fosse um arpão (**figura 9.8**). Quando o cnidócito é tocado, a cápsula abre-se, o filamento desenrola-se, penetra na pele da presa e injeta uma toxina capaz de paralisar e matar pequenos peixes, crustáceos e vermes, que servirão de alimento. Os cnidários também ingerem organismos do plâncton que entram em seu corpo com a água.

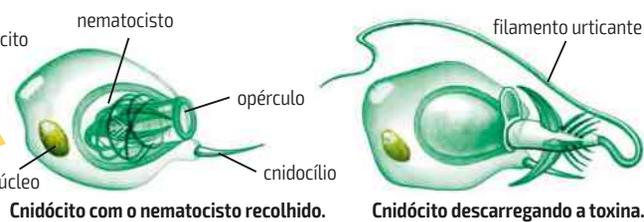
Em alguns cnidários, como os corais, a epiderme secreta um **exoesqueleto** (esqueleto externo) de calcário e substâncias orgânicas. Em outros, como a água-viva, o corpo é mole, sem esqueleto de sustentação.

Diferentemente das esponjas, os cnidários apresentam cavidade digestória, a **cavidade gastrovascular** (do grego *gaster* = estômago) ou **celêntero** (do grego *koios* = oco; *entheron* = intestino). Daí o nome **celenterado**, dado antigamente a esse filo. No entanto, os cnidários não possuem abertura anal, o que caracteriza um **tubo digestório incompleto**.

Esses animais apresentam digestão intra e extracelular: a gastroderme possui **células glandulares**, que produzem enzimas digestivas e atacam o alimento na cavidade gastrovascular (digestão extracelular), e células digestórias, que fazem a digestão intracelular dos fragmentos alimentares parcialmente digeridos. Os resíduos alimentares são expulsos pela boca.

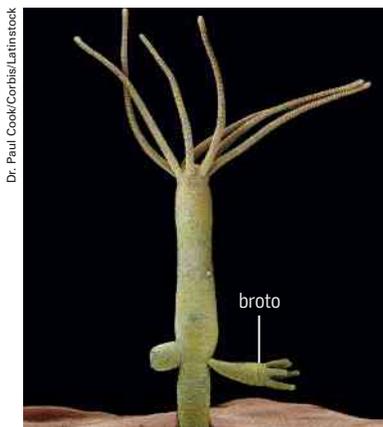
Os cnidários não possuem sistemas respiratório, circulatório e excretor. Como as distâncias no interior do organismo são pequenas (há poucas camadas de células no corpo), a distribuição das substâncias por difusão é suficiente.

A coordenação das atividades do organismo é feita por uma rede de células nervosas (**sistema nervoso difuso**).



## Reprodução

Em muitas espécies a reprodução assexuada ocorre por brotamento: as células se multiplicam em uma região do corpo e originam um novo ser; o broto pode se soltar e ter vida independente ou permanecer ligado, formando colônias (figura 9.9).



**Figura 9.9** Reprodução por brotamento em uma hidra (de 3 mm a 10 mm de altura). (Microscopia eletrônica; imagem colorizada por computador.)

## Classificação

Os cnidários dividem-se em quatro grupos:

### Anthozoa

A classe dos antozoários (do grego *anthos* = flor; *zoon* = animal) é composta de animais marinhos. São representados exclusivamente pela forma pólipô, ou seja, não há a fase de medusa. Os pólipô podem viver isolados, como as anêmonas-do-mar, ou formar colônias, como os corais (figura 9.10). Nestes, os pólipô secretam um esqueleto externo composto de calcário, responsável pela formação dos recifes de corais, que servem de abrigo e alimento para animais como crustáceos, moluscos e peixes do litoral.



**Figura 9.10 A:** Anêmona-do-mar; essa espécie é encontrada no litoral do Brasil, vive fixa às rochas e tem cerca de 4 cm de diâmetro. **B:** Pólipô de corais com seus tentáculos; cada indivíduo tem entre 3 mm e 50 mm de altura, dependendo da espécie (as colônias podem atingir até 1,5 m de altura).

O acúmulo de esqueletos calcários de corais originou as ilhas e os recifes de corais em águas claras, rasas e quentes das regiões tropicais. A Grande Barreira de Corais da Austrália, a maior estrutura de organismos vivos da Terra, com 2300 km de comprimento e uma área de 350 000 km<sup>2</sup>, abriga em torno de 2900 espécies de corais e 1500 espécies de peixes.

Além de proteger o litoral da erosão provocada pelas ondas, esses recifes servem de abrigo e de áreas de reprodução e alimentação. Como os recifes possuem muitas fendas e muitos túneis e seu substrato rígido permite que espécies sésseis possam se fixar nele, eles abrigam uma imensa variedade de organismos. Calcula-se que cerca de um quarto das espécies marinhas existentes no planeta dependa de recifes de corais para sobreviver e se reproduzir. Os recifes costumam ser comparados às florestas tropicais por causa dessa biodiversidade.

Os corais obtêm boa parte de seu alimento da matéria orgânica produzida pelas algas que vivem associadas a eles. Essas algas microscópicas vivem dentro do corpo dos corais e conferem cor a esses animais. Nessa relação mutualística, os corais fornecem às algas sais minerais e gás carbônico. As algas também possibilitam aos corais a transformação dos sais de cálcio da água do mar em carbonato de cálcio, base do esqueleto do coral.

Mas os corais estão sofrendo um processo de branqueamento (figura 9.11), o que significa que estão perdendo suas algas. Sem elas, sua sobrevivência está ameaçada, porque os ambientes nos quais os corais vivem são relativamente pobres em nutrientes. Suspeita-se que um dos responsáveis pela morte das algas seja o aumento da temperatura provocado pelo aquecimento global do planeta ou por fenômenos climáticos, como o El Niño (aquecimento anormal das águas superficiais do oceano Pacífico, que influencia o clima de todo o planeta).



**Figura 9.11** Branqueamento de corais.

Além disso, a sobrevivência dos corais também está ameaçada pelo aumento da concentração de gás carbônico no ar. Na água, esse gás transforma-se em ácido carbônico, que reduz o pH dos oceanos. O pH ácido dificulta a formação do esqueleto dos corais, feito de carbonato de cálcio.

A destruição dos corais pelo ser humano e a poluição das regiões costeiras também ameaçam os recifes de corais.

## Hydrozoa

Os hidrozoários (do grego *hydro* = água; *zoon* = animal) incluem as espécies com as formas pólipos e medusa (que apresentam ciclo reprodutivo com alternância de gerações) ou apenas com uma das formas. Como exemplos temos: o gênero *Hydra* (hidra; pólipos isolados de água doce), a *Obelia* e a *Physalia* (“caravela-portuguesa”, que forma uma colônia permanente; **figura 9.12**).

## Scyphozoa

Na classe dos cifozoários (do grego *skyphos* = taça; *zoon* = animal) encontramos as águas-vivas, como a *Aurelia*; as espécies do grupo são sempre marinhas e basicamente representadas pela forma medusa mais desenvolvida que a dos hidrozoários (**figura 9.13**).

## Cubozoa

Entre os cubozoários (do grego *kybos* = cubo; *zoon* = animal) estão algumas medusas, antes classificadas como cifozoários e hoje colocadas nessa nova classe. O corpo tem o formato aproximadamente cúbico. Em geral, vivem em águas tropicais e possuem cnidócitos altamente tóxicos. É o caso da vespa-do-mar (*Chironex fleckeri*), encontrada em certas épocas do ano nas praias da Austrália (**figura 9.14**). No litoral brasileiro, é encontrada a cubomedusa da espécie *Chiropsalmus quadrumanus*. Esse animal tem provocado mais mortes que os tubarões no litoral.



**Figura 9.12** Caravela-portuguesa (*Physalia physalis*) flutuando na superfície da água. Esse organismo é uma colônia composta de vários pólipos com funções diferentes: um pólipos é flutuador (estrutura cheia de gás, com cerca de 30 cm de altura); outros formam longos tentáculos especializados na defesa e na captura de alimentos (peixes, camarões, etc.); outros ainda cuidam da digestão do alimento e da reprodução da colônia.

Look/Lainstock



**Figura 9.13** A água-viva (*Pelagia noctiluca*; diâmetro de cerca de 8 cm) passa a maior parte do tempo flutuando, mas também pode deslocar-se expulsando jatos de água pela contração do corpo, que a impulsionam para o sentido oposto.

Reinhard Dirscherl/Getty Images



**Figura 9.14** Vespa-do-mar (*Chironex fleckeri*; pode chegar a 30 cm de diâmetro); seus tentáculos causam queimaduras muito graves.

David Double/Getty Images



### ATENÇÃO

Evite nadar em lugares onde apareceram águas-vivas. Não toque nelas nem mesmo se encontrar alguma morta na areia da praia. A toxina da água-viva pode provocar irritações semelhantes a queimaduras e até reações alérgicas fortes, que precisam de tratamento médico imediato.

- Em uma esponja, animal sésil, a presença dos poros e dos coanócitos é fundamental para a alimentação. Explique a relação entre a imobilidade da esponja e a importância dos poros e coanócitos.
- Ao rever o que aprenderam sobre esponjas, dois estudantes discordaram em um ponto importante: um deles afirmava que elas são diferentes de todos os outros animais porque não se deslocam, e o outro dizia que deveria ser outra a característica que as diferencia dos outros animais. Qual dos dois estudantes está certo? Justifique sua resposta.
- Qual é a célula típica dos cnidários? Qual é a função dessa célula?
- Os cnidários podem apresentar diversos formatos, mas apenas um tipo de simetria. Que tipo de simetria os cnidários apresentam?
- Certos predadores de águas-vivas, como algumas tartarugas marinhas, têm a boca e parte do esôfago revestidos internamente de células queratinizadas. Explique a importância dessa adaptação relacionando-a à alimentação desses animais.
- (Fuvest-SP) Por que as medusas podem, pelo simples contato, levar pequenos animais à morte ou provocar irritações cutâneas em seres humanos?
- (Uema) *A Grande Barreira de Corais da Austrália é a maior faixa de corais do mundo, com 2300 quilômetros de comprimento e largura variando de 20 a 240 quilômetros, podendo ser vista do espaço. É a maior estrutura do mundo feita unicamente por milhões de organismos vivos. É situada entre as praias do nordeste da Austrália e Papua-Nova Guiné. A Barreira de Corais da Austrália comporta uma grande biodiversidade e é considerada um dos patrimônios mundiais da humanidade.*  
Disponível em: <<http://kabanamaster.com/os-10-lugares-mais-lindos-do-mundo/>>. Acesso em: 20 set. 2013. (adaptado)
  - Para a formação desse magnífico ecossistema, é necessária a importante participação de que invertebrados polipóides?
  - Explique como ocorre o processo de construção dessas barreiras.
- (Uerj) *Biólogos da Uerj desvendam segredos dos corais de Búzios. Os moradores locais, preocupados com os danos que os barcos ancorados nas praias do balneário, a poluição do mar e a venda excessiva de*

*corais no comércio local poderiam trazer para a fauna marinha da região, resolveram procurar ajuda.*

(Adaptado de: *O Globo*, 24/9/2000.)

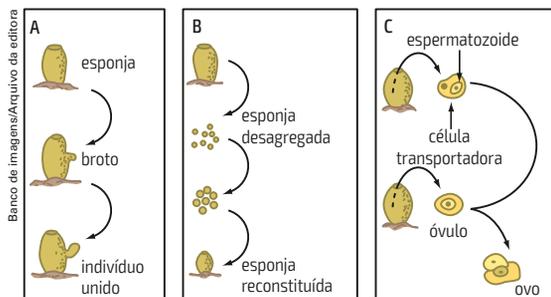
Cite uma função dos recifes de corais na preservação do ecossistema litorâneo.

- (Enem) *Os corais que formam o banco dos Abrolhos, na Bahia, podem estar extintos até 2050 devido a uma epidemia. Por exemplo, os corais-cérebro já tiveram cerca de 10% de sua população afetada pela praga-branca, a mais prevalente das seis doenças identificadas em Abrolhos, causada provavelmente por uma bactéria. Os cientistas atribuem a proliferação das patologias ao aquecimento global e à poluição marinha. O aquecimento global reduziria a imunidade dos corais ou estimularia os patógenos causadores desses males, trazendo novos agentes infecciosos.*  
FURTADO, F. Peste branca no mar. *Ciência hoje*. Rio de Janeiro, v. 42, n. 251, ago. 2008 (adaptado).
  - aplicar antibióticos nas águas litorâneas de Abrolhos.
  - substituir os aterros sanitários por centros de reciclagem de lixo.
  - introduzir nas águas de Abrolhos espécies que se alimentem da bactéria causadora da doença.
  - aumentar, mundialmente, o uso de transportes coletivos e diminuir a queima de derivados de petróleo.
  - criar uma lei que proteja os corais, impedindo que mergulhadores e turistas se aproximem deles e os contaminem.
- (Uece) Dentre as características apresentadas abaixo, marque aquela que justifica a inclusão de um ser vivo no filo Porifera e não em outros filos animais.
  - Possuem ciclo de vida assexuado e sexuado.
  - Apresentam cnidócitos como mecanismo de defesa.
  - Filtram a água para a absorção de nutrientes.
  - Não possuem células organizadas em tecidos bem definidos.
- (IFCE) Quanto aos cnidoblastos, que são células presentes nos cnidários, é correto afirmar que:
  - são células de defesa dotadas de espinhos ou líquidos tóxicos.
  - são células sensoriais com capacidade de percepção de estímulos químicos.
  - são células digestivas responsáveis pela secreção de enzimas.
  - estão presentes na mesogleia das esponjas.
  - são as larvas de um hidrozoário.

12. (Fuvest-SP) A Grande Barreira de Recifes se estende por mais de 2 000 km ao longo da costa nordeste da Austrália e é considerada uma das maiores estruturas construídas por seres vivos. Quais são esses organismos e como eles formam esses recifes?

- a) esponjas – à custa de secreções calcárias
- b) celenterados – à custa de espículas calcárias e silicosas do seu corpo
- c) pólipos de cnidários – à custa de secreções calcárias
- d) poríferos – à custa de material calcário do terreno
- e) cnidários – à custa de material calcário do solo, como a gipsita

13. (UFSC) O filo Porifera é representado pelas esponjas. Na figura, as letras **A**, **B** e **C** referem-se aos aspectos reprodutivos desses animais.



- (01) **A** representa um tipo de reprodução assexuada.
- (02) **B** representa um tipo de reprodução sexuada.
- (04) **C** representa, pela presença de células sexuais, a reprodução sexuada.
- (08) **A** é denominado brotamento.
- (16) Para a formação do ovo em **C**, deve ocorrer a fecundação.
- (32) Em **A** e **B**, os organismos produzidos por esses mecanismos possuem diferenças genéticas em relação ao indivíduo que lhes deu origem.
- (64) O fenômeno apresentado em **C** possibilita o aumento da variabilidade entre as esponjas.

Dê a soma das respostas corretas.

$$01 + 04 + 08 + 16 + 64 = 93$$

### Trabalho em equipe

Em grupo, façam uma pesquisa em livros e sites e elaborem cartazes ou apresentações no computador para explicar os seguintes temas.

- a) Em muitas espécies de cnidários há alternância de gerações ou metagênese, ou seja, a reprodução assexuada alterna-se com a sexuada, em um ciclo em que há também alternância entre as formas pólipo (assexuada) e medusa (sexuada). Como ocorre essa alternância de gerações? Como essa alternância de gerações

14. (PUC-PR) Analise as proposições a seguir:

- I. Primeiros animais da escala evolutiva a apresentarem uma cavidade digestiva.
- II. Formação de dois tipos morfológicos de indivíduos.
- III. Esqueleto formado por espículas ou por esponjina.
- IV. Presença de células urticantes para defesa e captura da presa.
- V. Presença de células flageladas que realizam movimento de água no corpo do animal.

São características do filo Cnidaria:

- a) apenas I, III e V.
- b) apenas II, III e IV.
- c) apenas II, IV e V.
- d) I, II, III e V.
- e) apenas I, II e IV.

15. (UPE) Antes da descoberta do plástico, as esponjas de banho utilizadas na higiene pessoal eram obtidas a partir de animais marinhos pertencentes ao filo Porifera. Em relação aos animais desse filo e suas características, pode-se afirmar que:

- I. são invertebrados aquáticos filtradores, de corpo esponjoso e de estrutura simples, sem tecidos ou órgãos diferenciados nem sistema nervoso.
- II. apresentam numerosos poros laterais e, na região superior do corpo, uma única abertura para a entrada do alimento e da água, denominada ósculo.
- III. apresentam digestão extracelular na espongiocele, que ocorre por meio de enzimas produzidas pelos nematocistos.
- IV. apresentam digestão intracelular, que ocorre no interior dos coanócitos e dos amebócitos.
- V. apresentam circulação de água, facilitada por meio de células especiais flageladas, denominadas coanócitos.

Assinale a alternativa correta.

- a) I, II e V, apenas.
- b) II, III e IV, apenas.
- c) I, IV e V, apenas.
- d) I, III e V, apenas.
- e) III, IV e V, apenas.

c) I, IV e V, apenas.

dos cnidários difere daquela que vocês estudaram em plantas?

- b) Com o auxílio de livros e mapas, pesquisem em que regiões do Brasil existem recifes de corais. Se possível, peçam auxílio ao professor de Geografia. Comentem sobre as principais características desses recifes, que animais são encontrados neles e qual é sua importância ecológica e econômica. Depois, apresentem o resultado do trabalho para a classe e para a comunidade escolar.



Planária marinha (*Pseudoceros dimidiatus*) sobre coral (*Sarcophyton* sp.). Imagem obtida no mar da Indonésia. As planárias podem medir de poucos milímetros até 60 cm de comprimento.

Ao contrário do que se pode pensar, os animais conhecidos popularmente como vermes não são todos parasitas. Existem muitos vermes platelmintos (como as planárias marinhas) e nematódeos que apresentam vida livre. As funções ecológicas dos nematódeos, sobretudo no solo, vão desde a decomposição de matéria orgânica até a regulação da população de microrganismos, podendo estimular o desenvolvimento de plantas. Neste capítulo vamos conhecer melhor esses dois grupos de animais.

- ◆ Onde é possível encontrar platelmintos? E nematódeos?
- ◆ Algumas espécies de platelmintos e nematódeos podem nos causar doenças. Você sabe quais doenças são essas? E como podemos nos prevenir?



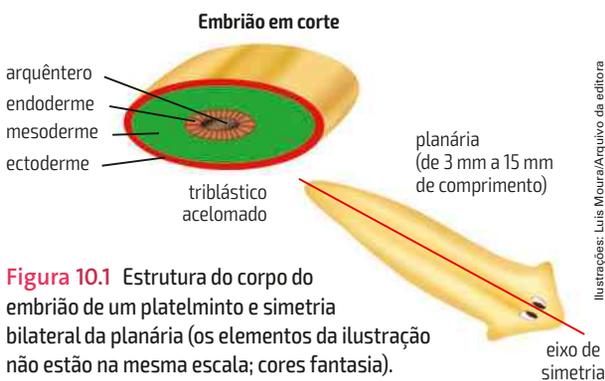
## 1 Platelmintos: características gerais

Costuma-se chamar de verme qualquer animal invertebrado que tenha o corpo alongado, fino e sem pernas, mas esse termo não tem significado filogenético, ou seja, não caracteriza um grupo que tem um ancestral comum exclusivo.

No filo **Platyhelminthes** (**platelmintos**; do grego *platys* = chato; *helmins* = verme) estão os animais com o corpo achatado dorsoventralmente. Alguns, como as planárias, têm vida livre, isto é, não vivem como parasitas, mas deslocam-se no ambiente em busca de alimento. Eles podem ser aquáticos ou terrestres (ocupam os solos úmidos). Outros, como a tênia (solitária) e o esquistossomo, são **endoparasitas** (desenvolvem-se no interior do corpo do hospedeiro).

### Morfologia e fisiologia

Os platelmintos são animais **triblásticos**, ou seja, no embrião formam-se três folhetos embrionários (germinativos): a ectoderme, a mesoderme e a endoderme. Eles não possuem celoma – uma cavidade no interior da mesoderme (**figura 10.1**) –, e por isso são denominados **acelomados**.



**Figura 10.1** Estrutura do corpo do embrião de um platelminto e simetria bilateral da planária (os elementos da ilustração não estão na mesma escala; cores fantasia).

As espécies de vida livre apresentam **cefalização**, isto é, na região anterior do corpo há uma cabeça, com maior concentração de órgãos sensoriais e de tecido nervoso que o resto do corpo.

A cabeça é especializada em receber estímulos ambientais durante o movimento, facilitando, por

exemplo, a localização de presas. Assim, o corpo do animal apresenta uma região anterior e outra posterior, além de poder ser dividido em duas metades semelhantes (direita e esquerda), o que caracteriza uma simetria bilateral (**figura 10.1**).

#### Fique de olho!

Acredita-se que a cefalização seja uma adaptação que possibilitou o movimento e a busca por alimentos.

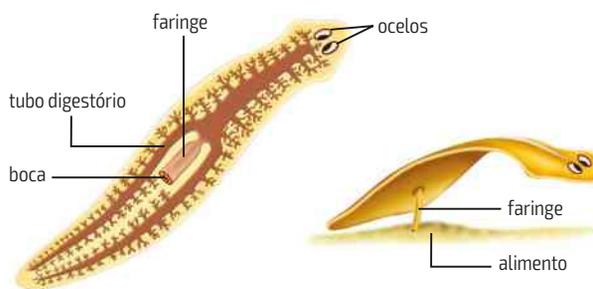
### Revestimento, sustentação e movimentos

Os platelmintos de vida livre produzem um muco na epiderme que facilita o movimento, realizado com a ajuda dos cílios que revestem a face ventral. Os parasitas possuem uma **cutícula** sobre a epiderme, que protege esses animais contra enzimas digestivas, por exemplo.

Nas formas livres, a cabeça possui ocelos (**figura 10.2**), ou seja, olhos primitivos que distinguem apenas a presença de luz. Nos parasitas, a cabeça pode apresentar ventosas e, às vezes, ganchos de fixação.

### Digestão

Os animais de vida livre costumam ser carnívoros e alimentam-se de outros invertebrados. Seu tubo digestório é incompleto (sem ânus) e a digestão é extra e intracelular (ela termina no citoplasma das células do intestino; **figura 10.2**). Os resíduos são eliminados pela boca.



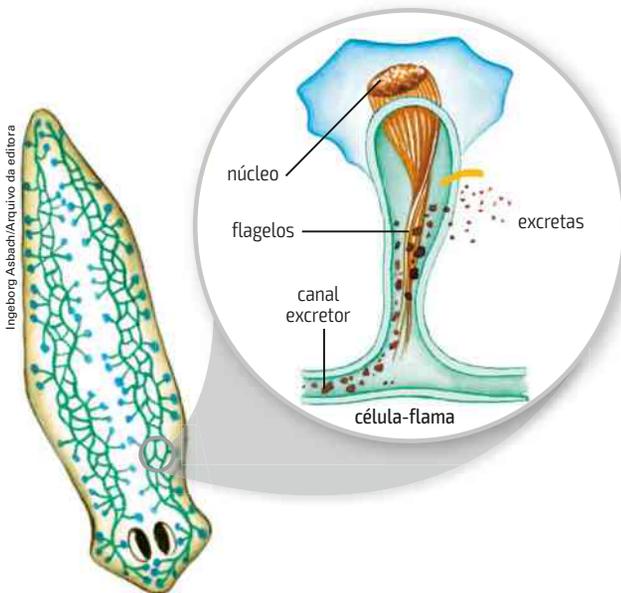
**Figura 10.2** Tubo digestório da planária: a faringe é estendida para fora da boca, fazendo a ingestão do alimento (os elementos da ilustração não estão na mesma escala; planárias de água doce têm, em média, de 3 mm a 15 mm de comprimento; cores fantasia).

## Respiração, circulação e excreção

A espessura do corpo dos platelmintos é muito pequena, o que facilita a difusão de substâncias pelo organismo. Assim, o oxigênio absorvido pela epiderme chega facilmente ao centro do corpo por difusão. Não existe nos platelmintos nem um sistema respiratório nem um sistema circulatório diferenciados. A cavidade digestória distribui alimento pelo corpo.

A amônia, substância nitrogenada produzida pela oxidação das proteínas e de outros compostos com nitrogênio, é eliminada por difusão através da superfície do corpo. O excesso de água e de outros produtos do metabolismo é eliminado por células com um flagelo, os **solenócitos** (do grego *solen* = canal; *kytos* = célula), ou com vários flagelos, as **células-flama**, que, em conjunto, se assemelham à chama de uma vela (figura 10.3). Essas células estão espalhadas pelo corpo do animal e realizam a excreção através de um sistema de tubos e de poros na epiderme.

Órgãos excretores formados por tubos com uma extremidade aberta e outra interna, fechada, como as células-flama, são chamados **protonefrídios** (do grego *protos* = primeiro; *nephron* = rim). Como veremos, o órgão excretor nos anelídeos, por exemplo, é formado por um tubo aberto em ambas as extremidades e caracteriza um metanefrídio.

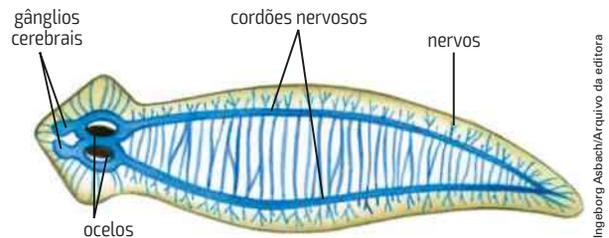


**Figura 10.3** Excreção nos platelmintos: o batimento dos flagelos das células-flama (em detalhe ampliado) impulsiona as excretas ao longo de tubos excretores que se abrem na epiderme (os elementos da ilustração não estão na mesma escala; cores fantasia).

## Coordenação

O sistema nervoso dos platelmintos é mais desenvolvido que o dos cnidários e proporciona melhor coordenação de movimentos complexos. Há duas pequenas “estações nervosas”, os **gânglios cerebrais**, ligados entre si por dois **cordões nervosos** (figura 10.4). Portanto, além da cefalização, há centralização do sistema nervoso, o que permite movimentos mais sofisticados.

Além dos ocelos das formas livres, há **quimiorreceptores**, que assinalam a presença de substâncias químicas úteis ou nocivas.



**Figura 10.4** Sistema nervoso da planária. Nos ocelos, os pigmentos bloqueiam os raios de luz vindos de certas direções, o que permite a orientação da planária pela luz (os elementos da ilustração não estão na mesma escala; cores fantasia).

## Reprodução

A planária pode realizar reprodução assexuada partindo-se ao meio (**laceração** ou **fissão**; figura 10.5). Depois, cada uma das partes se regenera, dando origem a uma planária inteira. A regeneração também pode ser observada em laboratório cortando uma planária em dois ou mais pedaços.



**Figura 10.5** Reprodução assexuada das planárias por laceração (os elementos da ilustração não estão na mesma escala; cores fantasia).

Em relação à reprodução sexuada, a planária é hermafrodita (monoica; cada indivíduo apresenta testículos e ovários), e a fecundação é cruzada e mútua, também chamada **fecundação recíproca**. O ovo origina uma nova planária por desenvolvimento direto, mas nos platelmintos parasitas há formação de larvas (desenvolvimento indireto).

As tênia também são hermafroditas: cada anel possui útero, testículos, ovários e outras partes do sistema reprodutor masculino e feminino. O animal realiza autofecundação, produzindo anéis cheios de ovos, que são expulsos com as fezes do hospedeiro.

## 2 Classificação dos platelmintos

Os platelmintos dividem-se em três classes: **Turbellaria (turbelários)**, **Trematoda (trematódeos)** e **Cestoda (cestódeos)**.

### Turbelários

A maioria das espécies de turbelários é aquática de vida livre; poucas são terrestres e parasitas. O termo *turbelário* faz referência ao turbilhão provocado na água pelos cílios que cobrem a epiderme desses animais. O principal exemplo é a planária (**figura 10.6**).



**Figura 10.6** Planária (microscópio óptico; aumento de 40 vezes).

## Trematódeos

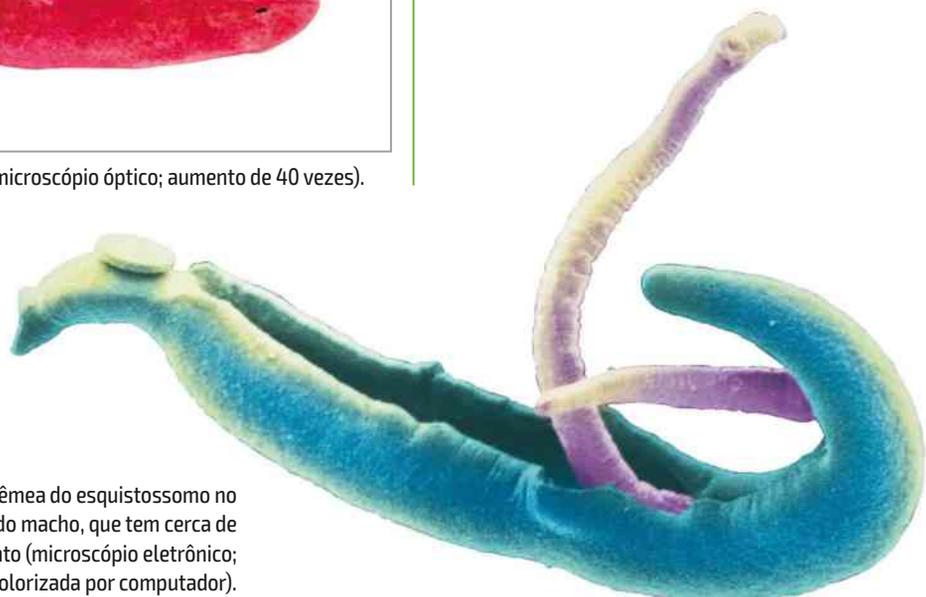
O corpo dos trematódeos é revestido por uma cutícula e apresentam ventosas ou ganchos; possuem tubo digestório com uma boca que pode apresentar ventosas (*trematos* significa 'portador de orifícios', em razão da observação de ventosas ao redor da boca) e, em geral, são hermafroditas. Vamos estudar com mais detalhes um representante desse grupo: o **esquistossomo** (do grego *schistos* = fendido; *soma* = corpo), causador da **esquistossomose**.

Há três espécies de esquistossomos que provocam doenças em milhões de pessoas na África (*Schistosoma haematobium*), na Ásia (*Schistosoma japonicum*) e na América Latina (*Schistosoma mansoni*). Presente no Brasil, o *S. mansoni* é a causa da doença conhecida como esquistossomose ou **esquistossomiase mansônica** (ou ainda, **xistossomose**, **xistosa** e **doença do caramujo**).

O esquistossomo macho mede cerca de 1 cm e possui duas ventosas e um sulco ao longo do corpo, no qual abriga a fêmea (com cerca de 1,5 cm) durante a cópula. Veja a **figura 10.7**. Eles completam seu desenvolvimento no **sistema porta-hepático** (veias que ligam o intestino ao fígado) do hospedeiro definitivo. Nesse caso, o ser humano é o hospedeiro definitivo, porque abriga a forma do parasita com reprodução sexuada.

### ATENÇÃO

Para mais informações, procure orientação médica.



**Figura 10.7** Fêmea do esquistossomo no canal do corpo do macho, que tem cerca de 1 cm de comprimento (microscópio eletrônico; imagem colorizada por computador).

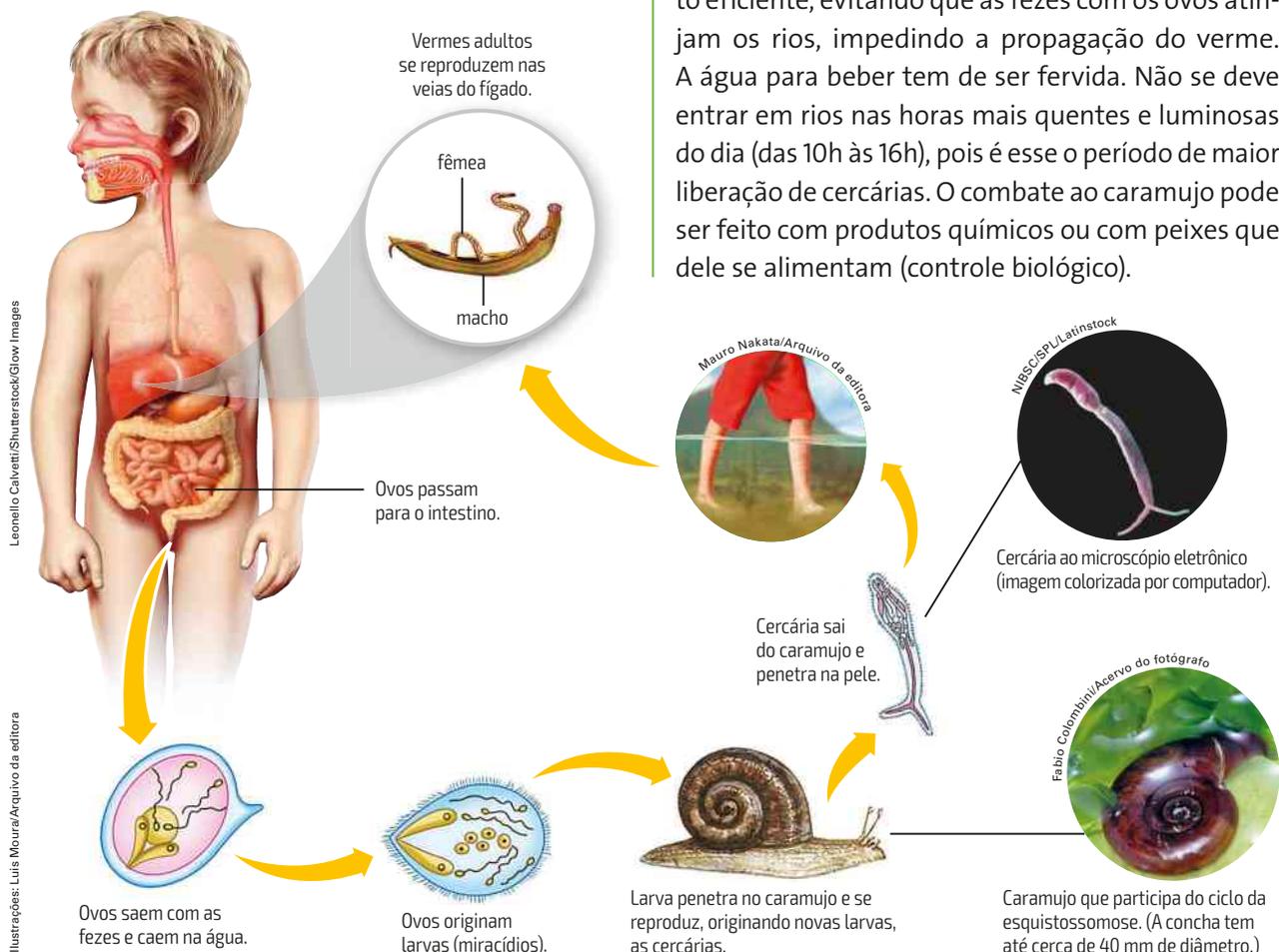
A fêmea coloca cerca de 400 ovos por dia nas veias e nos capilares da parede do intestino, provocando uma inflamação nesses vasos. O processo inflamatório facilita a passagem dos ovos para a cavidade intestinal. Assim, eles são eliminados com as fezes (**figura 10.8**). Se estas chegarem até a água, os ovos se romperão e liberarão uma larva ciliada, o **miracídio** (do grego *meirakion* = jovem), capaz de se movimentar ativamente por cerca de 8 a 12 horas. Depois desse tempo, ela só sobrevive se penetrar em um caramujo do gênero *Biomphalaria*, que vive em água doce parada ou com pouca correnteza (**figura 10.8**).

No caramujo, o miracídio cresce e se desenvolve em um saco com centenas de células reprodutoras, o **esporocisto primário** (do grego *sporo* = semente; *kystis* = bexiga). Este, por reprodução assexuada, forma vários **esporocistos secundários**, que originam outro tipo de larva, a **cercária** (do grego *kerkos* = cauda). De um único miracídio originam-se até 300 mil cercárias. Essa grande produção de larvas é comum em parasitas com mais de um hospedeiro e ajuda a compensar a grande mor-

talidade que ocorre durante a passagem do parasita de um hospedeiro para outro. E essa passagem evita a competição entre as formas jovens e as adultas pelos recursos alimentares de um mesmo hospedeiro.

A cercária abandona o caramujo e pode viver livremente na água doce por até dois dias. Ela possui características que auxiliam na penetração através da pele ou das mucosas do ser humano quando este entra em contato com água contaminada (bebendo, lavando roupa, tomando banho, etc.).

Ao penetrar na pele, a larva pode provocar uma reação alérgica, causando coceira, vermelhidão e dor. Podem ocorrer problemas no fígado, no baço e no intestino, com diarreias, dores abdominais e emagrecimento. O baço e o fígado crescem, aumentando o volume da barriga (sintoma conhecido como ascite ou “barriga-d’água”). Para combater a doença, além de tratar as pessoas afetadas com medicamentos que eliminam os vermes, é fundamental dispor de instalações sanitárias adequadas e sistema de esgoto eficiente, evitando que as fezes com os ovos atinjam os rios, impedindo a propagação do verme. A água para beber tem de ser fervida. Não se deve entrar em rios nas horas mais quentes e luminosas do dia (das 10h às 16h), pois é esse o período de maior liberação de cercárias. O combate ao caramujo pode ser feito com produtos químicos ou com peixes que dele se alimentam (controle biológico).



**Figura 10.8** Ciclo do esquistossomo. O macho tem cerca de 1 cm de comprimento; os ovos, cerca de 0,15 mm; o miracídio, cerca de 0,16 mm; e cercária, cerca de 0,3 mm (os elementos da ilustração não estão na mesma escala; cores fantasia).



## O controle do caramujo *Biomphalaria*

O caramujo e hospedeiro intermediário do causador da esquistossomose pode ser combatido com produtos químicos, que, no entanto, podem matar também peixes e outros animais aquáticos.

Outra opção é o controle ou combate biológico, por meio de predadores, competidores ou parasitas do caramujo. Nesse caso, pode ser usado outro caramujo, conhecido com o nome popular de aruá, que devora ovos e filhotes de *Biomphalaria*. São utilizados também patos, gansos e peixes, como a tilápia, que se alimentam do caramujo e podem controlar a população desse molusco.

A eficácia do combate biológico é limitada por fatores ambientais, como a disponibilidade de opções alimentares ou a presença de outros predadores. É preciso também realizar estudos de impacto ambiental para analisar possíveis desequilíbrios ecológicos que podem ser provocados pela introdução de uma nova espécie no ambiente.

Por enquanto, as medidas mais eficazes, em geral, para o controle da esquistossomose, são o saneamento, o tratamento dos doentes e a educação sanitária.

## Cestódeos

Os principais exemplos de cestódeos são a *Taenia solium* e a *Taenia saginata* (do grego *tainia* = fita; o corpo desses animais apresenta forma de fita).

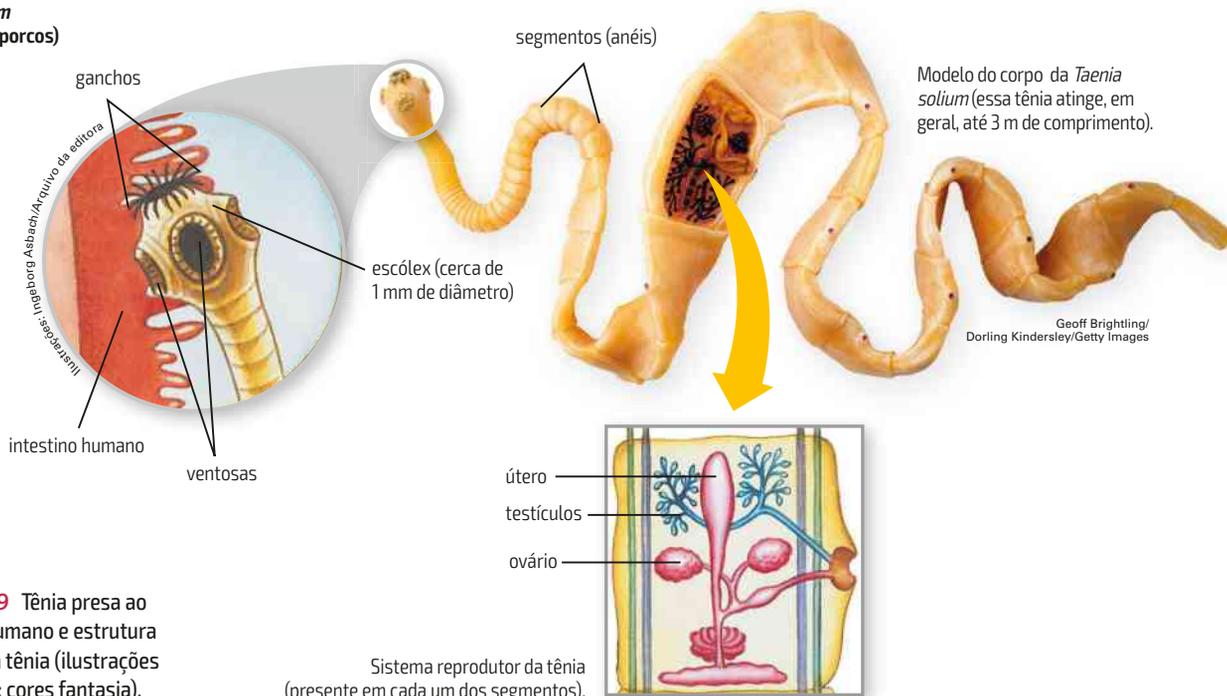
O corpo das tênias (figura 10.9), também chamado **estróbilo** (do latim *strobilus* = cone), é formado por uma repetição de segmentos ou anéis chamados **proglotes** ou **proglótides** (do grego *proglottis* = ponta da língua), que crescem por divisão (**estrobilização**) dos anéis próximos da região anterior do verme, o **escólex** (do grego *skólex* = verme). Neste, há estru-

turas de fixação (**ventosas**) e, às vezes, uma coroa de ganchos que prendem o parasita na parede do intestino do hospedeiro. A *Taenia solium*, por exemplo, apresenta ganchos além das ventosas.

As tênias apresentam uma cutícula protetora, vários cordões nervosos e até quatro canais excretores que percorrem todo o estróbilo. Cada anel é constituído por um sistema reprodutor hermafrodita, capaz de realizar a autofecundação.

Uma característica importante desse grupo é a ausência de tubo digestório. Esses vermes absorvem o alimento já digerido pelo intestino do hospedeiro.

*Taenia solium*  
(parasita de porcos)



**Figura 10.9** Tênia presa ao intestino humano e estrutura do corpo da tênia (ilustrações sem escala; cores fantasia).

A **teníase** é uma doença causada por duas espécies de tênia. O hospedeiro intermediário da *Taenia solium* é o porco, e o da *Taenia saginata* é o boi; o hospedeiro definitivo é o ser humano. A tênia adulta vive presa à parede do intestino delgado, onde ocorre a autofecundação. As proglotes fecundadas são expulsas com as fezes, desintegram-se e eliminam ovos que contêm um embrião esférico, portador de seis espinhos. Esse embrião é chamado **oncosfera** (do grego *ogkos* = tumor) ou **hexacanto** (do grego *héx* = seis; *akantha* = espinho). Veja o ciclo da teníase na **figura 10.10**.

Uma pessoa parasitada por uma tênia pode eliminar cerca de 700 mil ovos por dia, o que representa mais uma adaptação à grande perda de ovos e larvas na passagem de um hospedeiro para outro.

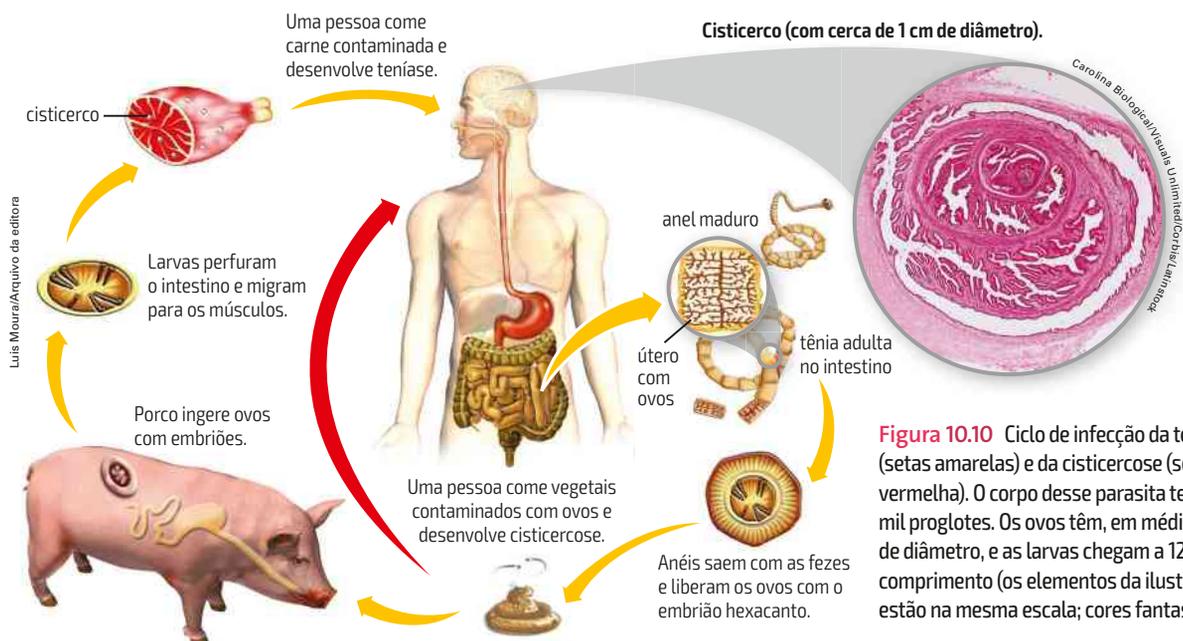
Quando as fezes são depositadas no solo, geralmente por falta de instalações sanitárias adequadas, os ovos podem contaminar a água e as verduras, e ser ingeridos pelo porco ou pelo boi. No estômago desses animais, a casca do ovo é destruída, libertando a oncosfera, que fura a parede do intestino e vai alojar-se nos músculos do animal. Nestes, ela cresce e assume o aspecto de uma vesícula cheia de líquido, o **cisticerco** (do grego *kystis* = bexiga; *kerkos* = cauda). A olho nu, o cisticerco parece uma pequena esfera branca, por isso é popularmente chamado de canjiquinha. O ser humano contamina-se ao ingerir carne crua, mal-assada ou malcozida que contém cisticercos. Estes, no intestino delgado, desenvolvem o escólex, prendem-se à mucosa intestinal e alcançam o estágio adulto. Geralmente, há apenas uma tênia no corpo da pessoa. Por isso, esses vermes são chamados também de **solitárias**.

Muitas vezes, a teníase não apresenta sintomas, mas há casos em que se constata dor abdominal, perda de peso, dor de cabeça, etc. O diagnóstico é feito pelo exame das fezes.

A **cisticercose humana** é uma doença mais grave que a teníase e desenvolve-se quando os ovos eliminados por um indivíduo infestado pela *Taenia solium* são transmitidos para ele próprio ou para outras pessoas por meio de mãos sujas ou água e alimento contaminados. Assim, enquanto na teníase o ser humano é o hospedeiro definitivo, na cisticercose ele é o hospedeiro intermediário (veja a **figura 10.10**).

No intestino, as larvas passam para a circulação sanguínea, indo se alojar nos olhos (cisticercose ocular), cérebro (neurocisticercose), pele, músculos, etc. A gravidade da doença depende do órgão atingido e pode levar à cegueira ou até à morte. O tratamento pode ser feito com cirurgias e medicamentos que destroem o cisticerco.

As medidas preventivas contra cisticercose humana incluem, além de medidas de saneamento básico, hábitos de higiene pessoal, como lavar as mãos antes de manipular alimentos ou após a evacuação, não levar a mão suja à boca e comer alimentos bem higienizados. Já as medidas para a prevenção da teníase incluem o uso de vasos sanitários ligados à rede de esgotos, fossas adequadamente tratadas e inspeção sanitária dos matadouros, com eliminação da carne de animais contaminados. A medida individual mais importante para se proteger da teníase é evitar a ingestão de carne crua ou malcozida.



**Figura 10.10** Ciclo de infecção da teníase (setas amarelas) e da cisticercose (seta vermelha). O corpo desse parasita tem cerca de mil proglotes. Os ovos têm, em média, 0,03 mm de diâmetro, e as larvas chegam a 12 mm de comprimento (os elementos da ilustração não estão na mesma escala; cores fantasia).

### 3 Nematódeos: características gerais

Esses animais são vermes com o corpo alongado, cilíndrico e afilado nas extremidades, assemelhando-se a um fio (*nema* = filamento). Muitos são microscópicos; outros medem poucos milímetros ou centímetros de comprimento. A simetria desses animais é bilateral.

#### Morfologia e fisiologia

Os nematódeos são triblásticos, assim como os platelmintos, mas, ao contrário desses, apresentam uma cavidade corporal entre o intestino e a epiderme chamada de **pseudoceloma** (figura 10.11) e por isso são chamados **pseudocelomados**. Quando observado em corte, o verme adquire o aspecto de um tubo com outro (o tubo digestório) em seu interior (daí o nome asquelminto; do grego *asco* = saco; e *helmins* = verme).



**Figura 10.11** Esquema de embrião de nematódeo em corte e lombriga adulta. O comprimento desses vermes vai de 15 cm a 40 cm; cores fantasia.

Esse pseudoceloma proporciona mais espaço para o desenvolvimento dos órgãos. Além disso, o líquido que o preenche ajuda a distribuir nutrientes e outras substâncias pelo corpo, facilita a eliminação das excretas e funciona na sustentação do animal.

O corpo dos nematódeos é coberto por uma película muito resistente e flexível, secretada pela epiderme, a **cutícula**. Essa estrutura protege o corpo do animal contra o atrito de partículas do solo (figura 10.12) ou, nas espécies parasitas, contra as defesas do hospedeiro. Não há esqueleto rígido, e sob a epiderme há uma camada de músculos que atua contra a cutícula e contra a pressão do líquido que preenche a cavidade corporal (**esqueleto hidrostático**).



**Figura 10.12** Nematódeo (com cerca de 8 mm de comprimento) em meio à madeira apodrecida de uma árvore.

Possuem tubo digestório completo, com boca e ânus, nas fêmeas, e cloaca (abertura comum ao sistema digestório e reprodutor) nos machos.

A digestão é extra e intracelular. Em alguns parasitas, o intestino apenas absorve o alimento já digerido pelo hospedeiro.

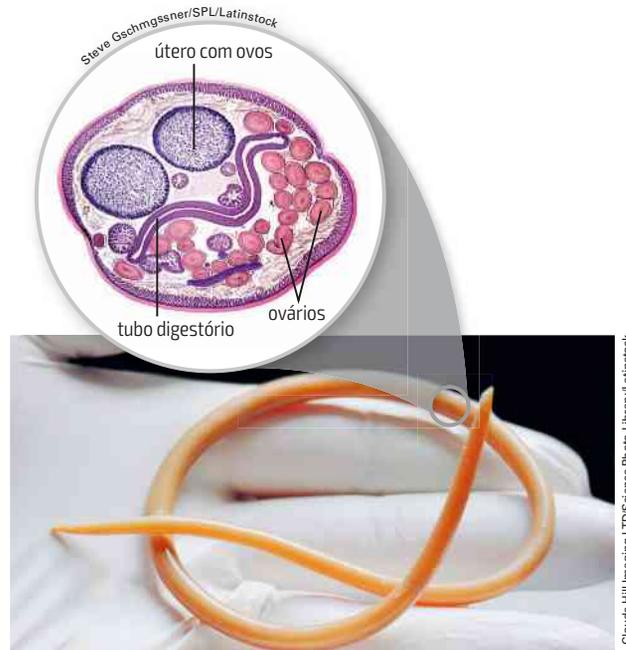
Não há sistema respiratório nem circulatório. A troca de gases é feita por difusão através da superfície do corpo; enquanto os nutrientes resultantes da digestão intracelular são lançados no líquido que preenche o pseudoceloma e então são difundidos para as demais células do corpo.

Como sistema excretor, há uma célula grande com a forma da letra “H” ou um par de células alongadas em forma de saco. Ambas abrem-se para o exterior por meio de um poro na epiderme.

O sistema nervoso é centralizado, com um anel na região anterior do corpo, do qual partem cordões nervosos longitudinais.

Na maioria dos casos, os sexos são separados. Os machos possuem testículos, onde são produzidos os espermatozoides, além de glândulas anexas, que produzem líquidos para o transporte dos gametas. E as fêmeas possuem ovários, que produzem óvulos, dois úteros e uma vagina (figura 10.13).

A fecundação é interna e do ovo sai uma forma jovem semelhante ao adulto (mas sem sistema reprodutor), que à medida que cresce realiza mudas, trocando de cutícula.



**Figura 10.13** Corte transversal do corpo de uma fêmea de *Ascaris* sp. (corte visto em microscópio óptico; aumento de 13 vezes; com uso de corantes).

## 4 Nematódeos parasitas do ser humano

Os nematódeos estão espalhados em grande quantidade no solo, na água e como parasitas de animais e vegetais. Em um punhado de solo, podem existir centenas de milhares desses pequenos nematódeos. Há também doenças importantes causadas por nematódeos, como veremos a seguir.

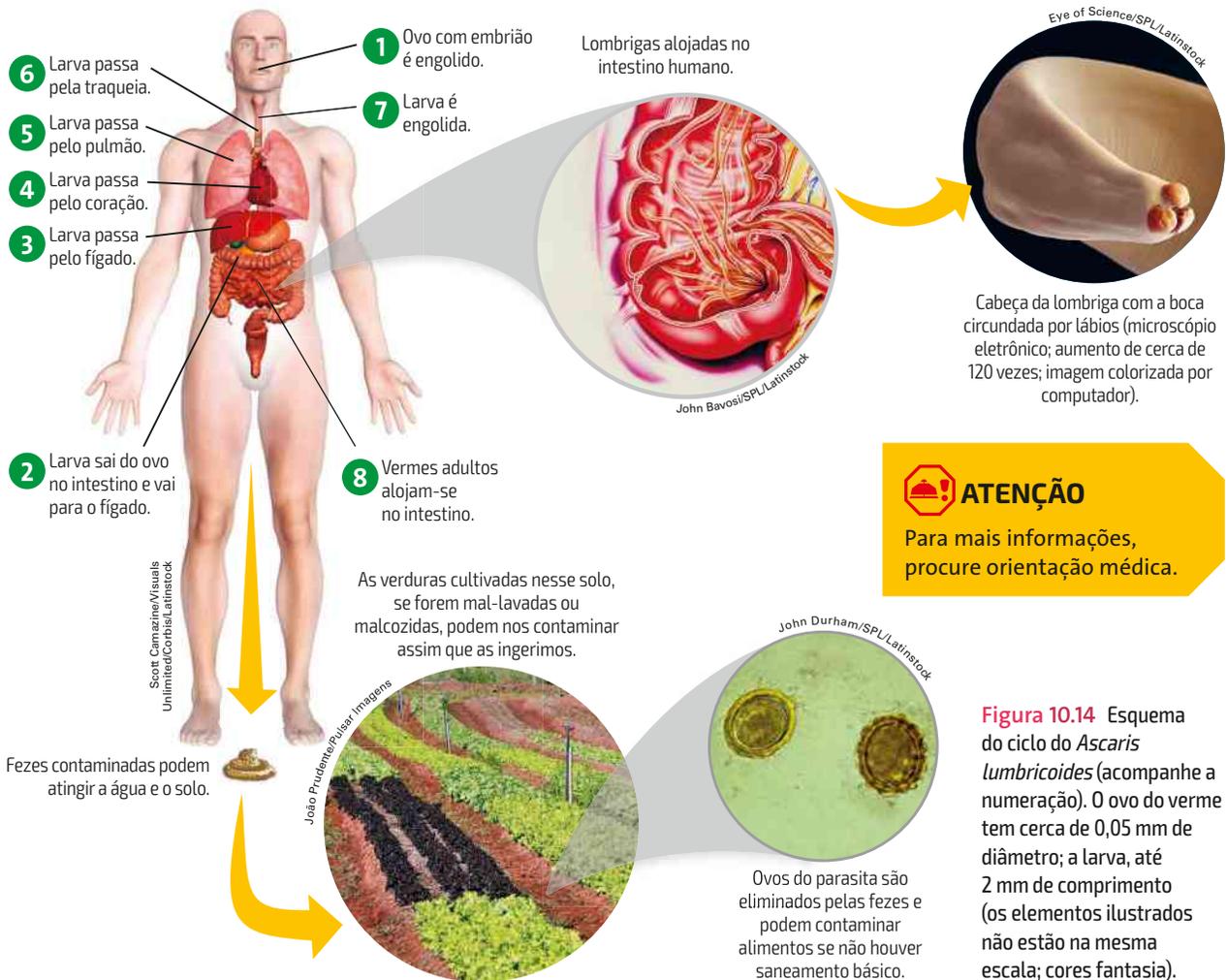
### Ascaridíase

A ascaridíase, também chamada **ascariase**, é causada pelo *Ascaris lumbricoides*, conhecida popularmente como **lombriga** (do latim *lumbricu* = minhoca; embora a minhoca seja representante de outro filo, o dos anelídeos). Os vermes adultos medem entre 15 cm e 40 cm de comprimento e desenvolvem-se no intestino delgado do hospedeiro, onde macho e fêmea se acasalam. A fêmea produz até 200 mil ovos

por dia, cada um com cerca de 50  $\mu\text{m}$  de diâmetro. Os ovos são expulsos com as fezes do hospedeiro e, em condições favoráveis de umidade e temperatura, dão origem a uma larva infectante.

Não havendo saneamento básico (esgoto ou fossa), os ovos podem chegar ao solo e contaminar água e alimentos. Hortaliças regadas com água contaminada de rios e córregos também podem apresentar ovos. Moscas, baratas e outros animais também podem espalhá-los.

Os ovos ingeridos alcançam o intestino, eclodem e libertam as larvas. Antes de se instalarem nesse órgão, as larvas migram pelo corpo: atravessam a parede intestinal e caem na corrente sanguínea, chegando, dois ou três dias depois, ao coração, do qual são levadas para os pulmões e passam para os alvéolos, subindo pelos brônquios e pela traqueia até chegarem à laringe. Passam, então, para a faringe, sendo deglutidas e indo para o estômago. Já adultas, instalam-se definitivamente no intestino delgado (figura 10.14).



**Figura 10.14** Esquema do ciclo do *Ascaris lumbricoides* (acompanhe a numeração). O ovo do verme tem cerca de 0,05 mm de diâmetro; a larva, até 2 mm de comprimento (os elementos ilustrados não estão na mesma escala; cores fantasia).

A gravidade da doença depende da quantidade de vermes que o hospedeiro abriga. Infestações pequenas podem passar despercebidas; as intensas, porém, com cinquenta ou mais vermes, podem provocar obstrução intestinal. O desvio dos nutrientes do hospedeiro para o parasita é mais grave quando a pessoa está mal alimentada, subnutrida ou é muito jovem. Podem aparecer manifestações alérgicas, como urticária, cólicas, diarreias e prisão de ventre. Além disso, são comuns tosse seca e chiado, uma vez que as larvas passam pelo pulmão e podem provocar lesões nesse órgão.

O tratamento com medicamentos que eliminam os vermes é muito eficiente. A prevenção consiste na instalação de rede de esgotos, construção de fossas sépticas e educação sanitária, criando hábitos de higiene pessoal (lavar as mãos antes de tocar alimentos ou de comer, etc.).

## Ancilostomose

A ancilostomose, também chamada **ancilostomiase**, **necatoríase**, **amarelão** (a pessoa fica anêmica, com pele pálida) ou **opilação**, pode ser causada por dois tipos de nematódeos com ciclos semelhantes: o *Ancylostoma duodenale* e o *Necator americanus* (do latim *necator* = assassino; **figura 10.15**).

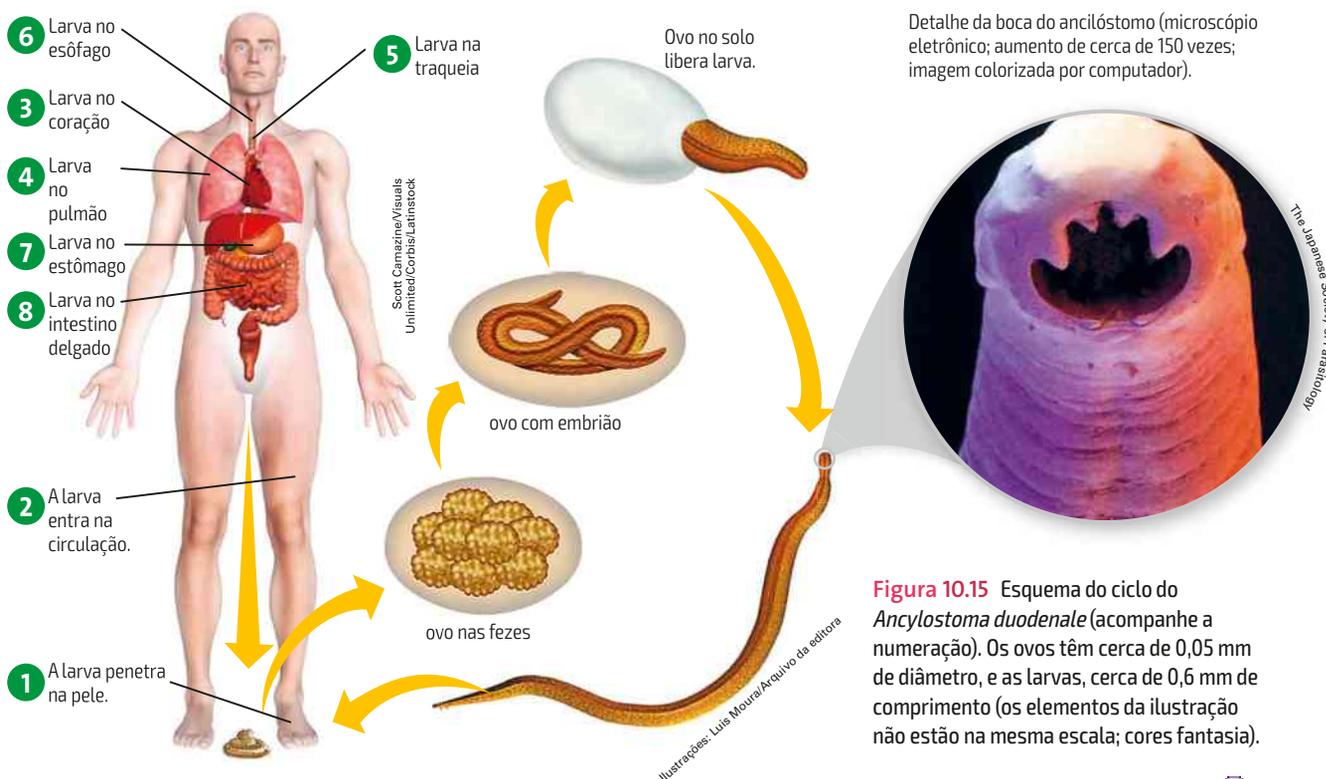
Os vermes adultos (machos e fêmeas) medem entre 1 cm e 2 cm de comprimento e desenvolvem-se no intestino delgado do ser humano. Os ovos são

expulsos com as fezes e, encontrando condições favoráveis no solo (terra úmida e quente), liberam uma larva (**figura 10.15**). A larva abandona a casca do ovo e passa a ter vida livre no solo.

As larvas penetram através da pele, geralmente dos pés descalços, migram para os vasos linfáticos da derme e passam para os vasos sanguíneos, sendo levadas pela circulação para o coração e o pulmão (no qual podem provocar lesões). Depois, as larvas perfuram os capilares pulmonares e a parede dos alvéolos, migram pelos bronquíolos e chegam à faringe. Descem pelo esôfago e alcançam o intestino delgado, onde se tornam adultos (**figura 10.15**). Outra maneira de infestação é a ingestão da larva, que alcança o estado adulto no intestino delgado, sem migração.

Com placas cortantes ou dentes, os vermes rasgam as paredes intestinais e sugam o sangue, provocando hemorragias e anemia. A pessoa fica pálida, cansada, com fraqueza, tonturas, desânimo e dores musculares. À medida que a anemia se agrava, ocorrem falta de ar e deficiências na circulação e no funcionamento do coração, que podem levar à morte.

A prevenção é feita com a construção de instalações sanitárias, hábitos de higiene (lavar as mãos antes de comer, lavar bem os alimentos, etc.), tratamento da água e uso de calçados. O tratamento deve ser feito com vermífugos, associados à administração de ferro (para combater a anemia) e a uma dieta rica em proteínas, vitaminas e alimentos com ferro.



**Figura 10.15** Esquema do ciclo do *Ancylostoma duodenale* (acompanhe a numeração). Os ovos têm cerca de 0,05 mm de diâmetro, e as larvas, cerca de 0,6 mm de comprimento (os elementos da ilustração não estão na mesma escala; cores fantasia).

## Bicho-geográfico

Algumas espécies de nematódeos que parasitam o intestino de cães e gatos (*Ancylostoma braziliensis* e *Ancylostoma caninum*) produzem larvas que podem penetrar na epiderme humana e deslocar-se através dela, abrindo túneis (que lembram o traçado de um mapa) e provocando intensa coceira (figura 10.16). Essa doença é chamada larva *migrans* cutânea, **bicho-geográfico**, **dermatite pruriginosa** ou **bicho-das-praias** (pois é comum em praias poluídas por fezes de cães e gatos).

A prevenção consiste em impedir o acesso de animais a praias e também a tanques de areia em escolas e parques onde brincam crianças. Devem-se realizar exames periódicos nos animais para verificar se estão contaminados e eliminar o verme com medicamentos. O ideal também é andar de chinelos na praia e sentar-se em cadeiras ou toalhas, de modo que seja evitado o contato da pele com a areia. Há medicamentos que matam as larvas.



Figura 10.16 Lesão de pele causada por bicho-geográfico.

## Filariose

A filariose linfática é causada pelo verme *Wuchereria bancrofti* ou **filária** (do latim *filariu* = novelo de linha), que se desenvolve nos vasos linfáticos. Essa doença é mais encontrada em países tropicais (no Brasil, na América Central e na Latina, no Sudeste Asiático e na África).

A fêmea fecundada produz larvas que migram para o sangue e só completam o seu desenvolvimento em mosquitos hematófagos, como os do gênero *Culex*. Com a picada, as larvas passam com o sangue para o tubo digestório do mosquito, migram para os

músculos, crescem e formam larvas infestantes, que mais tarde se instalam nas peças bucais do inseto.

Quando o inseto contaminado com as larvas pica uma pessoa, elas atingem os vasos linfáticos, tornam-se adultas e obstruem esses vasos. Como a função dos vasos é retirar o excesso de líquido que sai do sangue e banha os tecidos, ocorre o acúmulo desse líquido na região atingida (principalmente pernas, mamas e escroto), causando deformações, inchaço e hipertrofia, daí o nome **elefantíase**, pelo qual a doença é conhecida.

Medidas profiláticas são o combate ao mosquito e às suas larvas com inseticidas, saneamento ambiental, drenagem de águas pluviais e tratamento de esgotos. Existem medicamentos contra o verme; eles devem ser logo administrados, para evitar as lesões irreversíveis da doença.

## Enterobíase

A **enterobíase** ou **oxiuríase** é provocada pelo nematódeo *Enterobius vermicularis* (do grego *énteron* = intestino; *bios* = vida) ou *Oxyurus vermicularis*, conhecido como **oxiúro** (do grego *oxys* = ponta; *ourás* = cauda). O macho mede cerca de 5 mm de comprimento, e a fêmea, 1 cm. Ambos se desenvolvem no intestino grosso. Depois de fecundada, a fêmea dirige-se para a região em torno do ânus, onde deposita seus ovos: o sintoma mais frequente é uma coceira nessa região, em geral à noite, provocada pela movimentação da fêmea.

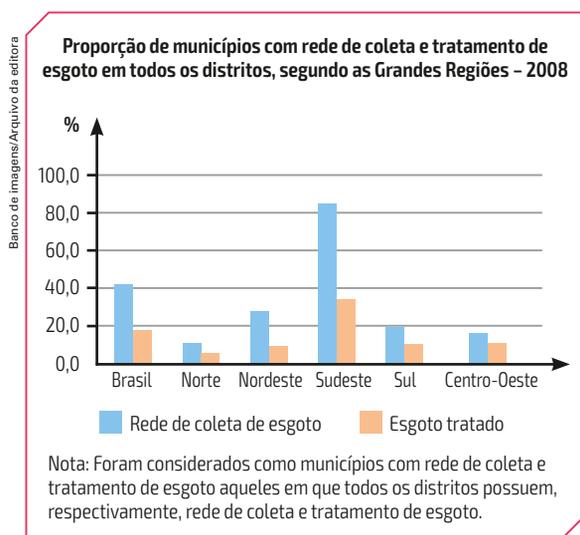
A transmissão pode ocorrer de um indivíduo para outro (inalação ou ingestão de ovos presentes na poeira ou nos alimentos) ou por autoinfestação, quando, após coçar o ânus, a pessoa (em geral, criança) leva a mão à boca ou contamina alimentos com os ovos que ficam sob as unhas. Os ovos também podem ser encontrados nas roupas de cama, nas toalhas, no chão e nos objetos de casa, e são frequentes as pequenas epidemias em uma residência.

Pequenas infestações não apresentam sintomas, mas, quando o número de vermes é muito grande, podem ocorrer inflamação intestinal, perturbação do sono e congestão da região anal. A prevenção consiste em medidas de higiene, como limpeza das unhas e do corpo, uso de privadas e lavatórios, troca e lavagem diárias, em água fervente, da roupa de dormir e da de cama. O tratamento deve ser feito com vermífugos.



## Falta de saneamento básico e qualidade de vida

A ocorrência de verminoses, como as causadas por platelmintos e nematódeos parasitadas, está bastante relacionada a situações socioeconômicas desfavoráveis. Essas doenças afetam principalmente pessoas que vivem em condições precárias de habitação e saneamento (figura 10.17).

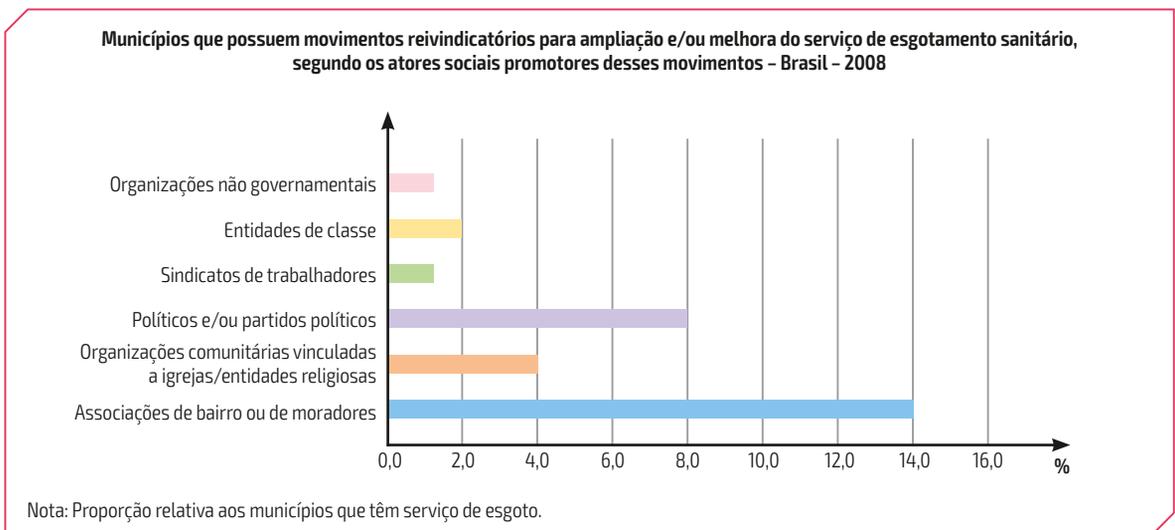


**Figura 10.17** Note que a porcentagem de esgoto tratado no Brasil ainda é de menos de 20%.

É por essa razão que especialistas em saúde e saneamento básico afirmam que para cada R\$ 1,00 gasto com tratamento de esgoto e efluentes, são economizados R\$ 4,00 em saúde pública. A distribuição de água tratada e a presença de rede de esgotos melhoram sensivelmente o Índice de Desenvolvimento Humano (IDH), um dos parâmetros usados para medir a qualidade de vida das populações.

Como vimos, a maioria das doenças causadas por vermes causa diarreia, dores abdominais, febre e desidratação aguda. Essas doenças são facilmente controladas em regiões com saneamento básico, mas causam grande número de mortes em regiões sem esses recursos. As principais vítimas são as crianças.

Estima-se que a ampliação dos serviços de água e esgoto para toda a população brasileira reduziria em 23% o total de dias de afastamento de trabalhadores por diarreia, aumentando a qualidade de vida nas cidades e diminuindo até mesmo o gasto das empresas com seus funcionários. Por isso é fundamental a participação da população (figura 10.18) e do governo para universalizar o acesso ao saneamento básico.



Fonte dos gráficos: <[http://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv53096\\_cap4.pdf](http://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv53096_cap4.pdf)>. Acesso em: 4 jan. 2016.

**Figura 10.18** Ainda são poucos os municípios em que existem movimentos que reivindicam a ampliação e a melhoria de serviços básicos de saneamento.

Fontes de pesquisa: <[http://ambientes.ambientebrasil.com.br/agua/artigos\\_aguas\\_urbanas/doencas\\_causadas\\_pela\\_falta\\_de\\_saneamento.html](http://ambientes.ambientebrasil.com.br/agua/artigos_aguas_urbanas/doencas_causadas_pela_falta_de_saneamento.html)>; <<http://biblioteca.ibge.gov.br/index.php/biblioteca-catalogo?view=detalhes&id=253096>>. Acesso em: 4 jan. 2016.

1. Durante a apresentação de um trabalho, um estudante afirmou que a carne de porco malcozida pode transmitir cisticercose e teníase. Você concorda com ele? Justifique sua resposta.
2. Em alguns locais do Brasil, onde as pessoas tomam banho ou nadam em lagoas ou açudes, costuma-se dizer: “Se nadou e depois coçou, é porque pegou”. Explique a que doença essa expressão se refere e justifique sua resposta.
3. Na “cabeça” de uma tênia não há órgãos sensoriais (ocelos, por exemplo) nem boca, há apenas órgãos de fixação. Já na “cabeça” das planárias há órgãos capazes de perceber a luz e de detectar substâncias químicas do ambiente.  
Explique essas diferenças em função do modo de vida dos dois exemplos de vermes achatados.
4. Apesar de poderem atingir vários metros de comprimento, as tênias não possuem sistema circulatório nem sistema digestório. Explique por que a falta desses sistemas não constitui um problema para esses animais.
5. Nas fezes de uma pessoa com teníase pode haver até 700 mil ovos por dia, porque cada proglote madura da tênia contém em torno de 80 mil ovos. Uma fêmea de esquistossomo é mais modesta, mas, ainda assim, produz cerca de 400 ovos por dia, que saem com as fezes do hospedeiro. Pense no ciclo vital dos dois parasitas e explique por que a produção de uma grande quantidade de ovos é importante para a sobrevivência dessas espécies.
6. Um abatedouro foi fechado pela inspeção do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento e teve mais de 600 kg de carne de porco e de boi apreendidos. O dono protestou, indignado, dizendo que em seu estabelecimento a carne ficava sob refrigeração constante e, portanto, não poderia estar estragada. Com base no que você aprendeu neste capítulo, explique qual pode ter sido o problema apresentado pela carne apreendida no abatedouro.
7. Um garoto chegou ao posto de saúde com anemia. O médico, ao ver o resultado dos exames, disse à mãe do menino que ele estava com uma verminose intestinal e aconselhou o garoto a não andar mais descalço no chão de terra. Qual deve ser a verminose do garoto? Justifique sua resposta.
8. Explique por que se diz que cada 1 real investido em saneamento básico representa economia de 4 reais em saúde.
9. (Fuvest-SP) O nematelminto *Ascaris lumbricoides* (lombriga) é um parasita que provoca graves danos à saúde humana.
  - a) Quantos hospedeiros o *Ascaris lumbricoides* tem durante seu ciclo de vida?
  - b) Em que fase de seu ciclo de vida o *Ascaris lumbricoides* entra no corpo humano?
  - c) Em que parte do corpo humano ocorre a reprodução do *Ascaris lumbricoides*?
  - d) Que medidas podem evitar a contaminação do ambiente por *Ascaris lumbricoides*?
10. (Fatec-SP) As planárias são vermes acelomados, pequenos e achatados dorsoventralmente; apresentam um tubo digestório com inúmeras ramificações.  
O tamanho e a forma da planária estão diretamente relacionados:
  - a) À capacidade regenerativa de seu mesênquima.
  - b) Ao sistema ganglionar ventral.
  - c) À presença de células-flama.
  - d) Aos ocelos acima dos gânglios cerebroides.
  - e) À ausência de um sistema circulatório.
11. (PUC-RJ) Sabemos que é desaconselhável comer carne de porco crua porque podemos contrair uma doença, que se caracteriza por ingestão de:
  - a) Cistos de *Taenia* e seu desenvolvimento no trato intestinal.
  - b) Ovos de *Taenia* e seu desenvolvimento nos órgãos em geral.
  - c) Ovos de *Trypanosoma* e seu desenvolvimento no trato intestinal.
  - d) Larvas de moscas e seu desenvolvimento nos órgãos em geral.
  - e) Toxinas bacterianas e desenvolvimento de diarreia.
12. (Enem) Em uma aula de Biologia, o seguinte texto é apresentado:  
  
**Lagoa Azul está doente**  
  
*Os vereadores da pequena cidade de Lagoa Azul estavam discutindo a situação da saúde no município. A situação era mais grave com relação a três doenças: doença de Chagas, esquistossomose e ascaridíase (lombriga). Na tentativa de prevenir novos casos, foram apresentadas várias propostas:*



17. (Fuvest-SP) Uma criança foi internada em um hospital com convulsões e problemas neurológicos. Após vários exames, foi diagnosticada cisticercose cerebral. A mãe da criança iniciou, então, um processo contra o açougue do qual comprava carne todos os dias, alegando que este lhe forneceu carne contaminada com o verme causador da cisticercose. A acusação contra o açougue:
- X a) não tem fundamento, pois a cisticercose é transmitida pela ingestão de ovos de tênia eliminados nas fezes dos hospedeiros.
  - b) não tem fundamento, pois a cisticercose não é transmitida pelo consumo de carne, mas, sim, pela picada de mosquitos vetores.
  - c) não tem fundamento, pois a cisticercose é contraída quando a criança nada em lagoas onde vivem caramujos hospedeiros do verme.
  - d) tem fundamento, pois a cisticercose é transmitida pelo consumo de carne contaminada por larvas encistadas, os cisticercos.
  - e) tem fundamento, pois a cisticercose é transmitida pelo consumo dos ovos da tênia, os cisticercos, que ficam alojados na carne do animal hospedeiro.

18. (UFRN) Leia o texto que segue:

*A esquistossomose mansônica é uma endemia mundial, ocorrendo em 52 países e territórios, principalmente na América do Sul, Caribe, África e Leste do Mediterrâneo, onde atinge as regiões do Delta do Nilo, além de países como Egito e Sudão. No Brasil, a transmissão ocorre em 19 estados, numa faixa contínua ao longo do litoral, desde o Rio Grande do Norte até a Bahia, na região Nordeste, alcançando o interior do Espírito Santo e Minas Gerais, no Sudeste.*

Brasil. Ministério da Saúde. Secretaria de Vigilância em Saúde. Guia de vigilância epidemiológica/Ministério da Saúde, Secretaria de Vigilância em Saúde. 6. ed. Brasília: Ministério da Saúde, 2005.

O texto ressalta a grande ocorrência da esquistossomose no mundo e no Brasil, permitindo pensar suas formas de prevenção. Sabe-se que as ações de educação em saúde e a mobilização comunitária são muito importantes no controle desse mal, e que o saneamento ambiental é da maior eficácia para as modificações de caráter permanente das condições de transmissão da esquistossomose.

Com o objetivo de quebrar o ciclo de vida do parasita, para prevenir essa doença, deve-se:

- a) exterminar as populações de caramujos que infectam os hospedeiros intermediários.
- b) incentivar o uso de água potável e construir aterros para eliminar coleções hídricas que sejam criadouros de mosquitos.
- X c) impedir que os ovos do parasita presentes nas fezes de uma pessoa contaminem corpos aquáticos.
- d) controlar as populações de nematódeos, hospedeiros intermediários do parasita.

19. (PUCC-SP) Considere as duas listas abaixo:

I. Verminoses importantes para a saúde pública brasileira:

1. esquistossomose; 2. teníase; 3. ascaridíase; 4. ancilostomose.

II. Formas de aquisição dos vermes:

- a) ingestão de ovos; b) ingestão de cisticercos;
- c) penetração pela pele das larvas presentes no solo; d) penetração pela pele ou mucosas das larvas presentes na água.

A associação correta entre I e II é:

- X a) 1-d; 2-b; 3-a; 4-c.
- b) 1-a; 2-c; 3-c; 4-d.
- c) 1-b; 2-a; 3-d; 4-c.
- d) 1-c; 2-b; 3-a; 4-d.
- e) 1-d; 2-a; 3-c; 4-b.

20. (IFSP) A tabela hipotética a seguir apresenta dados sobre a ocorrência de doenças parasitárias em três cidades do interior do Brasil, entre janeiro de 2009 e julho de 2010.

	Cidade A	Cidade B	Cidade C
Esquistossomose	241	0	52
Ascaridíase	42	56	347
Filariose	0	139	32
Ancilostomose	0	48	71

Diante dessa situação, para diminuir a ocorrência das doenças na população, as prefeituras locais estabeleceram algumas medidas profiláticas, como o controle da população do vetor das doenças e o uso de telas em portas e janelas.

Essas medidas foram eficientes para a(s) cidade(s)

- a) **A**, apenas.
- b) **B**, apenas.
- c) **A e B**, apenas.
- X d) **B e C**, apenas.
- e) **A, B e C**.

21. (Mack-SP) As verminoses representam um grande problema de saúde, principalmente nos países sub-desenvolvidos. A falta de redes de água e de esgoto, de campanhas de esclarecimento público, de higiene pessoal e de programas de combate aos transmissores, leva ao aparecimento de milhares de novos casos na população brasileira.

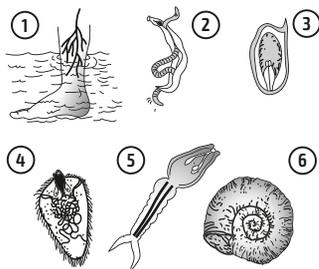
Dentre as verminoses humanas causadas por nemátodos, citam-se, corretamente:

- a) teníase, ascaridíase e ancilostomose.
- X b) filariose, ancilostomose e ascaridíase.
- c) esquistossomose, ascaridíase e ancilostomose.
- d) esquistossomose, filariose e oxiurose.
- e) teníase, filariose e esquistossomose.

22. (UFPA) Várias espécies de helmintos são agrupadas dentro do filo Nematoda, ou vermes cilíndricos. As principais novidades evolutivas que surgiram nesse filo, em comparação com os vermes achatados (platelmintos), foram:

- x a) uma cavidade interna chamada pseudoceloma; e o sistema digestório completo.
- b) a presença de três folhetos germinativos; uma cavidade interna chamada celoma; e o sistema circulatório fechado.
- c) a presença de três folhetos germinativos; ausência de cavidade interna; e sistema digestório completo.
- d) a presença de dois folhetos germinativos; uma cavidade interna chamada pseudoceloma; e o sistema digestório completo.
- e) a presença de três folhetos germinativos; uma cavidade interna chamada celoma; e o sistema digestório completo.

23. (UFMG) Observe as figuras que se referem ao ciclo da esquistossomose mansônica.



Em relação às figuras, é correto afirmar que:

- a) a infecção ocorre em 1 pelas formas 3, 4 e 5.
- b) a meiose ocorre da fase 3 para a fase 4.
- c) a passagem do indivíduo 5 pelo indivíduo 6 é necessária para que ele dê origem a 4.

d) o indivíduo indicado por 6 é o hospedeiro definitivo do parasita.

- x e) os indivíduos indicados em 2 localizam-se no sistema porta-hepático de 1.

24. (UEL-PR) As doenças parasitárias representam um grande problema de saúde pública. No quadro a seguir, estão relacionadas três doenças parasitárias e suas características.

Doença parasitária	Agente causador	Transmissor
A	nematódeo	B
doença de Chagas	C	percevejo
D	platelminto	caramujo

Considere as afirmativas a seguir.

- I. As letras **A**, **B**, **C** e **D** correspondem, respectivamente, a filariose, mosquito, protozoário, esquistossomose.
- II. Para prevenir a doença **A**, é necessário evitar o acúmulo de águas paradas e, para prevenir a doença **D**, devem-se evitar banhos em lagos e lagoas.
- III. As letras **A**, **B**, **C** e **D** correspondem, respectivamente, a amarelão, mosquito, verme, ancilostomíase.
- IV. Para prevenir a doença de Chagas e combater o transmissor **B**, são necessárias medidas de saneamento básico.

Assinale a alternativa correta.

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

### Trabalho em equipe

Pesquisem sobre uma das doenças indicadas a seguir. Procurem dados atualizados da doença escolhida no Brasil e no município em que vocês vivem. Elaborem uma campanha de combate a essa doença, incluindo pequenos textos, em linguagem acessível a todas as pessoas, sobre as formas de transmissão, prevenção, etc. Vocês podem elaborar cartazes, frases de alerta (*slogans*), figuras, letras de música, etc.

Verifiquem também se em sua região existe alguma instituição educacional ou de pesquisa que desenvolva atividades relacionadas ao tema e, se possível, agendem uma visita ao local. Ou pesqui-

sem *sites* de universidades, museus, etc. que disponibilizem exposições virtuais sobre o tema.

- a) Teníase e cisticercose. c) Ascariíase.
- b) Esquistossomose. d) Ancilostomose.

#### Fique de olho!

Uma forma de apresentar os resultados da pesquisa é criar *blogs*, vídeos ou páginas em redes sociais na internet. Assim, é possível trocar ideias com pessoas dentro e fora da escola. Mas nunca se esqueçam de citar a fonte das informações expostas.



*Hirudo medicinalis*. Quando aplicada sobre a pele, uma sanguessuga pode ingerir entre 5 ml e 10 ml de sangue, o que é quase 10 vezes o seu peso. Como esses animais podem causar lesões na pele, apenas pesquisadores devem manipulá-los.

A sangria terapêutica é a retirada de alguns mililitros de sangue com o intuito de tratar ou curar doenças. Essa prática foi criada pelos egípcios cerca de três mil anos atrás. O auge dessa técnica se deu na Europa, no século XIX. Nessa época, o principal instrumento usado para realizar as sangrias eram as sanguessugas (*Hirudo medicinalis*), um animal de parentesco próximo ao das minhocas. Atualmente, as sanguessugas ainda podem ser usadas em situações específicas para tratar alguns tipos de ferimentos.

- ◆ Quais são os animais popularmente conhecidos como “frutos do mar”?
- ◆ Você já deve ter visto vários tipos de conchas. Como são os animais que produzem essas carapaças?
- ◆ Em que ambiente é comum encontrar minhocas?
- ◆ Que outros grupos de animais são classificados como anelídeos? Quais as principais características desses animais?

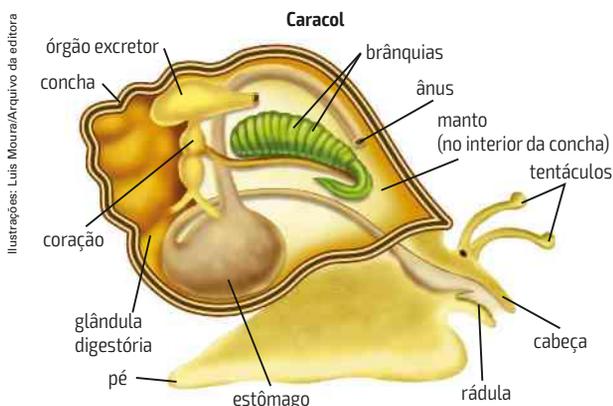


## 1 Moluscos

O filo **Mollusca (moluscos)** é representado principalmente por seres marinhos, embora haja algumas espécies terrestres e outras de água doce. O corpo mole dá nome ao grupo (do latim *mollis* = mole). Várias espécies do mar são utilizadas como alimento pelo ser humano: polvo, lula, caracol, ostra, mexilhão, etc. Esses animais são popularmente conhecidos como “frutos do mar” junto com os crustáceos, outro grupo que estudaremos mais adiante.

Os moluscos apresentam simetria bilateral, são triblásticos e celomados: isso significa que no embrião se forma uma cavidade no interior da mesoderme. No adulto, o celoma origina a cavidade geral do corpo, situada entre a epiderme e o tubo digestório. Essa cavidade fornece espaço para o desenvolvimento de vários órgãos, além de facilitar o transporte de substâncias e de funcionar, em certos casos, como um esqueleto hidrostático.

O corpo dos moluscos é dividido em três partes: **cabeça** (ou **região cefálica**), **pé** e **massa visceral**. Ao longo da evolução, essas partes sofreram transformações e passaram a ser diferentes em cada grupo de moluscos (figura 11.1).

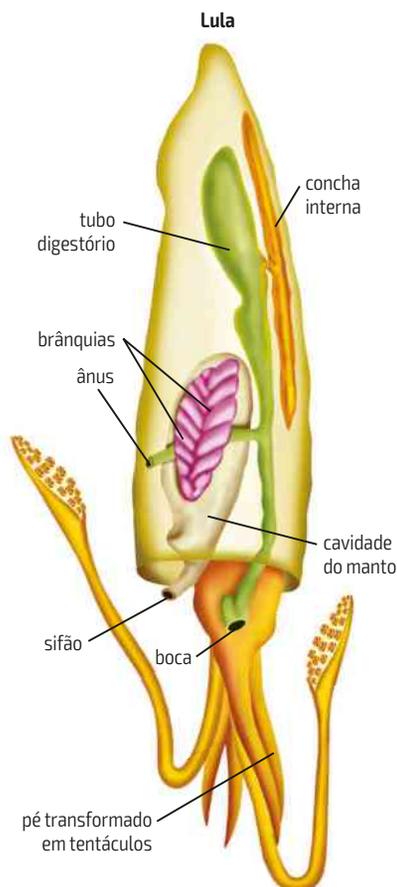


**Figura 11.1** Representação do corpo dos moluscos (os elementos da ilustração não estão na mesma escala; cores fantasia).

Na cabeça estão os órgãos sensoriais e os gânglios cerebrais. O pé apresenta-se musculoso e, em alguns animais, pode estar transformado em braços, como nos polvos.

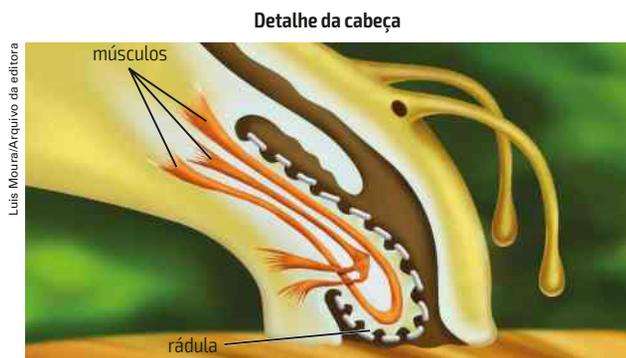
A massa visceral contém os principais órgãos internos do animal. Ela é revestida por uma dobra da epiderme (**manto** ou **pálio**), que delimita uma cavidade entre ela e a massa visceral, chamada **cavidade palial** ou **cavidade do manto**. Nessa cavidade estão as aberturas dos sistemas digestório e excretor e as brânquias (nas espécies aquáticas) ou os pulmões (nas espécies terrestres).

Na epiderme do manto há glândulas que secretam uma **concha calcária**, estrutura rígida e resistente à decomposição. Na lesma e no polvo, a concha está ausente. Na lula, ela é interna e reduzida (figura 11.2).



**Figura 11.2** Corpo das lulas (os elementos da ilustração não estão na mesma escala; cores fantasia).

O tubo digestório é completo. A maioria dos moluscos apresenta na boca uma estrutura característica do grupo, semelhante a uma língua com pequenos dentes de quitina, a **rádula** (do latim *radula* = pequeno raspador; **figura 11.3**). Com esse órgão, o animal raspa algas e outros alimentos presos nas pedras e nas conchas de outros moluscos e os envia para o tubo digestório.

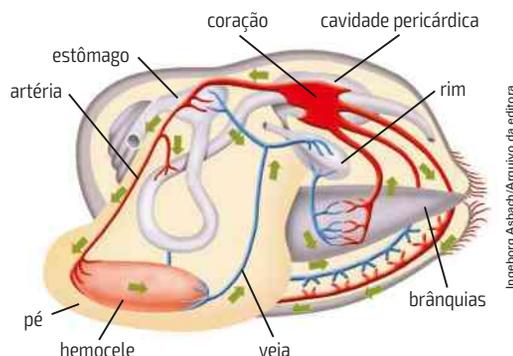


**Figura 11.3** Os músculos da boca movimentam a rádula e permitem a trituração dos alimentos (os elementos da ilustração não estão na mesma escala; cores fantasia).

A maioria dos moluscos tem respiração branquial. Localizadas em geral na cavidade do manto (reveja a **figura 11.2**), as brânquias retiram o oxigênio dissolvido na água, que é levado pelo sangue para todas as células do corpo.

Em alguns caracóis (terrestres) e caramujos de água doce, a cavidade palial transforma-se em uma câmara cuja parede é irrigada de sangue. Essa câmara funciona como um **pulmão**, retirando oxigênio do ar atmosférico. Em algumas lesmas, as trocas gasosas ocorrem através da pele, que é permeável e deve estar sempre úmida.

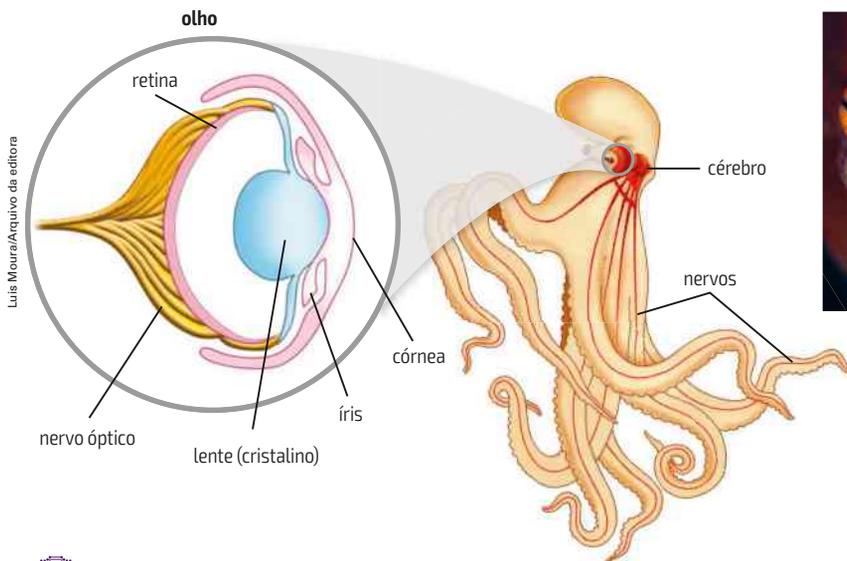
Na maioria dos moluscos, a circulação é aberta, ou seja, o sangue não fica restrito apenas aos vasos sanguíneos. O sangue oxigenado proveniente das brânquias passa pelo coração (órgão dorsal musculoso e contrátil), que o impulsiona por um sistema ramificado de vasos e de lacunas chamados **hemoceles**. Os órgãos estão mergulhados nessas cavidades e são banhados por sangue (**figura 11.4**). O coração está situado em uma cavidade cheia de líquido, a **cavidade pericárdica** (do grego *peri* = ao redor), que é o que restou do celoma no adulto.



**Figura 11.4** Esquema geral da circulação aberta dos moluscos (os elementos da ilustração não estão na mesma escala; cores fantasia).

No polvo e na lula a circulação é fechada: o sangue circula sempre dentro de vasos, e as trocas de nutrientes e gases ocorrem entre os capilares e os tecidos. As excretas saem do sangue, caem na cavidade pericárdica e são retiradas por um rim formado por tubos, algumas vezes ciliados, os **metanefrídios**, que as lança na cavidade palial pelo poro renal.

O sistema nervoso é formado por vários pares de gânglios unidos por cordões nervosos (**figura 11.5**).



**Figura 11.5** Sistema nervoso de moluscos e, no detalhe, ampliado, olho do polvo (um polvo pode medir de alguns centímetros a alguns metros de comprimento, conforme a espécie; cores fantasia). Na foto, os olhos do polvo-gigante-do-Pacífico (esse polvo atinge, em média, 4 m de comprimento).

O polvo e a lula têm olhos bem desenvolvidos, semelhantes aos dos vertebrados e capazes de formar imagens (**figura 11.5**). Em outros moluscos, como a ostra e o mexilhão, os órgãos visuais são mais simples e capazes apenas de captar a luz (**células fotorreceptoras**). Há também estatocistos (que funcionam como órgãos de equilíbrio), **tentáculos táteis** e **osfrádios** (receptores químicos próximos às brânquias, com a função de identificar e analisar as substâncias dissolvidas na água).

Há espécies hermafroditas e de sexos separados. Nas espécies hermafroditas raramente ocorre autofecundação, sendo mais comum a fecundação cruzada. Em algumas espécies, o indivíduo produz, inicialmente, só gametas masculinos, funcionando como macho. Mais tarde, produz gametas femininos, funcionando como fêmea.

A fecundação também pode ser externa e o desenvolvimento, direto ou indireto (sem ou com a formação de larvas, respectivamente).

## Classificação

Vamos estudar apenas três grupos mais conhecidos de moluscos: **Gastropoda** (gastropodes); **Bivalvia** (bivalves); e **Cefalophoda** (cefalópodes).

## Gastropodes

O nome gastrópode deve-se ao fato de o pé localizar-se na região ventral (do grego *gaster* = ventre; *podos* = pés). São representados pelos caramujos (aquáticos), pelas lesmas e pelos caracóis (terrestres e de água doce). Alguns possuem uma concha enrolada em espiral, mas outros, como certas lesmas terrestres, não têm concha. Em outros, como a lesma-do-mar, a concha é interna e reduzida (**figura 11.6**).



Fabio Colombini/Acervo do fotógrafo

**Figura 11.6** Lesma-do-mar, um gastrópode (cerca de 4 cm de comprimento).

## Biologia e ambiente



### Espécies invasoras

Uma causa importante da extinção de espécies são as espécies invasoras, isto é, aquelas que não estavam presentes em um ecossistema e que, por não terem inimigos naturais nas áreas onde chegam, proliferam e atacam espécies nativas, competindo com elas por recursos naturais.

Na década de 1980, foi importado da África o caramujo-gigante-africano (*Achatina fulica*; **figura 11.7**) para substituir o *escargot*, um caramujo comestível. O cultivo e a comercialização do caramujo fracassaram e eles escaparam dos locais de criação, espalhando-se pelo ambiente. Esse caramujo não possui inimigos naturais, alimenta-se da vegetação natural e se reproduz rapidamente, destruindo plantações e ser-

vindo de hospedeiro intermediário para vermes causadores de doenças no ser humano e em animais domésticos.



Kerstin Lajer/Latinstock

**Figura 11.7** Caramujo-gigante-africano (até cerca de 15 cm de comprimento).

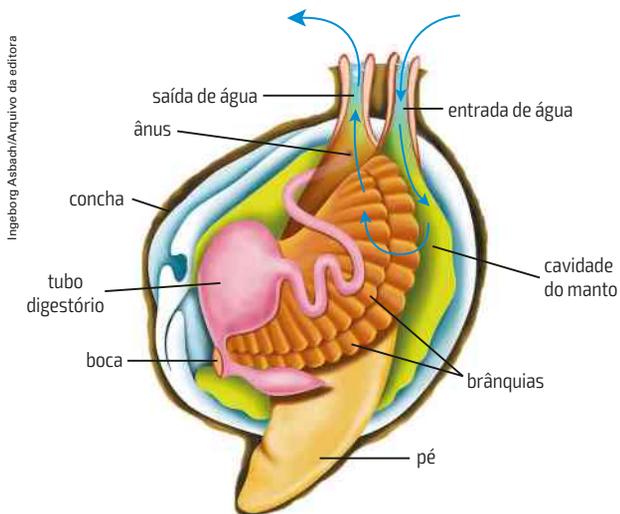
Costuma-se chamar de caracóis aos gastrópodes de ambiente terrestre e de água doce, cujas conchas são, em geral, leves e delicadas (paredes mais finas), enquanto o nome caramujo é usado para gastrópodes marinhos, com conchas maiores e mais pesadas do que as dos caracóis.

## Bivalves

No grupo dos bivalves estão as ostras e os mexilhões ou mariscos. A concha está dividida em duas **valvas** (daí o nome bivalves) unidas por um ligamento e fechadas por músculos.

Os mexilhões se fixam ao substrato por meio de filamentos com substâncias adesivas, secretados pelo pé, o **bisso**.

Na maioria dos bivalves o pé tem a forma de machado (daí o nome antes usado para essa classe: **pelecípodes**; do grego *πέλεκys* = machado; *podos* = pé), e é frequentemente usado para cavar (**figura 11.8**).



**Figura 11.8** Anatomia de um bivalve e a utilização do pé para cavar na areia (os elementos da ilustração não estão na mesma escala; cores fantasia.). Na foto, mexilhão *Perna perna* (cerca de 7 cm).

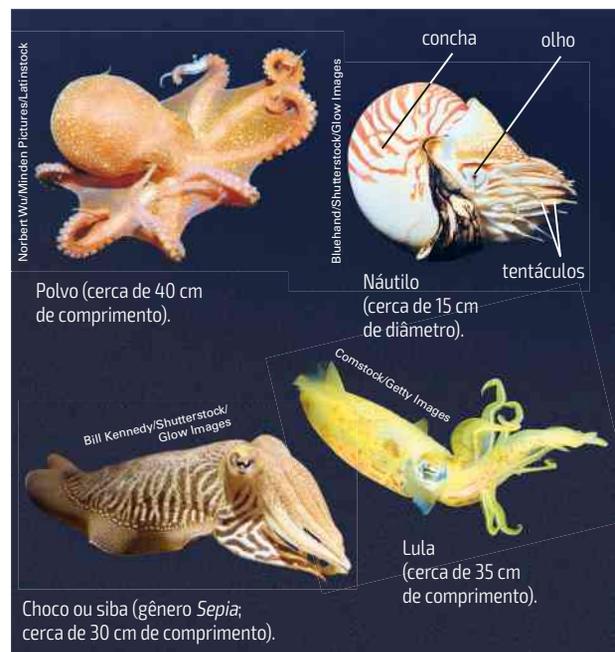
## Cefalópodes

Os cefalópodes são assim chamados pelo fato de seus pés modificados em braços saírem da cabeça (do grego *kephalé* = cabeça). Representados pelo polvo, pela lula, pelo náutilo e pelo choco ou siba (gênero *Sepia*), entre outros (**figura 11.9**), esses animais marinhos estão entre os maiores invertebrados conhecidos. A concha é interna e reduzida nas lulas e ausente nos polvos. No náutilo ela é externa.

Possuem um sistema nervoso bem desenvolvido, que controla os deslocamentos rápidos; e olhos semelhantes aos dos vertebrados, que formam imagens detalhadas dos objetos e ajudam na fuga e na captura de presas. O sistema circulatório é fechado. O sistema fechado dá maior velocidade ao sangue, o que é uma adaptação do grupo dos cefalópodes, com animais predadores, que têm movimento mais rápido que a maioria dos outros moluscos e, portanto, apresentam um consumo maior de energia.

O pé está transformado em braços ou tentáculos com ventosas, que são usados na locomoção, para manipular pedras e outros objetos e na captura de presas (**figura 11.9**).

Além de rastejarem, utilizando as ventosas dos braços, os cefalópodes deslocam-se por propulsão de jatos de água emitidos por um sifão, formado pela cavidade do manto. Possuem também uma bolsa que pode soltar um jato de tinta (secreção escura) quando o animal é atacado, tornando a água turva e facilitando sua fuga.



**Figura 11.9** Alguns representantes dos cefalópodes.

## 2 Anelídeos

As espécies do filo **Annelida** (**anelídeos**) são encontradas no solo (minhocas; **figura 11.10**), no mar (poliquetos ou vermes marinhos) ou como ectoparasitas de vertebrados aquáticos, principalmente de água doce (sanguessugas).



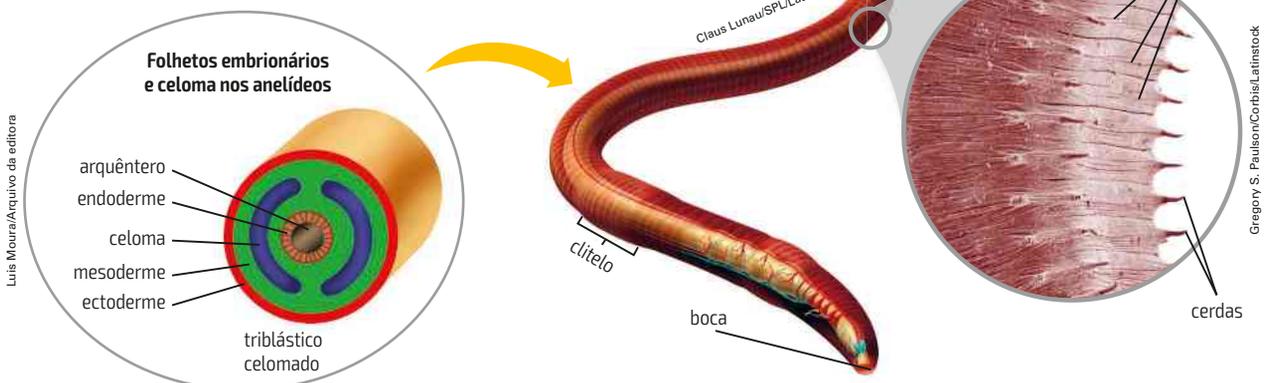
Fábio Colombini/Acarvo do fotógrafo

**Figura 11.10** As minhocas (cerca de 7 cm de comprimento) são anelídeos que vivem no solo.

O termo anelídeo (do latim *annelus* = anel) indica uma das principais características desses animais: a segmentação do corpo (cilíndrico), com repetições desses segmentos (em forma de anel; **figura 11.11**). Esse fenômeno é chamado de **metameria** (do grego *meta* = além de; *meros* = parte).

Esses animais são triblásticos, celomados e apresentam simetria bilateral. O celoma – que está dividido por septos em anéis, segmentos ou **metâmeros** (**figura 11.11**) – é preenchido por um líquido e contém os órgãos de reprodução e os de excreção.

**Figura 11.11** Estrutura dos anelídeos (os elementos da ilustração não estão na mesma escala; cores fantasia).



Luis Moura/Arquivo da editora

A superfície do corpo dos anelídeos é revestida por uma epiderme, com uma cutícula externa, e pode apresentar pequenas estruturas semelhantes a “pelos” duros, chamadas **cerdas** (**figura 11.11**). Essas estruturas são compostas de quitina (um glicídio) e funcionam como âncoras, dando apoio ao animal em sua locomoção.

Nos poliquetos (do grego *polys* = muito; *chaítē* = cerdas), essas cerdas, numerosas e desenvolvidas, estão implantadas em expansões laterais chamadas **parapódios** (do grego *para* = ao lado de; *podos* = pé) e funcionam como pernas rudimentares (**figura 11.12**).



Alexander Semenov/SP/Latinstock

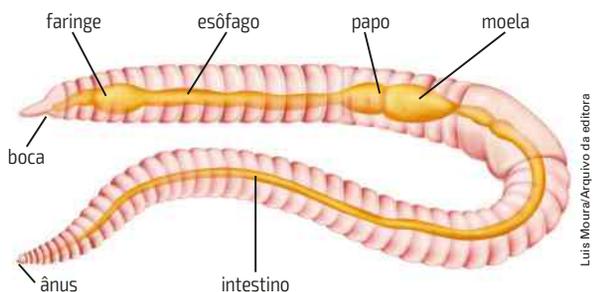
**Figura 11.12** Poliqueto (*Alitta virens*). Essa espécie pode chegar a medir 120 cm de comprimento. Repare que em cada segmento há um par de parapódios.

Sob a epiderme aparece a musculatura, que auxilia na locomoção do animal. As cerdas servem de pontos de apoio na terra, prendendo uma parte do corpo ao solo, enquanto a outra se estica ou encolhe. A sustentação é dada pelo líquido do celoma, que funciona como um esqueleto hidrostático.

Gregory S. Paulson/Corbis/Latinstock

Certos anelídeos alimentam-se de detritos vegetais; outros são carnívoros; alguns são parasitas (alimentam-se de sangue e líquidos de outros animais). A digestão é extracelular e o tubo digestório é completo. Nas minhocas, há um **papo**, que armazena alimento, e uma região muscular (**moela**), que tritura o alimento (figura 11.13).

Em animais maiores e mais complexos, com o corpo formado por muitas camadas de células, a difusão é lenta demais para levar alimento e oxigênio para todas as células em uma velocidade compatível com as necessidades energéticas do corpo. A aquisição de um sistema circulatório com a função de levar alimento e oxigênio para as células permitiu aos anelídeos o desenvolvimento de um tamanho corpóreo maior se comparados aos platelmintos e nematódeos, que não possuem sistema circulatório.

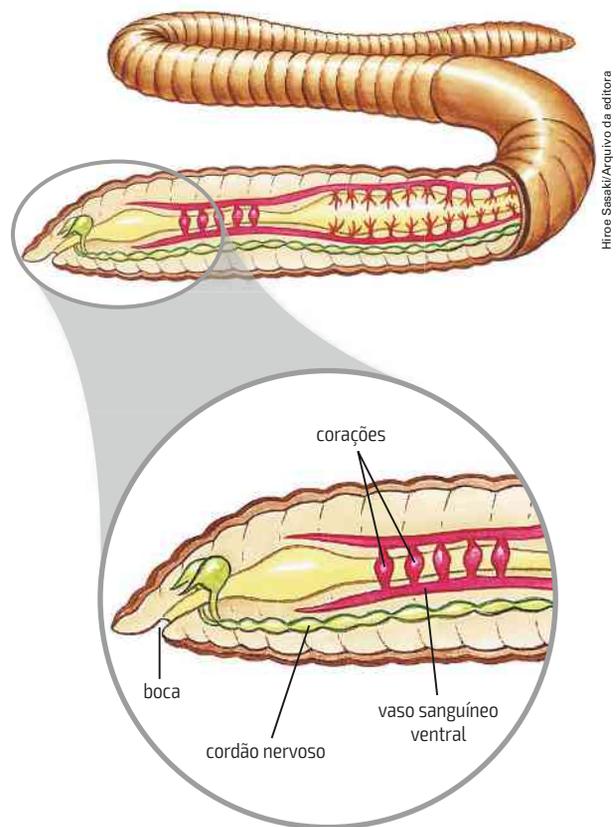


**Figura 11.13** Tubo digestório da minhoca (os elementos da ilustração não estão na mesma escala; cores fantasia).

Nas minhocas, esse sistema é fechado: o sangue não sai dos vasos. Há dois vasos principais em posição longitudinal: um dorsal, contrátil, que impulsiona o sangue, e um ventral. Ambos estão ligados entre si por pares de vasos, chamados **corações** laterais, que se contraem ritmicamente e que auxiliam na propulsão do sangue (figura 11.14). Outros vasos laterais ligam os vasos longitudinais na parte posterior do corpo.

Nos órgãos há vasos muito finos e ramificados (**capilares**), que permitem a passagem de alimento e oxigênio para as células e recebem delas gás carbônico e excretas.

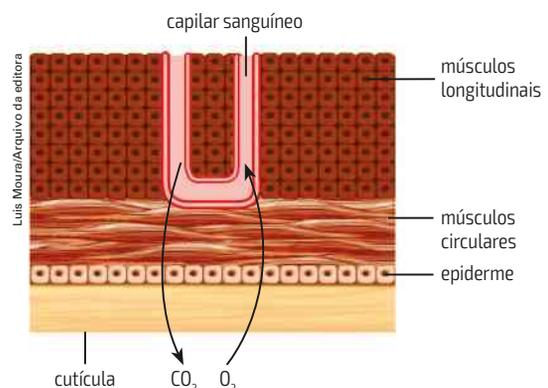
Alguns anelídeos possuem **pigmentos respiratórios** no sangue: são proteínas ligadas a metais que, por terem afinidade com o oxigênio, aumentam a capacidade de transporte desse gás pelo sangue. O mais comum é a **hemoglobina**, de cor vermelha, encontrada nas minhocas. Nesses animais a respiração é **cutânea** (através da pele) e **indireta** (os gases são levados pelo sangue).



**Figura 11.14** Sistema circulatório dos anelídeos (na figura aparece também parte do tubo digestório e do sistema nervoso). (Os elementos da ilustração não estão na mesma escala; cores fantasia.)

A respiração cutânea (figura 11.15) só é possível se a pele do animal estiver úmida. Assim, a pele das minhocas é praticamente nua, sem coberturas impermeabilizantes, e possui células produtoras de muco, que ajuda a manter a umidade da pele.

#### Visão esquemática de parte do corpo da minhoca

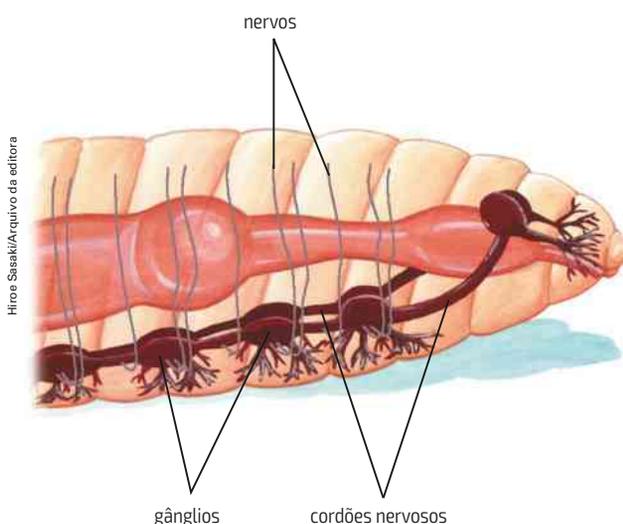


**Figura 11.15** Respiração cutânea e indireta na minhoca. (Os elementos da ilustração não estão na mesma escala; cores fantasia.)

Em alguns poliquetos, a respiração e a circulação são semelhantes às da minhoca, mas as formas maiores possuem brânquias, isto é, dobras da pele em forma de fios ou lâminas, ricas em vasos sanguíneos. Com elas, o animal passa a ter uma grande superfície de contato com o meio de troca em uma pequena região do corpo. Desse modo, o resto do corpo não precisa realizar respiração cutânea e pode receber uma cobertura protetora ou alojar-se em um tubo, deixando apenas as brânquias expostas, como fazem muitos poliquetos. Na maioria das sanguessugas, a respiração também é cutânea, com brânquias em algumas espécies.

Em cada segmento do corpo dos anelídeos, há um par de tubos abertos em ambas as extremidades, que funcionam como pequenos rins, os **metanefrídios** (do grego *meta* = além de; *nephros* = rim). Eles retiram excretas do celoma através de uma extremidade ciliada em forma de funil, o **nefróstoma** (do grego *nephros* = rim; *stoma* = boca). Os cílios aspiram o fluido celomático para dentro do tubo: as substâncias que ainda serão usadas pelo organismo voltam para o sangue; enquanto as tóxicas (amônia, ureia, etc.) ou em excesso (água, sais, etc.) são eliminadas através do **nefridióporo**, que se abre na superfície do corpo.

O sistema nervoso é formado por dois cordões nervosos ventrais, com um par de gânglios por segmento. Dos gânglios saem nervos para os músculos circulares e longitudinais (figura 11.16).

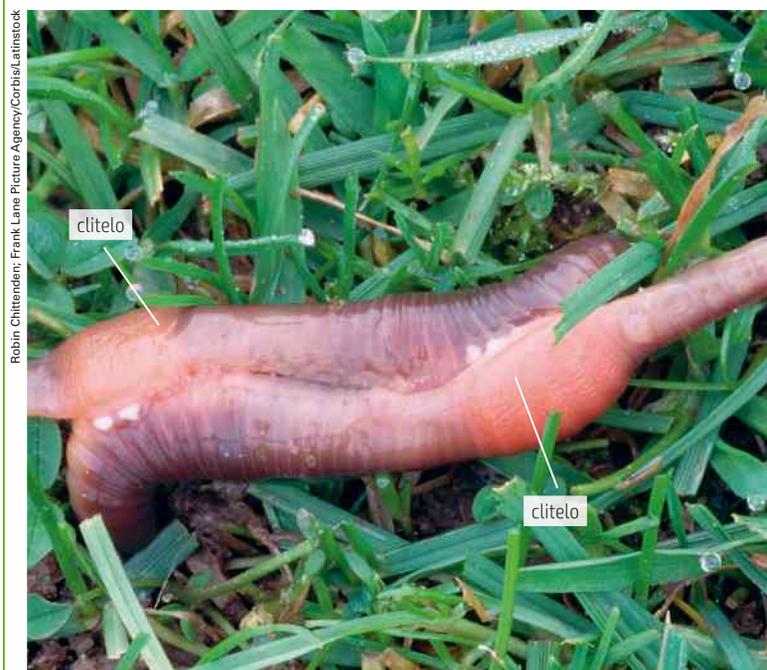


**Figura 11.16** Sistema nervoso dos anelídeos (os elementos da ilustração não estão na mesma escala; cores fantasia).

Nas minhocas, não há ocelos (presentes nos poliquetos), mas há células espalhadas pela pele que acusam a presença de luz e, assim, ajudam o animal a procurar ambientes escuros e frescos.

Em relação à reprodução, as sanguessugas e as minhocas são hermafroditas, mas não há autofecundação e sim fecundação recíproca, também chamada de fecundação cruzada (figura 11.17).

As minhocas apresentam uma estrutura glandular formada pelo tegumento de alguns segmentos, chamada **clitelo** (do latim *clitellum* = cinta), localizado mais ou menos no centro do corpo. Quando o sistema sexual feminino amadurece, os óvulos são lançados em uma cápsula (**casulo**), produzida pelo clitelo. Esse casulo desliza em direção à abertura do receptáculo seminal, onde recebe os espermatozoides. A fecundação ocorre no casulo e é, portanto, externa; os ovos desenvolvem-se e o casulo é depositado em terra úmida. Da eclosão dos ovos saem indivíduos jovens iguais aos adultos.



**Figura 11.17** Duas minhocas acasalando-se (as minhocas têm, em geral, cerca de 7 cm de comprimento).

Na maioria dos poliquetos, os sexos são separados e o desenvolvimento é indireto, com formação de uma larva ciliada. Os poliquetos também apresentam reprodução assexuada: formam-se zonas de brotamento em regiões específicas do corpo, nas quais se desenvolvem novos indivíduos, que, depois, se separam.

## Classificação

Vamos conhecer agora algumas características dos três principais grupos de anelídeos: **Polychaeta** (poliquetos), **Oligochaeta** (oligoquetos) e **Hirudinea** ou **Hirudinoidea** (hirudíneos).

Alguns poliquetos deslocam-se ativamente e são chamados de poliquetos errantes. Outros vivem em túneis que cavam na areia. Há também os que constroem tubos com calcário ou grãos de areia, cimentados por um muco, e são chamados de poliquetos tubícolas (figura 11.18).



**Figura 11.18** Foto de poliqueto tubícola, cujos tentáculos são usados na captura de alimento (cerca 6 cm de comprimento, fora os tentáculos).

A maioria dos oligoquetos (minhocas) é terrestre, mas há alguns representantes de água doce. Em geral, medem entre 5 cm e 10 cm. Os minhocuçus (na língua indígena, o sufixo *açu* ou *uçu* significa 'grandeza') podem atingir até 2 m de comprimento, mas estão em sério risco de extinção por causa da venda como iscas para captura de peixes maiores, o que é proibido por lei federal.

A maioria dos hirudíneos (do latim *hirudo* = sanguessuga) é de água doce e tem tamanho que varia de 1 cm a 30 cm de comprimento. Respiram através da pele e não possuem cerdas (daí o outro nome do grupo **Aquetas**, *a* = sem; *chaité* = cerdas). Apresentam duas ventosas: a posterior participa da locomoção e da fixação; a anterior, em volta da boca, ajuda a sugar o sangue de animais, uma vez que a maioria das espécies é parasita de vertebrados aquáticos.

## As minhocas e o solo

As minhocas são importantíssimas para a fertilidade do solo (figura 11.19). Ao abrirem caminho por ele, comendo terra e restos vegetais e construindo túneis, elas tornam o solo mais poroso e arejado, o que facilita a circulação de ar e permite que a água se infiltre melhor. Com isso, as raízes das plantas conseguem oxigênio e água com mais facilidade.

Além disso, elas digerem a matéria orgânica dos detritos e eliminam fezes que servem de adubo para o solo. Produzem, assim, uma parte do húmus (matéria orgânica em decomposição), rica em sais minerais necessários às plantas, o que diminui a necessidade de se usar adubo químico. Funcionam então como arados e adubadores naturais.

Minhocultura é a criação de minhocas para a comercialização dos animais ou de suas fezes. Elas podem ser criadas em caixas de madeira, canteiros, etc. Mas é preciso orientação especializada para montar um minhocário, porque não é qualquer espécie de minhoca que pode ser utilizada e são necessários cuidados com a saúde, como o uso de luvas de borracha no trato com o solo.

Na criação de minhocas podem ser utilizados restos orgânicos (restos vegetais, esterco, etc.), que serão transformados em adubo (húmus de minhoca), colaborando assim, na reciclagem desses materiais.



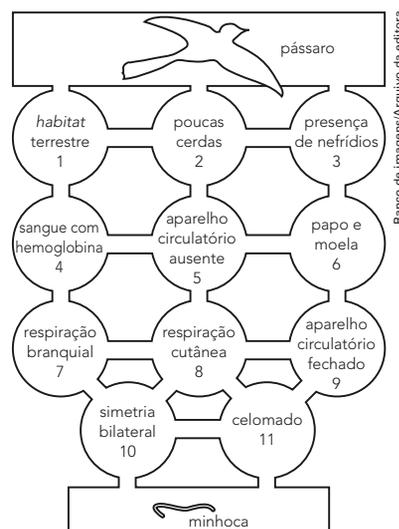
**Figura 11.19** **A**, minhocuçú-do-cerrado (*Rhinodrilus alatus*), que pode medir mais de 50 centímetros e está na lista de animais ameaçados de extinção; **B**, rãs (cerca de 20 cm de comprimento) e outros animais se alimentam de minhocas, que fazem parte de muitas cadeias alimentares.

- Na maioria dos moluscos a circulação é aberta (o sangue sai dos vasos, perdendo, com isso, velocidade, e banha as células). Nos cefalópodes, é fechada (o sangue não sai dos vasos e, assim, não perde velocidade; apenas o alimento e o oxigênio saem dos capilares para as células). Explique por que a circulação fechada é coerente com o modo de vida dos cefalópodes.
- Em alguns moluscos essa estrutura envolve o corpo; em outros, ela é reduzida e interna ou ausente.
  - De que estrutura estamos falando e qual a sua função?
  - Em que grupo de moluscos essa estrutura é formada por duas partes? Dê exemplos de animais desse grupo.
- De modo geral, fósseis de moluscos (gastrópodes e bivalves) são mais comumente encontrados do que fósseis de platelmintos ou de anelídeos. Qual pode ser a causa disso? Explique.
- Visitando a área rural pela primeira vez na vida, um jovem estranhou quando soube que um agricultor tinha acabado de receber um carregamento de minhocas. Explique para esse jovem a provável razão da aquisição do agricultor.
- Pensando no que você estudou neste capítulo, a respeito da respiração em minhocas, explique por que esses animais, em geral, passam o dia embaixo da terra e só vêm à superfície à noite.
- Na saliva das sanguessugas há uma substância anticoagulante, a hirudina. Qual a função da hirudina para a sanguessuga?
- (Ufal) Em um jardim, Júlia via minhocas na terra. Ela ficou curiosa em saber mais sobre esse animal.
  - Indique a Júlia duas características do filo ao qual as minhocas pertencem.
  - Explique a importância desses animais do ponto de vista ecológico.
- (Enem) *Euphorbia milii* é uma planta ornamental amplamente disseminada no Brasil e conhecida como coroa-de-cristo. O estudo químico do látex dessa espécie forneceu o mais potente produto natural moluscicida, a miliamina L.

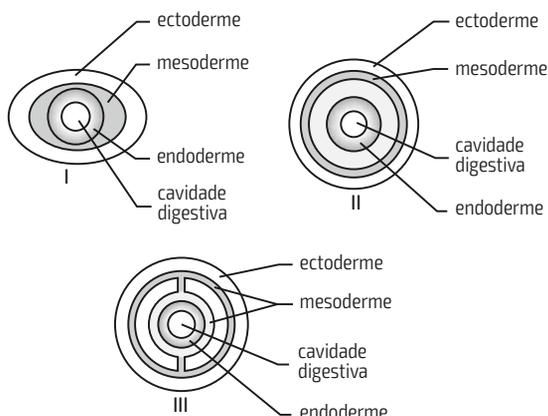
MOREIRA, C. P. S.; ZANI, C. L.; ALVES, T. M. A. A atividade moluscicida do látex de *Synadenium carinatum* Boiss. (Euphorbiaceae) sobre *Biomphalaria glabrata* e isolamento do constituinte majoritário. *Revista Eletrônica de Farmácia*. n. 3, 2010 (adaptado).

O uso desse látex em água infestada por hospedeiros intermediários tem potencial para atuar no controle da

- dengue.
  - malária.
  - elefantíase.
  - ascaridíase.
  - e) esquistossomose.
- (UFRN) A atividade das minhocas favorece a agricultura, pois reduz a compactação e facilita a aeração do solo. Entretanto, em função das características climáticas do semiárido nordestino, o uso de minhocas na lavoura não é recomendado por causa da baixa sobrevivência desses animais na região. Isso ocorre porque há:
    - aumento da absorção de gás carbônico, aumentando o metabolismo.
    - redução da difusão de oxigênio, aumentando a de gás carbônico.
    - redução da concentração do sangue, diminuindo a difusão de oxigênio.
    - d) aumento da desidratação, prejudicando a respiração.
  - (Vunesp-SP) Observe o esquema. Suponha que o pássaro, se quiser comer a minhoca, tenha que passar por seis círculos que contenham pistas (informações) com características desse anelídeo, não podendo pular nenhum círculo. Um caminho correto a ser percorrido é:
    - a) 2, 3, 6, 9, 8 e 11.
    - b) 2, 3, 6, 5, 8 e 11.
    - c) 1, 4, 7, 8, 9 e 11.
    - d) 2, 3, 6, 5, 8 e 10.
    - e) 3, 2, 1, 4, 7 e 10.



11. (UFMG) Os desenhos abaixo representam cortes transversais de três animais.



É correto afirmar que:

- a) o número I refere-se à minhoca.  
 b) os números II e III referem-se à solitária e à medusa, respectivamente.  
 c) os números I e III referem-se ao ouriço-do-mar e ao homem, respectivamente.  
 d) os números I e II referem-se à planária e à tênia, respectivamente.  
 X e) os números I e III referem-se aos platelmintos e aos anelídeos, respectivamente.

12. (UFRRJ) João, aluno do Ensino Médio que estava fazendo uma revisão em seus apontamentos de Zoologia, verificou que, ao contrário dos gastrópodes marinhos que apresentam respiração branquial, os gastrópodes dulcícolas (que vivem em água “doce”) utilizam oxigênio atmosférico através de sua cavidade paleal que é ricamente vascularizada, como um pulmão primitivo. Surgiu, então, uma dúvida: “Por que esses animais aquáticos respiram por pulmões? Outros moluscos, como os bivalves, respiram por meio de brânquias, quer vivam em água ‘doce’ ou salgada, e o mesmo acontece com os peixes. Por que, então, os gastrópodes dulcícolas não respiram por brânquias?”

João, ao formular essas questões, não lembrava que:

- a) vivendo em águas rasas, a respiração pulmonar permite um aproveitamento melhor do oxigênio atmosférico.  
 X b) os gastrópodes dulcícolas representam o retorno ao ambiente aquático depois que seus ancestrais conquistaram o ambiente terrestre.  
 c) a pressão parcial do oxigênio em águas interiores é muito menor que na água do mar.  
 d) próximo à superfície, a disponibilidade de alimentos é maior.  
 e) os gastrópodes não são planctófagos, não podendo realizar a filtração.

13. (UFMS) O mexilhão dourado tem causado certo pânico entre a comunidade científica e empresários, principalmente do setor elétrico. [...] O prejuízo, tanto ambiental como econômico, será incalculável se medidas de controle da dispersão não forem tomadas. Este informativo tem o objetivo de deixar a sociedade esclarecida sobre a ocorrência do mexilhão dourado para que a mesma possa ajudar no controle da dispersão. O mexilhão dourado (*Limnoperna fortunei*) é um bivalve da família Mytilidae de no máximo 4 cm de comprimento. [...]. O mexilhão dourado foi registrado no rio Miranda recentemente, em 2003, e foi observado até a altura do Passo do Lontra. Provavelmente veio do rio Paraguai e chegou ao Miranda, incrustado nos cascos das embarcações, em plantas e equipamentos de pesca (adultos) ou dentro de reservatórios de água (larvas) abastecidos no rio Paraguai. Outra forma de dispersão é através de barcos transportados em rebocadores via terrestre pela BR 262. Larvas e adultos do mexilhão dourado podem ficar em plantas e na água, no motor e dentro do barco, e na vegetação presa ao reboque. Estima-se que o mexilhão dourado pode sobreviver até 7 dias fora do seu ambiente natural.

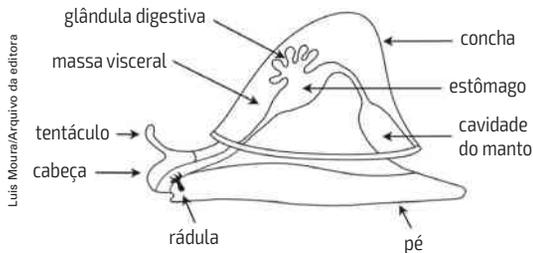
Fonte: <[www.agronline.com.br/artigos/artigo.php?id=159](http://www.agronline.com.br/artigos/artigo.php?id=159)>. Acesso em: 5 jan. 2016.

01 + 02 + 16 + 32 = 51

Sobre o mexilhão dourado, é correto afirmar:

- (01) Como a maioria dos moluscos, possui no estágio imaturo uma larva trocófora.  
 (02) A troca gasosa é realizada por brânquias.  
 (04) São predadores ativos apresentando uma cabeça e uma rádula bem desenvolvidas.  
 (08) São identificados por apresentar uma concha de carbonato de cálcio espiralada.  
 (16) O adulto pode se fixar no substrato (casco das embarcações, plantas, equipamento de pesca, etc.) por meio de uma estrutura filamentosa denominada bisso.  
 (32) São moluscos bivalves, os bivalves podem ser encontrados em águas marinhas e continentais.
14. (PUC-SP) Um biólogo coletou exemplares de uma espécie animal desconhecida, os quais foram criados em laboratório e analisados quanto a diversas características. Concluiu-se que se tratava de representantes do filo Annelida, pois eram animais:
- a) diblásticos, celomados, segmentados e de simetria radial.  
 b) triblásticos, celomados, não segmentados e de simetria bilateral.  
 c) triblásticos, acelomados, segmentados e de simetria bilateral.  
 d) diblásticos, celomados, segmentados e de simetria bilateral.  
 X e) triblásticos, celomados, segmentados e de simetria bilateral.

15. (UFPE) Na figura a seguir é ilustrada a organização geral de um molusco gastrópode, em que se observa um corpo constituído por cabeça, massa visceral (onde se concentram os órgãos) e pé. Com relação ao filo Mollusca, é correto afirmar que:



- a) não apresenta sistema digestório completo, de forma que a digestão é processada através de uma bolsa enzimática.

- b) apresenta respiração exclusivamente branquial.  
 c) o sistema nervoso consiste de um anel situado em torno da boca.  
 d) a excreção é feita através dos túbulos de Malpighi e de glândulas localizadas na base dos pés.  
 X e) lesmas, ostras, mexilhões, lulas e polvos são moluscos.

16. O filo Mollusca é o segundo maior do reino animal em número de espécies. É correto afirmar que os moluscos da classe Gastropoda  
 a) são exclusivamente marinhos.  
 b) possuem conchas, mas não rádula.  
 c) são exclusivamente terrestres.  
 X d) possuem pé desenvolvido e rádula.

### Trabalho em equipe

Algumas espécies de ostras produzem pérolas. Pesquisem em livros e sites como ocorre a formação das pérolas. Após a pesquisa, respondam: qual vantagem adaptativa das ostras está associada à formação das pérolas por esses animais?

### Atividade prática

Reúna-se com seus colegas em grupos pequenos para observar um marisco e uma lula. É possível comprá-los em feiras ou mercados. Cada grupo vai precisar de:

- um marisco (ou mexilhão) grande com sua concha;
- uma lula fresca de tamanho médio;
- uma bandeja plástica retangular (ou uma forma de bolo);
- luvas de silicone;
- lupa de mão (ou lupa binocular, se houver uma disponível);
- tesoura e pinças;
- pano para limpar as mãos;
- água limpa.

Vistam as luvas e sigam as orientações do professor para realizar os procedimentos sugeridos a seguir.

1. Para a observação do marisco, ponham o animal na bandeja e abram suas valvas. Observem-no, procurando identificar as estruturas corporais do animal, como as brânquias e os sifões inalante e exalante. Utilizem a lupa para ver detalhes. Em seus cadernos, desenhem e anotem o que vocês observaram.

2. Para a observação da lula, ponham o animal na bandeja e adicionem um pouco de água (apenas o suficiente para cobri-lo). Vistam as luvas e manipulem o animal, observando-o externamente. Localizem as ventosas nos tentáculos. Desenhem a lula no caderno e indiquem com legendas as partes principais do corpo do animal. Utilizando tesoura e pinças, e com a orientação do professor, abram a pele do manto até expor as vísceras do animal. Procurem localizar o sifão, a boca, a bolsa de tinta e outras estruturas indicadas pelo professor.

3. Comparem os dois animais estudados e registrem no caderno quais as diferenças e as semelhanças entre eles.

Após o término da atividade, sob a orientação do professor, os grupos devem fazer a limpeza dos materiais e da bancada, descartando o material nos locais apropriados.

Cada grupo deve produzir um relatório com os procedimentos realizados e o que foi observado. O grupo vai pesquisar e relatar também qual a função das estruturas estudadas.



Abelha (cerca de 1 cm de comprimento) sobre flor.

Sabe-se que cerca de 70% das plantas cultivadas são polinizadas por abelhas, artrópodes do grupo dos insetos. O que aconteceria então se as populações desses insetos diminuíssem? Na última década esse fenômeno vem sendo observado em vários países, a espécie mais afetada é a *Apis mellifera*. O uso exagerado de inseticidas e a poluição são possíveis causas para esse fenômeno, que tem como consequência, entre outras, a queda na produção agrícola, algo que já foi observado nos Estados Unidos. Este exemplo demonstra a interdependência entre as espécies e como os impactos causados pelos seres humanos acabam prejudicando a própria sociedade. Assim, conhecer e valorizar todos os grupos de seres vivos pode contribuir para mitigar os efeitos da interferência humana no ambiente.

- ◆ Que tipos de inseto você conhece? Onde é mais fácil encontrá-los?
- ◆ Você conhece outros grupos de artrópodes, como os crustáceos e os aracnídeos? Como eles são?
- ◆ Como é o corpo de uma borboleta adulta? E como ele é quando ela acaba de sair do ovo?



## 1 Características gerais

Vamos estudar quatro subfilos (ainda há discussão sobre esta classificação) de artrópodes: **Crustacea** (do latim *crusta* = crosta; crustáceos: camarão, siri, cracas, etc.); **Hexapoda** (do grego *hék* = seis; *podos* = pés), que contém a classe **Insecta** (insetos); **Chelicerata** (do grego *chelé* = pinça; *keras* = antena), que contém a classe **Arachnida** (como aranhas e escorpiões); **Myriapoda** (miriápodes; “muitos pés”; do grego *myria* = dez mil), com as classes **Chilopoda** (quilópodes; centopeia) e **Diplopoda** (diplódes; piolhos-de-cobra).

Os artrópodes são animais triblásticos e celomados, assim como os anelídeos. Eles apresentam simetria bilateral, com corpo segmentado, exoesqueleto e apêndices articulados. Esses apêndices são acionados por músculos de contração rápida (músculos estriados), inseridos no esqueleto (daí o nome do grego: *arthron* = articulação; *podos* = pé), que tornam a locomoção muito eficiente.

O celoma dos artrópodes é bastante reduzido. Assim, enquanto nos anelídeos o líquido do celoma funciona como um esqueleto hidrostático, nos artrópodes essa função é exercida pelo exoesqueleto.

## Metameria

Como o dos anelídeos, o corpo dos artrópodes é segmentado, mas, ao longo do desenvolvimento, vários segmentos se fundem e formam regiões distintas, fenômeno denominado **tagmatização** (cada região funcional é chamada **tagma**).

Nos insetos, por exemplo, há três tagmas: **cabeça**, na qual estão a boca e os órgãos sensoriais; **tórax**, onde estão inseridas as pernas e as asas (quando o inseto tem asas); **abdome**, no qual está a maior parte dos órgãos internos (vísceras). Em alguns artrópodes, como no camarão e na aranha, a cabeça está fundida com o tórax, formando um **cefalotórax** (do grego *kephalé* = cabeça). Em outros, como no embuá e na lacraia, há apenas a cabeça e o tronco.

## Exoesqueleto

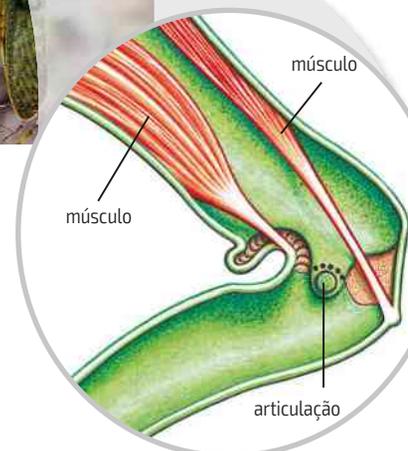
O corpo dos artrópodes é revestido por um exoesqueleto formado por quitina (um polissacarídeo nitrogenado) associada a proteínas. Nas formas terrestres, principalmente, há ainda uma cobertura de cera impermeável, que impede a desidratação, sendo uma importante adaptação à vida fora da água.

Além de proteger o animal, o esqueleto proporciona ponto de apoio para músculos. Em certos pontos, o esqueleto é fino e dobrável. Examinando as pernas de um inseto, por exemplo, observamos que elas possuem articulações. Associados aos apêndices articulados, os músculos tornam a locomoção (marcha, natação ou voo) e os movimentos bem eficientes (**figura 12.1**). Os apêndices desempenham ainda outras funções: ajudam a pegar comida, a mastigar o alimento, a sugar o néctar, etc. No caso das antenas, elas funcionam como órgãos dos sentidos (olfato e tato).



Felipe Murro/Arquivo da editora

**Figura 12.1** Detalhe (ampliado) de músculos e articulação dos artrópodes (comprimento do gafanhoto: de 1 cm a 8 cm, dependendo da espécie; cores fantasia).

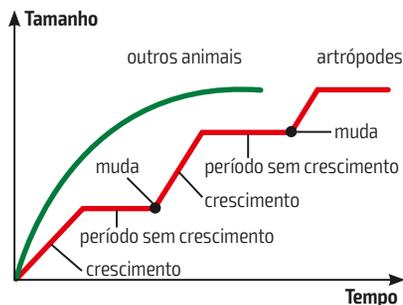


Joel Bueno/Arquivo da editora

## Crescimento por mudas

Por ser rígido e por envolver todo o corpo, o exoesqueleto limita o crescimento dos artrópodes. Por isso, o crescimento ocorre por meio de **mudas** ou **ecdises** (do grego *eckdysis* = despojar). Periodicamente, ao longo do desenvolvimento e do crescimento, e sob o controle de um hormônio (**ecdisona** ou **hormônio da muda**), a epiderme secreta um líquido que forma um espaço entre ela e o exoesqueleto. Depois, a epiderme produz um esqueleto novo, ainda flexível e frágil, que permite o crescimento do animal. Em determinado momento o esqueleto velho, chamado **exúvia** (do latim *exuviae* = roupa desprezada, despojos), arreventa, e o artrópode o abandona. Uma vez fora do esqueleto velho, o corpo do artrópode cresce, e o novo exoesqueleto endurece.

Por causa dessa troca periódica, o crescimento nos artrópodes não é contínuo, como nos outros animais: há momentos da vida sem nenhum crescimento, alternados com outros de crescimento (figura 12.2).



Banco de Imagens/Arquivo da editora



Fabio Colombini/Acervo do fotógrafo

**Figura 12.2** Crescimento e muda dos artrópodes. Na foto, cigarra (cerca de 4 cm de comprimento; as espécies variam em torno de 2 cm a 6 cm de comprimento) em ecdise, abandonando o exoesqueleto. No gráfico, compare a curva descontínua de crescimento dos artrópodes (vermelha) com a curva contínua de crescimento dos outros animais (verde). Nos artrópodes o crescimento ocorre logo após a muda.

## 2 Insetos

Os insetos formam o grupo com maior número de espécies conhecidas entre os artrópodes. Essa diversidade indica que eles foram bem-sucedidos na colonização do ambiente terrestre, onde a maior parte vive.

A capacidade de voo de muitas espécies permite-lhes alcançar com facilidade fontes de alimento distantes, além de lhes dar grande poder de defesa e de dispersão. A epiderme impermeável, o tipo de excreção (que economiza água) e o ovo coberto por casca possibilitam sua sobrevivência em ambientes secos.

Veja alguns representantes dos insetos na **figura 12.3**.

Fabio Colombini/Acervo do fotógrafo



Formiga tocandira (*Paraponera clavata*; cerca de 3 cm de comprimento) atacando esperança (2 cm a 5 cm de comprimento). Parque Nacional da Serra das Confusões, Caracol, PL.

Semenovigor/istok



Libélula (4 cm a 8 cm de comprimento).

Fabio Colombini/Acervo do fotógrafo



Borboleta-do-manacá (*Methona themisto*; de 5 cm a 7 cm da ponta de uma asa a outra) em flor, São Paulo, SP.

Fabio Colombini/Acervo do fotógrafo



Traça-dos-livros (12 mm a 25 mm de comprimento).

**Figura 12.3** Alguns representantes do grupo dos insetos (quando a espécie não é mencionada, o tamanho indica a variação de comprimento entre as principais espécies).

## Morfologia e fisiologia

O corpo de um inseto é dividido em três regiões (tagmas): cabeça, tórax e abdome.

Na cabeça há um par de antenas sensoriais (que capta cheiros e é sensível ao tato), dois grandes **olhos compostos** e, entre eles, três ocelos (figura 12.4). Próximo à boca estão os apêndices destinados à alimentação. As partes duras de quitina dos apêndices bucais possibilitam a esses insetos cortar e comer partes relativamente duras das plantas. Além disso, os apêndices bucais estão modificados e adaptados aos vários tipos de alimentação dos vários grupos de insetos.

No tórax se prendem as asas, que correspondem a dobras achatadas do exoesqueleto. A maioria dos insetos (borboletas, abelhas, besouros, baratas, gafanhotos, etc.) possui dois pares de asas. Mosquitos e moscas possuem apenas um par funcional. Os machos e as fêmeas férteis de formigas e cupins apresentam asas na época da reprodução. São poucos os insetos que não possuem asas; por exemplo, traça, pulga e piolho.

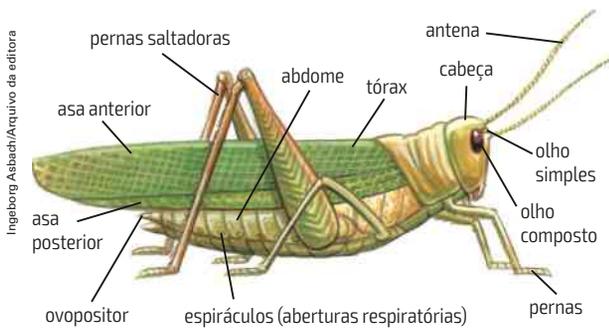


Figura 12.4 Morfologia externa de um inseto, o gafanhoto (de 1 cm a 8 cm de comprimento, conforme a espécie; cores fantasia).

O tubo digestório é completo, e a digestão é extracelular.

Há vários tipos de aparelho bucal, que estão relacionados com o tipo de alimentação: sugador (mariposas e borboletas), picador-sugador (percevejos, mosquitos), mastigador (gafanhotos), etc.

A respiração é feita por **traqueias**, que correspondem a invaginações da epiderme em forma de tubos ramificados (figura 12.5). As ramificações vão se tornando cada vez mais finas e os últimos ramos atingem os tecidos, de modo que não há transporte de gases (oxigênio e gás carbônico) pelo líquido circulante, a **hemolinfa** (do grego *haîma* = sangue; *lympha* = fluido).

Na superfície de cada segmento do tórax e do abdome, há um par de **espiráculos** (do grego *spiro* = respirar), orifícios pelos quais entra o ar. Portanto,

diferentemente dos anelídeos, nos insetos as trocas gasosas ocorrem no interior do corpo, o que diminui a perda de água.

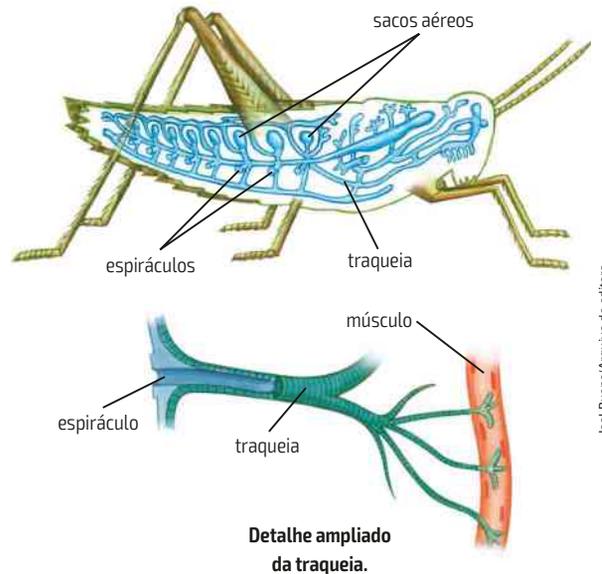


Figura 12.5 Respiração traqueal dos insetos (os elementos da ilustração não estão em escala; cores fantasia).

O sistema circulatório possui um coração na região dorsal do abdome, que bombeia hemolinfa para um vaso (aorta) anterior ou, dependendo do artrópode, anterior e posterior. No resto do corpo, a hemolinfa circula por um sistema de lacunas, as **hemocelas** (do grego *haîma* = sangue; *koîlos* = cavidade), banhando os órgãos. A hemolinfa volta ao coração por orifícios (**óstios**). Durante a contração do coração, os óstios se fecham, o que permite que a hemolinfa siga apenas pela aorta.

Esse tipo de sistema circulatório, presente em todos os artrópodes, não possui capilares e é chamado de **sistema circulatório aberto** ou **lacunar**, uma vez que a hemolinfa sai dos vasos sanguíneos e banha as células (figura 12.6).

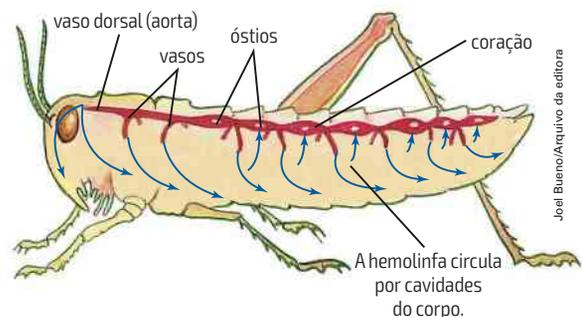


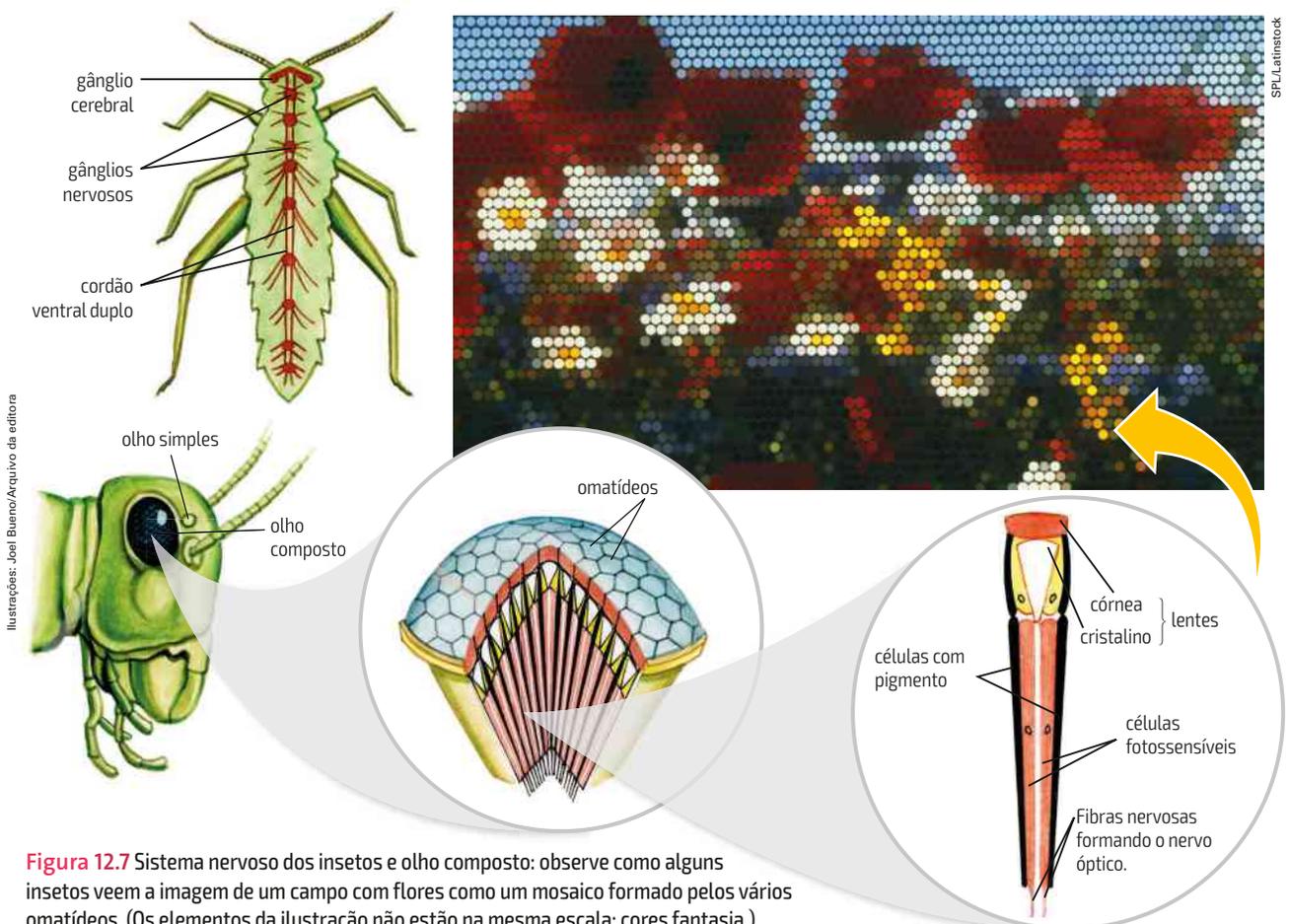
Figura 12.6 Sistema circulatório aberto dos insetos (os elementos da ilustração não estão em escala; cores fantasia).

As excretas são absorvidas pelos **túbulos de Malpighi** – nome dado em homenagem ao biólogo italiano Marcelo Malpighi (1628-1694) –, lançadas no intestino pela extremidade aberta do tubo e saem do corpo com as fezes. A principal substância nitrogenada excretada é o **ácido úrico**, insolúvel e pastoso. Essa consistência diminui a perda de água do animal e consiste em mais uma adaptação dos insetos à vida terrestre.

O sistema nervoso é composto de gânglios cerebrais, ou cérebro, e gânglios ventrais unidos por cordões nervosos (**figura 12.7**). Há receptores para o gosto no aparelho bucal; nas borboletas e mariposas, esses receptores estão nas pernas. Existem ainda receptores para o tato e o cheiro nas antenas. Algumas espécies possuem receptores para audição nas pernas ou no abdome. Para algumas espécies, o som pode ser importante na reprodução, como por exemplo, no comportamento reprodutivo das cigarras. Nesse caso, os animais possuem um órgão produtor de som (uma câmara no abdome) e também receptores para audição localizados nas pernas ou no abdome.

Há olhos simples e compostos. O olho simples não forma imagens, apenas capta diferentes graus de intensidade luminosa. Já os olhos compostos são formados por unidades cilíndricas chamadas **omatídeos** (do grego *omma* = olho; *idion* indica diminutivo) (**figura 12.7**). Cada unidade possui uma **córnea**, que apresenta superfície hexagonal (facetada) e funciona como lente. Dentro dela está o **cristalino**, que funciona como uma segunda lente. No final do cone ficam as estruturas receptoras de luz. Cada omatídeo forma a imagem de uma pequena parte do objeto; o conjunto de omatídeos dá a visão total do objeto como um mosaico (**figura 12.7**). É um tipo de olho muito sensível ao movimento (por isso é muito difícil pegar uma mosca).

Os insetos possuem um sistema de comunicação através de **feromônios** (do grego *féros* = o que transporta; *hormon* = estimulante), substâncias odoríferas lançadas no ambiente que transmitem mensagens a outros indivíduos da mesma espécie. Muitas fêmeas produzem feromônios que atraem os machos a uma distância considerável. Outras substâncias permitem que um inseto localize outros de sua espécie pela trilha deixada no solo.



**Figura 12.7** Sistema nervoso dos insetos e olho composto: observe como alguns insetos veem a imagem de um campo com flores como um mosaico formado pelos vários omatídeos. (Os elementos da ilustração não estão na mesma escala; cores fantasia.)

## Insetos: relações ecológicas

Os insetos têm notável importância ecológica. A reprodução de muitas espécies de plantas depende do transporte do grão de pólen feito por insetos (polinização; **figura 12.8**). Além disso, as abelhas também produzem o mel, alimento com importância cultural e econômica.



**Figura 12.8** A polinização por insetos é fundamental para a reprodução de muitas plantas com flores (abelha, cerca de 1 cm de comprimento).

Mas, como vimos na Unidade 2 deste livro, alguns insetos transmitem agentes causadores de doenças, como a dengue e o mal de Chagas. Outros provocam estragos em plantações, estoques de alimentos, tecidos, móveis, papéis, etc.

O combate aos insetos e a outros organismos que destroem plantações é feito principalmente com agrotóxicos. O problema é que esses compostos podem matar também os insetos polinizadores e os predadores de pragas. Além disso, se forem mal utilizados, podem poluir o ambiente, provocando intoxicações em outras formas de vida e no próprio

ser humano, como veremos com mais detalhes no Volume 3 desta coleção. O uso constante desses produtos também favorece a seleção de insetos resistentes. Portanto, o uso e o armazenamento de agrotóxicos precisam ser fiscalizados e regulamentados.

O uso de agrotóxicos pode ser diminuído utilizando-se outras técnicas, como o uso de sementes resistentes a pragas, a adoção de certas práticas agrícolas, ou o controle biológico. Nesta última, são usados os próprios parasitas e predadores naturais da praga em questão. Quando uma plantação é atacada por pulgões, por exemplo, podem-se soltar joaninhas na área cultivada, pois elas são predadoras desses insetos (veja a **figura 12.9**).

Um número imenso de insetos serve de alimento a outros seres vivos, como anfíbios e aves, por exemplo, que, por sua vez, alimentam outras espécies. É fácil perceber, portanto, que a extinção de espécies de insetos provocaria gravíssimos desequilíbrios ecológicos.

**Figura 12.9** Joaninha (cerca de 10 mm de comprimento) alimentando-se de pulgão (cerca de 2 mm de comprimento).



Claude Nurridany & Marie Peremou / SPL/Latinstock

## Biologia e sociedade



### Formigas na cultura brasileira

Comer formigas é um hábito que pode parecer estranho a muitas pessoas. Conta-se que quando o padre Anchieta chegou ao Brasil, esse hábito, comum entre os indígenas, chamou muito a atenção dos europeus. Os nativos esperavam ansiosamente por determinada época do ano para colher os "frutos que caíam do céu". Eram formigas de abdome bem desenvolvido que eles torravam e comiam, como se fossem amendoins. Essas formigas são conhecidas como tanajuras ou içás. Segundo uma lenda indígena, foi uma serpente pequena quem ensinou a alguns povos indígenas a consumir esse inseto. A lenda conta que eles viram uma serpente se alimentar da formiga e foram experimentar também.

Ainda hoje, as populações caboclas e indígenas da Amazônia e em outras regiões apreciam formigas, que são consumidas *in natura*, fritas e em farofas ou, ainda, como tempero.

Por meio dos estudos do ciclo de vida desses insetos, sabemos atualmente que os "frutos caem do céu" na época da revoada, quando as formigas se reproduzem. No Sudeste do Brasil, a reprodução acontece entre os meses de outubro e dezembro. Em outras regiões do país, esse acasalamento pode acontecer até abril.

Quem já provou diz que o gosto da tanajura lembra o do camarão. Além disso, o alimento é rico em proteínas, sódio, potássio, ferro e cálcio.

Fontes de pesquisa: <[www.editora3estrelas.com.br/primeiraleitura/117664-apetite-por-formigas.shtml](http://www.editora3estrelas.com.br/primeiraleitura/117664-apetite-por-formigas.shtml)>; <<http://revistagloborural.globo.com/GloboRural/o,6993,EEC875855-5809,oo.html>>. Acesso em: 15 dez. 2015.



**Figura 12.10** Insetos (joaninhas, cerca de 10 mm de comprimento, conforme a espécie) em cópula.

## Reprodução e desenvolvimento

Os sexos são separados, e a fecundação é interna (**figura 12.10**), o que é fundamental em animais terrestres, pois garante a proteção dos gametas contra a desidratação. O celoma, muito reduzido, corresponde às cavidades das gônadas.

A maioria dos insetos sofre metamorfose e, dependendo do grau, eles são classificados em:

- **hemimetábolos** (do grego *hemi* = meio; *metábole* = mudança) – a metamorfose é incompleta, isto é, o animal que sai do ovo difere pouco do animal adulto. Nos insetos hemimetábolos, como é o caso do gafanhoto, sai do ovo uma **ninfa** (filhote sem asas desenvolvidas), que sofre sucessivas mudas até chegar à forma adulta (com asas; **figura 12.11**).

**Figura 12.11** Metamorfose incompleta do gafanhoto (1 cm a 8 cm de comprimento, conforme a espécie).



- **holometábolos** (do grego *holos* = todo) – a metamorfose é **completa**, ocorrendo em três etapas: larva → pupa → imago ou adulto; este fica bem diferente da larva, que passa por sucessivas mudas. Um exemplo são as borboletas e mariposas: do ovo sai uma larva (**lagarta**), que tece um casulo e entra na fase imóvel de **pupa** (também chamada, neste caso, **crisálida**); do casulo sai a borboleta adulta, sexualmente madura (**figura 12.12**). As larvas, muitas vezes, apresentam alimentação diferente da do indivíduo adulto, o que evita a competição dentro da espécie.
- **ametábolos** (do grego *a* = sem) – sem metamorfose; caso da traça, em que o ovo origina o animal jovem. Este só difere do adulto no tamanho e no amadurecimento sexual (**figura 12.13**).



**Figura 12.12** As borboletas apresentam metamorfose completa. As borboletas têm, em média, 8 cm de comprimento com as asas abertas.



**Figura 12.13** Desenvolvimento da traça, um inseto ametábolo (12 mm a 25 mm de comprimento, conforme a espécie).

### 3 Crustáceos

Em geral, os crustáceos são aquáticos, como o camarão, o siri, o caranguejo e as cracas. A maioria deles também é marinha. Há espécies terrestres, como o tatuzinho-de-jardim, que vive apenas em ambientes muito úmidos.

Diversos crustáceos pequenos, como os copépodos e as larvas dos crustáceos maiores, fazem parte do zooplâncton, que se alimenta do fitoplâncton e serve de alimento para peixes e outros animais maiores. Há também formas sésseis, como as cracas, que vivem fixas às rochas ou outras superfícies submersas e capturam alimento projetando seus apêndices pela abertura de suas carapaças (figura 12.14).



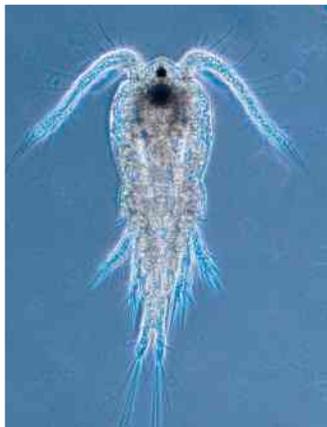
Siri-azul: os últimos apêndices têm forma de remo (carapaça com até 6 cm de largura).



Tatuzinho-de-jardim (cerca de 1 cm de comprimento).



Cracas (cerca de 1 cm de diâmetro cada).



Copépode (*Canthocamptus staphylinus*; cerca de 1 mm de comprimento).

Figura 12.14 Alguns exemplos de crustáceos.

Em muitos grupos, o exoesqueleto é reforçado por sais de cálcio, vindo daí o nome crustáceo: do latim *crusta* = pele grossa ou crosta. Em alguns grupos, o corpo divide-se em cabeça, tórax e abdome, mas nos grupos mais conhecidos (camarão, siri, lagosta, etc.), a cabeça e o tórax estão fundidos formando um **cefalotórax**. O número de apêndices locomotores é variável. O camarão, o siri e a lagosta têm cinco pares de pernas no cefalotórax, que permitem ao animal andar no fundo do mar. Possuem também pernas no abdome, que os ajudam a nadar (figura 12.15). Em alguns crustáceos, como o caranguejo, o primeiro par de pernas tem o formato de pinças, com as quais eles capturam o alimento ou se defendem. No caso do siri, a extremidade do último par de pernas é achatada, funcionando como remos, adaptadas ao nado.

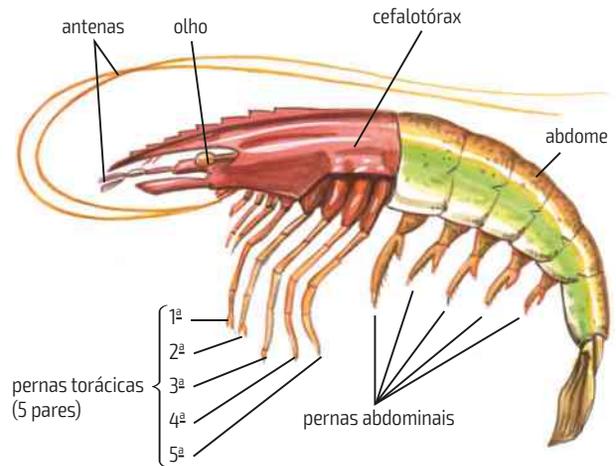


Figura 12.15 Esquema de um camarão (7 cm a 10 cm de comprimento, em média; cores fantasia).

No processo de digestão, há, de início, o trabalho mecânico, realizado pelo estômago; em seguida, ocorre a digestão química no intestino. A respiração é feita, geralmente, por brânquias, ramificações laterais situadas na base das pernas.

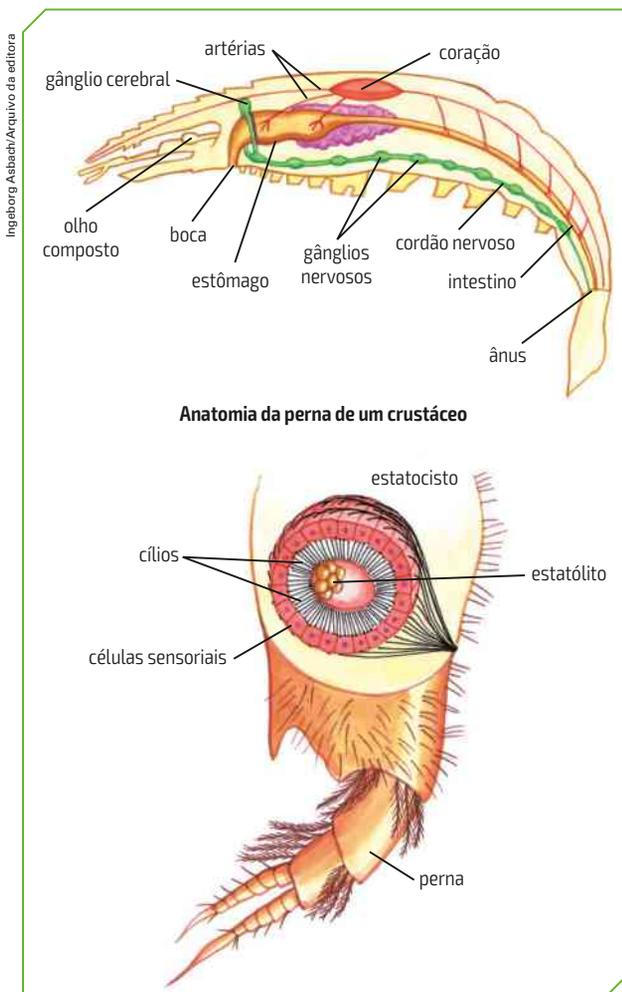
Nos crustáceos a circulação é semelhante à dos insetos, mas a hemolinfa contém pigmentos respiratórios, como a hemocianina e, menos frequentemente, a hemoglobina. Sendo assim, nos crustáceos a circulação participa do transporte de oxigênio pelo corpo, o que não acontece nos insetos.

A excreção depende de glândulas situadas na cabeça (**glândulas maxilares** e **glândulas verdes** ou **antenas**), que retiram excretas da hemolinfa e as eliminam por poros na base das antenas.

O sistema nervoso segue o padrão geral dos artrópodes: presença de órgãos táteis e olfatórios nas antenas e região bucal, e de dois olhos compostos, que podem se localizar na extremidade de pedúnculos móveis.

Há também **estatocistos** (do grego *statós* = parado; *kystis* = vesícula), que são órgãos de equilíbrio (**figura 12.16**). Eles são dobras da epiderme com células sensitivas dotadas de cílios. Pequenos grãos de areia ou de carbonato de cálcio, os **estatólitos** (do grego *lithos* = pedra) estimulam os cílios com seu peso. Quando o animal muda de posição, o estatólito também se movimenta, estimulando outros cílios e informando ao sistema nervoso a mudança de posição do corpo. Desse modo, o animal pode corrigir, se necessário, sua posição.

Na maioria dos crustáceos, os sexos são separados. O desenvolvimento pode ser direto, mas em geral envolve estágios larvais.



**Figura 12.16** Anatomia interna dos crustáceos (no caso, um camarão; 7 cm a 10 cm de comprimento, em média). Abaixo, anatomia da perna de um crustáceo, destacando o estatocisto (os elementos ilustrados não estão na mesma escala; cores fantasia).

## 4 Aracnídeos

Os aracnídeos (**figura 12.17**) são artrópodes tipicamente terrestres. Muitos são carnívoros e predadores, como as aranhas e os escorpiões, mas esses animais também são peçonhentos. A peçonha é uma substância tóxica que um animal injeta ou inocula em outro; os animais que, quando ingeridos, causam apenas intoxicação não são peçonhentos; são venenosos. A picada de algumas espécies de aracnídeos pode causar acidentes graves ao ser humano e a animais domésticos.

Muitos ácaros (do mesmo grupo que o carrapato) são aracnídeos ectoparasitas e atacam aves e mamíferos. Algumas espécies podem transmitir doenças ao ser humano ou mesmo causá-las, como o *Sarcoptes scabiei*, que causa a **sarna** ou **escabiose**; e o *Demodex folliculorum*, que parasita o folículo do pelo e as glândulas sebáceas e provoca o cravo. Os ácaros que vivem na poeira doméstica são um dos maiores responsáveis pelas alergias respiratórias.



Aranha-caranguejeira: o corpo, sem as pernas, pode ter até 10 cm.



Carrapato-estrela, que pode transmitir a febre maculosa (até cerca de 2 cm de comprimento).

**Figura 12.17** Exemplos de aracnídeos.

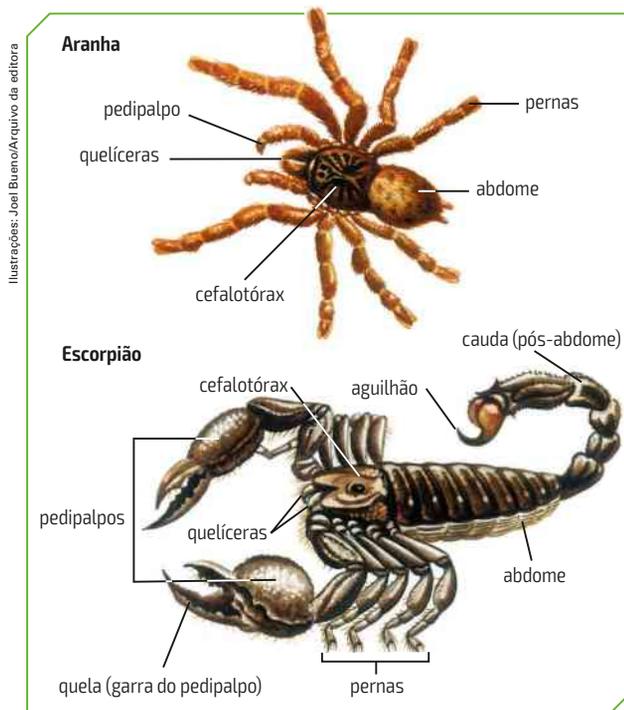
Ingo Arndt/Minden Pictures/Latinstock

Escorpião (em torno de 7 cm de comprimento). Os filhotes são carregados no dorso da mãe durante o início do desenvolvimento.



O corpo dos aracnídeos está dividido em cefalotórax e abdome. Nesse grupo, o cefalotórax pode ser chamado prossoma; e o abdome também é conhecido como opistossoma. Nos escorpiões, a parte posterior do abdome forma uma cauda com um aguilhão, que injeta peçonha.

Na parte anterior do cefalotórax, há um par de quelíceras (que na aranha são usadas para injetar peçonha na presa) e os **pedipalpos** (apêndices sensoriais na aranha e preensores no escorpião). Não há antenas nem mandíbulas. No cefalotórax há quatro pares de pernas (**figura 12.18**).



**Figura 12.18** Morfologia externa da aranha e do escorpião (os elementos da ilustração não estão na mesma escala; cores fantasia).

As aranhas são dotadas de pequenos apêndices abdominais (**fiandeiras**), que eliminam uma secreção. Em contato com o ar, essa secreção se transforma em fio, com o qual a aranha tece sua teia ou faz um casulo para os ovos ou para armazenar alimento (**figura 12.19**).

Os aracnídeos possuem um tubo digestório adaptado para sugar. Nas aranhas e escorpiões, a digestão é extracorpórea. Primeiro, a aranha injeta a peçonha em sua presa e, depois, secreta enzimas para a digestão, sugando o produto líquido por meio da sua faringe muscular. No caso dos carrapatos, muitos são hematófagos; alguns transmitem doenças para o gado e para o ser humano.

Vimos que, nos animais com traqueia, a hemolinfa não é utilizada no transporte de oxigênio. Além disso, como o transporte de gases nesse sistema depende da difusão, ela somente pode ser usada por pequenos animais, como os insetos e as aranhas pequenas. Nas aranhas maiores e nos escorpiões há traqueias modificadas que formam cavidades mais amplas, com dobras (lamelas) em forma de folhas de livro. Essas cavidades contêm hemolinfa, que transporta os gases com auxílio de pigmentos respiratórios.

A excreção é feita pelos túbulos de Malpighi e por **glândulas coxais**, que se abrem na base das pernas. O sistema circulatório e o nervoso seguem o padrão básico dos artrópodes. Os olhos são simples e há órgãos táteis (hastes espalhadas pelo corpo) e olfativos.

Os sexos geralmente são separados e a fecundação é interna. Nos escorpiões e nas aranhas, o desenvolvimento é direto. Nos ácaros, aparece uma larva com apenas três pares de pernas.



**Figura 12.19** Aranha (gênero *Argiope*, cerca de 3 cm de comprimento, fora as pernas) envolvendo uma presa (gafanhoto) em sua teia.

Cathy Keifer/Shutterstock/Glow Images



## Espécies perigosas de aracnídeos

Em caso de picada de aranha ou escorpião, deve-se procurar socorro médico imediato, pois a picada de algumas espécies pode trazer risco de morte, sendo necessário, então, a aplicação de soro antiveneno específico. Não devem ser feitos torniquete nem incisão e sucção no local da picada. Conheça nas imagens abaixo algumas das espécies mais perigosas que ocorrem no Brasil (figura 12.20).

As picadas da aranha marrom (gênero *Loxosceles*; cerca de 1 cm de comprimento) podem provocar febre, mal-estar e falência renal, além de necrose (morte) do tecido no local da lesão, podendo levar à morte. É necessário atendimento médico.

A aranha-armadeira (gênero *Phoneutria*; cerca de 4 cm de comprimento, sem as pernas) é assim chamada porque, ao se sentir em perigo, apoia-se nas pernas traseiras e ergue as dianteiras, "armando" o ataque. Às vezes, a aranha-armadeira procura o interior das casas. Em geral, sua picada provoca apenas dor local, que pode ser muito intensa, mas também pode causar problemas cardíacos, principalmente em crianças e idosos. Também nesse caso, a pessoa picada deve procurar atendimento médico.

A peçonha da aranha-de-grama, também chamada aranha-de-jardim ou tarântula (gênero *Lycosa*; com 5 cm de comprimento total), é

mais fraca, mas provoca dor local. Não há um soro específico; o tratamento é sintomático.

A viúva-negra (gênero *Latrodectus*) recebeu esse nome porque a fêmea (com 3 cm de comprimento, incluindo as pernas) devora o macho (em torno de 1 cm de comprimento total) após a cópula. No Brasil, os acidentes com essa espécie de aranha são menos frequentes que em outros países. Em caso de picada é necessário procurar pronto atendimento médico, uma vez que há risco de insuficiências respiratória e renal.

Embora as aranhas-caranguejeiras tenham aspecto assustador (chegando a 10 cm de corpo e 30 cm de envergadura), a picada das espécies encontradas no Brasil costumam causar apenas dor de curta duração, mas se houver outros sintomas deve-se procurar atendimento médico.

Entre os escorpiões mais comuns no Brasil estão o amarelo (*Tityus serrulatus*), com 5 cm a 7 cm de comprimento, e o marrom (*Tityus bahiensis*), com 5 cm a 7 cm de comprimento. A pessoa picada por escorpião deve procurar imediatamente atendimento médico.

Para evitar acidentes com aranhas e escorpiões, é aconselhável sacudir roupas e calçados antes de usá-los, andar sempre calçado, evitar o acúmulo de entulho, lixo, tijolos, etc., próximo às residências, e não colocar a mão desprotegida embaixo de madeiras ou em buracos.



Escorpião marrom (*Tityus bahiensis*)



Aranha marrom (*Loxosceles* sp.)



Viúva-negra (*Latrodectus* sp.)



Aranha-armadeira (*Phoneutria* sp.)



### ATENÇÃO

Para mais informações, procure orientação médica.

Figura 12.20 Exemplos de aracnídeos perigosos para o ser humano (veja o tamanho aproximado no texto).



Aranha-de-grama (*Lycosa erythrognatha*)

Fotos: Fabio Colombini/Acervo do fotógrafo

## 4

## Quilópodes e diplópodes

No grupo dos quilópodes, estão as lacraias ou centopeias; no dos diplópodes, os embuás ou pio-lhos-de-cobra (figura 12.21).

Nas lacraias, há um par de pernas longas por anel, e nos embuás, dois pares de pernas curtas por segmento (exceto nos primeiros), como consequên-cia da soldadura dos anéis dois a dois (é por causa dessa soldadura que os embuás são chamados **di-plópodes**; do grego *diploos* = duplo).

As lacraias vivem em lugares sombreados (sob pedras ou madeira acumulada, em forros de casas de madeira, etc.) e são carnívoras (comem insetos, minhocas e até pequenos vertebrados, como pássaros, camundongos, etc.). Esses animais usam as **for-cípulas** (primeiro par de apêndices do tronco) para inocular veneno. A picada produz uma dor muito intensa por causa da peçonha, que é capaz de matar pequenas presas. Em seres humanos, embora em

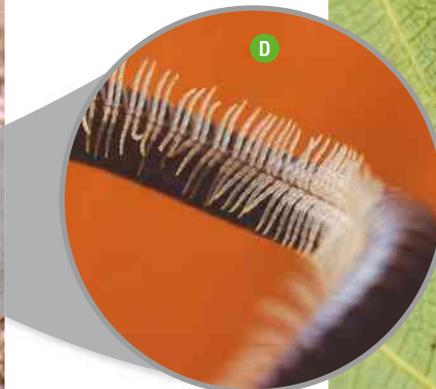
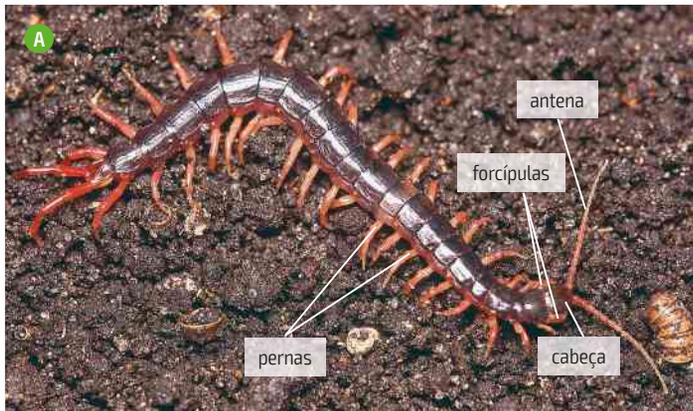
geral a picada provoque apenas reações locais, como dor, inchaço e vermelhidão, em alguns casos pode haver febre, vômitos e outras alterações sistêmicas, sendo indicado atendimento médico. No Brasil, uma das lacraias mais comuns é a *Scolopendra viridicornis*, que atinge até cerca de 20 cm de comprimento.

Os embuás não injetam peçonha. Quando impor-tunados, enrolam-se e ficam imóveis, parecendo mor-tos. Algumas formas eliminam substâncias repelentes que afastam os predadores. São herbívoros e auxiliam na produção de húmus para o solo em que vivem.

Esses animais possuem o corpo dividido em ca-beça, com um par de antenas e olhos simples, e tron-co alongado, formado por uma sequência de anéis ou segmentos (figura 12.21).

Os diversos sistemas dos quilópodes e dos di-plópodes são muito semelhantes aos dos insetos, com traqueia, túbulos de Malpighi, sistema circula-tório aberto e sistema nervoso ganglionar e ventral. Possuem ocelos e cerdas táteis, sexos separados e fecundação interna, através de espermatóforos. O desenvolvimento é direto.

Fotos: Fabio Colombini/Acervo do fotógrafo



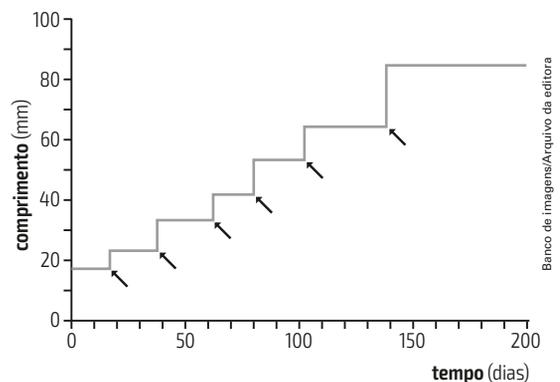
**Figura 12.21** Na foto **A**, uma lacraia encontrada no Brasil (*Scolopendra viridicornis*; 14 cm de comprimento). Na foto **B**, embuá (3 cm a 15 cm de comprimento, dependendo da espécie). Na foto **C**, o embuá está enrolado, como forma de defesa. Na foto **D**, é possível ver as pernas do animal.

1. Às vezes, depois de aplicar inseticidas em pomares, observa-se que a produção de frutas diminui. Como você explica isso?
2. No cardápio de um restaurante havia os seguintes pratos:
  - Caldeirada de peixe com camarões, anéis de lula, mexilhões.
  - Moqueca mista de peixe com camarão.
  - Arroz de lagosta com camarão.
  - Risoto com lagosta, polvo e mexilhão.
  - Caldeirada de peixe, mexilhão e camarão.
  - a) Quantos e quais filos de invertebrados estão representados no cardápio?
  - b) Separe os invertebrados citados nos títulos dos pratos conforme os filos a que pertencem e cite características gerais de cada um desses filos.
3. Os insetos são invertebrados que apresentam fecundação interna. Qual é a importância dessa adaptação e que vantagem ela trouxe ao grupo?
4. A afirmação “sem lagartas não há borboletas” é correta? Justifique sua resposta.
5. Por que em geral os artrópodes procuram se esconder durante o período de muda de exoesqueleto?
6. Segundo um especialista, se todas as formigas fossem destruídas, centenas de milhares de espécies poderiam ficar ameaçadas de extinção. Por que isso aconteceria?
7. Entre os crustáceos, há animais maiores e mais pesados do que a média dos insetos, caso das lagostas, que têm exoesqueletos mais espessos. Por que, para esses animais, o peso do esqueleto não é um problema como o seria para um inseto?
8. No abdome de certos artrópodes há glândulas que produzem uma secreção que, em contato com o ar, se transforma em um fio bastante resistente.
  - a) De que animais estamos falando?
  - b) Qual é a função desses fios?
9. Alguns cientistas acham que o tamanho maior que alguns insetos atingiram no passado – há cerca de 300 milhões de anos, algumas libélulas chegaram a atingir até 70 cm de envergadura – pode ser explicado pela maior concentração de oxigênio na atmosfera naquela época. Explique a relação entre a taxa de oxigênio e o tamanho maior desses insetos.

10. (UFG-GO) A maioria dos insetos passa por sucessivas mudas ou ecdises, do ovo até a fase adulta, cujo controle é feito pelo hormônio ecdisona. Na década de 1970, foi descoberto um hormônio vegetal, o brasinosterol, cuja estrutura química é muito semelhante ao hormônio ecdisona. Pesquisas recentes relatam que o brasinosterol, se administrado em insetos, bloqueia o efeito da ecdisona.

De acordo com as informações anteriores, responda:

- a) Qual é a vantagem para o meio ambiente do uso potencial do brasinosterol na agricultura?
  - b) Por que os insetos ametábolos, como a traça-dos-livros, poderiam ser menos suscetíveis ao tratamento com brasinosterol do que os insetos hemimetábolos, como o gafanhoto?
11. (Uerj) No gráfico, está indicado o tamanho de um animal terrestre ao longo de determinado período de tempo, a partir de seu nascimento.



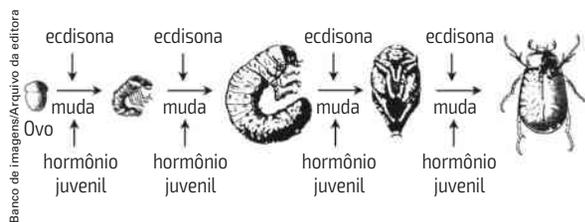
- a) Nomeie o filo a que esse animal pertence, justificando sua resposta.
  - b) Nos pontos indicados pelas setas, ocorre um processo relevante para o desenvolvimento desse animal até a fase adulta. Nomeie esse processo e aponte a razão de sua importância.
12. (UFG-GO) Um dos grupos mais numerosos de artrópodes, os insetos, passou a ocupar o ambiente terrestre. Algumas estruturas foram relevantes para que os insetos conquistassem a terra firme e ocupassem vários espaços do planeta, passando a ter importância ecológica e influência na economia.
    - a) Indique duas estruturas que possibilitaram a conquista do meio terrestre e explique por que elas foram importantes.
    - b) De que forma os insetos exercem influência ecológica e econômica?

13. (Enem) Recentemente, foi descoberta uma nova espécie de inseto flebotomídeo, batizado de *Lutzomya maruaga*. O novo inseto possui apenas fêmeas que se reproduzem a partir da produção de ovos sem a intervenção de machos, em um processo conhecido como partenogênese. A espécie está restrita a uma caverna na região amazônica, não sendo encontrada em outros lugares. O inseto não se alimenta de sangue nem transmite doenças, como o fazem outros mosquitos de seu mesmo gênero. Os adultos não se alimentam e as larvas parecem se alimentar apenas de fezes de morcego (guano) existente no fundo da caverna. Essa dieta larval acumularia reservas a serem usadas na fase adulta.

*Ciência Hoje*, Rio de Janeiro, v. 42, n. 252, set. 2008 (adaptado).

Em relação a essa descoberta, vê-se que a nova espécie de flebotomídeo:

- a) deve apresentar maior variabilidade genética que seus congêneres.
  - b) deve ter uma fase adulta longa se comparado com seus congêneres.
  - c) é mais vulnerável a desequilíbrios em seu ambiente que seus congêneres.
  - d) está livre de hábitos hematófagos e de transmissão de doenças devido à ausência de machos.
  - e) tem grandes chances de se dispersar para outros ambientes, tornando-se potencialmente invasora.
14. (Enem) O desenvolvimento da maior parte das espécies de insetos passa por vários estágios até chegar à fase adulta, quando finalmente estão aptos à reprodução. Esse desenvolvimento é um jogo complexo de hormônios. A ecdisona promove as mudas (ecdíases), mas o hormônio juvenil impede que o inseto perca suas características de larva. Com o tempo, a quantidade desse hormônio diminui e o inseto chega à fase adulta.



Cientistas descobriram que algumas árvores produzem um composto químico muito semelhante ao hormônio juvenil dos insetos. A vantagem de uma árvore que produz uma substância que funcione como hormônio juvenil é que a larva do inseto, ao se alimentar da planta, ingere esse hormônio e:

- a) vive sem se reproduzir, pois nunca chega à fase adulta.
  - b) vive menos tempo, pois seu ciclo de vida encurta.
  - c) vive mais tempo, pois ocorrem poucas mudas.
  - d) morre, pois chega muito rápido à fase adulta.
  - e) morre, pois não sofrerá mais mudas.
15. (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.
16. (Fuvest-SP) Francisco deve elaborar uma pesquisa sobre dois artrópodes distintos. Eles serão selecionados, ao acaso, da seguinte relação: aranha, besouro, barata, lagosta, camarão, formiga, ácaro, caranguejo, abelha, carrapato, escorpião e gafanhoto. Qual é a probabilidade de que ambos os artrópodes escolhidos para a pesquisa de Francisco não sejam insetos?
- a) 49/144
  - b) 14/33
  - c) 7/22
  - d) 5/22
  - e) 15/144
17. (IFSP) Ao estudar um costão rochoso, um aluno fez o esquema de dois tipos de animais encontrados, A e B, e de um tipo de alga, C.



Os animais A e B apresentam grau de parentesco mais próximo, respectivamente, com:

- a) o caramujo e o caranguejo.
- b) o siri e o camarão.
- c) a anêmona e a ostra.
- d) a esponja e a barata-da-praia.
- e) o camarão e a ostra.

18. (PUC-PR) Relacione as descrições dos sistemas circulatórios com seus respectivos filos animais:

- I. Ausente. O alimento é distribuído diretamente da cavidade gastrovascular.
- II. Ausente. O alimento é distribuído pelo intestino muito ramificado.
- III. Ausente. O alimento é distribuído pelo fluido da cavidade pseudocelomática.
- IV. Presente. Do tipo fechado, com vasos pulsáteis e sangue dotado de pigmentos respiratórios.
- V. Presente. Do tipo aberto, com coração e vasos sanguíneos, onde circula o fluido celômico.

P = Artrópodes                      R = Moluscos  
T = Platelmintos                  Q = Anelídeos  
S = Nematelintos                U = Cnidários

A opção que contém as associações corretas é:

- X a) I – U; II – T; III – S; IV – Q; V – P.
- b) I – P; II – Q; III – R; IV – S; V – T.
- c) I – P; II – Q; III – R; IV – U; V – T.
- d) I – P; II – Q; III – R; IV – T; V – U.
- e) I – U; II – T; III – R; IV – Q; V – S.

19. (Vunesp-SP) As figuras a seguir representam dois animais invertebrados, o nereis, um poliqueto marinho, e a centopeia, um quilópode terrestre. Apesar de apresentarem algumas características comuns, tais como apêndices locomotores e segmentação do corpo, esses animais pertencem a filos diferentes.



Banco de imagens/  
Arquivo da editora

Assinale a alternativa correta.

- a) O nereis é um anelídeo, a centopeia é um artrópode e ambos apresentam circulação aberta.
- b) O nereis é um artrópode, a centopeia é um anelídeo e ambos apresentam circulação fechada.
- c) O nereis é um asquelminto, a centopeia é um platelminto e ambos não apresentam sistema circulatório.
- d) O nereis é um anelídeo, a centopeia é um artrópode e ambos apresentam exoesqueleto.
- X e) O nereis é um anelídeo, a centopeia é um artrópode, mas apenas a centopeia apresenta exoesqueleto.

## Trabalho em equipe

Em grupo, escolham uma das atividades a seguir para desenvolver. Depois, apresentem o resultado do trabalho para a classe e para a comunidade escolar.

1. Selecionem uma das três listas a seguir, que enumeram algumas ordens de insetos, e pesquisem as seguintes informações: significado do nome da ordem, características do corpo de seus principais representantes, relações desses insetos com o ser humano (transmissão de doenças, danos à agricultura, importância para a polinização, etc.) e com o ambiente em geral, e outras informações que considerarem de interesse da turma.

- a) tisanuros, ftirápteros, odonatos, ortópteros e mantódeos.
- b) blatódeos, sifonápteros, fasmídeos, isópteros e hemípteros.
- c) dermápteros, coleópteros, himenópteros, dípteros e lepidópteros.

Redijam um texto com os dados obtidos e elaborem cartazes com fotos e desenhos dos insetos pesquisados.

2. Pesquisem receitas de pratos à base de crustáceos e moluscos. Relacionem todos os crustáceos e moluscos encontrados nos pratos e pesquisem: hábitos de vida, relações ecológicas, *habitat*, importância econômica, etc.

Depois, elaborem cartazes com textos, fotos e ilustrações dos dados pesquisados.

3. Com o apoio de professores de Biologia e de História, pesquisem o que são sambaquis. Preparem um relatório ou um cartaz explicando a importância dessas estruturas, onde elas são encontradas, qual a relação entre elas e o estudo de moluscos.

Ao final das pesquisas, procurem saber se em sua região existe alguma instituição educacional ou de pesquisa que trabalhe com algum dos temas acima ou que mantenha uma exposição sobre esses assuntos. Verifiquem se é possível visitar o local. Como opção, acessem *sites* de universidades, museus, etc., que disponibilizem uma exposição virtual.

4. Pesquisem como o desenvolvimento de moscas e de outros insetos pode ser usado para a investigação de crimes. Se possível, agendem a visita de um profissional de perícia criminal para conversar com a turma sobre seu trabalho.

### Fique de olho!

Sempre que um profissional for chamado para uma entrevista, busquem saber como é o cotidiano de sua profissão, perguntando sobre aspectos positivos e negativos do trabalho.



Estrela-do-mar (diâmetro entre 2 cm e 1 m, dependendo da espécie) abrindo um molusco.

Na imagem é possível observar uma estrela-do-mar atacando um molusco bivalve. Ela o envolve com os braços e puxa as duas partes da concha dele. Assim que uma mínima abertura aparece na concha, ela projeta seu estômago para fora da boca e despeja enzimas digestivas sobre as partes moles do bivalve. O estômago é então recolhido e a digestão termina dentro do corpo da estrela-do-mar. Neste capítulo vamos estudar os equinodermos, como as estrelas-do-mar, e também os animais conhecidos como protocordados.

- ◆ Você conhece exemplos de animais equinodermos? Onde eles vivem?
- ◆ Onde fica a boca de uma estrela-do-mar?
- ◆ Quais são os animais conhecidos como protocordados? Em que eles se diferenciam dos demais invertebrados?



## 1 Equinodermos

Os animais do filo **Echinodermata** (**equinodermos** ou **equinodermas**) – estrelas-do-mar, bolachas-da-praia, estrelas-serpentes, pepinos-do-mar, lírios-do-mar e ouriços-do-mar – são exclusivamente marinhos e de vida livre.

O nome desse grupo faz referência à presença de espinhos na pele: do grego *échinós* = espinho; *derma* = pele.

Os equinodermos são triblásticos e celomados e apresentam várias características compartilhadas com os cordados, como veremos adiante.

Nos filos que já estudamos até aqui:

- o celoma é formado de uma fenda na mesoderme, sendo, por isso, chamado **esquizoceloma** (do grego *schizo* = dividir);
- a boca do adulto origina-se do blastóporo (do grego *blastós* = embrionário), um orifício que comunica o intestino primitivo com o exterior; são, por isso, chamados de **protostômios** (do grego *protos* = primeiro; *stoma* = boca);
- o esqueleto é, em geral, externo, secretado pela epiderme, que se origina da ectoderme (dá a denominação exoesqueleto).

Algumas características mostram parentesco evolutivo entre os equinodermos e os protocordados. São elas:

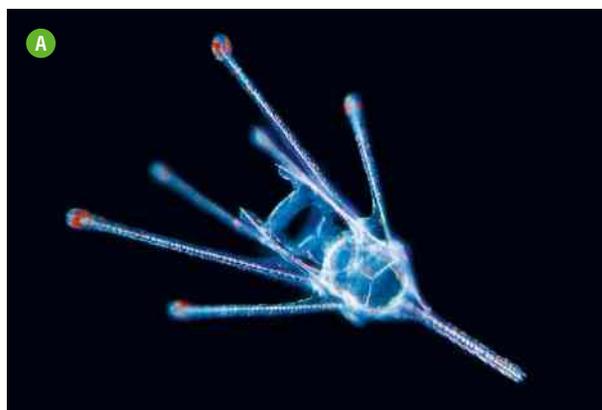
- o celoma forma-se de dobras do intestino primitivo do embrião, sendo, por isso, chamado **enteroceloma** (do grego *énteron* = intestino);
- o blastóporo origina o ânus, e a boca surge em outra região; são, por isso, chamados de **deuterostômios** (do grego *dêuteron* = secundário);
- o esqueleto, coberto pela epiderme, é produzido pela derme, camada que se forma da mesoderme; trata-se, portanto, de um endoesqueleto.

### Morfologia e fisiologia

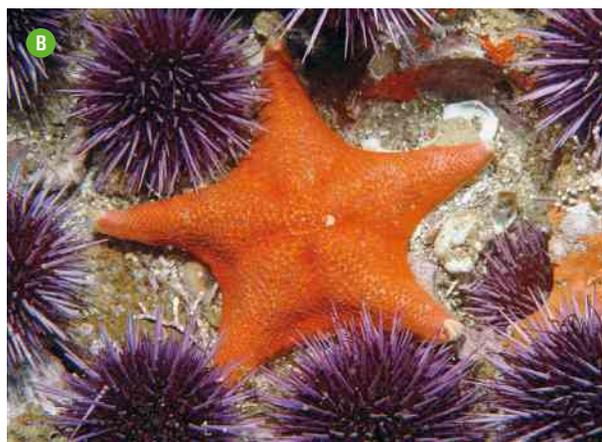
A maioria dos equinodermos apresenta simetria **pentâmera**, também chamada simetria **pentarradial** (do grego *penta* = cinco). Isso significa que o corpo dos equinodermos pode ser dividido em cinco planos em volta de uma área central onde fica a boca. Esses planos são demarcados pelas **zonas ambulacrárias**.

Os órgãos sensoriais estão distribuídos pela periferia do corpo, e os animais recebem informações de todas as direções do ambiente, o que é uma adaptação à vida sésbil (o animal vive fixo a um substrato) ou com pouca mobilidade. Os equinodermos fazem parte da **comunidade bentônica** ou **bentos** (do grego *bénthos* = profundo), que é o conjunto de seres que vivem no leito do mar. Alguns equinodermos são sésseis, ou seja, vivem fixos, como os lírios-do-mar e as esponjas. Outros equinodermos, como as estrelas-do-mar, movem-se.

Os equinodermos originaram-se de espécies com simetria bilateral, como é evidenciado pela simetria da larva (**figura 13.1 A**). A simetria radial é **secundária**, ou seja, uma modificação que ocorre ao longo do desenvolvimento do animal (**figura 13.1 B**).



Visuals Unlimited/Corbis/Latinstock

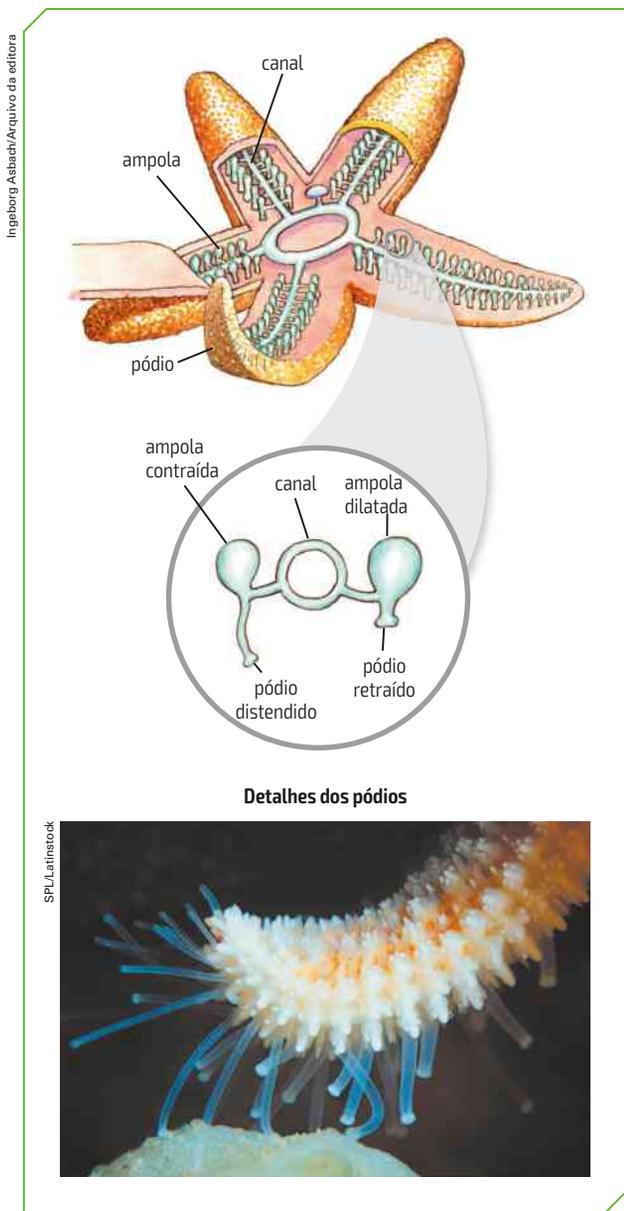


Norbert Wu/Minden Pictures/Latinstock

**Figura 13.1 A** – Larva de um ouriço-do-mar (*Echinocardium cordatum*). (Microscopia óptica; aumento de 60 vezes.) **B** – Estrela-do-mar (em torno de 20 cm de diâmetro) cercada por ouriços-do-mar (aproximadamente 10 cm de diâmetro).

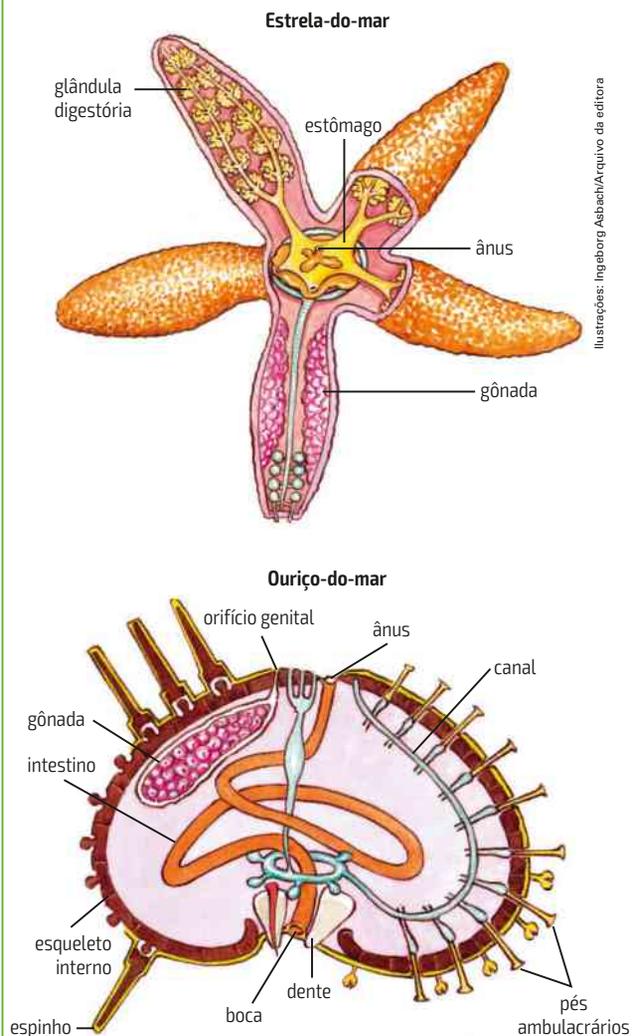
Os equinodermos apresentam um sistema de canais pelo qual circula água do mar. Esse sistema é chamado **ambulacrário** (figura 13.2), ou **hidrovascular**. Os canais comunicam-se com pequenos tubos, os **pódios**, também chamados **pés ambulacrários** (do latim *ambulare* = caminhar), ligados a dilatações chamadas **ampolas**.

A contração dos músculos da ampola bombeia a água para os pódios, que se alongam e aderem a uma superfície. Em seguida, os músculos dos pódios se contraem e fazem a água voltar para a ampola. A ação combinada de milhares de pódios move lentamente o corpo do animal sobre rochas ou areia.



**Figura 13.2** Representação esquemática do sistema ambulacrário da estrela-do-mar. (Os elementos das ilustrações não estão na mesma escala; cores fantasia.) Na foto, braço de uma estrela-do-mar (*Asterias rubens*; 10 cm a 30 cm de diâmetro); as projeções são os pódios.

O tubo digestório (figura 13.3) é completo. Na estrela-do-mar, ele apresenta glândulas digestórias. No ouriço-do-mar, a boca é provida de uma estrutura, a **lanterna de Aristóteles**. Esse órgão foi descrito inicialmente por Aristóteles, filósofo grego nascido em 384 a.C., e é formado por cinco longos dentes com os quais o animal raspa as rochas e o fundo do mar, recolhendo alimento (algas e detritos).



**Figura 13.3** Representações dos sistemas digestório e reprodutor dos equinodermos. O diâmetro da estrela-do-mar pode variar de 2 cm a 1 m, dependendo da espécie, e o do ouriço-do-mar, de 6 cm a 35 cm. (Os elementos da ilustração não estão na mesma escala; cores fantasia.)

O sistema ambulacrário também participa da troca de gases com a água, da circulação do líquido celômico e da excreção, realizada pelos pódios.

O sistema nervoso é pouco desenvolvido nesses animais, o que é coerente com sua pouca mobilidade. Na ponta dos braços da estrela-do-mar existem ocelos, capazes de perceber luz. Além disso, células táteis e olfativas estão espalhadas na epiderme.

## Reprodução

Os sexos são quase sempre separados, e as gônadas desembocam no exterior por orifícios na superfície do corpo. Em geral, a fecundação é externa. O desenvolvimento é indireto, com formação de larvas planctônicas ciliadas, de simetria bilateral, que sofrem metamorfose e transformam-se no adulto.

As estrelas-do-mar podem regenerar braços danificados. Em algumas espécies, um único braço, desde que possua uma parte da região central do corpo, pode crescer e transformar-se em um animal completo (figura 13.4). Essa capacidade de regeneração pode funcionar como reprodução assexuada, em que a divisão do corpo origina novos indivíduos.



Georgiate Douvma/SPL/Latinstock

**Figura 13.4** Braço de estrela-do-mar (parte maior) formando um novo animal (o diâmetro de uma estrela-do-mar varia de 2 cm a 1 m, dependendo da espécie).

## Classificação

O filo Echinodermata divide-se em cinco grupos principais:

- **Asteroidea (asteroides)** – é representado pela estrela-do-mar (figura 13.5), que possui uma região central da qual saem cinco braços (às vezes, mais) com ocelos nas extremidades. Os braços apresentam movimento e ajudam na captura de presas. As estrelas-do-mar são carnívoras: alimentam-se de corais, moluscos, crustáceos e até peixes. Algumas causam grandes danos aos recifes de corais.



Adam Ke/Shutterstock

**Figura 13.5** Estrela-do-mar (diâmetro entre 2 cm e 1 m, dependendo da espécie).

- **Echinoidea (equinoídes)** – é representado pelo ouriço-do-mar e pela bolacha-da-praia ou ouriço-escudo (figura 13.6), animais que não possuem braços. Os ouriços são frequentes em pedras e recifes do litoral e podem ocorrer acidentes quando as pessoas pisam em seus espinhos. Nesses casos, deve-se limpar e desinfetar o local e remover os pedaços de espinhos. Em alguns países, os ouriços-do-mar são usados como alimento.

Fotos: Fabio Colombini/Acervo do fotógrafo



**Figura 13.6** Na primeira foto, um ouriço-do-mar (*Echinometra lucunter*; 7 cm de diâmetro). Na segunda foto, bolacha-da-praia (6 cm a 10 cm de diâmetro).

- **Holothuroidea (holoturoídes)** – é representado pelo pepino-do-mar ou holotúria (figura 13.7), animal que não possui carapaça. Seu esqueleto está reduzido a placas microscópicas, por isso seu corpo é mole.

Fabio Colombini/Acervo do fotógrafo



**Figura 13.7** Pepino-do-mar (cerca de 10 cm de comprimento).

- **Ophiuroidea (ofiúroides)** – é representado pela serpente-do-mar ou ofiúro (figura 13.8), equinodermo parecido com a estrela-do-mar, mas com braços mais longos, finos e flexíveis, usados para locomoção.



Figura 13.8 Serpente-do-mar (atinge 50 cm de diâmetro).

- **Crinoidea (crinoides)** – é representado pelo lírio-do-mar, que vive preso por ramificações (cirros) em rochas ou em outros suportes (figura 13.9).



Figura 13.9 Lírio-do-mar (*Tropiometra carinata*; 9 cm de diâmetro).

## 2 Protocordados

Os animais do filo **Chordata (cordados)**, grupo que inclui os urocordados (ascídias), os cefalocordados (anfioxo) e os vertebrados, possuem certas características presentes em alguns invertebrados, como a simetria bilateral, o corpo segmentado e a circulação fechada.

Os cordados e os equinodermos apresentam em comum a deuterostomia. Mas o grupo possui outras características exclusivas, às vezes presentes apenas em algum estágio do ciclo de vida, como na fase embrionária. Veremos a seguir algumas delas.

O nome “cordado” vem do fato de esses animais possuírem uma **notocorda** ou **corda dorsal** (do grego *notos* = dorso; *chorda* = cordão), bastão flexível de células que se estende por quase toda a região dorsal do animal, acima do tubo digestório e abaixo do sistema nervoso (figura 13.10). A notocorda funciona como ponto de apoio aos músculos, facilitando, por exemplo, o uso da cauda para impulsionar o corpo pela água. Nos vertebrados, que estudaremos nos próximos capítulos, ela é substituída, total ou parcialmente, pela coluna vertebral durante o desenvolvimento embrionário. A presença de vértebras e de coluna vertebral é uma característica exclusiva dos vertebrados.

Os cordados possuem **sistema nervoso dorsal** (figura 13.10), formado a partir do tubo neural e originado da ectoderme do embrião. A localização dorsal, acima da notocorda, é diferente da maioria dos grupos estudados até aqui, nos quais o sistema nervoso se situava na região ventral. Outra diferença é que, nos cordados, o sistema nervoso é oco, enquanto nos outros grupos ele é formado por um cordão duplo e maciço de células. Na região anterior do corpo dos cordados, esse cordão se dilata e forma a **vesícula encefálica**, que, nos vertebrados, origina o **encéfalo**.

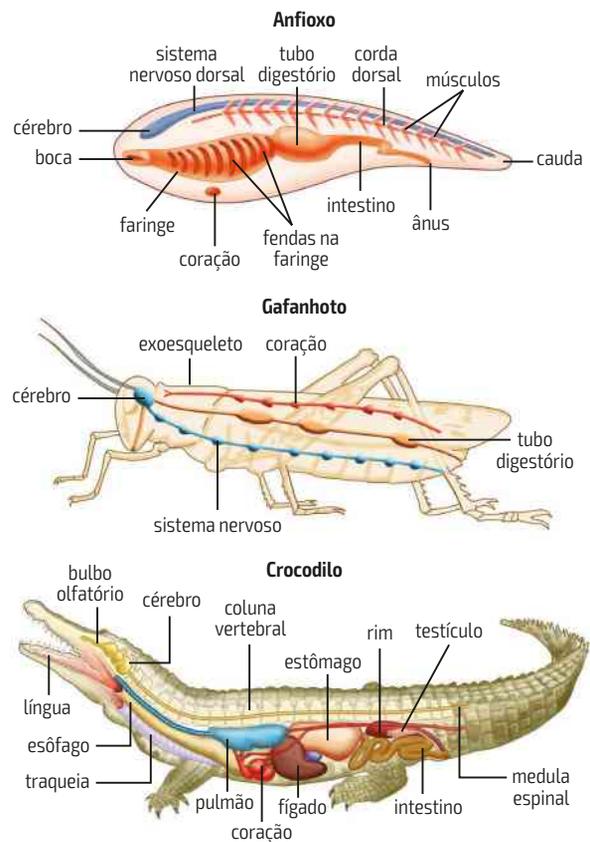


Figura 13.10 Esquema geral de um cordado e comparação entre invertebrados (gafanhoto) e vertebrados (crocodilo). (Os elementos das ilustrações não estão na mesma escala; cores fantasia.)

Também há, nos cordados, uma **cauda pós-anal musculosa**, região posterior ao ânus, com músculos e notocorda (ou coluna vertebral). Nos cordados aquáticos, a cauda ajuda na locomoção na água. Em outros, como jacarés e lagartos, pode auxiliar na defesa e no ataque. Em certos macacos, ela é preensora e ajuda o animal a se segurar nos galhos das árvores. No ser humano, a cauda está atrofiada e forma o final da coluna vertebral (os ossos do cóccix).

Além dessas características exclusivas, na faringe (região anterior do tubo digestório) do embrião dos cordados podem ser observados os arcos **faríngeos** ou **farigianos**, separados por **fendas** ou **sulcos faríngeos** (alguns autores chamam essas estruturas de **fendas branquiais**), e evaginações, as **bolsas faríngeas**. Nos peixes, os arcos e as fendas faríngeas persistem no adulto e participam da respiração: a água que entra pela boca passa pelas brânquias e sai pelas fendas faríngeas. Em outros vertebrados (répteis, aves e mamíferos), os arcos e as fendas originam outras estruturas, como a tuba auditiva (na orelha), e a função respiratória é exercida pelos pulmões.

O filo dos cordados inclui três grupos: **Cephalochordata** (cefalocordados), **Urochordata** (urocordados) e **Vertebrata** (vertebrados). Os dois primeiros são comumente chamados **protocordados** (do grego *protos* = primeiro) e constituem um grupo sem valor taxonômico.

## Cefalocordados

O termo “cefalocordado” vem do fato de que a notocorda vai da cauda até a região cefálica, diferentemente dos urocordados, em que a notocorda localiza-se na região caudal da larva.

Esse grupo é representado pelo anfioxo (gênero *Branchiostoma*), cujo corpo, quase transparente, apresenta a forma de uma lança de duas pontas (do grego *amphi* = dos dois lados; *oxus* = ponta; **figura 13.11**). É um animal exclusivamente marinho: vive em águas rasas, em geral com a parte posterior enterrada na areia, nadando por curtos períodos de tempo. Existem três nadadeiras interligadas: uma dorsal, uma caudal e uma ventral.

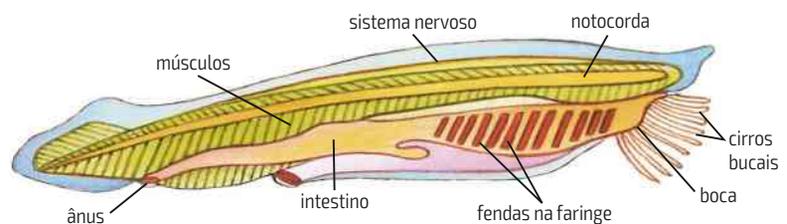
A boca é rodeada por tentáculos (**cirros bucais**), que não deixam passar areia nem outras partículas grandes. As fendas faríngeas filtram o alimento (plâncton), que entra pela boca e chega ao intestino, são animais filtradores.

O anfioxo possui notocorda durante toda a vida. Essa estrutura funciona como um esqueleto flexível e serve de ponto de apoio aos músculos organizados em blocos, os miótomos (do grego *mys* = músculo; *tomé* = corte) (**figura 13.11**).

Esses blocos de músculos demonstram que alguns sistemas dos cordados retêm uma segmentação ou metameria, presente em alguns invertebrados, como os anelídeos e artrópodes.

Nas fendas faríngeas ocorrem as trocas gasosas com a água. A circulação é feita por um sistema fechado, com vasos contráteis que impulsionam o sangue. O sistema nervoso é formado por um cordão nervoso dorsal, além de nervos para as diversas partes do corpo. Possuem ocelos que captam a luz.

Os sexos são separados, e as gônadas liberam os gametas na cavidade atrial; depois, os gametas são eliminados pelo poro atrial. A fecundação ocorre na água, e o desenvolvimento é indireto.



**Figura 13.11** Foto de anfioxo (*Branchiostoma lanceolatum*; cerca de 6 cm de comprimento) e ilustração mostrando a organização desse cefalocordado. (Os elementos ilustrados não estão na mesma escala; cores fantasia.)

## Urocordados

Nesse grupo de animais, a notocorda é restrita à cauda na larva (daí o nome do grupo, do grego *ourás* = cauda; *chorda* = cordão). Os urocordados são representados por animais marinhos sésseis, solitários ou coloniais, chamados ascídias. Quando adultas, as ascídias isoladas assemelham-se a pequenos esguichos, que eliminam um líquido quando espremidas (figura 13.12).

Os adultos possuem dois sifões: o **oral** ou **inalante**, pelo qual a água entra; e o **cloacal** ou **exalante**, pelo qual saem os resíduos, a água e os gametas (figura 13.12). As ascídias são animais filtradores: o alimento (plâncton) é retido pelas fendas faríngeas, encaminhado ao estômago e, depois, ao intestino.

A ascídia é hermafrodita, com fecundação externa, mas também pode realizar reprodução assexuada por brotamento, originando as colônias.

Sua larva natante apresenta todas as características típicas do filo dos cordados: tubo nervoso dorsal, fendas faríngeas, notocorda, coração ventral e cauda. Quando atinge o estado adulto, a ascídia se fixa ao substrato, a cauda regride e desaparecem a notocorda e grande parte do tubo nervoso que ficavam nessa região.

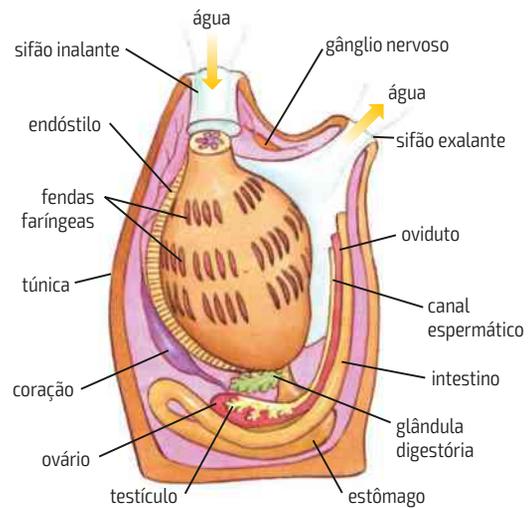


Figura 13.12 Foto de ascídia (*Polycarpa aurata*; de 4 cm a 6 cm de altura) e, acima dela, a ilustração mostrando a organização das ascídias (os elementos representados não estão na mesma escala; cores fantasia).

Ingeborg Asbahi/Arquivo da editora

Reinhard Dirseher/LookLatinstock

## Atividades



**ATENÇÃO!**  
Não escreva  
no seu livro!

1. No passado, os equinodermos chegaram a ser colocados no mesmo grupo dos cnidários.
  - a) Isso porque eles apresentam uma característica em comum com os cnidários que não é muito frequente entre os animais. Que característica é essa?
  - b) No entanto, uma característica do embrião, percebida nos primeiros estágios do desenvolvimento, diferencia os dois grupos. Qual é essa característica?
2. Que diferenças existem entre a larva dos equinodermos e o animal adulto? Justifique, em função do modo de vida, essas diferenças.
3. Por muito tempo, as lontras que viviam em meio às grandes algas pardas das costas da Califórnia foram caçadas por causa de sua pele. À medida que

a população de lontras diminuía, aumentava a de ouriços-do-mar. A quantidade de algas pardas também se reduzia. Com a proibição da caça às lontras, o número desses animais voltou a aumentar, e as algas cresceram novamente. Com as algas, vieram moluscos, peixes, camarões e outros animais aquáticos. Como você explica o aumento ou a diminuição, em cada situação, da população de ouriços-do-mar e de algas?

4. Um estudante achou muito estranho quando leu em seu livro de Biologia que, evolutivamente, os vertebrados estão mais próximos de uma estrela-do-mar do que de um inseto. No entanto, essa afirmação considera a presença de características comuns aos equinodermos e aos vertebrados, que aproximam os dois grupos. Quais são essas características?

5. As ascídias são animais sésseis que não apresentam desenvolvimento direto (em que o zigoto origina um animal semelhante ao adulto). A fase larval, que poderia parecer gasto inútil de energia, no entanto, representa uma vantagem evolutiva para o animal. Qual poderia ser essa vantagem?

6. (Ufal) Os equinodermos são animais marinhos que apresentam, em sua maioria, simetria radial.

- Por que a simetria radial dos equinodermos é considerada secundária?
- Compare o esqueleto dos equinodermos com o dos artrópodes quanto à localização.

7. (UFG-GO) Na árvore filogenética ou evolutiva dos animais, a simetria radial é uma característica importante dos organismos primitivos. Entretanto, os equinodermos como os ouriços e as estrelas-do-mar estão próximos aos cordados, como os répteis e os mamíferos, evidenciando um ancestral em comum. Sobre esse fato,

- cite duas características morfológicas em comum entre os equinodermos e os cordados;
- justifique o parentesco existente entre os dois grupos, apesar de simetricamente distintos.

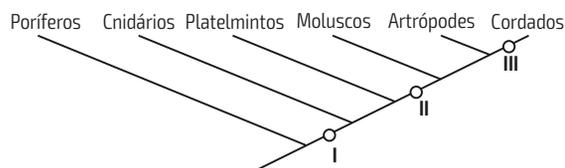
8. (Enem) *As estrelas-do-mar comem ostras, o que resulta em efeitos econômicos negativos para criadores e pescadores. Por isso, ao se depararem com esses predadores em suas dragas, costumavam pegar as estrelas-do-mar, parti-las ao meio e atirá-las de novo à água. Mas o resultado disso não era a eliminação das estrelas-do-mar, e sim o aumento do seu número.*

DONAVEL, D. A bela é uma fera. *Superinteressante*. Disponível em: <<http://super.abril.com.br>>. Acesso em: 30 abr. 2010 (adaptado).

A partir do texto e do seu conhecimento a respeito desses organismos, a explicação para o aumento da população de estrelas-do-mar baseia-se no fato de elas possuírem:

- papilas respiratórias que facilitaram sua reprodução e respiração por mais tempo no ambiente.
- pés ambulacrários que facilitaram a reprodução e a locomoção do equinodermo pelo ambiente aquático.
- espinhos na superfície do corpo que facilitaram sua proteção e reprodução, contribuindo para a sua sobrevivência.
- um sistema de canais que contribuíram na distribuição de água pelo seu corpo e ajudaram bastante em sua reprodução.
- alta capacidade regenerativa e reprodutiva, sendo cada parte seccionada capaz de dar origem a um novo indivíduo.

9. (Fuvest-SP) O esquema abaixo representa uma árvore filogenética de alguns filos animais. Cada número, I, II e III, corresponde à aquisição de uma característica ausente nos ramos anteriores a ele e presente nos posteriores.

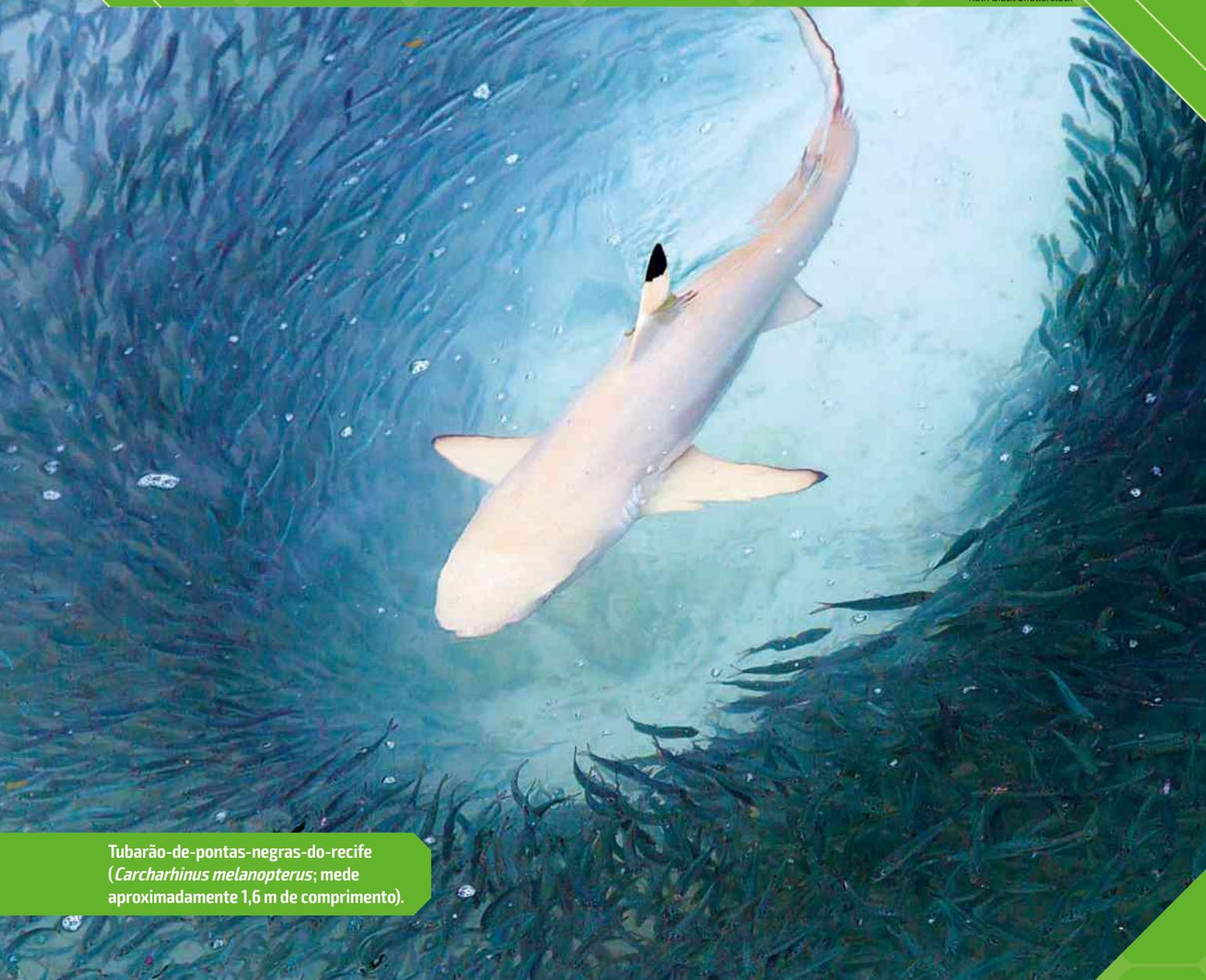


No quadro abaixo, as características correspondentes a cada número estão corretamente indicadas em:

	I	II	III
x a)	Células nervosas	Sistema digestório completo	Tubo nervoso dorsal
b)	Células nervosas	Tubo nervoso dorsal	Sistema digestório completo
c)	Tubo nervoso dorsal	Células nervosas	Sistema digestório completo
d)	Tubo nervoso dorsal	Sistema digestório completo	Células nervosas
e)	Sistema digestório completo	Células nervosas	Tubo nervoso dorsal

10. (UEPB) Enquanto a Eco-92 ficou conhecida como a “Cúpula da Terra”, a Rio+20 foi muitas vezes citada como a “Cúpula dos Mares”. O documento final aprovado pelos Chefes de Estado traz como uma de suas metas a redução dos detritos marinhos, em especial plástico, até 2025. O desenvolvimento de uma rede global de áreas marinhas protegidas internacionais e a criação de mecanismos de governança global dos oceanos para preservar a biodiversidade e os recursos genéticos também estavam em pauta. Sobre os Echinodermata, animais exclusivamente marinhos, assinale a alternativa correta:

- O caráter compartilhado que aproxima o filo Echinodermata do filo Chordata é a presença de notocorda na fase embrionária.
- Os Echinodermata apresentam organização pentarradiada, com larvas de simetria bilateral, esqueleto calcário externo, triblásticos e deuterostômios.
- A forma básica de reprodução desses animais é assexuada.
- É o único grupo do reino animal que possui um sistema ambulacrário responsável pelas funções de circulação, locomoção, respiração, excreção e percepção.
- Conchas, estrelas-do-mar e ouriços-do-mar são seus representantes mais conhecidos.



Tubarão-de-pontas-negras-do-recife  
(*Carcharhinus melanopterus*; mede  
aproximadamente 1,6 m de comprimento).

A pesca excessiva reduziu em 90% a população dos grandes peixes, como o atum, o salmão e o bacalhau. Estima-se que cerca de um terço das espécies marinhas encontra-se ameaçado de extinção, principalmente por causa da eficiência da pesca em escala industrial. Para evitar que a quantidade de peixes diminua ainda mais, além do aumento do número de áreas protegidas, estão sendo estudados mecanismos legais para regular a exploração da pesca comercial em águas internacionais. Esse é um exemplo de como é importante a sociedade se organizar de forma que sejam adotadas medidas para preservar a capacidade de sustentação futura.

- ◆ O que diferencia os vertebrados dos demais grupos de animais?
- ◆ Onde vivem os peixes?
- ◆ Como esses animais respiram? Que outras adaptações à vida aquática encontramos nesses animais?
- ◆ Em sua opinião, os peixes que vivem na água salgada podem viver na água doce? Por quê?



## 1 Características gerais dos vertebrados

Como o nome do grupo indica, o esqueleto inclui uma **coluna vertebral**, que sustenta o corpo e protege a medula espinhal, além de um **crânio**, que protege o encéfalo (figura 14.1). No entanto, há animais que possuem crânio, mas não possuem vértebras: é o caso do peixe-bruxa ou feiticeira. Por isso, os vertebrados fazem parte de um grupo mais amplo, o **Craniata** (craniados). Esse grupo reúne os vertebrados e o peixe-bruxa, embora, muitas vezes, o termo vertebrados seja usado informalmente para todos os craniados.

Os vertebrados apresentam mecanismos diversos para responder a variações de temperatura. As aves e os mamíferos mantêm a temperatura do corpo praticamente constante, apesar das variações térmicas do ambiente; por isso, são às vezes chama-

dos de **homeotérmicos** (do grego *homoios* = o mesmo; *thermos* = calor). Esses animais, além de aumentar ou diminuir a perda de calor pelo corpo de acordo com suas necessidades, também podem usar a energia liberada no metabolismo para regular sua temperatura.

A maioria dos outros animais não possui mecanismos fisiológicos tão eficientes quanto esse das aves e dos mamíferos. Se a temperatura do ambiente cair muito, um sapo, por exemplo, fica inativo, pois parte do metabolismo será interrompida. Esses animais que não regulam metabolicamente a própria temperatura já foram conhecidos como **peilotérmicos**, **poiquilotérmicos** (do grego *poikilos* = variado) ou **heterotérmicos**.

Como veremos adiante, porém, muitos animais respondem a variações de temperatura de forma comportamental. Um lagarto, por exemplo, pode aquecer-se ao sol se a temperatura corporal cair ou ir para a sombra se ela aumentar muito. Isso significa que ele pode, pelo seu comportamento, controlar até certo ponto as variações de temperatura. Por isso, atualmente, os cientistas preferem classificar os animais em **ectotérmicos** e **endotérmicos**. Os ectotérmicos (do grego *ektos* = de fora), como muitos répteis, são aqueles que se valem do comportamento e de fontes externas de calor (o Sol) para controlar sua temperatura. Já endotérmicos (do grego *endon* = interno), como as aves e os mamíferos, utilizam a energia de seu metabolismo para regular a temperatura corporal.

Vamos estudar os seguintes grupos: **Agnatha** (ágnatos), **Chondrichthyes** (condrictes), **Osteichthyes** (osteíctes), **Amphibia** (anfíbios), **Reptilia** (répteis), **Aves** (aves) e **Mammalia** (mamíferos). Os três primeiros formam o grupo dos peixes, animais aquáticos com fendas faríngeas na fase adulta que respiram por brânquias. Porém, o termo "peixe" não tem significado filogenético, uma vez que não se refere a um grupo monofilético (com ancestral comum exclusivo).



**Figura 14.1** O esqueleto de dois vertebrados (rato e peixe) mostrando duas características desse grupo: o crânio e a coluna vertebral.

## 2 Ágnatos

Vamos estudar o representante mais conhecido desse grupo, as lampreias, que vivem tanto no mar como em água doce (figura 14.2). Destituídos de maxilas (do grego *a* = sem; *gnathos* = mandíbula), os ágnatos possuem uma boca circular sugadora, daí o outro nome do grupo: **Cyclostomata** (ou ciclostomados, do grego *kyklos* = redondo; *stoma* = boca).

Diferentemente dos outros peixes, os ágnatos não possuem escamas nem nadadeiras pares. As nadadeiras ímpares (dorsal, caudal e anal) são pouco desenvolvidas e o esqueleto é cartilaginoso.

O intestino apresenta dobras, formando uma **válvula espiral**. Essa estrutura, que também está presente nos condrictes, aumenta a superfície de contato com o alimento, e, portanto, melhora a absorção dos nutrientes. A válvula espiral termina no ânus.

A respiração dos ciclostomados é branquial. A água entra pela boca e sai pelas fendas, passando pelas brânquias. A circulação é semelhante à dos osteíctes e será estudada mais adiante.

O sistema urinário é como o dos demais peixes, formado por um par de rins, que filtram o sangue, retirando dele as excretas, e um par de tubos, que levam o produto de excreção para a cloaca (ágnatos e condrictes) ou para um poro excretor próximo ao ânus (osteíctes).

A boca desses animais funciona como uma ventosa, que a lampreia usa para se fixar no corpo de outros peixes, perfurando a pele com a língua e os dentes, e sugando o sangue e outros tecidos do hospedeiro.

Embora existam espécies marinhas, todas as lampreias procuram rios ou riachos para se reproduzir. A fecundação é externa: a fêmea lança óvulos em buracos no fundo do rio, e os machos cobrem os óvulos com esperma. Dos ovos sai uma larva que se desenvolve no adulto.



**Figura 14.2** Foto de lampreia (atinge cerca de 1 m de comprimento) e ilustração de detalhe ampliado da boca do animal mostrando os dentes e a língua (cores fantasias).

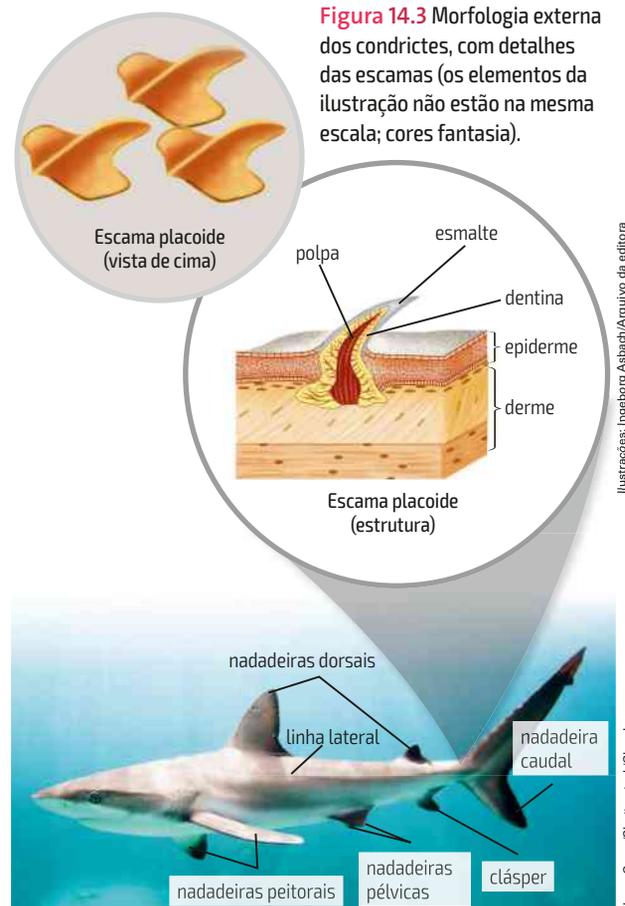
## 3 Condrictes

São animais principalmente marinhos e os representantes mais conhecidos são o tubarão e a raia. Os condrictes apresentam esqueleto de cartilagem calcificada (daí o seu nome: do grego *chondros* = cartilagem; *ichthyes* = peixe).

### Morfologia e fisiologia

Os condrictes – assim como os osteíctes, os anfíbios, os répteis, as aves e os mamíferos – pertencem ao grupo dos vertebrados **gnatostomados** (do grego *gnathos* = maxila; *stoma* = boca). Isso significa que eles possuem maxilas, formadas por uma peça fixa e outra móvel (mandíbula).

Enquanto os ágnatos possuem apenas nadadeiras ímpares, e pouco desenvolvidas, os condrictes apresentam também nadadeiras pares: as **peitorais** e as **pélvicas** (figura 14.3). Em conjunto, elas proporcionam maior velocidade, mais estabilidade e maior capacidade de subir ou descer na coluna de água. A propulsão da natação é dada pelos movimentos da cauda, que apresenta uma nadadeira caudal bem desenvolvida.



**Figura 14.3** Morfologia externa dos condrictes, com detalhes das escamas (os elementos da ilustração não estão na mesma escala; cores fantasias).

Ilustrações: Ingeborg Asbach/Arquivo da editora

Shane Gross/Shutterstock/Glow Images

A epiderme possui glândulas produtoras de muco e escamas **placoides** (figura 14.3), com estrutura parecida com a dos dentes dos vertebrados (por isso elas também são chamadas **dentículos dérmicos**). A escama possui uma parte externa – o **esmalte** – de origem epidérmica, e uma interna – a **dentina** – de origem dérmica. A dentina envolve um canal central – a **polpa**.

Nos condrictes a boca é ventral, com maxilas e várias fileiras de dentes pontiagudos, que são escamas modificadas.

Esses peixes apresentam intestino com válvula espiral, pâncreas e fígado. O intestino termina em uma cloaca (figura 14.4).

Possuem de cinco a sete pares de brânquias, visíveis externamente (figura 14.4) e não possuem **opérculo**, uma placa óssea móvel sobre as brânquias (do latim *operculum* = tampa), presente na maioria dos peixes com esqueleto ósseo. Em linhas gerais, a circulação e a excreção assemelham-se às dos ágnatos e osteíctes, como veremos adiante.

As narinas, sem comunicação com a cavidade bucal, apresentam apenas função olfativa, sem participar do sistema respiratório. A orelha interna (ou ouvido interno na terminologia antiga) é sensível a vibrações provocadas por sons na água. Há também

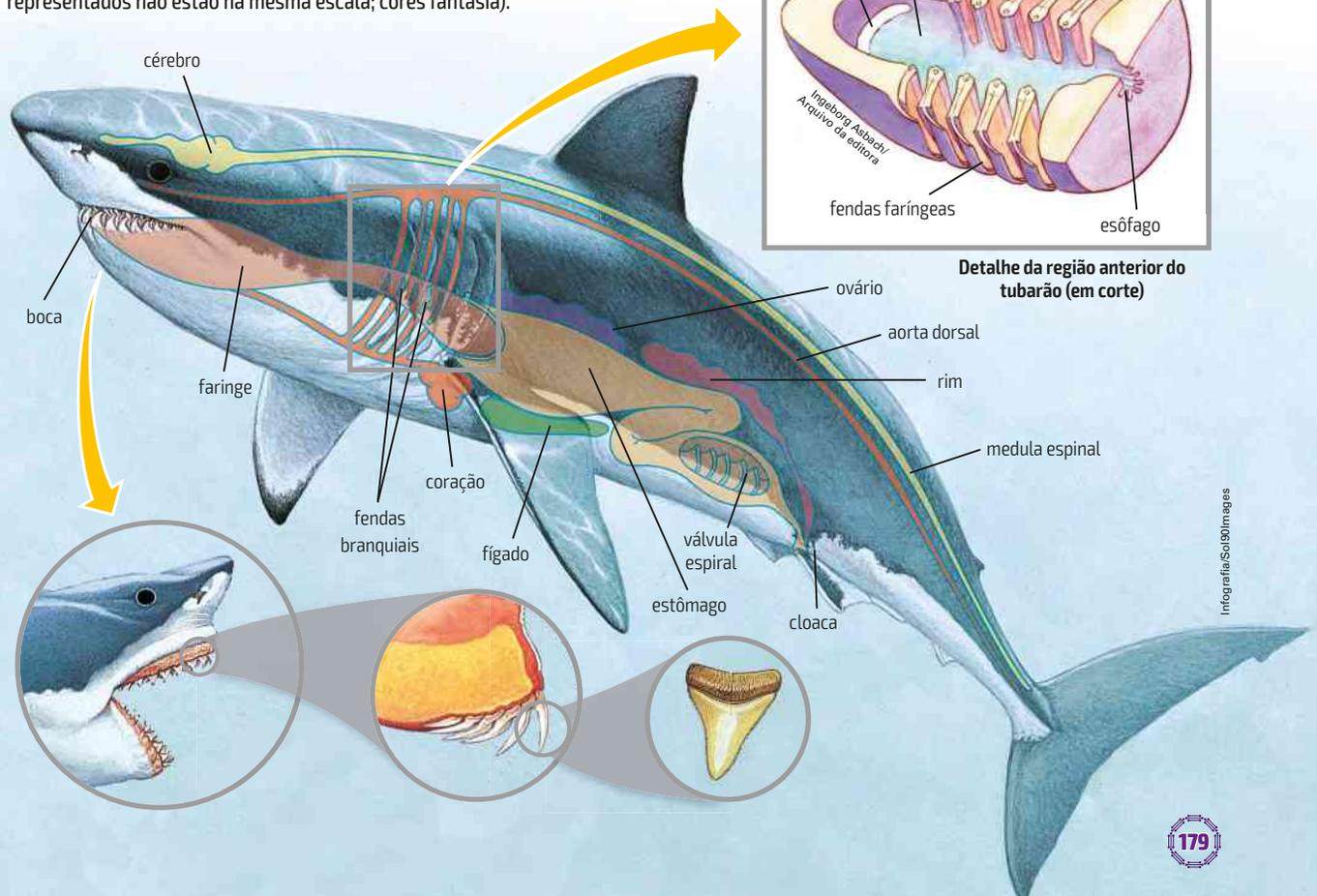
órgãos de equilíbrio, que dão informações sobre mudanças na posição do corpo.

Os condrictes, os outros peixes e as larvas de anfíbios possuem a chamada **linha lateral**, um sistema sensorial formado por canais que se comunicam com o exterior por pequenos poros. Esse órgão capta vibrações provocadas por correntes de água e movimentos de outros peixes. Desse modo, o animal pode obter informações sobre o seu movimento e o de suas presas. Na cabeça de alguns condrictes há receptores que detectam campos elétricos gerados por outros animais, chamados **ampolas de Lorenzini**.

O sistema nervoso, formado pelo encéfalo, pela medula espinal e pelos nervos, recebe os estímulos captados pelos órgãos dos sentidos e controla os músculos.

A fecundação é interna e o desenvolvimento é direto. A maioria das espécies é ovípara (raias e alguns tubarões) ou ovovivípara (muitos tubarões), mas existem condrictes vivíparos (alguns tubarões). Nestes, forma-se uma espécie de placenta a partir do saco vitelínico do embrião, que se encontra preso ao útero da mãe.

**Figura 14.4** Anatomia interna do tubarão (os elementos representados não estão na mesma escala; cores fantasia).



## 4 Osteíctes

O grupo é bastante variado em formas, cores e tamanho. Alguns peixes desse grupo têm aspecto bem peculiar, como o do cavalo-marinho. Muitos deles, como sardinha, truta, bacalhau, atum, namorado, entre outros, são fonte de alimento para o ser humano.

### Morfologia e fisiologia

A epiderme dos osteíctes apresenta glândulas produtoras de muco e escamas dérmicas. O esqueleto predominantemente ósseo dá o nome ao grupo (do grego *osteon* = osso).

Diferentemente das nadadeiras dos condrictes, que são rígidas, as nadadeiras dos osteíctes são mais flexíveis (figura 14.5). Isso ajuda na mudança de dire-

ção e permite manobras mais rápidas. A maior parte do impulso e da velocidade vem dos movimentos laterais da cauda e da nadadeira caudal. As nadadeiras dorsais e a anal dão estabilidade ao corpo. As peitorais e as pélvicas ajudam no equilíbrio, funcionam como freio e colaboram para os movimentos mais precisos.

Os osteíctes possuem boca anterior, com dentes iguais entre si (na maioria das espécies) e maxilas. Possuem fígado, pâncreas e intestino, geralmente sem válvula espiral, que termina no ânus (e não em uma cloaca). Observe novamente a figura 14.5.

Há quatro pares, às vezes cinco, de brânquias cobertas por uma estrutura óssea, o opérculo. Essa estrutura, acionada por um músculo, movimenta-se, o que aumenta a eficácia da circulação da água e da troca de gases nas brânquias (figura 14.6).

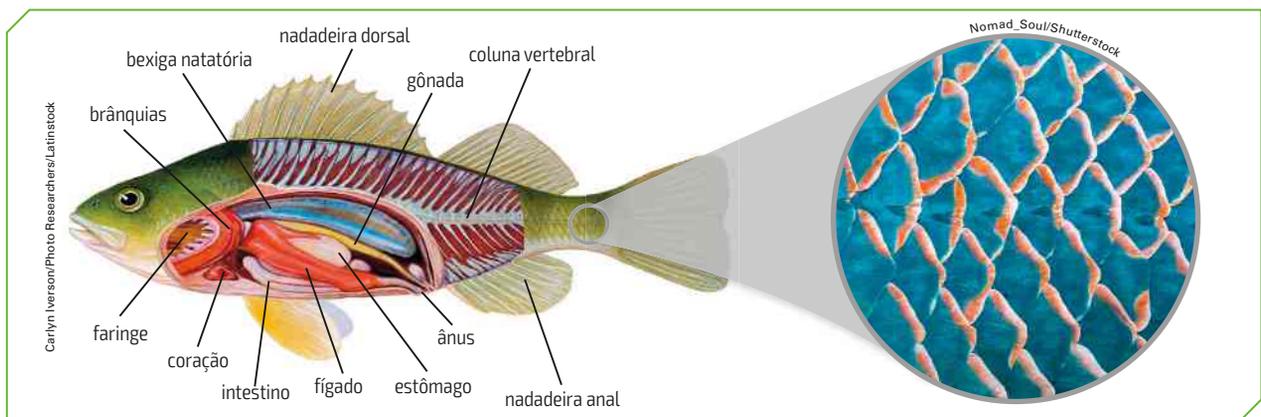


Figura 14.5 Morfologia de um osteícte. No detalhe, foto de escamas. (Os elementos representados não estão na mesma escala; cores fantasia.)

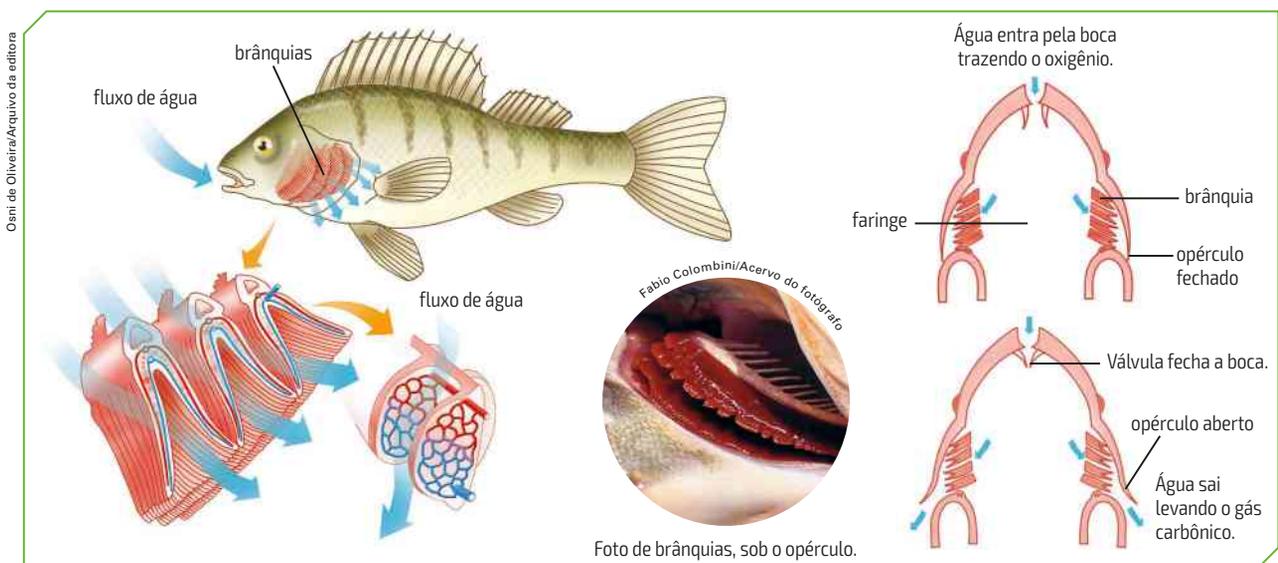
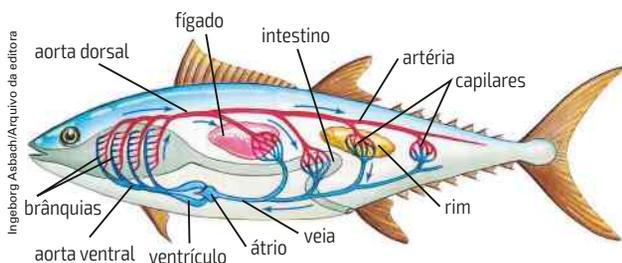


Figura 14.6 Respiração branquial nos osteíctes: a água penetra na boca e passa pelas brânquias, formadas por filamentos sustentados pelos arcos branquiais por onde o sangue circula, recebendo o oxigênio da água e eliminando o gás carbônico. A água com gás carbônico é eliminada através do opérculo. (Os elementos ilustrados não estão na mesma escala; cores fantasia.)

O coração dos peixes possui duas dilatações principais: um **átrio** e um **ventrículo** (figura 14.7). O sangue com gás carbônico, vindo de todas as partes do corpo, é levado pelas veias para uma pequena antecâmara do átrio: o **seio venoso**. O átrio bombeia o sangue para o ventrículo e este para outra cavidade, o **cone arterial**. Deste, o sangue segue por um vaso, a aorta ventral, que se ramifica e forma os arcos aórticos, que levam o sangue para as brânquias.



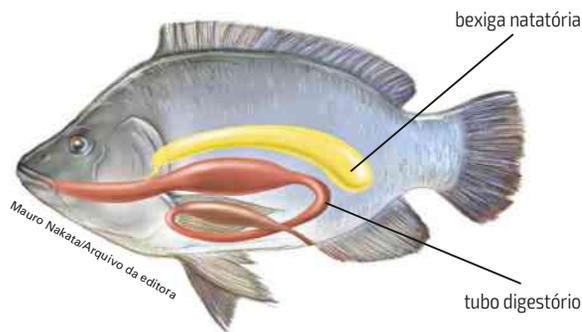
**Figura 14.7** Esquema simplificado da circulação nos peixes. (Os elementos da ilustração não estão na mesma escala; cores fantasia.)

Nas brânquias, as artérias ramificam-se nos capilares sanguíneos, onde ocorre a **hematose** (do grego *haíma*, atos = sangue; *ose* = ação): o sangue que chega, rico em gás carbônico e pobre em oxigênio, perde gás carbônico para a água que circula entre as brânquias e recebe dela o oxigênio, transformando-se em sangue oxigenado, que é conduzido pela aorta dorsal para ser distribuído para as diversas partes do corpo.

Dizemos, então, que a circulação nos peixes é **simples** (em um circuito inteiro, o sangue passa apenas uma vez pelo coração) e **completa** (o sangue pobre em oxigênio não se mistura com o rico em oxigênio).

Os rins eliminam amônia como principal excreta nitrogenado. Embora seja um composto tóxico, a amônia é também muito solúvel em água e pode ser eliminada muito diluída, uma vez que há grande disponibilidade de água para animais que vivem no ambiente aquático.

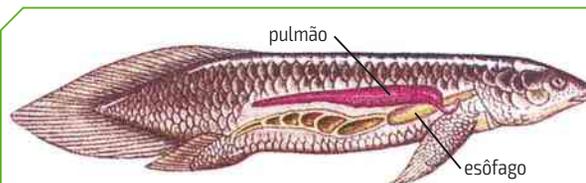
Com exceção de algumas espécies que vivem no fundo do mar ou do rio, os osteíctes possuem uma bolsa ou saco de gás (uma mistura de nitrogênio, gás carbônico e oxigênio), chamado **bexiga natatória**, que ajuda na flutuação e permite que o animal mantenha o equilíbrio em diferentes profundidades sem muito esforço muscular (figura 14.8). O volume desse órgão é controlado pela entrada e saída de gases do sangue. A saída dos gases do sangue para a bexiga natatória facilita a subida do animal na água, enquanto o processo inverso ajuda o animal a afundar.



**Figura 14.8** Esquema simplificado de bexiga natatória. (Os elementos da ilustração não estão na mesma escala; cores fantasia.)

Os tubarões não possuem bexiga natatória, mas seu fígado acumula muito óleo e isso diminui a densidade do animal (o óleo é menos denso que a água); assim, a flutuação é facilitada.

A bexiga natatória surgiu de uma bolsa que funcionava como pulmão primitivo em peixes que viviam em rios e lagos que secavam periodicamente ou em águas estagnadas e, portanto, com baixo teor de oxigênio. Ainda hoje há peixes pertencentes ao grupo dos **dipnoicos** (do grego *di* = dois; *pneumon* = pulmão) ou **pulmonados**, que usam esse pulmão primitivo para absorver oxigênio do ar. É o caso do peixe australiano do gênero *Neoceratodus*, da piramboia (*Lepidosiren paradoxa*), encontrada na América do Sul, inclusive no Brasil (Amazônia e Mato Grosso), e do peixe africano do gênero *Protopterus* (figura 14.9).



Peixe australiano do gênero *Neoceratodus* (ilustração em cores fantasia, indicando o pulmão; 1,5 m de comprimento).



Piramboia, gênero *Lepidosiren* (até 1,5 m de comprimento).



Peixe do gênero *Protopterus* (até 1,8 m de comprimento).

**Figura 14.9** Peixes pulmonados: gêneros *Neoceratodus*, *Lepidosiren* (piramboia) e *Protopterus*.

Na época das secas, a piramboia escava tocas no leito seco dos rios, respirando apenas através do pulmão (o nome “piramboia” vem da língua tupi *pi'rá*, que significa ‘peixe’ e *mboy*, ‘cobra’). O *Protopterus* pode viver em buracos, em uma espécie de casulo secretado pela epiderme, que impede a desidratação. Assim, ele fica apenas com a

boca para fora, através da qual inspira o ar atmosférico; durante o período de seca, ele sobrevive consumindo muito pouco oxigênio, com apenas uma inspiração a cada duas horas.

O sistema neurossensorial é semelhante ao dos condrictes, com narinas, olhos, orelha interna e linha lateral.

## Biologia e Química



### Problemas osmóticos no ambiente aquático

A pressão osmótica da água doce é inferior à do sangue dos peixes. Isso provoca a entrada de água no sangue por osmose e a perda de sais por difusão através das brânquias. Essa situação levaria os peixes de água doce a ter uma diluição do sangue, provocando ruptura das hemácias — se não houvesse mecanismos de homeostase.

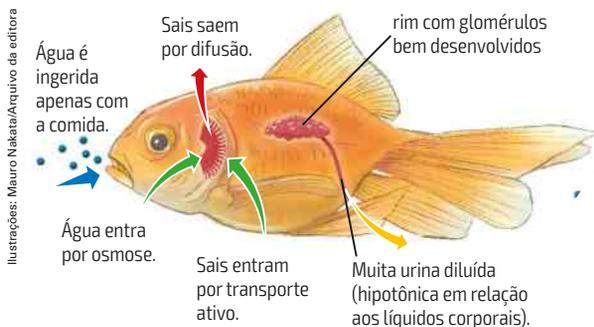
Os peixes de água doce eliminam esse excesso de água produzindo urina em grande quantidade e muito diluída, através de muitos glomérulos (parte do rim onde o sangue é filtrado, como veremos no Capítulo 20) bem desenvolvidos. A perda de sais por causa da grande produção de urina (os rins conseguem reabsorver da urina para o sangue apenas parte dos sais) e da difusão pelas brânquias é compensada pela absorção por transporte ativo (com gasto de energia) de sais minerais do ambiente pelas próprias brânquias. Além disso, esses peixes repõem parte dos sais perdidos nos alimentos que ingerem (figura 14.10).

Situação oposta ocorre nos peixes ósseos marinhos. A pressão da água do mar, rica em sais, é superior à do sangue desses peixes, que perdem água por osmose e ganham sais por difusão através das brânquias. Os rins (com glomérulos

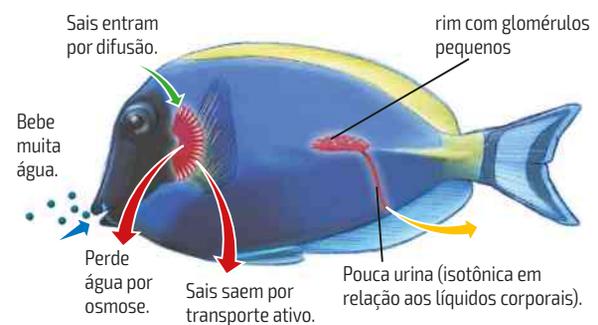
reduzidos), embora eliminem pouca urina, não reabsorvem água em quantidade suficiente. Mas esses peixes bebem muita água do mar, compensando a perda de água. A manutenção da homeostase ocorre pela eliminação dos sais por transporte ativo nas brânquias (figura 14.11).

Nos peixes cartilagineos marinhos, há acúmulo de ureia no sangue, o que lhes permite manter a concentração interna praticamente igual à da água do mar, resolvendo assim o problema osmótico. O excesso de ureia no sangue desses peixes poderia desnaturar as proteínas, mas a substância óxido de trimetilamina neutraliza esse efeito, mantendo a homeostase.

Alguns peixes retiram-se do mar, sobem a correnteza de rios e reproduzem-se na água doce: são os peixes anádromos (do grego *aná* = para cima; *dromein* = correr), como algumas lampreias e o salmão. Outros se reproduzem no mar, mas passam a fase adulta na água doce: são os catádromos (do grego *kata* = para baixo), cujo exemplo mais representativo é a enguia. O organismo desses animais funciona de forma diferente nos dois ambientes: as brânquias bombeiam sais em direções opostas (conforme o caso), e os rins aumentam ou diminuem o volume da urina.



**Figura 14.10** Mecanismo que garante o equilíbrio osmótico em peixes de água doce. (Os elementos da ilustração não estão na mesma escala; cores fantasia.)



**Figura 14.11** Mecanismo que garante o equilíbrio osmótico em peixes ósseos marinhos. (Os elementos da ilustração não estão na mesma escala; cores fantasia.)

## Reprodução

A reprodução é sexuada, com sexos separados (mas algumas espécies são hermafroditas). Na maioria dos osteíctes, as fêmeas e os machos lançam os gametas na água. O encontro do espermatozoide com o óvulo se dá fora do corpo da fêmea (fecundação externa).

Em geral, um grande número de gametas é produzido, porém muitos se perdem na água, sem que haja o encontro entre óvulo e espermatozoide. Além disso, muitos filhotes são predados assim que se formam.

Também pode ocorrer fecundação interna. Nesse caso, depois da fecundação, as fêmeas de algumas espécies lançam o ovo na água com uma reserva de alimento e o embrião se desenvolve fora do corpo da mãe, à custa dessa reserva de alimento: são **ovíparos** (do latim *ovi* = ovo; *parere* = dar à luz). As reservas nutritivas ficam dentro de uma bolsa chamada **vesícula vitelínica** ou **saco vitelínico**, formada a partir dos folhetos embrionários.

Em outras espécies, o embrião permanece no corpo da mãe e se alimenta das reservas nutritivas do ovo. Nesse caso, o filhote sai do corpo da mãe completamente formado (**ovovivíparos**). É o caso da maioria dos tubarões e de algumas espécies de osteíctes.

Em alguns casos, o embrião se desenvolve dentro do útero e recebe alimento diretamente do sangue da mãe, por meio de um órgão chamado placenta. Essas espécies, chamadas **vivíparas**, são encontradas também entre os tubarões.

Do ovo da maioria dos peixes sai um filhote parecido com o adulto: é o **alevino**. A reprodução da maioria dos peixes apresenta, portanto, desenvolvimento direto.

## Classificação

Os osteíctes podem ser divididos em dois grupos: **Actinopterygii** (actinopterígeos) e **Sarcopterygii** (sarcopterígeos).

Os sarcopterígeos possuem nadadeiras **carneas** (do grego *sarkos* = carnes; *pterygx* = nadadeira), com suporte ósseo no centro da nadadeira, semelhante ao dos vertebrados com pernas, e músculos bem desenvolvidos. São também chamadas nadadeiras lobadas. Atualmente, o grupo é representado apenas por algumas espécies, entre eles os peixes dipnoicos, como a piramboia (*Lepidosiren paradoxa*).

Os actinopterígeos representam a maioria dos peixes. Possuem nadadeiras raiadas (do grego *aktinos* = raio), com um feixe de ossos finos, em forma de leque; e apresentam bexiga natatória (figura 14.12).



Haroldo Palo Jr./kino.com.br

Poraquê, ou peixe-elétrico (2 m de comprimento), encontrado na Amazônia e em Mato Grosso; suas descargas elétricas paralisam peixes de que se alimenta.



Gregory G. Dimilian/Photo Researchers, Inc./Latinstock

Cavalo-marinho macho com ovos no abdome (até 20 cm de comprimento). A fêmea põe os óvulos em uma bolsa no abdome do macho. Ali eles são fecundados e se desenvolvem.



Fabio Colombini/Acervo do fotógrafo

Linguado. O corpo é achatado; vive sobre o fundo, camuflado. Os dois olhos ficam no lado de cima do corpo (de 30 cm a 50 cm de comprimento).

Figura 14.12 Alguns actinopterígeos encontrados no Brasil.



## Pesca sustentável e as comunidades tradicionais

O extrativismo é a atividade que consiste em retirar do meio ambiente recursos para sobrevivência, para fins comerciais ou industriais. Esses recursos podem ser de origem mineral, como a prata, o cobre e o ouro; vegetal, como o látex; ou animal, como os peixes provenientes da pesca. Esta última é uma das atividades extrativistas mais tradicionais e importantes da Amazônia e na costa do Brasil (figura 14.13). Os peixes capturados servem, primordialmente, de fonte de alimento das comunidades que vivem próximo a rios ou na costa. Por isso, a preservação do *habitat* e das espécies é fundamental não somente para o equilíbrio do ecossistema, como também para a sobrevivência das pessoas.

As comunidades pesqueiras no Brasil são formadas por aproximadamente 800 mil trabalhadores que têm na pesca artesanal sua principal, ou única, forma de sustento. Muitos desses pescadores fazem parte de uma cultura conhecida como caíçara. A palavra *caa-içara* é de origem tupi-guarani: *caa* significa 'galhos', 'paus'; *içara* significa 'armadilha'. O termo denomina as comunidades de pescadores tradicionais dos estados de São Paulo e Paraná e do sul do estado do Rio de Janeiro.

Em decorrência do vasto conhecimento de pesca adquirido ao longo dos últimos trinta anos, muitos caíçaras abandonaram a pesca apenas para consumo próprio e passaram a trabalhar em grandes barcos de pesca comercial. Eles recebem porcentagens da pesca de acordo com sua especialidade e, em épocas em que a pesca é proibida, voltam para seus lares e recebem um subsídio do governo.

A proibição da pesca em alguns períodos do ano é chamada defeso. Essa medida foi necessária porque, nas últimas décadas, a intensificação da atividade pesqueira e o uso inadequado de rios e lagos de várzea tiveram como consequência o esgotamento de estoques de algumas espécies de animais. Assim, o risco de extinção de várias espécies fez com que fosse necessário criar acordos de pesca, o que depende totalmente da participação e do empenho da comunidade.

De acordo com o Ministério da Pesca e Agricultura, o defeso é uma medida que visa proteger os organismos aquáticos durante as fases mais críticas de seus ciclos de vida que são:

- época de sua reprodução;
- período em que o crescimento é maior.

A época do defeso favorece a sustentabilidade dos estoques pesqueiros e evita a pesca quando os peixes estão mais vulneráveis. Um exemplo de peixe protegido é o mero, espécie criticamente ameaçada de extinção. Sua pesca é proibida desde 2002. Como é muito grande e inofensivo, esse peixe é um alvo fácil para os pescadores. A proibição da pesca do mero foi estendida até 2015 e se justifica pelo crescimento lento desse animal, que só chega ao período reprodutivo depois dos 7 anos de idade. Quem desrespeitar a proibição está sujeito a multa. O infrator também pode receber pena de um a três anos de detenção e multa. Ainda, os cadastros e licenças de atividade pesqueira serão cancelados caso a embarcação seja flagrada transportando o peixe.

O exemplo da ameaça de extinção do mero é apenas mais um que ilustra a relação de interdependência entre o ambiente, a espécie humana e os demais seres vivos. É possível que o defeso salve muitas espécies de peixes, mas é fundamental que não seja uma ação isolada e que sejam tomadas outras medidas para proteger tanto os ambientes aquáticos como os terrestres. A preservação das culturas indígenas e caíçaras também é uma das maneiras de proteger o *habitat* e tornar sustentáveis a pesca e outras formas de extrativismo.

Fontes de pesquisa:

<[www.fundoamazonia.gov.br/FundoAmazonia/fam/site\\_pt/Esquerdo/Projetos\\_Apoiados/Lista\\_Projetos/WWF/](http://www.fundoamazonia.gov.br/FundoAmazonia/fam/site_pt/Esquerdo/Projetos_Apoiados/Lista_Projetos/WWF/)>;  
<[www.oeco.org.br/noticias/26593-meros-serao-protetidos-por-mais-tres-anos/](http://www.oeco.org.br/noticias/26593-meros-serao-protetidos-por-mais-tres-anos/)>;  
<[www.mpa.gov.br/files/docs/Pesca/Defeso/Defeso\\_MARINHO.pdf](http://www.mpa.gov.br/files/docs/Pesca/Defeso/Defeso_MARINHO.pdf)>;  
<[http://cienciaecultura.bvs.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0009-67252010000300018](http://cienciaecultura.bvs.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0009-67252010000300018)>.

Acesso em: abr. 2015



Ricardo Bellei/Brazil Photos/LightRocket/Getty Images

**Figura 14.13** Homem de origem indígena pescando em região alagada da floresta Amazônica. Para capturar os peixes, ele usa um instrumento conhecido como zagaia.

## 5 Evolução

Os fósseis mais antigos que podem ser considerados como ágnatos são os conodontes, que existiram há mais de 540 milhões de anos. Tinham o corpo alongado e possuíam dentes (do grego *kónos* = cone; *odoûs*, ontos = dentes), mas não maxilas.

Os **ostracodermos** representam um grupo extinto de peixes que datam de cerca de 500 milhões de anos (figura 14.14). À semelhança dos ágnatos, esses pequenos peixes (menos de 50 cm de comprimento) eram desprovidos de maxilas. A cabeça e o tórax eram cobertos com uma armadura óssea protetora (do grego *ostrakon* = concha; *derma* = pele). Eles foram suplantados pelos **placodermos**, com maxilas (figura 14.14), que possuíam **armadura óssea** (do francês *plaque* = placa) e, alguns, nadadeiras pares.

A presença de maxilas possibilitou-lhes atacar outros animais (predação).

O período Devoniano (entre 416 milhões e 359 milhões de anos atrás) ficou conhecido como a Era dos Peixes, devido ao grande número de fósseis desses animais. No período seguinte (Carbonífero), os placodermos desapareceram e os peixes de nadadeiras raiadas passaram a dominar. A partir de ancestrais dos atuais sarcopterígeos, surgiram os primeiros anfíbios, que são também os primeiros vertebrados com quatro pernas, chamados **tetrápodes** (do grego *tetra* = quatro; *podos* = pés), como veremos no capítulo seguinte.

*Hemicyclaspis*  
(cerca de 13 cm de comprimento).



Dea Picture Library/DeAgostini/Getty Images

Christian Darkin/ SPL/LatinStock



*Bothriolepis* (cerca de 30 cm de comprimento).

**Figura 14.14** Representantes dos ostracodermos (gênero *Hemicyclaspis*) e placodermos (gênero *Bothriolepis*). (Os elementos da figura não estão na mesma escala; cores fantasia.)

## Atividades

1. Observando com atenção a morfologia externa de um peixe ósseo, um estudante identificou uma série de adaptações que tornam mais eficiente o deslocamento desses animais no ambiente em que vivem. Quais podem ter sido as adaptações observadas? Explique.
2. Em alguns casos, a pesca é feita com imensas redes de arrasto, que pegam peixes pequenos demais para o comércio. Esses peixes acabam morrendo esmagados na própria rede ou no convés dos navios, antes de serem devolvidos ao mar. Alguns países proíbem o uso de redes com malhas muito finas na pesca. Qual é a razão dessa proibição?
3. O petróleo, o carvão mineral e outros minérios são recursos naturais não renováveis e, mais cedo ou mais tarde, vão acabar. Já os peixes que a sociedade utiliza na alimentação são, muitas vezes, vistos como um recurso natural renovável, pois esses animais

podem se reproduzir e dar origem a novos peixes, repondo o estoque no ambiente. Isso significa que é impossível que as populações de peixes se extingam? Justifique sua resposta.

4. (Vunesp-SP)

*Cientistas ingleses disseram ter descoberto os restos de um dos primeiros tubarões. Os fósseis encontrados datam de 25 milhões de anos antes do que se acreditava. A impressão, a partir dos achados, é que os tubarões dessa época não tinham mandíbulas.*

(O Estado de S. Paulo, 17/2/1998. p. A-12.)

- a) Qual é o grupo de vertebrados que não possuía mandíbulas e que, provavelmente, antecedeu aos peixes? Cite um exemplo de animal desse grupo.
- b) Qual é a grande vantagem da aquisição de mandíbula pelos peixes?



**ATENÇÃO!**  
Não escreva  
no seu livro!

5. Em relação à homeostase nos peixes de água doce e de água salgada, responda:
- Por que o sangue dos peixes de água doce não se dilui?
  - Quais são os mecanismos que permitem aos peixes de água salgada não perderem toda a água de seu corpo.

6. (Vunesp-SP)

*Há pouco mais de 400 milhões de anos, alguns peixes tropicais começaram a desenvolver uma estratégia respiratória (respiração aérea) que se tornou uma vantagem evolutiva para a ocupação de águas com baixa concentração natural de oxigênio, como as dos rios da Amazônia. Recentemente, um dos problemas que têm preocupado os ambientalistas é o derramamento acidental de petróleo em rios da Amazônia, com a formação de uma película de óleo sobre a superfície dos rios. Estudos realizados por pesquisadores brasileiros demonstraram que algumas espécies de peixe podem ser mais afetadas por esse tipo de acidente ambiental.*

(Adaptado de: Revista Pesquisa Fapesp, n. 87, 2003.)

Tendo como referência o texto, responda:

- Qual é a estrutura presente em alguns peixes que possibilita a respiração aérea? Cite uma segunda função dessa estrutura.
  - Comparando os peixes pirarucu (*Arapaima gigas*, que tem respiração aérea obrigatória) e boari (*Mesonautia insignis*, que retira todo o seu oxigênio da água), qual dos dois seria mais imediatamente afetado?
7. (Fuvest-SP) Dê quatro caracteres que distinguem os peixes cartilaginosos dos ósseos.
8. (UFJF-MG) Os vertebrados aquáticos podem ser divididos em três grupos, que apresentam particularidades biológicas. As informações a seguir referem-se a características de cada um desses grupos.
- Esqueleto ósseo; brânquias protegidas por opérculos; fecundação geralmente externa e desenvolvimento com fase larval.
  - Corpo alongado, cilíndrico, desprovido de escamas; pele recoberta por muco; boca que funciona como uma ventosa.
  - Esqueleto cartilaginoso; presença de espiráculos; fecundação interna e desenvolvimento sem fase larval.
- Escolha a alternativa que apresenta exemplos de animais com as características das afirmativas I, II e III, respectivamente.

- Tubarão, bagre e lampreia.
- Sardinha, raia e lampreia.
- Atum, lambari e raia.
- Raia, lampreia e lambari.
- X e) Bacalhau, lampreia e tubarão.

9. (UFPR) Em abril de 2010, pescadores do litoral paranaense capturaram um tubarão de aproximadamente 300 kg e 3 m de comprimento, segundo informação de testemunhas. O fato foi noticiado nos blogs de surfistas e até filmado. O tubarão nadava na arrebentação, tipo de ocorrência extremamente raro, próximo ao local onde tradicionalmente os surfistas pegam onda, no pico de Matinhos. Apesar da lamentável morte do animal, a causa mais plausível de sua aparição nessas águas pode ser:
- a presença de grande densidade de predadores da espécie em alto-mar e a busca de refúgio em águas rasas.
  - X b) a sobre-exploração dos recursos pesqueiros, obrigando a espécie a encontrar alimento em locais mais rasos.
  - as mudanças nas correntes marinhas provocadas pela diminuição da camada de ozônio.
  - o efeito estufa, que aquece os oceanos e obriga a espécie a procurar a água fria em ambientes rasos.
  - a presença de esgoto doméstico lançado ao mar pelos balneários, que facilita a oferta de alimento para o tubarão.
10. (Vunesp-SP) No para-choque de um caminhão, estava escrita a frase:



Atrás do caminhão vinha um ônibus escolar e os alunos, além de se divertirem com a frase, fizeram os seguintes comentários:

*Pedrinho: – A frase está errada, pois o cavalo-marinho não se faz passar por peixe. Ele é um peixe.*

*Marcos: – Sim, mas nem tudo está tão errado assim. Afinal, sendo cordados, cavalos e peixes possuem fendas branquiais em alguma etapa de seu desenvolvimento.*

João: – É verdade. Porém só nisso se assemelham, pois os cavalos, como os demais mamíferos, têm sistema nervoso dorsal, enquanto no peixe é lateral.

Flávia: – Vocês todos estão errados, pois os cavalos-marinhos não são peixes, mas sim crustáceos, como o camarão, a lagosta e o caranguejo.

Rafael: – É isso mesmo! Crustáceos, com todas as características típicas desse grupo de artrópodes, incluindo cauda articulada e exoesqueleto.

Paulo: – O Rafael só errou em uma coisa: os crustáceos não são artrópodes. Os insetos é que o são.

Gilmar: – Nem peixes, nem crustáceos. São mamíferos aquáticos, ou não se chamariam cavalos-marinhos.

Pode-se dizer que estão corretos:

- a) Pedrinho, Marcos e João, apenas.
  - b) Pedrinho e Marcos, apenas.
  - c) Flávia e Rafael, apenas.
  - d) Flávia e Paulo, apenas.
  - e) Gilmar, apenas.
- 11.** (UFPE) Os tubarões são animais condrictes que pertencem ao grupo Elasmobranchii. Todas as características abaixo são observadas em tubarões, exceto:
- a) boca em posição ventral.
  - b) olfato muito desenvolvido.
  - c) narinas terminando em fundo cego, sem comunicação com a faringe.
  - d) presença de bexiga natatória.
  - e) apresentação de dimorfismo sexual.
- 12.** (UFJF-MG) A respeito dos peixes, será correto afirmar que:
- a) a sua larva denomina-se, primeiramente, girino e, posteriormente, alevino.
  - b) neles, a medula raquiana ou espinhal forma-se a partir da notocorda.
  - c) todas as espécies são dotadas de brânquias.
  - d) nas espécies ditas pulmonadas, a bexiga natatória exerce a função de pulmão, sendo o único órgão respiratório desses animais.
  - e) existem espécies de reprodução sexuada e espécies de reprodução assexuada.
- 13.** (UFG-GO) Os cardumes deslocam-se sincronizada-mente na água, sem colisões entre os peixes. Esse fato deve-se à presença de
- a) cóclea.
  - b) glândulas mucosas.
  - c) opérculo.
  - d) fosseta loreal.
  - e) linha lateral.

- 14.** (Enem) A pesca não predatória pressupõe que cada peixe retirado de seu hábitat já tenha procriado, pelo menos uma vez. Para algumas espécies, isso ocorre depois de os peixes apresentarem a máxima variação anual de seu peso.

O controle de pesca no Pantanal é feito com base no peso de cada espécie.

A tabela fornece o peso do pacu, uma dessas espécies, em cada ano.

Idade (anos)	Peso (kg)
1	1,1
2	1,7
3	2,6
4	3,9
5	5,1
6	6,1
7	7
8	7,8
9	8,5
10	8,9
11	9,1
12	9,3
13	9,4

Considerando esses dados, a pesca do pacu deve ser autorizada para espécimes com peso de, no mínimo:

- a) 4 kg.
  - b) 5 kg.
  - c) 7 kg.
  - d) 9 kg.
  - e) 11 kg.
- 15.** (Uece) Sobre a maioria dos peixes ósseos, é correto afirmar que:
- a) possuem um coração com duas cavidades (aurícula e ventrículo) por onde circula sangue venoso e arterial, de cor vermelha bastante intensa.
  - b) possuem estruturas denominadas Ampolas de Lorenzini, que funcionam como canais sensitivos capazes de detectar as correntes elétricas dos músculos de outros organismos.
  - c) sua bexiga natatória compreende um grande saco de paredes finas e irrigadas, preenchido por gases que permitem o ajuste do peso do corpo do peixe de acordo com a profundidade em que ele se encontra.
  - d) apresentam escamas placoides, compostas de esmalte, dentina, vasos e nervos.

## Trabalho em equipe

Em grupo, escolham um dos temas a seguir para pesquisar. Depois, façam uma apresentação, com fotos, vídeos e ilustrações, para a comunidade escolar.

- Pesquisem exemplos e as principais características dos peixes marinhos e de água doce mais comuns no Brasil. Pesquisem também quais são os mais consumidos pela população.
- Comparem os preços relativos dos diversos peixes comercializados com os de outros alimentos também ricos em proteínas (frango, carne bovina, etc.).

- Coletem algumas receitas de pratos típicos das diferentes regiões do país que tenham peixes como principal ingrediente.

Se possível, agendem a visita de pesquisadores que estudem peixes e de outros profissionais que trabalhem na área pesqueira para dar uma palestra e conversar com a turma sobre seu trabalho. Lembrem-se de que, sempre que um profissional for chamado para uma entrevista, vocês devem buscar saber como é o cotidiano de sua profissão, perguntando sobre aspectos positivos e negativos do trabalho.

## Atividade prática

Em grupo e com a orientação do professor de Biologia, executem esta atividade prática. Vocês vão precisar de:

- lápiz, borracha macia e papel de desenho (para cada componente do grupo);
- peixe (pode ser adquirido em feiras, mercados, etc.), que deve estar inteiro, com escamas, barbatanas e órgãos internos intactos;
- tesoura de pontas finas;
- luvas de látex;
- espátula de plástico ou de madeira;
- pinças de dissecação;
- panos absorventes (limpos);
- uma bandeja retangular (ou uma forma de bolo).

Individualmente, desenhem – consultando apenas a memória – um peixe em seu aspecto externo. Coloquem legendas indicando o nome das partes principais do corpo do animal (os nomes que lembrarem).

Feito isso, guardem o desenho e deem início à próxima tarefa, o trabalho com o peixe real. Vistam as luvas e coloquem o peixe deitado lateralmente na bandeja. Usando as pinças e a espátula para auxiliar no manuseio, observem detalhes externos do animal. Façam um desenho (individual) procurando representar todas as características externas observadas. Comparem o segundo desenho com o primeiro, feito de memória. Confiram e registrem ao lado do desenho: o que faltou desenhar no primeiro?

Observem se o peixe tem os olhos brilhantes e transparentes, a pele firme e elástica (que não se desmancha quando tocada com o lápis ou a espátula), e cheiro normal de peixe (isto é, não muito forte ou desagradável). Com a pinça levantem o opérculo

para observar as brânquias do animal e verifiquem a coloração delas. Por que é importante verificar esse conjunto de características quando compramos peixe para consumir?

Coloquem um lápis na abertura da boca do peixe; empurrando-o devagar e cuidadosamente, desviando a ponta para um dos lados, verifiquem por onde ela sai. Qual é a função dessa abertura do corpo do animal? Qual a função das brânquias no peixe? Por que elas são vermelhas?

Com a orientação do professor, abram o ventre do peixe com a tesoura (com cuidado para não se ferir nem destruir os órgãos internos do animal). Procurem identificar alguns dos órgãos e desenhem o animal em corte, indicando com legendas as partes do corpo que identificarem.

Após o término da atividade, sob a orientação do professor, os grupos devem fazer a limpeza dos materiais e da bancada, descartando os resíduos nos locais apropriados.

Cada grupo deve produzir um relatório com os procedimentos realizados e o que foi observado.



### ATENÇÃO

O laboratório não é lugar de brincadeiras! Não realize experimentos nem manipule produtos químicos sem o consentimento e a supervisão do seu professor. Não mexa em torneiras de gás, se houver. Não cheire nem prove produtos químicos e evite o contato deles com a pele e os olhos.



Pererecas (*Hypsiboas albomarginata*; mede cerca de 5 cm de comprimento) da Mata Atlântica. Ilhéus, BA.

O Brasil é um dos países mais ricos do mundo em número de espécies de anfíbios, com mais de 1 000 espécies descritas, das cerca de 7 500 conhecidas em nosso planeta. A maioria das espécies brasileiras vive na mata Atlântica e no Cerrado, e várias delas estão ameaçadas de extinção em razão da destruição de seus *habitat*. A extinção de espécies de anfíbios nos diz muito sobre a condição geral do meio ambiente porque esse grupo de animais é extremamente sensível a alterações em seu *habitat*. Por essa razão, os anfíbios são considerados bioindicadores. Além dos anfíbios, estudaremos também os répteis, primeiros vertebrados a conquistar o ambiente terrestre.

- ◆ Você já viu girinos na água de um lago? Que relação esses organismos têm com os sapos?
- ◆ Muitas pessoas dizem que os sapos são venenosos. Isso é verdade ou lenda?
- ◆ Você conhece diferentes exemplos de animais conhecidos como répteis?
- ◆ Que diferenças existem entre anfíbios e répteis em relação à vida terrestre?



## 1 Anfíbios

Entre os representantes dos anfíbios estão sapos, rãs e pererecas (geralmente terrestres); salamandras (terrestres ou de água doce); cecílias ou cobras-cegas (encontradas em solos úmidos).

Os anfíbios foram os primeiros vertebrados a ocupar o ambiente terrestre graças à presença de pulmões e de dois pares de pernas. Entretanto, a maioria é dependente da água sobretudo em relação à reprodução, com a formação de uma larva aquática, chamada **girino** no caso dos sapos, das rãs e das pererecas (daí o nome do grupo: do grego *amphi* = dos dois lados; *bios* = vida).

### Morfologia e fisiologia

A pele dos anfíbios possui uma camada de queratina muito fina, que não fornece boa proteção contra a desidratação; e não possui, em geral, escamas. Além de ser fina e permeável, a pele dos anfíbios se mantém úmida pela ação de muitas glândulas mucosas.

Essas características permitem a ocorrência de trocas gasosas entre o ar e os vasos sanguíneos que irrigam a pele (figura 15.1).



**Figura 15.1** Adaptações dos anfíbios ao ambiente terrestre. A maioria deles, no entanto, ainda depende muito da água. No detalhe, glândula secretora de muco presente na pele de um sapo (microscópio óptico, com uso de corantes; aumento de cerca de 100 vezes).

O ar não fornece tanta sustentação ao corpo como a água (a maior sustentação na água é devida a uma força, o empuxo, estudada em Física). Assim, esqueletos e músculos mais fortes e pernas em vez de nadadeiras são algumas transformações selecionadas ao longo da evolução no corpo dos vertebrados terrestres. Anfíbios, répteis, aves e mamíferos são **tetrápodes** ou **tetrápodos** (do grego *tetra* = quatro), isto é, possuem quatro pernas (ou descendem de animais com quatro pernas).

Alguns anfíbios não possuem dentes; outros têm dentes muito pequenos no maxilar superior e no céu da boca que não são usados para mastigar, mas para segurar a presa, que é engolida inteira.

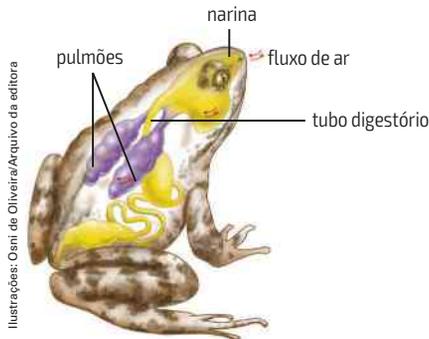
Os anfíbios são predadores. Alimentam-se de caracóis, lesmas, minhocas e outros invertebrados. Algumas espécies capturam a presa lançando para fora da boca a língua longa e viscosa (figura 15.2). O tubo digestório apresenta fígado, pâncreas e vesícula biliar, e termina na cloaca.



**Figura 15.2** A língua de alguns anfíbios está adaptada para pegar insetos e outras presas pequenas. Na foto, *Bufo japonicus* (8 cm a 17 cm de comprimento) capturando inseto com a língua.

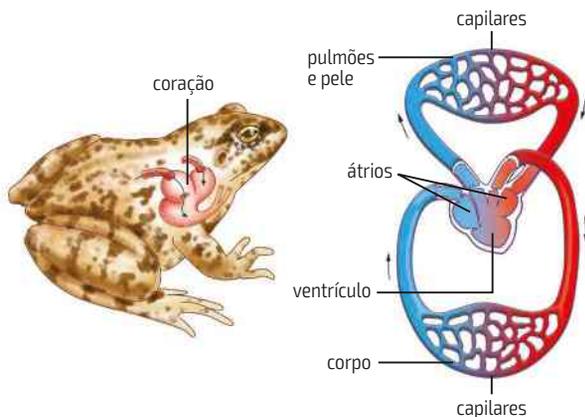
As larvas respiram por brânquias e pela pele. Em algumas salamandras, as brânquias persistem no adulto, mas na maioria dos anfíbios adultos a respiração é pulmonar e cutânea (figura 15.3). O ar é bombeado por contrações de músculos no assoalho da boca. Por causa da pequena superfície dos pulmões, a respiração cutânea pode ser mais importante que a pulmonar. Por isso na pele não pode haver uma cobertura eficiente contra o ressecamento, e a maioria dos anfíbios não pode se afastar muito da água

ou de ambientes úmidos (algumas espécies apresentam adaptações que lhes permitem viver em ambientes mais secos). Muitos usam também a mucosa bucal para a respiração.



**Figura 15.3** Respiração dos anfíbios adultos através dos pulmões (os elementos da ilustração não estão em escala; cores fantasia).

Os anfíbios possuem coração com três cavidades: dois átrios e um ventrículo. A circulação é **dupla**. Isso significa que a cada ciclo o sangue passa duas vezes pelo coração: há uma circulação pulmonar e uma circulação sistêmica. A circulação pulmonar envia para os pulmões sangue pobre em oxigênio, e a circulação sistêmica fornece sangue rico em oxigênio ao corpo. O sangue com pouco oxigênio chega ao átrio direito e o oxigenado, ao átrio esquerdo. Ambos seguem para o ventrículo e são bombeados para o corpo e para os pulmões (figura 15.4). Enquanto nos peixes o sangue é impulsionado pelo coração apenas quando vai em direção às brânquias, nos anfíbios tanto o sangue que vai para o pulmão como o que vai para o corpo são impulsionados pelo coração. Esse sistema é mais eficiente para suprir um consumo maior de oxigênio, necessário para o deslocamento na terra.



**Figura 15.4** Esquemas simplificados do coração e da circulação dos anfíbios (em vermelho, sangue rico em oxigênio; em azul, sangue pobre em oxigênio). (Os elementos da ilustração não estão na mesma escala; cores fantasia.)

Há uma mistura muito pequena de sangue rico em oxigênio com sangue pobre em oxigênio no ventrículo e, por isso, dizemos que a circulação é **incompleta**. A presença de dobras musculares e de uma válvula diminui muito essa mistura, fazendo com que a maior parte do sangue oxigenado siga para o corpo enquanto o sangue com pouco oxigênio segue para o pulmão e a pele. Nos períodos em que o pulmão não está ativo (quando o animal está submerso, por exemplo), a oxigenação do sangue ocorre apenas na pele e não é vantajoso bombear sangue para os pulmões. O sangue que chega pelas veias que drenam a pele contém, portanto, certa taxa de oxigênio. Nesse caso, o sangue que chega ao coração é direcionado para o corpo.

As larvas dos anfíbios eliminam amônia, uma vez que, por se desenvolverem em ambiente aquático, contam com boa disponibilidade de água para diluir essa substância. Os adultos eliminam ureia, que, por ser menos tóxica, necessita de menor quantidade de água para ser eliminada. Como vemos, há uma relação entre o grau de toxicidade de um produto, sua solubilidade em água e o ambiente em que um animal vive – um exemplo de como o conhecimento da Química é importante para explicar certas características biológicas.

O sistema nervoso segue o plano geral dos vertebrados. Os anfíbios, assim como os peixes, possuem dez pares de nervos cranianos. Apresentam epitélios olfativos nas narinas, botões gustativos na boca e sensibilidade tátil ao longo do corpo. Os olhos dos adultos possuem pálpebras e glândulas lacrimais, o que constitui uma adaptação à vida terrestre, pois protege e evita o ressecamento ocular.

Além da **orelha interna** (ouvido interno, pela terminologia antiga), que está presente também nos peixes e é responsável pela audição e pelo equilíbrio, há uma **orelha média** (ouvido médio), formada por um osso (**columela**) que liga uma membrana situada na superfície do corpo (**tímpano**) à orelha interna. Essa estrutura amplia as ondas sonoras. O fato de o som não se propagar com tanta facilidade no ar como na água, um fenômeno estudado em Física, é mais um exemplo de como essa disciplina ajuda a explicar certas características biológicas.

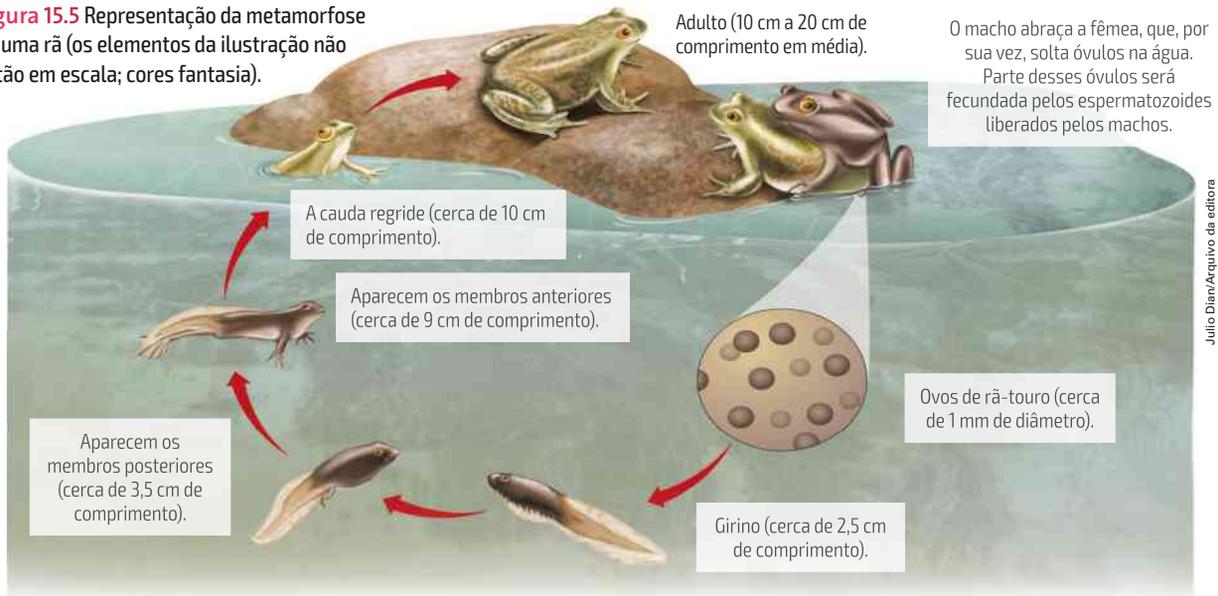
## Reprodução

Alguns anfíbios coaxam, isto é, produzem sons amplificados pelo saco vocal do macho. O coaxar varia de acordo com a espécie e, na época da reprodução, a fêmea é atraída pelo coaxar do macho de sua própria espécie.

Na maioria dos casos, a fecundação é externa. Em geral, machos e fêmeas se acasalam à beira da água: o macho abraça a fêmea e, à medida que ela

elimina os óvulos, ele lança seus espermatozoides. Do ovo forma-se uma larva com cauda, sem pernas e de respiração branquial, que evolui para o estado adulto por metamorfose, ocorrendo a regressão da cauda e das brânquias, e o desenvolvimento das pernas e dos pulmões, entre outras mudanças (figura 15.5). No entanto, há também espécies (algumas cecílias) ovíparas e vivíparas, com fecundação interna.

**Figura 15.5** Representação da metamorfose de uma rã (os elementos da ilustração não estão em escala; cores fantasia).



## Classificação

Os anfíbios dividem-se em três ordens: **Anura** (anuros), **Urodela** ou **Caudata** (urodelos ou caudados) e **Gymnophiona** ou **Apoda** (gimnofionos ou ápodes).

Os anuros (do grego *an* = sem; *oura* = cauda) estão representados pelos sapos, rãs e pererecas (figura 15.6). Possuem pernas, mas são desprovidos de cauda. São terrestres, com algumas espécies arborícolas. Muitos possuem glândulas produtoras de veneno na pele. Nos sapos há as **glândulas paratoides**

ou **paratoides**, que se abrem nos lados da cabeça, atrás dos olhos, e liberam veneno quando comprimidas. Se algum predador tentar engolir o sapo, a pressão na pele faz esguichar uma substância leitosa que irrita a boca do predador, e este solta o animal ainda vivo.

No Brasil, o sapo mais comum é o sapo-cururu, mas são encontrados também o sapo-boi, o sapo-intanilha e muitas outras espécies, pois as regiões tropicais em geral, com seu ambiente quente e úmido, são um paraíso para os anuros.

**Figura 15.6** Alguns exemplos de anuros.





## Venenosos e ameaçados

Os sapinhos-ponta-de-flecha são anfíbios encontrados nas Américas do Sul e Central (figura 15.7). Esse nome vem do uso que os Emberás, povo indígena da Colômbia, faz dos venenos da pele desses animais nas pontas de suas flechas durante as caçadas. O cozimento destrói o veneno e permite que esses indígenas se alimentem dos pássaros e pequenos mamíferos mortos pelas flechas.

Esses sapinhos possuem cores vivas e a maioria pertence aos gêneros *Dendrobates* e *Phylllobates*. As cores fortes funcionam como coloração de advertência ou aposemática (do grego *apo* = afastado; *sema* = sinal): elas sinalizam que os animais são venenosos ou têm gosto ruim. Com isso, os predadores passam a evitá-los.

As propriedades medicamentosas dos venenos dessas espécies vêm sendo estudadas por causa dos seus efeitos analgésicos, anticonvulsivos e cardiotônicos (estimulantes do coração).

Infelizmente, algumas espécies desses sapos estão ameaçadas. Além da perda do *habitat* causada pelos desmatamentos, esses anfíbios também são afetados por fungos parasitas.

Portanto, além do desequilíbrio ecológico causado e de implicações éticas (que direito temos de provocar a extinção das espécies?), a perda da biodiversidade reduz também a chance de descoberta de medicamentos e outros produtos.

Fotos: Fivespots/Shutterstock/Glow Images



Figura 15.7 Anfíbios venenosos (gênero *Dendrobates*; 2,5 cm a 5 cm de comprimento).

Os urodelos estão representados pelas salamandras e pelos tritões (figura 15.8). Possuem pernas e cauda. A maioria é terrestre, com fecundação interna e desenvolvimento na água, com formação de larva com brânquias, que sofre metamorfose.

Thomas Marent/Minden Pictures/Latinstock



Salamandra (14 cm a 25 cm de comprimento).

Tritão (10 cm a 16 cm de comprimento).



Derek Wildflaton/Minden Pictures/Latinstock

Figura 15.8 Exemplos de anfíbios urodelos.

Os anfíbios ápodes (do grego *a* = sem; *podos* = pé) são representados pelas cecilias (figura 15.9). A maioria é terrestre, com corpo alongado, sem pernas e fecundação interna. Os olhos encontram-se atrofiados e recobertos por pele.

Fabio Colombini/Acervo do fotógrafo



Figura 15.9 Cecília ou cobra-cega (20 cm a 40 cm de comprimento).

## Evolução

Entre 385 e 365 milhões de anos atrás, peixes com nadadeiras musculosas deram origem a uma linhagem de vertebrados com estrutura óssea que poderia ser usada para se locomover no ambiente terrestre. Essa transição está documentada por muitos fósseis: do *Panderichthys*, um peixe, até os primeiros tetrápodes, como o *Acanthostega* e o *Tiktaalik roseae*, de 375 milhões de anos (no dialeto dos inuítes da região onde foi achado o fóssil, *Tiktaalik* denomina um tipo de peixe grande que vive em águas rasas). Veja a **figura 15.10**.

O *Tiktaalik* possuía brânquias, escamas e nadadeiras, mas também tinha características de anfíbios, com narinas e olhos no topo do crânio, em vez de nas laterais da cabeça, e pescoço. As nadadeiras eram bem robustas, com uma disposição de ossos semelhantes aos dos membros dos anfíbios.



**Figura 15.10** Reconstituição artística de um dos primeiros anfíbios do gênero *Acanthostega* (cerca de 50 cm de comprimento), que viveu há cerca de 365 milhões de anos.

## 2 Répteis

O grupo dos répteis é formado por jacarés, tartarugas, serpentes, lagartos, etc. O nome *réptil* (do latim *reptare*, isto é, 'rastejar') deriva do modo de locomoção desses animais: as quatro pernas (ausentes nas serpentes) possuem cinco dedos com unhas e sustentam o corpo de modo eficiente no ambiente terrestre.

Embora alguns répteis vivam a maior parte do tempo na água, na qual conseguem alimento, todos eles descendem de animais com uma série de adaptações à vida terrestre, ausentes na maioria dos anfíbios. Pode-se afirmar, portanto, que os répteis foram os primeiros vertebrados a conquistar

o ambiente terrestre e se tornar independentes do meio aquático. Em geral, são capazes de viver em ambientes mais secos que os anfíbios.

A temperatura do corpo dos répteis pode ser controlada por meio de alguns comportamentos. Quando está muito quente, um lagarto pode esconder-se em alguma toca ou buraco e sair apenas quando a temperatura baixar. Dessa forma, sua temperatura não se elevará excessivamente. Quando está muito frio, o lagarto procura se aquecer ao sol, voltando para a sombra quando a temperatura sobe muito.

Por isso dizemos que esses animais são **ectotérmicos**. Isso significa que eles se aquecem com o calor vindo de fora do corpo (do Sol). No entanto, se a temperatura cair muito e o animal não tiver como se esquentar, sua temperatura cairá. Com isso, a velocidade de seu metabolismo também diminuirá e o animal poderá ter dificuldade para se locomover e se manter ativo.

## Morfologia e fisiologia

A pele grossa e seca (sem glândulas mucosas), com bastante queratina, que forma escamas córneas (nas serpentes e nos lagartos) ou placas (nos crocodilos e nos jacarés), evita a perda excessiva de água e permite a sobrevivência em ambientes muito secos, como os desertos (**figura 15.11**). Nas tartarugas, essas placas se unem a placas ósseas, que formam uma carapaça protetora. Serpentes e alguns lagartos passam por um processo de eliminação das camadas mais superficiais da epiderme, a muda.



**Figura 15.11** Iguana ao lado de seus ovos com casca – uma importante adaptação ao ambiente terrestre. Na foto, detalhe da pele impermeabilizada da iguana (animal que atinge até 1,8 m de comprimento com a cauda).

A maioria dos répteis (serpentes, crocodilos e jacarés) possui dentes; algumas serpentes apresentam presas inoculadoras de peçonha. Há glândulas salivares, fígado e pâncreas; o intestino termina na cloaca (figura 15.12).

A excreção é feita pelos rins e representa uma boa economia de água, uma vez que, na maioria dos répteis, produz uma pasta de ácido úrico (um composto insolúvel) que é eliminada pela cloaca com as fezes.

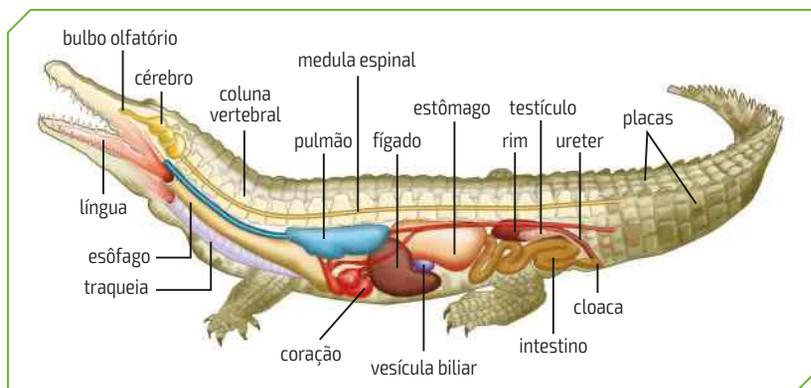
O sistema nervoso e os órgãos dos sentidos seguem o esquema geral dos vertebrados, e o cérebro é mais desenvolvido que o dos anfíbios. Há doze pares de nervos cranianos, e terminações nervosas na pele. A audição (com orelhas interna e média) e a gustação são menos desenvolvidas que a visão e o olfato.

O pulmão apresenta maior superfície relativa que o dos anfíbios. Todas as trocas gasosas são feitas pelos pulmões e não mais pela pele, que é grossa e resistente à desidratação. A ventilação dos pulmões também é eficiente, graças ao auxílio dos músculos das costelas, que aumentam e diminuem o volume

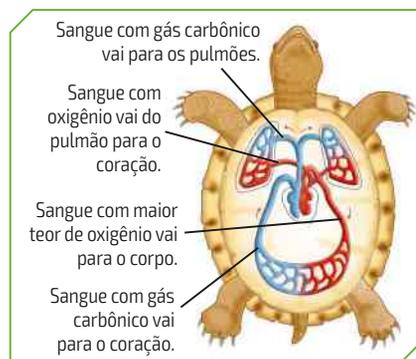
do corpo, causando a diferença de pressão que faz o ar entrar e sair (figura 15.13).

O coração dos répteis tem três cavidades, dois átrios e um ventrículo, que, na maioria das espécies, é dividido parcialmente por um septo incompleto. Nos crocodilianos (crocodilos e jacarés), o septo é completo e o coração, portanto, tem quatro cavidades, dois átrios e dois ventrículos.

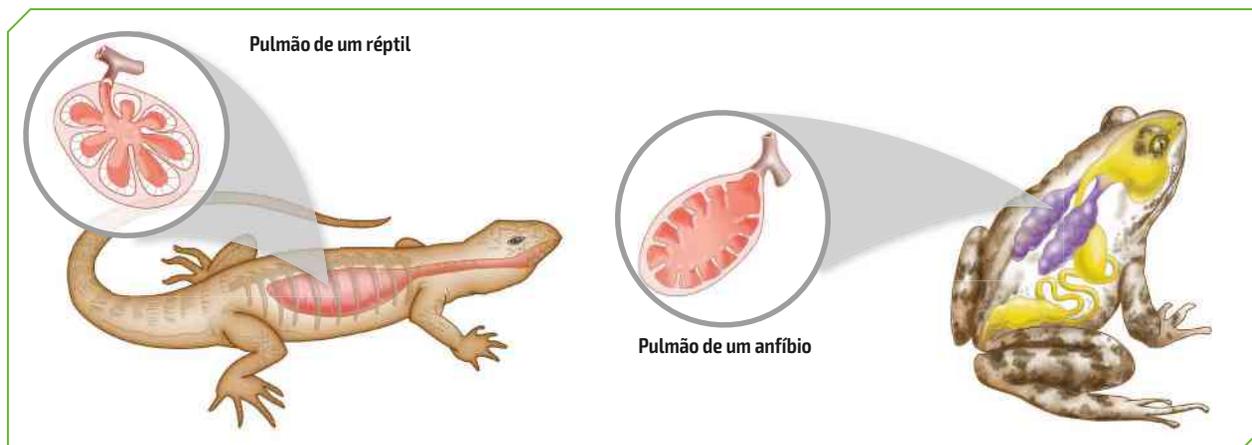
De modo semelhante ao que acontece em anfíbios, a circulação é dupla e incompleta (figura 15.14), com pouca mistura de sangue e a divisão apenas parcial do ventrículo, o que permite que, quando o animal não está utilizando o pulmão (se o animal está submerso, por exemplo), todo o sangue seja enviado para o corpo. Mas mesmo nos crocodilianos, nos quais a separação entre ventrículos é completa, é possível desviar o volume total de sangue para o corpo quando não está ocorrendo respiração pulmonar, pois há uma comunicação entre os dois vasos que saem dos ventrículos (cada um de um ventrículo), que depois se unem e formam a aorta.



**Figura 15.12** Anatomia simplificada de um réptil (jacaré). (Os elementos da ilustração não estão na mesma escala; cores fantasia.)



**Figura 15.14** Esquema simplificado da circulação dos répteis (os elementos da ilustração não estão na mesma escala; cores fantasia).



**Figura 15.13** Comparação entre o pulmão de um réptil e o de um anfíbio (os elementos da ilustração não estão na mesma escala; cores fantasia).

Ilustrações: Osni de Oliveira/Arquivo da editora

## Reprodução

O tipo de reprodução foi fundamental para o sucesso dos répteis na colonização do ambiente terrestre. A fecundação é interna, o que diminui o risco de perda de água pelos gametas, e há nos machos da maioria das espécies um pênis, órgão que lança gametas no interior da fêmea. O desenvolvimento é direto.

O desenvolvimento do embrião ocorre em um ovo com casca porosa, que fornece proteção mecânica e suporte, além de permitir a troca de gases (oxigênio e gás carbônico) entre o embrião e o ambiente (figura 15.15).

Além do saco vitelínico, que contém alimento para o desenvolvimento do embrião, os répteis possuem três outros anexos embrionários: o **âmnio**, a **alantoide** e o **córion**. O âmnio (do grego *âmnion* = água corrente), também chamado bolsa de água, protege o embrião contra a desidratação. Esse anexo também está presente nas aves e nos mamíferos, por isso esses animais são chamados **amniotas**; peixes e anfíbios são **anamniotas**. O ovo dos répteis e também o das aves é chamado **ovo amniótico**. A alantoide (do grego *allantos* = salsicha, por causa do formato desse órgão; *eidos* = semelhante) rece-

be as excretas do embrião e retira o oxigênio do ar. O **córion** (do grego *chorion* = pele) fornece uma proteção adicional e colabora com a alantoide na respiração.

A casca porosa e os anexos embrionários do ovo foram adaptações importantes na conquista do ambiente terrestre.

A excreção por ácido úrico é importante durante o desenvolvimento embrionário de um animal ovíparo, pois essa substância, sendo insolúvel, não se espalha pelo embrião e se acumula na cavidade da alantoide. É também importante na fase adulta, uma vez que possibilita boa economia de água: é necessário um volume de água cinco vezes menor para excretar a mesma quantidade de nitrogênio na forma de ácido úrico que na de ureia. No entanto, a síntese de ácido úrico a partir de substâncias nitrogenadas consome mais energia que a de ureia.

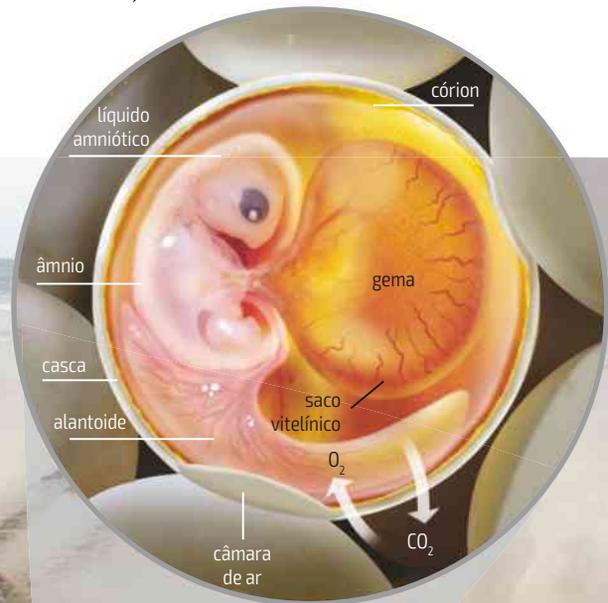
A maioria dos répteis é ovípara, mas algumas serpentes e alguns lagartos são ovovivíparos ou vivíparos.

**Figura 15.15** O ovo com casca e o desenvolvimento dos anexos embrionários foram fatores decisivos para a colonização do ambiente terrestre pelos répteis. Esses anexos estão ausentes nos anfíbios. (Os elementos da ilustração não estão na mesma escala; cores fantasia.)



A cópula ocorre em áreas específicas de reprodução desses animais. A fecundação é interna.

Na temporada de desova, a fêmea realiza algumas posturas de ovos, que ficam protegidos na areia.



## Classificação

Os répteis (Reptilia) formam um grupo que inclui lagartos, serpentes, tartarugas, crocodilos e outros animais ectotérmicos e amniotas. No entanto, novos estudos de sistemática indicam que aves (e também os seus ancestrais, os dinossauros) estão mais próximos dos crocodilos do que estes das tartarugas.

Nesse caso, o grupo dos répteis não seria monofilético, porque não contém todos os descendentes de um ancestral comum mais recente. De acordo com essa proposta, crocodilianos (jacarés, crocodilos e gaviais), pterossauros (répteis voadores extintos), dinossauros (também extintos) e aves fazem parte de um mesmo grupo, o dos **arcossauros** (Archosauria).

Por razões didáticas, vamos estudar as aves no próximo capítulo e usar o termo *réptil* no sentido tradicional, estudando neste capítulo os grupos **Testudinea** ou **Chelonia** (tartaruga, cágado e jabuti), **Squamata** (lagartos e serpentes) e **Crocodylia** (crocodilo, jacaré e gavial).

## Testudinea ou Chelonia

O grupo dos testudíneos (do latim *testudo* = provido de carapaça) ou quelônios (do grego *chelone* = tartaruga) é representado pelas tartarugas, pelos cágados e pelos jabutis (figura 15.16). Muitas espécies brasileiras estão ameaçadas de extinção por causa da pesca (proibida por lei) e da destruição do ambiente natural em que são encontradas. Sua carne e seus ovos são consumidos como alimento, e seu casco é usado para fazer enfeites, pentes e outros objetos.



Figura 15.16 Cágado (matamatá da Amazônia; *Chelus fimbriata*; até 80 cm de comprimento).

As tartarugas vivem, principalmente, na água, mas põem os ovos na terra. Os cágados, em geral, são de água doce. Os jabutis são terrestres. Os testudíneos possuem placas ósseas fundidas e recobertas por queratina, originando uma **carapaça**, na região dorsal, e um **plastrão**, na região ventral.

## Squamata

Os escamados (do latim *squamata* = escamoso) podem ser divididos em três grupos: o grupo dos **lacertílios** (do latim *lacerta* = lagarto) ou **sáurios** (do grego *saûros* = lagarto), que inclui os lagartos (como o teiú, o maior lagarto do Brasil), as lagartixas e os camaleões; o grupo dos **ofídios** (do grego *ophis* = serpente), que inclui as serpentes; e o grupo dos **anfíbenídeos** (do grego *amphi* = dos dois lados; *bainein* = ir), que inclui as cobras-de-duas-cabeças ou anfisbenas, animais geralmente sem pernas, de hábitos subterrâneos. Este grupo não pode ser considerado um grupo natural porque seus integrantes não apresentam um ancestral comum exclusivo.

Durante o crescimento dos répteis, especialmente nos Squamata, ocorrem mudas periódicas da pele: a parte externa da epiderme é substituída por outra (figura 15.17).



Figura 15.17 Jiboia (*Boa constrictor*; até 4 m de comprimento) em processo de muda.

O termo cobra, usado popularmente como sinônimo de serpente, foi criado originalmente para um tipo de serpente, as najas, da África e Ásia. Além disso, esse termo é usado também para animais que não pertencem ao grupo dos ofídios, como a anfisbena (cobra-de-duas-cabeças). Por isso, em linguagem científica utilizamos o termo "serpente".

As serpentes não possuem orifícios auditivos, mas sentem, por meio do esqueleto, as vibrações transmitidas pelo solo. A língua bífida atua no tato e no olfato: as partículas aderem à língua e são levadas para o interior da boca, atingindo os órgãos olfativos da cavidade nasal.

Algumas serpentes possuem glândulas produtoras de peçonha (serpentes peçonhentas), que é inoculada por dentes contendo canais ou um sulco em seu interior, que conduzem a peçonha para o exterior (figura 15.18). As serpentes podem ser classificadas de acordo com o tipo de dentição. As najas, por exemplo, têm a dentição proteróglifa, ou seja, os dentes inoculadores, com sulco, estão na parte anterior da boca.

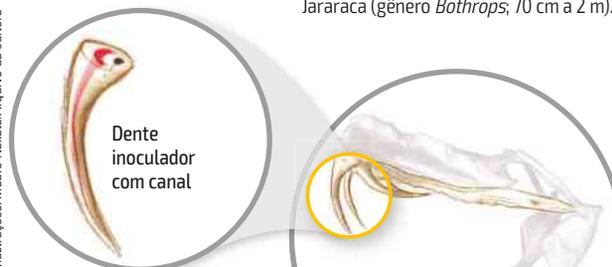
As serpentes sem esses dentes inoculadores, chamadas de não peçonhentas, também podem causar ferimentos sérios, pois sua saliva pode conter substâncias tóxicas e causar envenenamento.

A maioria das serpentes peçonhentas possui também uma **fosseta lacrimal** ou **loreal**, uma abertura localizada entre cada olho e a narina (lore é o espaço entre o olho e as narinas de répteis e anfíbios), por onde as serpentes detectam o calor de presas como aves ou mamíferos, facilitando sua localização (figura 15.18).



Visuais Unilimited/Corbis/Lainstock

Jararaca (gênero *Bothrops*; 70 cm a 2 m).



Ilustrações: Mauro Nakata/Arquivo da editora

**Figura 15.18** A dentição solenóglifa se caracteriza pela presença de um par de dentes articulados e ocos na parte anterior da boca. Observe na foto da jararaca a fosseta lacrimal.

No entanto, as corais-verdadeiras são serpentes peçonhentas que não possuem fosseta loreal. Além disso, mesmo quando os dentes não têm sulcos nem canais para inocular peçonha, como na jiboia (figura 15.19), sua mordida pode causar sérios ferimentos. Veja algumas serpentes e os tipos de dentição na figura 15.19.

Em caso de picada de serpente, deve-se buscar socorro médico. A vítima deve ser imediatamente

levada a um posto de saúde ou hospital para ser tratada com o soro antiofídico adequado, entre outros procedimentos médicos.

Caso se conheça a espécie de serpente que picou a pessoa, é importante comunicar ao médico, pois este poderá administrar o soro antiofídico específico, com efeito mais rápido e mais intenso. Não se deve amarrar a região afetada para isolar a peçonha, isto é, não se deve fazer torniquete ou garrote: isso impede a circulação normal do sangue, trazendo mais riscos para a região afetada, aumentando, por exemplo, a destruição dos tecidos (necrose) pela concentração da peçonha no local. Também não se deve sugar o local da picada nem fazer cortes ou colocar substâncias no local da picada.

Como medidas preventivas, em locais onde há serpentes, deve-se usar botas de cano alto e evitar mexer em buracos, montes de lixo, de lenha ou cupinzeiros.

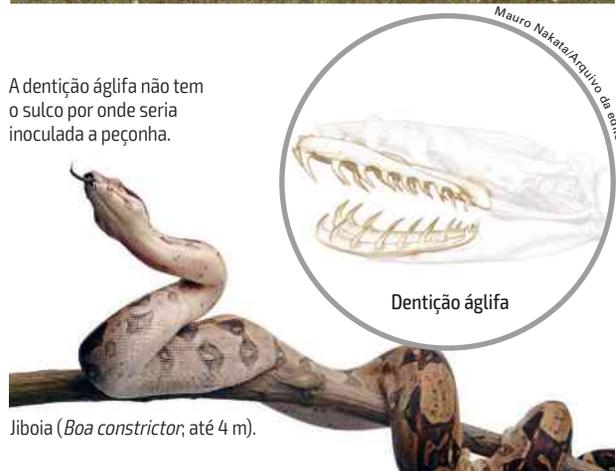


Mauro Nakata/Arquivo da editora

As serpentes de dentição opistóglifa possuem um ou mais dentes inoculadores na região posterior da boca. Os dentes apresentam sulcos pelos quais escorre a peçonha.

Cobra-coral-falsa (gênero *Oxyrhopus*; 70 cm a 1,5 m).

Fabio Colombini/Aerreo do fotógrafo



A dentição áglifa não tem o sulco por onde seria inoculada a peçonha.

Mauro Nakata/Arquivo da editora

Jiboia (*Boa constrictor*; até 4 m).

Jbmake/Shutterstock/ Glow Images

**Figura 15.19** Esquema dos dentes de serpentes opistóglifas e áglifas.

## Crocodylia

Os crocodylios (figura 15.20) estão representados pelo jacaré, pelo crocodilo e pelo gavial (encontrado na Índia).

O corpo desses animais é coberto por escamas e placas ósseas. São carnívoros e passam boa parte do tempo dentro da água ou na beira dos rios, onde a maioria deles vive.

No Brasil não há crocodilos, apenas jacarés. O focinho do jacaré é mais largo e arredondado, enquanto o do crocodilo e o do gavial são mais longos e estreitos.

Tony Camacho/SPL/Latinstock



Crocodylo-do-nylo (em média, 3,5 m de comprimento; mas atinge 6 m).

Marcio Lourenço/Pulsar Imagens



Jacaré-áçu (em média, 3,5 m de comprimento; mas atinge 6 m).

Leo Fiedler/Corbis/Latinstock



Gavial (6 m a 7 m de comprimento).

Figura 15.20 Alguns representantes dos crocodylios.

## Evolução

Os primeiros répteis surgiram há cerca de 360 milhões de anos, no período Carbonífero, quando o clima da Terra ficou mais seco, favorecendo os animais com pele mais resistente e que produziam ovos com casca, âmnio e outros anexos. Esses animais, cuja pele tem maior proteção contra perda de água por evaporação, têm também um pulmão mais eficiente, capaz de suprir a falta de respiração cutânea, e conseguiram povoar ambientes nos quais os anfíbios dificilmente sobreviveriam.

Alguns répteis, como as tartarugas, voltaram a viver no meio aquático. Mesmo eles, porém, mantiveram algumas adaptações à vida terrestre, como a respiração pulmonar e o ovo com casca.

Os répteis ancestrais deram origem aos répteis atuais, às aves e aos mamíferos. Além disso, deram origem a muitos seres vivos que hoje não existem mais, como os pterossauros (do grego *pteryx* = asa; *sauros* = lagarto), capazes de voar (figura 15.21); os ictiossauros (do grego *ichthyes* = peixe) e plesiossauros (*plesios* = próximo), que eram aquáticos; os dinossauros (do grego *deinos* = terrível), terrestres.



Roger Harris/SPL/Latinstock

Figura 15.21 Pterossauro (espécies maiores atingiam 20 m de envergadura – da ponta de uma asa à ponta da outra; as menores eram do tamanho de um pardal). (Cores fantasia.)

Há cerca de 230 milhões de anos, no período Triássico, surgiram os primeiros representantes do grupo dos dinossauros. Veja alguns desses animais na figura 15.22.

Os dinossauros se extinguíram há cerca de 65 milhões de anos. A causa ainda é discutida pelos cientistas. A teoria mais aceita é que um asteroide tenha atingido a Terra e levantado uma nuvem de poeira que escureceu o céu por muitos meses. Sem a luz do Sol, várias plantas teriam morrido, afetando a vida dos dinossauros herbívoros e a dos carnívoros.

Com a extinção dos dinossauros, duas novas classes de vertebrados – que já existiam durante a era Mesozoica – espalharam-se pelo planeta: as aves e os mamíferos.



Tiranossauro, carnívoro, com 15 m de comprimento e 6 m de altura.

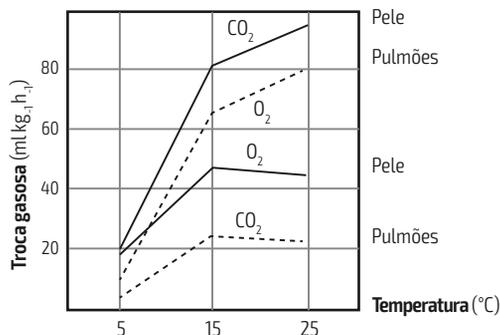
Braquiossauro, herbívoro, com cerca de 22 m de comprimento e 12 m de altura.

Ilustrações: Roger Harris/SPL/Latinstock

Figura 15.22 Dois dinossauros (os elementos da ilustração não estão na mesma escala; cores fantasia).

- Um estudante comparou o modo de vida de anfíbios e briófitas (musgos) e concluiu que há algumas semelhanças entre os grupos. Que semelhanças ele pode ter encontrado que justifiquem essa conclusão?
- Estudos recentes demonstraram que muitos anfíbios de hábitos terrestres “bebem” água pela barriga! Eles esticam os membros traseiros e encostam a parte ventral do corpo em superfícies cobertas de água. Que característica dos anfíbios permite que eles absorvam água desse modo?
- Os anfíbios de regiões mais secas passam boa parte do tempo enterrados no solo. Justifique esse comportamento, considerando algumas das principais características corporais desses animais.
- Anfíbios, ao contrário dos peixes, têm pálpebras e glândulas lacrimais. Qual é a importância dessas estruturas para esse grupo de vertebrados?
- Os répteis apresentam algumas novidades evolutivas em relação aos anfíbios – por exemplo, adaptações do revestimento corporal, na respiração e na reprodução –, que lhes permitem maior independência do ambiente aquático. Explique como essas características ajudaram os répteis a se difundir por ambientes tão secos quanto os desertos.
- Alguns lagartos se parecem um pouco com as salamandras. Como é possível distinguir um animal do outro observando somente a pele deles?
- A cobra píton enrola-se em volta dos ovos e fica contraíndo os músculos de forma ritmada. Qual deve ser a vantagem desse comportamento para a reprodução desses animais?
- Os olhos e as narinas dos crocodilos e dos jacarés estão em elevações no alto da cabeça. Como essa característica facilita a sobrevivência desses animais em seu *habitat*?
- Explique por que tartarugas e jacarés, apesar de serem répteis que voltaram para o ambiente aquático, não podem ficar completamente submersos o tempo todo.
- (Fuvest-SP) Três grupos de sapos foram mantidos em três temperaturas diferentes: 5 °C, 15 °C e 25 °C. O gráfico a seguir foi construído a partir das medidas

das quantidades de gases trocados entre os animais e o ambiente em cada uma dessas temperaturas.



Banco de imagens/Arquivo da editora

- “Nos sapos, os papéis relativos da pele e dos pulmões na respiração mudam durante o ano”. Justifique essa afirmação, com base nos dados do gráfico.
  - Um sapo inalou gás oxigênio radioativo. Qual será a primeira substância, diferente de gás oxigênio, a ser identificada nas mitocôndrias das células desse sapo?
- (Vunesp-SP) Em uma novela recentemente exibida na TV, um dos personagens é picado por uma cobra e, para curar-se, recorre a remédios caseiros e crenças da cultura popular. O médico da cidade, que não havia sido chamado para tratar do caso, afirmou que a prática adotada não era recomendável, e que “a ‘cura’ só se deu porque provavelmente a cobra não era venenosa.”  
Em se tratando de uma cobra peçonhenta, qual o tratamento mais adequado: soro ou vacina? Seria importante saber a espécie da cobra? Justifique suas respostas.
  - (Vunesp-SP) São muitas as lojas que vendem animais exóticos para serem criados em casa como animais de estimação. Em uma dessas lojas, lagartos eram expostos em caixas de vidro, nas quais havia uma lâmpada acesa.
    - Qual a razão da lâmpada na caixa em que está colocado o animal? Esse procedimento tem alguma relação com algo que o animal experimenta em seu ambiente natural?
    - Se essa caixa fosse deixada na vitrine, diretamente sob luz solar intensa, durante todo o dia, haveria prejuízo ao lagarto?
  - (Uerj) Certos vertebrados possuem pulmão de grande superfície e pele seca impermeável. Outros vertebrados possuem pulmão de pequena superfície e pele úmida permeável. Por que os primeiros estão mais bem adaptados ao ambiente terrestre?

14. (UEL-PR) Com as alterações ambientais provocadas pela espécie humana, tem-se verificado uma redução nas populações de diversos anfíbios anuros no mundo todo. Esse fato, aliado ao pouco conhecimento que se tem da história natural de muitas espécies, torna o problema ainda mais grave. Levando em conta as características biológicas e ecológicas dos anuros, considere as afirmativas a seguir.

- I. Enquanto estão na forma larval, eles são afetados por águas poluídas porque respiram por meio de pulmões.
- II. O epitélio pouco queratinizado torna os adultos mais suscetíveis à desidratação quando a cobertura vegetal é reduzida.
- III. A poluição do ar prejudica os anuros porque eles possuem respiração cutânea mais desenvolvida que a pulmonar.
- IV. Por serem sensíveis à poluição, os anuros são considerados indicadores biológicos da qualidade ambiental.

Assinale a alternativa correta.

- a) Somente as afirmativas I e II são corretas.
- b) Somente as afirmativas I e IV são corretas.
- 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.

15. (UFMG)

*A ruazinha lagartecendo ao sol.  
O coreto de música deserto  
Aumenta ainda mais o silêncio.*

Mário Quintana

A expressão lagartear – ‘deitar-se ao sol’ – resultou da observação de um comportamento comum aos lagartos. É correto afirmar que, do ponto de vista biológico, esse comportamento se explica com base no fato de que os lagartos:

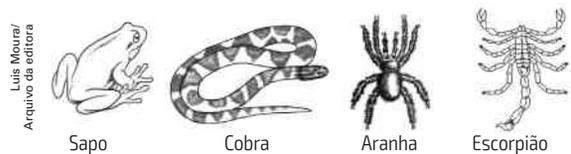
- a) dependem de fonte externa de calor para a regulação da temperatura, o que os torna muito ativos ou muito lentos.
- b) evitam a dessecação por meio de placas córneas e de corpo revestido por pele grossa, o que lhes dificulta a locomoção.
- c) excretam ureia, composto volátil e tóxico, que requer água para ser eliminada e induz a um estado de paralisia.
- d) possuem pequena superfície pulmonar para uma troca gasosa eficiente, o que os torna sonolentos e preguiçosos.

16. (Mack-SP) O aquecimento global pode ser o responsável pela extinção de várias espécies de répteis. Esses animais não possuem mecanismos de con-

trole de temperatura corporal, sendo dependentes da temperatura do ambiente para desempenhar suas atividades. Essa incapacidade de controle da temperatura está relacionada com

- a) a presença de glândulas sudoríparas na pele.
- b) a existência de um septo separando completamente os dois ventrículos no coração.
- c) uma grande extensão de trocas gasosas nos pulmões.
- d) a presença de um sistema circulatório incompleto, permitindo a mistura de sangue arterial e venoso.
- e) um sistema nervoso ventral e ganglionar.

17. (UEG-GO) Observe as figuras dos animais e assinale a alternativa correta:



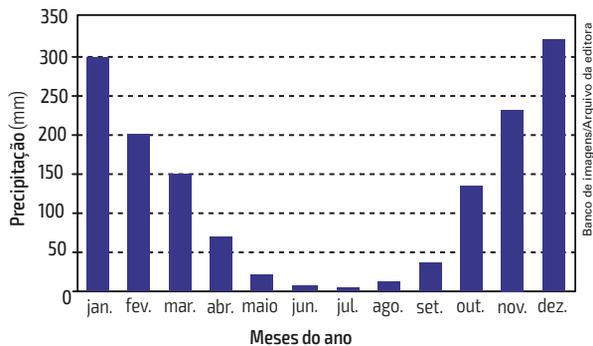
- a) Todos os animais representados têm em comum o fato de serem animais peçonhentos que injetam veneno em suas presas.
- b) Esses animais pertencem respectivamente a quatro classes: Amphibia, Reptilia, Aracnida e Insecta.
- c) O escorpião utiliza suas pinças com dupla finalidade: imobilizar sua presa e inocular o veneno.
- d) Em acidentes com picada de cobra, o socorro mais eficaz é a imobilização da vítima, a preparação de torniquete e a extração do veneno do local da picada, o mais rápido possível.
- e) Esses animais apresentam diversos comportamentos reprodutivos, sendo que apenas o sapo tem fecundação externa.

18. (Enem) Os anfíbios representam o primeiro grupo de vertebrados que, evolutivamente, conquistou o ambiente terrestre. Apesar disso, a sobrevivência do grupo ainda permanece restrita a ambientes úmidos ou aquáticos, devido à manutenção de algumas características fisiológicas relacionadas à água.

Uma das características a que o texto se refere é a

- a) reprodução por viviparidade.
- b) respiração pulmonar nos adultos.
- c) regulação térmica por endotermia.
- d) cobertura corporal delgada e altamente permeável.
- e) locomoção por membros anteriores e posteriores desenvolvidos.

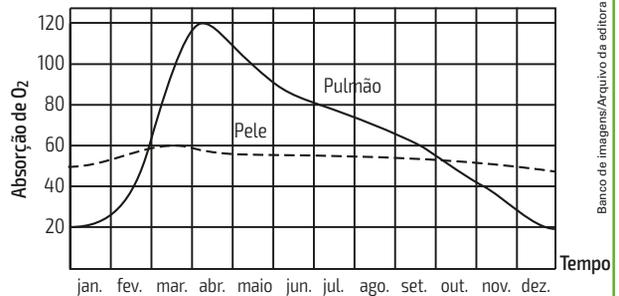
19. (Enem) Em uma área observa-se o seguinte regime pluviométrico:



Os anfíbios são seres que podem ocupar tanto ambientes aquáticos quanto terrestres. Entretanto, há espécies de anfíbios que passam todo o tempo na terra ou então na água. Apesar disso, a maioria das espécies terrestres depende de água para se reproduzir e o faz quando essa existe em abundância. Os meses do ano em que, nessa área, esses anfíbios terrestres poderiam se reproduzir mais eficientemente são de:

- a) setembro a dezembro
- b) novembro a fevereiro.
- c) janeiro a abril.
- d) março a julho.
- e) maio a agosto.

20. (Unifor-CE) O gráfico abaixo mostra os resultados de uma experiência feita para comparar o papel da pele ao dos pulmões em certa espécie de sapo do hemisfério norte.



Sobre esses dados fizeram-se as seguintes afirmações:

- I. Nos meses mais frios, a respiração cutânea predomina sobre a pulmonar.
- II. Nos meses em que o metabolismo dos animais é mais intenso, predomina a respiração pulmonar.
- III. A respiração cutânea é praticamente constante ao longo do ano.

É correto o que se afirma em:

- a) I, somente.
- b) II, somente.
- c) III, somente.
- d) II e III, somente.
- e) I, II e III.

## Trabalho em equipe

Em grupo, escolham um dos temas a seguir para pesquisar. Depois, façam uma apresentação, com fotos (ou vídeos) e ilustrações, para a comunidade escolar.

Informem-se também se em sua região existe alguma instituição educacional ou de pesquisa que trabalhe ou estude anfíbios, répteis (ou, especificamente, dinossauros) e que mantenha uma exposição sobre esses animais. Verifiquem a possibilidade de agendar uma visita ao local. Caso isso não seja possível, pesquisem *sites* de universidades, museus, etc. que apresentem uma exposição virtual sobre o tema.

- a) Exemplos de répteis brasileiros ameaçados de extinção e as causas dessa ameaça; os objetivos e os trabalhos desenvolvidos pelo Projeto Tamar.
- b) Locais do Brasil onde são encontrados fósseis de dinossauros; tipos de dinossauros já encontrados aqui e em que época viveram.
- c) Pesquisem quais são as serpentes que causam a maioria dos acidentes ofídicos no Brasil, quais os efeitos dessas peçonhas no organismo e quais procedimentos devem ser adotados nesses casos.

Pesquisem também o que é o Instituto Butantan, qual é sua história, sua importância e quem foi o médico sanitário Vital Brazil.

- d) Pesquisem quais as possíveis causas da extinção de vários grupos de anfíbios.

Se possível, agendem uma visita de pesquisadores que estudem anfíbios e/ou répteis e peçam a eles que ministrem uma palestra e conversem com a turma sobre o trabalho deles. Sempre que um profissional for chamado para uma entrevista, busquem saber como é o cotidiano da profissão, perguntando quais são os aspectos positivos e negativos do trabalho.

### Fique de olho!

Quando fizer pesquisas na internet, dê preferência a *sites* de universidades e órgãos públicos. Sempre procure a informação em mais de uma fonte e não se esqueça de dar o crédito dos textos e das imagens apresentados em sua pesquisa. Os resultados podem ser publicados em vídeos, *blogs* ou páginas de redes sociais.



Ararajuba (*Guaruba guarouba*, cerca de 35 cm de comprimento). Conhecida também como guaruba, essa ave é encontrada apenas no Brasil, principalmente na região Norte.

O Brasil ocupa o primeiro lugar em número de espécies endêmicas de aves — isto é, espécies que não existem em outros países — e o terceiro lugar em variedade de espécies. No entanto, devido à destruição dos ambientes naturais, à caça e ao tráfico ilegal de animais silvestres, muitas aves estão ameaçadas de extinção. É proibido por lei manter aves silvestres em cativeiro, com exceção dos zoológicos e outras instituições autorizadas. Respeitar as leis é condição necessária para viver em sociedade: essa é uma atitude ética e cidadã.



- ◆ Que diferenças existem entre o corpo das aves e o dos répteis?
- ◆ Que adaptações ao voo há no corpo das aves?
- ◆ Nós, seres humanos, pertencemos ao grupo dos mamíferos. Você sabe dizer por quê? Conhece outros animais desse grupo?
- ◆ O que significa dizer que as aves e os mamíferos são animais endotérmicos?

## 1 Aves

Muitas características das aves estão, de alguma forma, relacionadas ao voo: o corpo aerodinâmico coberto de penas e os membros anteriores transformados em asas. Ainda que nem todas as aves voem, elas são descendentes de ancestrais que voavam. No pinguim, as asas em forma de remo são usadas para a natação; na ema e no avestruz, elas se apresentam atrofiadas, e os membros posteriores estão adaptados à corrida.

As aves podem usar os pés para se agarrar aos ramos de árvores, caminhar, nadar ou para segurar presas. A forma dos pés e a do bico estão relacionadas ao seu modo de vida. As membranas entre os dedos do pato facilitam a natação; os dedos fortes do gavião (figura 16.1) e do falcão ajudam a capturar e sustentar as presas durante o voo; o bico comprido e estreito do beija-flor ajuda a sugar o néctar das flores; já o bico do gavião (figura 16.1) ajuda a dilacerar a carne.



Figura 16.1 Gavião-real ou harpia (atinge mais de 1 m de comprimento): com bico que dilacera carne.

### Revestimento, sustentação e movimento

As penas são formadas de queratina, a mesma proteína encontrada nas escamas dos répteis e nos pelos dos mamíferos. Além de proteger a ave e diminuir a perda de água, elas ajudam a conservar o calor do corpo, mantendo a ave aquecida mesmo nos climas mais frios. São estruturas leves, resistentes e flexíveis, que não aumentam muito o peso do animal, e com as asas e o próprio corpo formam uma superfície aerodinâmica, que ajuda a ave a levantar voo e a se manter no ar.

A pele das aves é seca e sem glândulas, com exceção da **glândula uropigiana** (do grego *ourás* = cauda; *pygion* = traseiro). Essa estrutura fica localizada na região caudal e produz uma secreção oleosa. Com o bico, o animal passa essa secreção nas penas, impedindo que elas absorvam água e fiquem encharcadas. Ao contrário do ar, a água conduz bem o calor e poderia diminuir o isolamento térmico do animal. As aves aquáticas também se beneficiam do óleo produzido na glândula uropigiana para a flutuação. Como anexos da pele, há as escamas córneas nas pernas, o bico e as garras córneas.

Os ossos são leves, o que reduz o peso da ave e caracteriza mais uma adaptação ao voo (figura 16.2). Muitos deles – chamados **ossos pneumáticos** – possuem, no interior, espaços que se comunicam com os sacos aéreos.

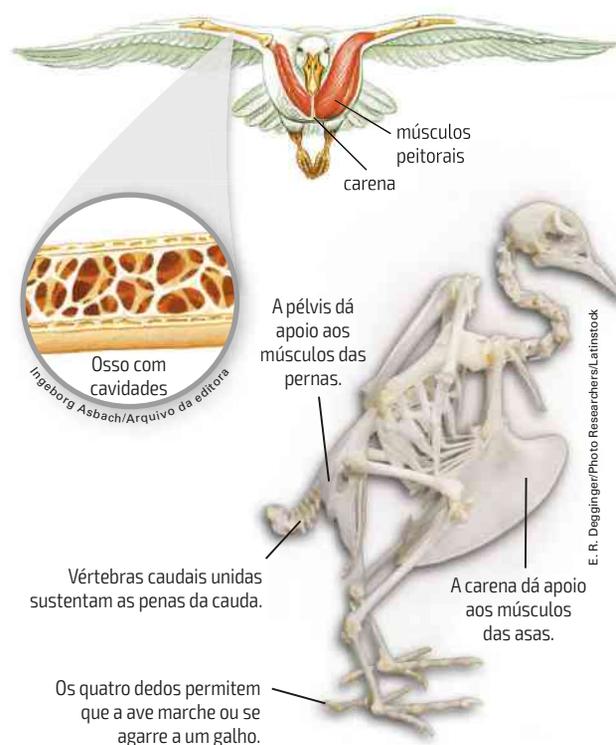


Figura 16.2 As asas, a carena e os músculos peitorais muito desenvolvidos estão entre as principais adaptações das aves à vida aérea (os elementos da ilustração não estão na mesma escala; cores fantasia). Na foto, esqueleto de pombo.

Embora leve, o esqueleto fornece boa sustentação ao corpo, graças às soldaduras entre os ossos. Desse modo, forma-se uma armação óssea capaz de resistir aos esforços do voo. O osso esterno geralmente é bem desenvolvido, com uma expansão – chamada **quilha** ou **carena** (do latim *carina* = quilha) – na qual está implantada a forte musculatura peitoral, responsável pelo movimento das asas (**figura 16.2**). Os olhos são protegidos pela **membrana nictitante**, que impede a penetração de poeira e o ressecamento durante o voo.

## Nutrição

O tipo de alimento varia conforme a espécie: sementes, frutas, néctar, insetos ou vertebrados, mesmo outras aves, e restos de animais (carniça). Muitas mantêm uma dieta mista. Há espécies que se alimentam do néctar das flores e promovem a polinização das plantas, e outras que, ao se alimentar de frutos, contribuem para a disseminação de sementes.

O alimento é capturado pelo bico córneo, cujo formato varia de acordo com o tipo de alimentação de cada ave. Essa especificidade permite a convivência, sem competição ecológica, de várias espécies no mesmo ambiente, o que contribui para a ampla variedade de animais desse grupo (**figura 16.3**).

O bico do papa-cacau (*Amazona festiva*; cerca de 35 cm de comprimento) é adaptado principalmente à ingestão de frutas, nozes, cocos e sementes.

Fabio Colombini/Acervo do fotógrafo



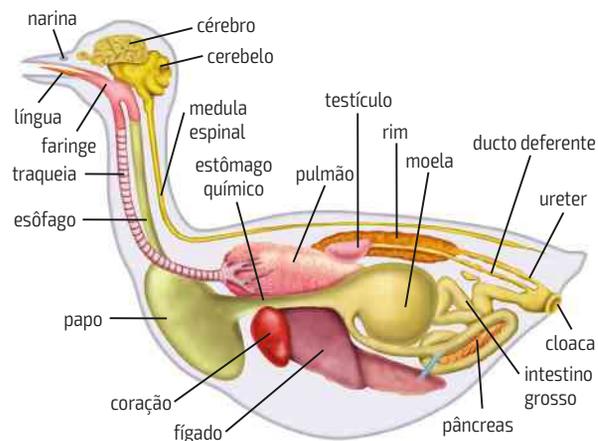
Garça (cerca de 75 cm de comprimento): bico comprido que pega peixes.

Microstock Man/Shutterstock/Glow Images



**Figura 16.3** Diferentes tipos de bico refletem adaptações para diferentes tipos de alimento.

A produção de enzimas digestivas ocorre no **estômago químico**. Nas aves que se alimentam de grãos, a ausência de dentes (mais uma adaptação ao voo, por contribuir para a redução de peso) é compensada pela existência de um estômago chamado **moela** ou **estômago mecânico**, que tritura o alimento (**figura 16.4**). Em muitas aves, existe uma dilatação no esôfago (**papo**), na qual o alimento é armazenado e amolecido. Outras estruturas presentes nas aves são o fígado, o pâncreas, as glândulas salivares e o intestino, que termina na cloaca (**figura 16.4**).



Luiz Moura/Arquivo da editora



jack\_photo/Shutterstock

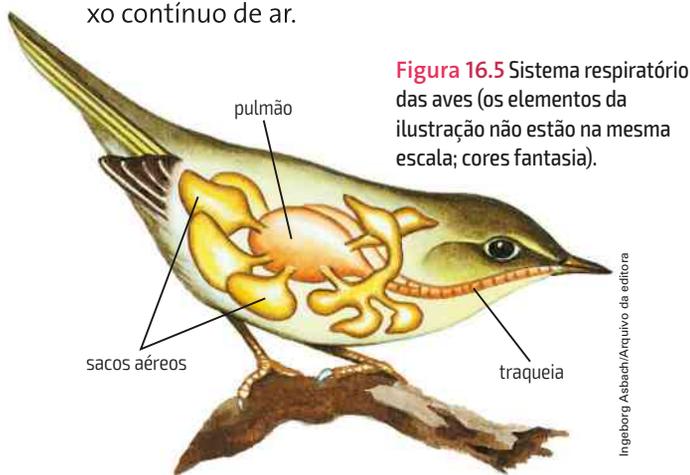
**Figura 16.4** Anatomia interna de uma ave (os elementos da ilustração não estão na mesma escala; cores fantasia). Na foto, pato-real (*Anas platyrhynchos*; tamanho aproximado de 50 cm a 60 cm de comprimento).

## Respiração

As aves são endotérmicas, isto é, mantêm a temperatura corporal à custa do calor produzido no próprio corpo. Isso depende de um sistema respiratório capaz de promover uma troca eficiente de gases, para a manutenção de uma boa taxa de produção de energia na respiração celular. Além disso, as aves também consomem muito oxigênio na geração da energia gasta com o voo.

A respiração das aves é pulmonar (figura 16.5). A traqueia ramifica-se em dois brônquios que, no interior do pulmão, se dividem em tubos finos, os **parabrônquios** (do grego *para* = ao lado; *brogchos* = traqueia), dos quais saem pequenas projeções (**capilares aéreos**). O oxigênio do ar passa desses capilares para os sanguíneos, e o sangue com gás carbônico torna-se oxigenado; no caso do gás carbônico, o processo é inverso. Na traqueia há uma bolsa com cordas vocais, a **siringe** (do grego *syrix* = flauta de cana) responsável pelo canto e pelo grito das aves. Os sons são usados para atrair o companheiro, marcar território e prevenir outros membros da espécie contra algum perigo.

O pulmão possui sacos aéreos, que são prolongamentos desse órgão nas regiões anterior e posterior do corpo (figura 16.5). Não ocorre troca de gases com o sangue nos sacos aéreos, mas eles melhoram a ventilação, bombeando ar para o pulmão tanto na inspiração quanto na expiração. Isso garante um fluxo contínuo de ar.



**Figura 16.5** Sistema respiratório das aves (os elementos da ilustração não estão na mesma escala; cores fantasia).

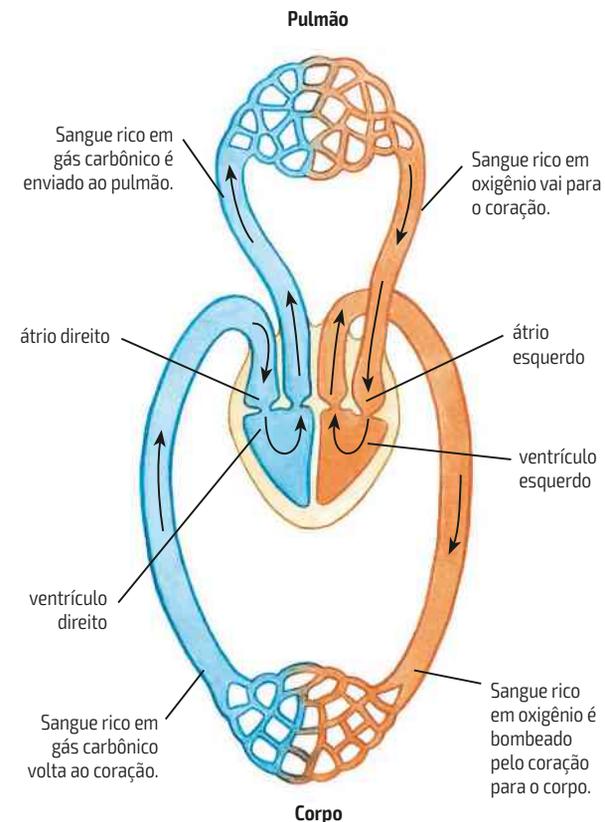
Ingeborg Asbach/Arquivo da editora

Além de ventilar o pulmão e ajudar a diminuir a densidade do corpo, os sacos aéreos atuam como meio de refrigeração: o consumo de energia no voo libera grande quantidade de calor; o excesso de calor do corpo é absorvido pelo ar frio (que foi retirado do ambiente e armazenado nos sacos aéreos) e eliminado na forma de ar quente.

## Circulação

As aves apresentam um coração com quatro cavidades, o que significa que a circulação é dupla e **completa**, isto é, sem mistura do sangue não oxigenado com o oxigenado (figura 16.6). Essa característica está ligada às adaptações do organismo ao voo e à endotermia – duas funções orgânicas que exigem

grande consumo de energia. Para produzir energia, é necessário, além de alimento, um bom fornecimento de oxigênio, o que só é possível se a concentração desse gás no sangue for alta.



**Figura 16.6** Esquema simplificado da circulação dupla e completa das aves (os elementos da ilustração não estão na mesma escala; cores fantasia).

Ingeborg Asbach/Arquivo da editora

## Excreção e coordenação

As aves não possuem bexiga urinária, e os rins eliminam ácido úrico em forma de uma pasta branca, que sai com as fezes. A eliminação contínua de urina e fezes é mais uma adaptação ao voo, pois evita acúmulo de peso.

O encéfalo das aves é mais desenvolvido que o dos répteis, principalmente o cerebelo e as regiões do cérebro que coordenam os movimentos e o equilíbrio do corpo, importantes para as manobras no voo.

O sistema nervoso apresenta doze pares de nervos cranianos. Os sentidos da visão (em cores) e da audição, com orelhas (ouvidos) externa, média e interna, são bem desenvolvidos. O olfato não costuma ser muito aguçado, talvez porque seja um sentido com maior valor adaptativo para animais terrestres, que vivem no solo e farejam a presença de presas e predadores.

## Controle da temperatura

As aves controlam a temperatura do corpo (entre 40 °C e 42 °C) produzindo, retendo ou deixando sair do corpo menos ou mais calor.

A produção de mais calor está relacionada a uma capacidade de oxidação do alimento, o que depende de uma boa oxigenação dos tecidos, possível graças à grande ventilação do sistema respiratório e ao coração com quatro cavidades. O isolamento térmico do corpo, por causa da gordura subcutânea e da cobertura de penas, também contribui para a manutenção da temperatura.

A perda de calor é controlada também pela espessura da camada de penas. Quando o ambiente esfria, as penas arrepiam, o que aumenta a camada de ar retida entre elas, contribuindo assim para o isolamento térmico. O arrepio das penas como adaptação ao frio é explicado pelo fato de o ar funcionar como um isolante térmico. Essa capacidade de certos materiais serem bons isolantes térmicos é estudada em Física.

Quando há excesso de calor, as penas são mantidas próximas ao corpo, diminuindo a camada isolante de ar; o sangue é enviado em maior quantidade para a pele, e a respiração torna-se acelerada. O ar dos sacos aéreos recebe o calor do corpo e o elimina.

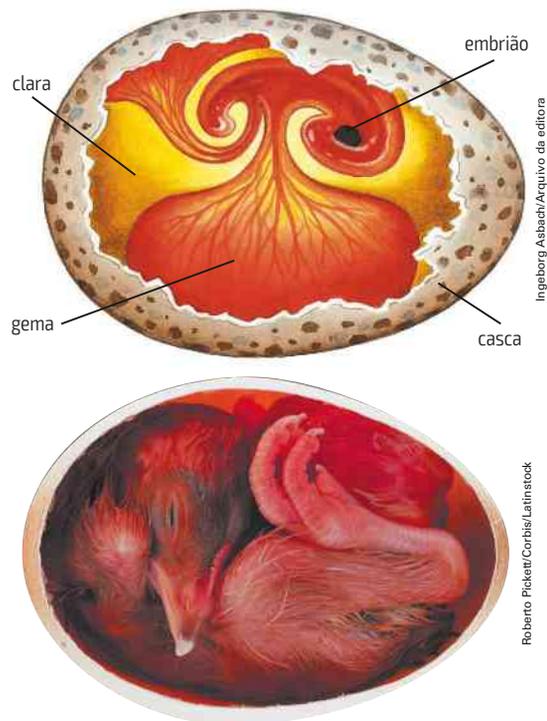
Graças à endotermia, aves (e também mamíferos) não precisam se aquecer ao sol, como os répteis, para que seu organismo funcione adequadamente, nem mesmo quando a temperatura ambiente é baixa. Por um lado, a endotermia permite que esses animais sejam mais ativos à noite ou em dias nublados e em climas frios do que os répteis e anfíbios nas mesmas condições; permite também que se mantenham ativos por períodos mais prolongados – répteis alternam períodos de atividade mais intensa com outros de descanso. Por outro lado, a produção de calor para a manutenção da temperatura faz com que esses animais consumam muito mais alimento e oxigênio, proporcionalmente ao peso do corpo, do que os ectotérmicos, o que pode ser uma desvantagem em ambientes com pouco alimento.

## Reprodução

Os sexos são separados. O macho possui dois testículos – dos quais saem os **ductos deferentes** –, que desembocam na cloaca. Em algumas espécies há um pênis. Em geral, o ovário e o oviduto direito são atrofiados, e os do lado esquerdo aumentam de

tamanho apenas no período reprodutivo. Os óvulos apresentam clara e casca, produzidas nas glândulas do **oviduto**, e são lançados para fora pela cloaca.

As aves são ovíparas, com desenvolvimento direto, e o ovo (**figura 16.7**) apresenta casca e anexos (amniotas) que protegem e alimentam o embrião, além de acumular suas excretas, permitindo o desenvolvimento em ambiente terrestre.



**Figura 16.7** O ovo das aves é semelhante ao dos répteis e permite que o embrião se desenvolva no ambiente terrestre (os elementos da ilustração não estão na mesma escala; cores fantasia). Na foto, embrião de galinha aos 21 dias, prestes a eclodir (ovo com até 6 cm de diâmetro).

Após a postura, ocorre um período de incubação, no qual os ovos são chocados, o que garante a temperatura adequada para o desenvolvimento do filhote. Este recebe alimentação e proteção dos pais durante algum tempo após a eclosão (saída do ovo). Veja a **figura 16.8**.

**Figura 16.8** Sabiá-laranjeira (*Turdus rufiventris*; cerca de 25 cm de comprimento) alimentando filhote no ninho.





## Pombos no Brasil

A maioria das pessoas que mora em cidades está acostumada com a presença de pombos, especialmente nos grandes centros urbanos do Brasil. Mas o pombo comum (*Columba livia*), também conhecido como pombo doméstico, é uma espécie exótica. Isto é, esses pombos não são originários daqui, mas sim de outra região do mundo.

Os primeiros pombos chegaram às Américas durante a colonização do continente, vindos nos navios dos europeus que chegavam aqui. Acredita-se que alguns pombos tenham sido trazidos para auxiliar a comunicação ao atuarem como pombos-correio. Muitos animais, porém, vieram junto com os navios, que eram habitados por bandos dessas aves.

Na América, os pombos continuaram adaptados a viver em regiões modificadas pelos europeus, onde é fácil achar comida e locais para a construção de ninhos. A falta de predadores e as condições favoráveis de reprodução e sobrevivência permitiu que o número de indivíduos dessa espécie crescesse rapidamente.

Entretanto, a convivência com esses animais (figura 16.9) pode nos trazer problemas de saúde. Algumas doenças, por exemplo, são transmitidas simplesmente pela inalação da poeira resultante de fezes secas de pombos, contaminadas por fungos ou bactérias. Essas doenças comprometem o aparelho respiratório e podem também afetar o sistema nervoso central.

Fontes de pesquisa: <<http://ibaraki.com.br/flog/album/pombo-domestico-columba-livia>> e <[www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/saude/vigilancia\\_em\\_saude/controla\\_de\\_zoonoses/animais\\_sinantropicos/index.php?p=4579](http://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/saude/vigilancia_em_saude/controla_de_zoonoses/animais_sinantropicos/index.php?p=4579)>. Acesso em: 27 nov. 2015.



Maureen Hiron/Alamy/Latinstock

**Figura 16.9** A convivência com pombos pode acarretar uma série de problemas de saúde.

## Classificação

Observe a **figura 16.10**, em que são representados alguns grupos de aves.



Footage.Pro/Shutterstock

**Esfenisciforme:** pinguim-imperador (*Aptenodytes forsteri*; 75 cm a 90 cm de altura).



Fabio Colombini/Acervo do fotógrafo

**Reiformes:** ema (*Rhea americana*; 0,9 m a 1,6 m de altura), uma das maiores aves das Américas.



Fabio Colombini/Acervo do fotógrafo

**Passeriforme:** são os pássaros que se empoleiram (sabiá-laranjeira, bem-te-vi, sanhaço, curió, graúna, etc.) e, em geral, cantam. Na foto, canário (*Pitangus sulphuratus*; cerca de 12 cm de comprimento).



Fabio Colombini/Acervo do fotógrafo

**Estrigiforme:** coruja-orelhuda (*Rhinoptynx clamator*; até 40 cm de comprimento).

**Figura 16.10** Alguns representantes do grupo das aves.

## Evolução

As aves devem ter surgido de grupos de dinossauros carnívoros com penas, como alguns fósseis parecem indicar, a exemplo dos gêneros *Caudipteryx* e *Protarchaeopteryx*, descobertos na China, com 145 milhões de anos. Embora não permitissem o voo, as penas ajudariam a reter o calor corporal. Outro fóssil,

do gênero *Archaeopteryx*, descoberto na Alemanha, com 150 milhões de anos, apresentava penas, mas ainda possuía dentes e uma longa cauda óssea (figura 16.11).



**Figura 16.11** A evolução das aves: na ilustração (cores fantasia), reconstituição de um dinossauro com penas (*Velociraptor mongoliensis*, cerca de 2 m de comprimento) atacando um arqueópteryx (cerca de 30 cm de comprimento); na foto, fóssil de arqueópteryx.

## Processos evolutivos



### Aves são dinossauros?

Estudos de fósseis indicam que as aves podem ter se originado de terópodes, dinossauros carnívoros e bípedes, ao longo da era Mesozoica (entre 245 e 65 milhões de anos). Para a maioria dos cientistas, as semelhanças entre esses dinossauros e as aves são tantas que estas podem ser consideradas verdadeiros "dinossauros avianos".

Entre os dinossauros "não avianos" mais próximos evolutivamente das aves estariam os gêneros *Deinonychus*, *Velociraptor* e *Oviraptor*, que, entre outras características, possuíam um pescoço alongado e móvel, pé com três dedos (apoiando-se em apenas dois deles para andar) e ossos ocos, que tornam o esqueleto mais leve. Além disso, muitos possuíam penas, que poderiam ser um isolante térmico, ajudando a manter o corpo do animal aquecido.

Sabemos hoje que várias características que se pensava serem exclusivas das aves estavam presentes nos fósseis de dinossauros "não avianos", como o osso largo do peito e a estrutura cristalina da casca dos ovos. Além disso, sobre uma pilha de ovos de *Oviraptor*, foram encontra-

dos restos do animal, que estavam em posição semelhante à assumida por aves ao chocar.

Em 2006, cientistas ingleses conseguiram "religar" um gene de uma ave e viram que o embrião iniciou a formação de dentes semelhantes aos de fósseis ancestrais de aves.

Em 2007, cientistas conseguiram extrair colágeno (uma proteína) do osso do fêmur de um tiranossauro com 68 milhões de anos e compararam esse colágeno com o da galinha atual, constatando que eles são bastante parecidos: mais um fato que apoia a ideia de um parentesco evolutivo entre dinossauros e aves, indicando que esses dois grupos descendem de um ancestral comum.

Essa discussão serve como exemplo de que, em ciência, tentamos formular hipóteses que possam ser testadas por observações ou experimentos, um tema estudado em Filosofia da Ciência.

Fontes de pesquisa: CHIAPPE, L. M. *Downsized Dinosaurs: The Evolutionary Transition to Modern Birds*. *Evolution: Education and Outreach*. v. 2, n. 2, jun. 2009, p. 248-256. Disponível em: <[www.springerlink.com/content/66w3755838876571/fulltext.pdf](http://www.springerlink.com/content/66w3755838876571/fulltext.pdf)>. Acesso em: 5 abr. 2016. QUICK, D. E.; RUBEN, J. A. *Cardio-pulmonary Anatomy in Theropod Dinosaurs: Implications from Extant Archosaurs*. *Journal of Morphology*. v. 270, n. 10, p. 1232-1246. *Published Online* 20 May 2009. Resumo disponível em: <[www3.interscience.wiley.com/journal/122395783/abstract?CRETRY=1&SRETRY=0](http://www3.interscience.wiley.com/journal/122395783/abstract?CRETRY=1&SRETRY=0)>. Acesso em: 18 dez. 2015.

## 2 Mamíferos

Uma das características exclusivas dos mamíferos é o corpo coberto (total ou parcialmente) de pelos formados de queratina. A superfície do corpo também apresenta **glândulas mamárias** (daí o nome do grupo, que significa “portador de mamas”; **figura 16.12**), além de glândulas **sudoríferas** (ou sudoríparas) e **sebáceas**. Os mamíferos machos também apresentam glândulas mamárias, mas elas são atrofiadas, ou seja, não se desenvolvem nem produzem leite.

Mesmo que um animal não apresente todas as características típicas de mamíferos na fase adulta, normalmente podemos observar essas características na fase embrionária. Outra característica é a presença de um **diafragma**, um músculo que divide a cavidade torácica da abdominal e cuja contração/relaxamento bombeia o ar para dentro e para fora dos pulmões.

Os mamíferos apresentam ainda uma dentição diferenciada em dentes **incisivos**, **caninos**, **pré-molares** e **molares**.

Finalmente, sob a pele os mamíferos apresentam um tecido rico em células adiposas (adipócitos), o **panículo adiposo**, que atua como isolante térmico, diminuindo a perda de calor pelo corpo, e como reserva de alimento.

## Revestimento

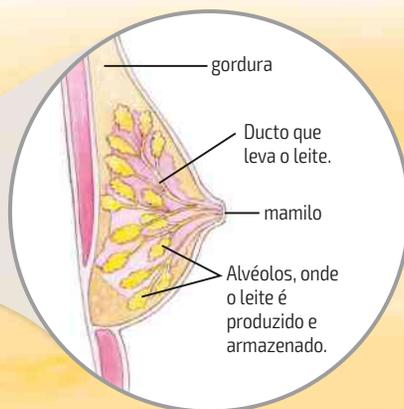
A pele, com epiderme queratinizada e derme, apresenta pelos. Sob a derme, a gordura concentra-se no tecido adiposo, que é mais espesso nos animais adaptados ao clima frio e nos mamíferos aquáticos sem pelos, como a baleia e o golfinho. Os pelos e a gordura funcionam como isolante térmico e contribuem para a manutenção de uma temperatura constante.

Em alguns mamíferos, as glândulas sudoríferas ajudam a baixar a temperatura do corpo: ao evaporar, a água do suor retira calor da pele e do sangue abaixo dela, esfriando o corpo. O fato de a água ter um calor de vaporização alto, fenômeno estudado em Física, explica por que a transpiração ajuda a baixar a temperatura do corpo – e também explica por que sentimos frio quando saímos molhados do banho.

Alguns animais, como os cães, possuem poucas glândulas sudoríferas, e a temperatura do corpo diminui quando eles respiram rápida e superficialmente. Esse comportamento aumenta a evaporação do vapor de água pelo sistema respiratório.

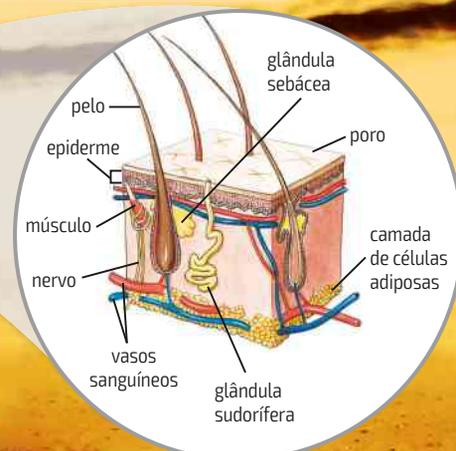
As glândulas sebáceas produzem gordura que lubrifica os pelos e a pele, contribuindo para sua impermeabilização. As glândulas mamárias produzem o leite que alimenta os filhotes.

Lzf/Shutterstock/Glow Images



Ilustrações: Hiroe Sasaki/Arquivo da editora

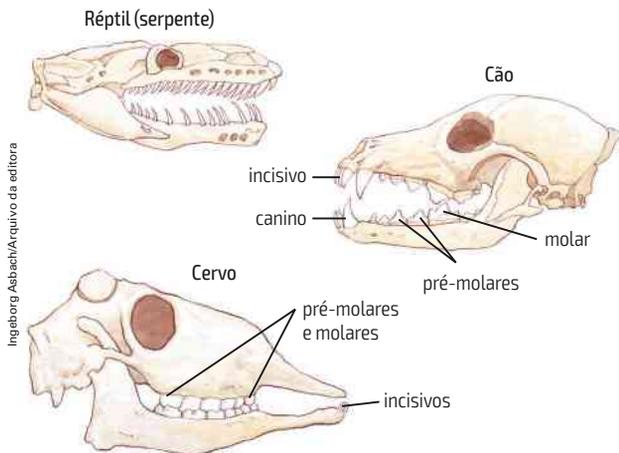
**Figura 16.12** Pelos e glândulas mamárias são características exclusivas dos mamíferos (os elementos da ilustração não estão na mesma escala; as células são microscópicas; cores fantasia).



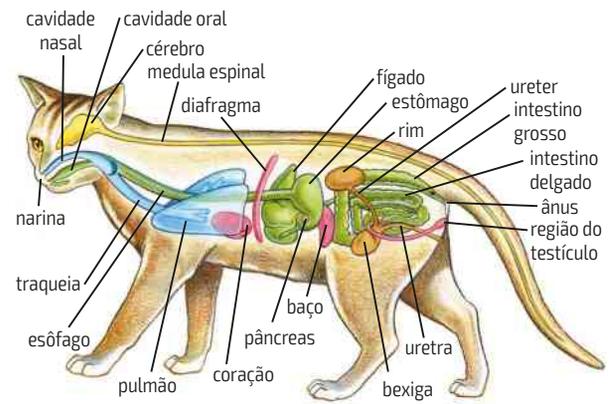
## Nutrição

Nos mamíferos em geral há vários tipos de dentes: os incisivos são especializados em cortar; os caninos têm um formato apropriado para furar e rasgar; os pré-molares e molares, para triturar (**figura 16.13**). Os animais carnívoros, como a onça, possuem caninos bem desenvolvidos que furam e rasgam a carne das presas. Nos animais herbívoros, como bois, girafas e camelos, predominam os molares, usados para triturar folhas. Já o castor, que corta com os dentes ramos de árvores para construir barragens, tem incisivos bem desenvolvidos. Há ainda animais onívoros, que comem alimentos vegetais e animais (do latim *omne* = tudo; *vorare* = comer). O urso-pardo e o ser humano, por exemplo, podem comer frutas, peixes, ovos, etc.

Estão presentes fígado, pâncreas e glândulas salivares (menos nos mamíferos aquáticos). Como nos peixes osteíctes, o tubo digestório comunica-se com o exterior pelo ânus (**figura 16.14**), exceto no ornitorrinco e na equidna, que possuem cloaca (câmara comum que recebe os resíduos dos sistemas digestório, excretor e reprodutor).

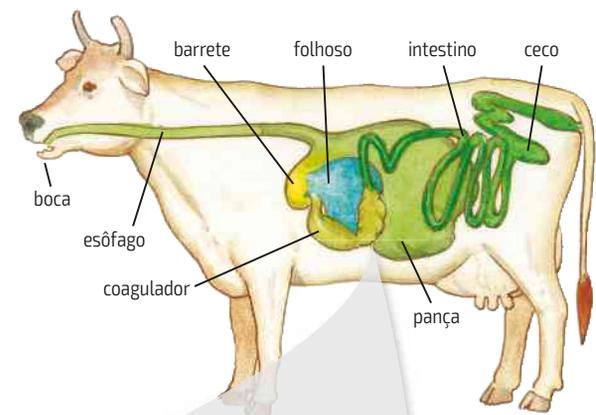


**Figura 16.13** Na ilustração, comparação entre a dentição dos répteis (os dentes são todos semelhantes) e a dos mamíferos (dentes especializados com funções diferentes; os elementos da ilustração não estão na mesma escala; cores fantasia). Nas fotos, dentes de um carnívoro (onça-pintada; 1,90 m a 2,10 m de comprimento).

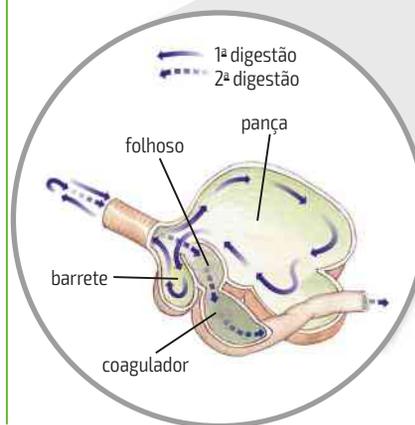


**Figura 16.14** Esquema simplificado da anatomia interna de um gato (os elementos da ilustração não estão na mesma escala; cores fantasia).

O estômago de mamíferos ruminantes (boi, carneiro, cabra, antílope, girafa, veado, camelo, etc.) é muito desenvolvido e divide-se em: **pança** ou **rúmen** (do latim *rumen* = pança, papo); **barrete** ou **retículo**; **folhoso** ou **omaso** (do latim *omasum* = tripa de boi); **coagulador** ou **abomaso** (do latim *ab* = afastado). Veja a **figura 16.15**. Essa divisão em compartimentos permite um melhor aproveitamento da celulose presente nos vegetais ingeridos, que constitui um nutriente importante na dieta desses animais.



**Figura 16.15** Sistema digestório dos ruminantes. (Os elementos da ilustração não estão na mesma escala; cores fantasia.)



O alimento é engolido e amassado na pança, onde a celulose é digerida por bactérias. A seguir, o alimento vai para o barrete, no qual há glândulas salivares semelhantes às da boca e com mais bactérias, que continuam a digestão da celulose.

Então, o alimento mistura-se à saliva e é regurgitado em pequenas porções, que serão mastigadas na boca vagarosamente. Depois é deglutido outra vez, indo para o folhoso, que ajuda a triturá-lo, além de absorver água. O alimento segue, então, para o coagula-dor, que produz ácido clorídrico e pepsina, digerindo proteínas e bactérias que chegam a ele. A digestão é finalizada no intestino, e os nutrientes são absorvidos.

O intestino dos animais herbívoros é muito maior que o do ser humano e o dos animais carnívoros – e pode ter até 40 m de comprimento. Isso se deve, provavelmente, à maior dificuldade da digestão causada pela parede de celulose das células vegetais.

## Respiração, circulação, excreção e coordenação

As diversas funções vitais dos mamíferos serão vistas em mais detalhes na Unidade 5 (Anatomia e Fisiologia humanas). Aqui vamos apresentar apenas um pequeno resumo dessas funções.

Assim como as aves e os répteis, os mamíferos respiram apenas por meio dos pulmões. A pele dos mamíferos, diferentemente da pele dos anfíbios, não tem função respiratória e, por ser impermeável, protege esses animais contra a desidratação. Mesmo os mamíferos aquáticos respiram por meio de pulmões, já que são animais que se originaram de animais terrestres e, posteriormente, voltaram para o ambiente aquático.

O pulmão é dividido em pequenos sacos (**alvéolos pulmonares**) que aumentam bastante a superfície relativa de absorção do oxigênio. A ventilação do ar é realizada com o auxílio dos músculos que ficam entre as costelas (músculos intercostais) e do diafragma. Esses músculos contraem e relaxam alternadamente, aumentando e diminuindo o volume do tórax, fazendo o ar entrar e sair dos pulmões.

O coração dos mamíferos, da mesma forma que o das aves, possui quatro cavidades: dois átrios e dois ventrículos. Não há comunicação entre o lado esquerdo e o lado direito do coração e, assim como ocorre com as aves, o sangue rico em oxigênio está completamente separado do rico em gás carbônico. A circulação é, portanto, dupla e completa. Isso garante fornecimento suficiente de oxigênio para uma boa produção de energia, o que possibilita que os mamíferos sejam ativos em qualquer temperatura.

O sistema urinário é formado por dois rins, dois ureteres (canais condutores), uma bexiga urinária e uma uretra (canal de saída), que se abre do lado externo do corpo. Os rins retiram do sangue certas substâncias tóxicas produzidas pela atividade celular, como a ureia, além da água e dos sais minerais em excesso. Essas substâncias, eliminadas e dissolvidas na água, constituem a urina. A urina passa pelos ureteres e se acumula na bexiga urinária até sair do corpo pela uretra.

Assim como outros vertebrados, os mamíferos possuem um sistema nervoso formado pelo encéfalo (cérebro, cerebelo, bulbo e ponte), pela medula espinal e pelos nervos. Há doze pares de nervos cranianos. Os mamíferos possuem o maior cérebro entre os vertebrados. Uma camada superficial bem desenvolvida chamada córtex confere a esses animais grande capacidade de inteligência, memória e aprendizagem. A audição – com orelhas interna, média e externa, e com um pavilhão auricular que facilita a percepção dos sons –, a visão e os epitélios gustatórios e olfatórios são bem desenvolvidos, havendo ainda receptores sensoriais espalhados pela pele.

## Controle da temperatura

Os mamíferos são endotérmicos. Quando o ambiente esfria, o organismo deles responde, controlando a temperatura do corpo à custa do calor liberado pela oxidação de alimento. Quando o ambiente es- quente, os mamíferos refrigeram o corpo por meio da evaporação da água eliminada pelas glândulas sudoríferas ou da evaporação de água pela expiração.

Essa regulação da temperatura pode trazer alguns problemas por ser muito dispendiosa. Se o ambiente é frio, os mamíferos dependem de maior quantidade de alimento e de oxigênio; se é quente, correm o risco de perder muita água pela evaporação.

Outra adaptação dos organismos endotérmicos é sua capacidade de controlar a quantidade de sangue que irriga a pele por meio da contração ou do relaxamento dos músculos lisos (involuntários) das arteríolas da pele (**figura 16.16**). Quando os músculos relaxam, as arteríolas dilatam-se e mais sangue circula pela pele, fazendo com que o corpo perca calor. Quando eles se contraem, o volume de sangue diminui, reduzindo a perda de calor.

A velocidade das reações químicas, isto é, a taxa metabólica, varia em função da temperatura do ambiente. Ela pode ser medida pelo consumo de oxigênio por unidade de massa do ser vivo.

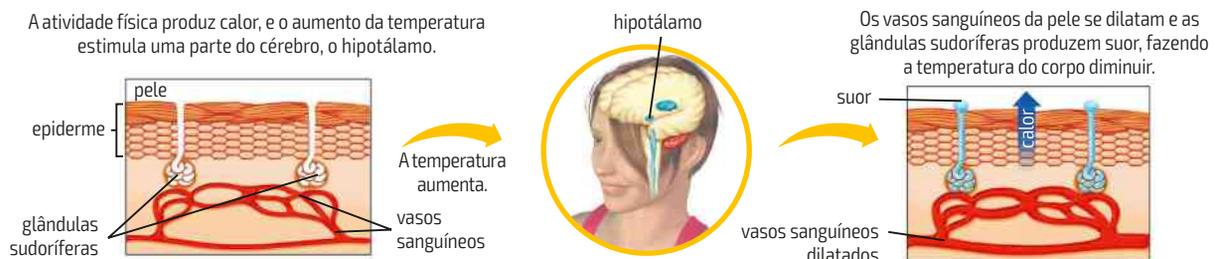
Em geral, quando a temperatura ambiental está entre 27 °C e 35 °C, o metabolismo em repouso de um animal endotérmico permanece constante. Nesse intervalo, o animal não aumenta o gasto energético para controlar a temperatura. Abaixo dos 27 °C, à medida que a temperatura ambiente diminui, o animal precisa gastar cada vez mais energia para produzir calor e manter a temperatura do corpo constante; com isso, o metabolismo aumenta. Acima de 35 °C, o metabolismo também aumenta, pois o animal precisa gastar energia para eliminar calor, produzindo suor ou ofegando, por exemplo.

Em um animal ectotérmico, quando a temperatura ambiente aumenta, a temperatura corporal

também se eleva, o que faz a taxa metabólica aumentar até certo ponto.

Alguns mamíferos, como as marmotas, diminuem suas atividades durante o inverno, caindo em uma espécie de sono profundo. A respiração e o batimento cardíaco diminuem muito, e a temperatura do corpo cai bastante (pode chegar a 2 °C). Esse processo, chamado **hibernação**, possibilita a sobrevivência em uma estação em que há muito pouco alimento. Em vez de procurar comida, eles se alimentam das reservas de gordura que acumularam no corpo.

Outros mamíferos, como o urso, também passam o inverno dormindo, mas acordam de vez em quando; sua temperatura cai apenas alguns graus.



**Figura 16.16** Mecanismos para perder calor e abaixar a temperatura em seres humanos, que são endotérmicos (os elementos da ilustração não estão na mesma escala; cores fantasia).

Ilustrações: Luis Moura/Arquivo de editora

## Biologia e Física



### Tamanho e superfície relativa

Considerando a mesma forma, quanto maior o corpo do animal, menor a sua superfície relativa, e vice-versa. A superfície relativa é a razão entre a área e o volume de um corpo. Quando um corpo aumenta de tamanho, o volume aumenta com o cubo de suas dimensões e a área aumenta com o quadrado. Essa relação explica a transferência de calor (um fenômeno físico) de um corpo para o ambiente. Um exemplo: como a capacidade de perder calor para o ambiente depende da área da pele do animal, animais endotérmicos de pequeno porte, como o beija-flor, perdem muito calor através da pele e precisam consumir mais alimento e oxigênio, proporcionalmente à massa do corpo, para manter sua temperatura. Um musaranho, mamífero com apenas 3 g, come diariamente uma quantidade de alimento equivalente à própria massa. Portanto, o gasto de energia do animal por unidade de massa é maior nos animais pequenos.

Podemos concluir ainda que, em princípio, animais que vivem em regiões frias tendem a apresentar maior porte que indivíduos da mesma espécie que vivem em ambiente quente – embora outros fatores possam influenciar essa relação. Além disso, as “expansões” do corpo (orelhas e patas) nos indivíduos de clima frio são, em geral, menores, pois a maior superfície relativa dessas partes facilita a perda de calor do corpo, o que seria uma desvantagem.

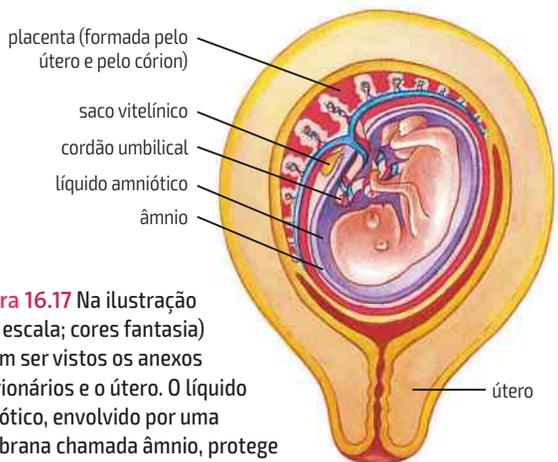
Nos animais de grande porte, como os elefantes, que vivem em regiões de clima quente, a pequena área relativa dificulta a perda de calor. No caso do elefante, os pelos reduzidos facilitam a perda de calor. Além disso, a grande superfície relativa das orelhas desses animais, por onde circula muito sangue, funciona como uma espécie de “radiador”. Os elefantes possuem ainda adaptações comportamentais para diminuir sua temperatura, como lançar água sobre seu corpo com a tromba e chafurdar na lama, o que provoca evaporação de água na pele e, com isso, a perda de calor.

## Reprodução e desenvolvimento

Os mamíferos apresentam fecundação interna. Os machos possuem pênis, e os testículos alojam-se em uma bolsa escrotal – em algumas espécies, permanentemente; em outras, apenas na época da reprodução. O desenvolvimento é direto.

Quase todos os mamíferos são vivíparos (exceto o ornitorrinco e a equidna, que são ovíparos): o filhote desenvolve-se no útero à custa de alimento e oxigênio retirado diretamente do sangue da mãe pela placenta; por esta também elimina as excretas e o gás carbônico. Além da placenta, estão presentes o âmnio, o córion, a alantoide e o saco vitelínico (figura 16.17). A placenta comunica-se com o embrião pelo cordão umbilical.

Mesmo após o nascimento, o filhote continua a receber, por algum tempo, alimento diretamente da mãe (leite), produzido pelas glândulas mamárias. Os cuidados com a prole são mais intensos e persistem, em geral, por mais tempo nos mamíferos que nos outros vertebrados.



**Figura 16.17** Na ilustração (sem escala; cores fantasia) podem ser vistos os anexos embrionários e o útero. O líquido amniótico, envolvido por uma membrana chamada âmnio, protege o embrião de possíveis choques provocados pelos movimentos da mãe.

Ingeborg Asbach/Arquivo da editora

## Classificação

Os mamíferos podem ser divididos em três grupos: **Prototheria** ou **Monotremata** (prototérios ou monotremados), **Metatheria** ou **Marsupialia** (metatérios ou marsupiais) e **Eutheria** (eutérios).

### Prototheria ou Monotremata

Os prototérios (do grego *protos* = primitivo; *therion* = fera, termo usado para mamíferos) são o ornitorrinco e a equidna (figura 16.18), animais encontrados em países da Oceania.



Nicole Duplax/National Geographic Creative/Getty Images

Ornitorrinco (*Ornithorhynchus anatinus*; entre 40 cm e 60 cm de comprimento, fora a cauda).



Shinyo shiro/Minden Pictures/Latinstock

Equidna (*Tachyglossus aculeatus*; cerca de 30 cm de comprimento).

**Figura 16.18** A ordem dos monotremados é formada por apenas duas espécies: o ornitorrinco e a equidna.

Esses mamíferos apresentam algumas características semelhantes aos répteis, como a postura de ovos com casca e gema e a presença da cloaca. Vem daí o termo monotremados (do grego *monos* = um; *trema* = abertura), que se refere à abertura única para os sistemas digestório, urinário e genital. Possuem pelos e glândulas mamárias, mas não há mamilos, e o leite é lambido dos poros da pele.

### Metatheria ou Marsupialia

Entre os metatérios (do grego *meta* = além de; *therion* = animal) estão os cangurus e os coalas, encontrados nas ilhas da Oceania, e os gambás e catitas, encontrados na América do Sul. Veja a figura 16.19.



Frans Leming/Latinstock

Canguru (*Macropus rufus*) com filhote (entre 1 m e 1,60 m de comprimento).

Gambá (*Didelphis marsupialis*; entre 45 cm e 50 cm de comprimento, fora a cauda). O nome "gambá" vem da língua tupi *gã'ba*, que significa 'saco vazio' (referindo-se ao marsúpio).



Fabio Colombini/Acervo do fotógrafo

**Figura 16.19** Exemplos de mamíferos marsupiais.

São vivíparos, mas apresentam um tipo de placenta mais simples e que dura menos tempo. Após uma gestação relativamente curta, o filhote arrasta-se até o **marsúpio** (do latim *marsupiu* = bolsa), uma bolsa de pele situada no ventre da mãe que contém glândulas mamárias, onde completa seu desenvolvimento.



Fabio Colombini/Acervo do fotógrafo

Preguiça-de-coleira (*Bradypus torquatus*; cerca de 80 cm de comprimento).



Fabio Colombini/Acervo do fotógrafo

Capivara (*Hydrochoerus hydrochaeris*; entre 1 m e 1,30 m de comprimento), o maior roedor do mundo, encontrado no Brasil.

## Eutheria

No grupo dos eutérios (do grego *eu* = verdadeiro; *therion* = animal) está a maioria dos mamíferos. A placenta é desenvolvida e duradoura. Veja a seguir alguns exemplos desses mamíferos (figura 16.20).



Fabio Colombini/Acervo do fotógrafo

Tamanduá-mirim (*Tamandua tetradactyla*; cerca de 55 cm de comprimento, fora a cauda).



Fabio Colombini/Acervo do fotógrafo

Lobo-guará (*Chrysocyon branchyurus*; 1 m a 1,5 m de comprimento, fora a cauda).



Fabio Colombini/Acervo do fotógrafo

Mico-leão-de-cara-dourada (*Leontopithecus chrysomelas*; cerca de 25 cm de comprimento, fora a cauda).



Alexis Rosenfield/SPL DCLatinstock

Baleia jubarte (*Megaptera novaeangliae*; cerca de 15 metros de comprimento).



Suzi Easther/Minden Pictures, iStock

Golfinho (*Tursiops truncatus*; entre 1,30 m e 4 m de comprimento).

**Figura 16.20** Exemplos de mamíferos eutérios.

## Evolução

Os antepassados dos atuais mamíferos surgiram antes das aves, no período Triássico, há cerca de 220 milhões de anos. Evoluíram de um grupo de répteis atualmente extintos, os terapsidas, conhecidos também como répteis mamaliformes, que viveram entre 280 e 190 milhões de anos atrás. Possuíam já uma dentição especializada. Os membros locomotores mantinham o tronco suspenso do solo, possibilitando que se deslocassem sem rastejar (“terapsida” vem do grego *téras* = monstro; *apsis* = suspenso).

Os primeiros mamíferos eram pequenas criaturas peludas, de tamanho semelhante ao dos ratos atuais (figura 16.21). Nos fósseis desses animais, o tamanho da órbita (o espaço onde está o globo ocular) indica que seus olhos eram grandes: deviam es-

tar adaptados a pouca quantidade de luz. Seriam, nesse caso, animais de hábitos noturnos.

Provavelmente, à noite, quando a temperatura caía e muitos répteis diminuavam suas atividades, eles saíam para caçar insetos e outros invertebrados, uma vez que eram endotérmicos.

Foi somente a partir da extinção dos dinossauros, há 65 milhões de anos, que os mamíferos puderam se espalhar pelos mais variados ambientes. No entanto, muitos dos primitivos mamíferos se extinguíram. Por exemplo, o mamute se extinguiu há cerca de 12 mil anos.

Há cerca de 60 milhões de anos os mamíferos já tinham se diversificado. Os primeiros antropóides, grupo dos primatas que inclui o gorila, o chimpanzé, o orangotango e o ser humano, devem ter surgido há cerca de 50 milhões de anos.

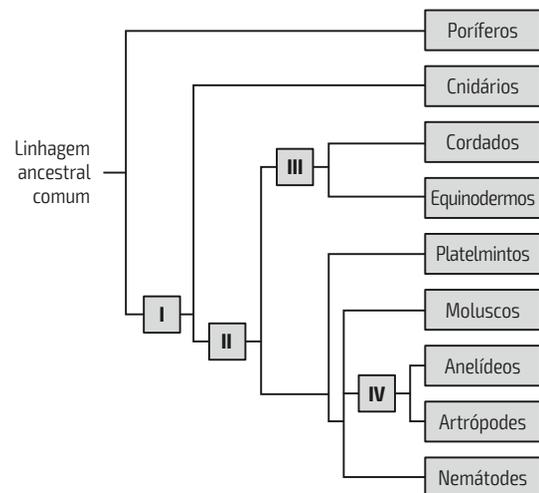
Christian Jégou PubliPhoto Diffusion/SPULainstock



**Figura 16.21** Reconstituição artística de animais do período Triássico (248 a 206 milhões de anos atrás). Acima e à esquerda, um dos maiores répteis carnívoros da época (gênero *Postosuchus*), com cerca de 4 m de comprimento. Abaixo dele, três dos maiores terapsidas herbívoros da época (gênero *Placérias*), com cerca de 3,5 m de comprimento. Abaixo e à direita, aparecem dois exemplares dos primeiros mamíferos (gênero *Megazostrodon*; cerca de 10 cm de comprimento). Atrás deles, à direita, outro terapsida (gênero *Cynognathus*; cerca de 1 m de comprimento). Ao fundo podem ser vistos vários dinossauros e, no alto, um pterossauro.

- Os cientistas acreditam que as aves vieram, por evolução, de um grupo de dinossauros. Uma das pistas que os levaram a essa conclusão é o fato de que alguns fósseis de dinossauros apresentavam o corpo coberto por algo que não estava presente em outros dinossauros. Que estrutura presente nesses fósseis apoia a ideia de parentesco evolutivo entre dinossauros e aves? Justifique sua resposta.
- Pesquisando uma região para um trabalho prático de Biologia, um estudante observou que em épocas de muito frio os lagartos do lugar mostravam-se pouco ativos, ao contrário das aves. Por que as aves podem se manter ativas mesmo em climas muito frios?
- Você já deve ter ouvido a pergunta: “Quem nasceu primeiro, o ovo ou a galinha?”. Raciocinando de acordo com a história evolutiva dos vertebrados, tente responder a essa pergunta.
- Algumas pessoas acreditam que os mamíferos são os animais “mais evoluídos”. Depois de ter estudado os diversos grupos de animais, você concorda com essa crença? Por quê?
- Focas e leões-marinhos são animais mamíferos que vivem em regiões geladas e nadam em busca de alimento. Esses animais têm pelos muito curtos, mas, por outro lado, possuem uma espessa camada de gordura sob a pele. Por que essa camada é importante para focas e leões-marinhos?
- Ao estudar as aves e os mamíferos, um estudante disse que uma das diferenças entre os dois grupos é que, enquanto todas as aves são ovíparas, os mamíferos são todos vivíparos. Ele está correto em suas afirmações? Explique.
- Sem ter feito uma observação direta da dentição dos animais, um estudante disse que os dentes de uma onça certamente são diferentes dos de um boi. Por que ele pode afirmar isso com tanta certeza?
- (Fuvest-SP) O diagrama a seguir representa uma das hipóteses sobre a evolução dos animais metazoários. Nele, os retângulos com os números I, II, III e IV correspondem ao surgimento de novas características morfológicas. Isso significa que os grupos de animais situados acima desses retângulos são portadores da característica correspondente.
  - Liste as características morfológicas que correspondem, respectivamente, aos retângulos com os números I, II, III e IV.

- Ordene as seguintes características dos cordados, de acordo com seu surgimento na história evolutiva do grupo, da mais antiga à mais recente: pulmões, ovo amniótico, coluna vertebral, endotermia, cérebro.



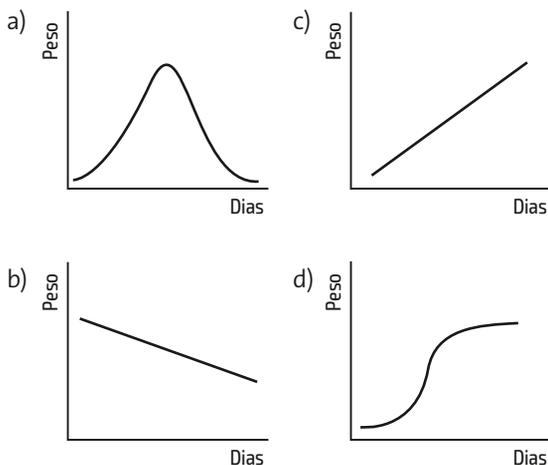
- (UFRN) Répteis e aves foram os primeiros grupos animais na escala filogenética a apresentar ânion e alantoide no ovo. Por conta desse ganho evolutivo, esses animais tornaram-se capazes de:
  - desenvolver-se sem metamorfose.
  - produzir maior número de filhotes.
  - formar a cavidade celomática.
  - reproduzir-se fora da água.
- (Unifesp) Cobras, em geral, ingerem uma grande quantidade de alimento, mas apenas de tempos em tempos. Gaviões, comparativamente, ingerem alimento em pequenas quantidades, porém diariamente e várias vezes ao dia. Conhecendo as principais características dos grupos a que esses animais pertencem, pode-se afirmar corretamente que isso ocorre porque:
  - a digestão nas cobras é mais lenta e isso fornece energia aos poucos para seu corpo. Nos gaviões, a necessidade de fornecimento maior e mais rápido de energia condicionou o comportamento de tomada mais frequente de alimento.
  - as cobras, por ingerirem as presas inteiras, demoram mais tempo digerindo pelos e penas. Os gaviões, por ingerirem as presas aos pedaços, já começam a digestão a partir do tecido muscular da presa.
  - os órgãos sensoriais das cobras são bem menos desenvolvidos que os dos gaviões. Por isso, ao conseguirem alimento, ingerem a maior quantidade possível como forma de otimizar o recurso energético.

- d) sendo ectotérmicas (peilotérmicas), as cobras possuem um período de busca de alimento restrito aos horários mais quentes do dia e, por isso, ingerem tudo o que encontram. Já os gaviões, que são endotérmicos (homeotérmicos), são ativos tanto de dia quanto à noite.
- e) as escamas e placas epidérmicas do corpo das cobras dificultam sua locomoção rápida, o que influencia o comportamento de caça e tomada de alimento. Os gaviões, nesse sentido, são mais ágeis e eficientes, por isso caçam e comem mais.

11. (UFMG) Um professor apresentou à classe o seguinte problema:

*Qual deverá ser a variação do peso de um ovo de galinha, durante o processo de desenvolvimento embrionário do pintinho, até um dia antes de seu nascimento?*

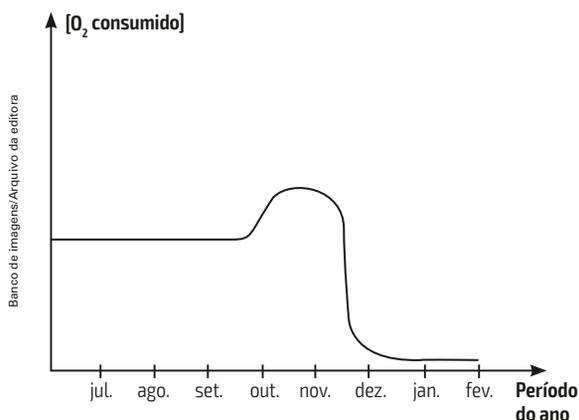
Os alunos apresentaram diferentes respostas expressas pelas curvas a seguir. Assinale a alternativa que mais se aproxima da resposta correta.



12. (Enem) Em 1861 foi anunciada a existência de um fóssil denominado *Arqueopteryx*, que revolucionou o debate acerca da evolução dos animais. Tratava-se de um dinossauro que possuía penas em seu corpo. A partir dessa descoberta, a árvore filogenética dos animais acabou sofrendo transformações quanto ao ancestral direto das aves. Nessa nova árvore filogenética, de qual grupo as aves se originaram?

- a) Peixes ósseos. d) Peixes cartilagosos.  
 x) b) Répteis. e) Anfíbios.  
 c) Mamíferos.

13. (Ufla-MG) Em estudos sobre o metabolismo, o consumo de  $O_2$  reflete o gasto energético. A figura seguinte apresenta o consumo médio de  $O_2$  entre julho e fevereiro, por um mamífero de pequeno porte, que ocorre em latitudes elevadas no Hemisfério Norte.



Com base na figura é correto afirmar que

- a) o elevado consumo de  $O_2$  em outubro-novembro se deve à ausência de alimento nessa época do ano.  
 b) o consumo moderado de  $O_2$  em julho-setembro se deve à escassez de alimento e economia energética do animal.  
 c) o consumo elevado de  $O_2$  em outubro-novembro se deve à necessidade de acumular carboidratos para o isolamento térmico.  
 x) d) a queda de consumo de  $O_2$  em dezembro-fevereiro se deve ao processo de hibernação.

14. (Enem) *A maior parte dos mamíferos — especialmente os grandes — não pode viver sem água doce. Para os mamíferos marinhos, água doce é ainda mais difícil de ser obtida. Focas e leões-marinhos captam água dos peixes que consomem e alguns comem neve para obtê-la. Os peixes-boi procuram regularmente água doce nos rios. As baleias e outros cetáceos obtêm água de seu alimento e de goladas de água do mar. Para tanto, os cetáceos desenvolveram um sistema capaz de lidar com o excesso de sal associado à ingestão de água marinha.*

WONG, K. Os mamíferos que conquistaram os oceanos. In: *Scientific American Brasil*. Edição Especial, nº 5: Dinossauros e outros monstros (adaptado).

A grande quantidade de sal na água do mar

- a) torna impossível a vida de animais vertebrados nos oceanos.  
 b) faz com que a diversidade biológica no ambiente marinho seja muito reduzida.  
 c) faz com que apenas os mamíferos adaptados à ingestão direta da água salgada possam viver nos oceanos.  
 d) faz com que seja inapropriado seu consumo direto como fonte de água doce por mamíferos marinhos, por exemplo, as baleias.  
 x) e) exige de mamíferos que habitam o ambiente marinho adaptações fisiológicas, morfológicas ou comportamentais que lhes permitam obter água doce.

## Trabalho em equipe

1. Citem alguns exemplos de aves que possuem as adaptações a seguir. Para cada ave pesquisada, elaborem uma ficha que contenha seus hábitos de vida, suas relações ecológicas e seu *habitat*.

a) pés adaptados a: agarrar-se aos ramos de árvores; caminhar ou correr no solo; nadar; segurar presas;

b) bicos adaptados a: quebrar sementes; recolher o néctar das flores; perfurar a casca das árvores para pegar larvas de insetos; capturar peixes.

Depois, apresentem o resultado do trabalho (com ilustrações, fotos ou vídeos) para a classe e a comunidade escolar.

Informem-se também se em sua região existe alguma instituição educacional ou de pesquisa que trabalhe com aves brasileiras ou mantenha uma exposição sobre esses animais e verifiquem a possibilidade de agendar uma visita ao local. Caso isso não seja possível, pesquisem *sites* de universidades, museus, etc. que disponibilizem uma exposição virtual sobre o tema.

2. Pesquisem inicialmente uma lista atualizada de mamíferos da fauna brasileira ameaçados de extinção. Cada grupo deverá, então, escolher dois desses animais para fazer um resumo de algumas de suas características

(*habitat*, alimentação, modo de locomoção, dimensões do corpo, mecanismo de defesa ou captura de outros animais, etc.). Verifiquem também se em sua região existe alguma instituição educacional ou de pesquisa que trabalhe com mamíferos brasileiros ou que mantenha uma exposição sobre esses animais e, se possível, tentem agendar uma visita ao local. Como opção, vocês podem acessar *sites* de universidades, museus, etc., que disponibilizem uma exposição virtual. Depois, apresentem o resultado do trabalho (com ilustrações, fotos ou vídeos) para a classe e a comunidade escolar.

3. Pesquisem o conteúdo da letra da música “Passaredo”, de Francis Hime e Chico Buarque. Nessa música, os compositores citam o nome de várias aves brasileiras. E ainda passam uma mensagem ecológica:

“Bico calado

Muito cuidado

Que o homem vem aí”

(Na realidade, muitas espécies, e não só as aves, estão correndo perigo — até mesmo nós, seres humanos.)

Façam uma pesquisa sobre as principais características e modo de vida dos pássaros que aparecem na música. Podem também apresentar a música para a classe.

## Sugestões de aprofundamento

### Para ler:

- **Anfíbios da Mata Atlântica.** Luis Felipe Toledo et al. São Paulo: Neotrópica, 2008.
- **Animais da nossa Terra.** Marcia Riederer. São Paulo: Cuca Fresca, 2007.
- **Dinossauros.** Dylan M. Nash. São Paulo: Ciranda Cultural, 2010.
- **Macacos.** Genevieve de Becker. São Paulo: Girassol, 2008.

### Para acessar:

- **SOS Mata Atlântica Brasil:** <[www.sosma.org.br](http://www.sosma.org.br)>
- **Fundação Parque Zoológico de São Paulo:** <[www.zoologico.com.br](http://www.zoologico.com.br)>

Acesso em: 25 abr. 2016.

### Para assistir:

- **Xingu.** Cao Hamburger. Brasil, 2011. 102 minutos.  
Três irmãos trocam a cidade pela aventura de viver nas matas. Para isso, resolvem se alistar no programa de expansão na região do Brasil central, incentivado pelo governo. Criando afinidade com os habitantes da floresta, os três se tornam referência nas relações com os povos indígenas.

# Anatomia e fisiologia humanas

Todos os sistemas de um organismo funcionam em conjunto, mantendo suas condições internas compatíveis com a vida. A composição química dos líquidos do corpo, por exemplo, mantém-se mais ou menos constante. Qualquer falha nesse controle pode determinar uma doença ou até mesmo a morte do organismo. Essa capacidade de autorregulação presente em todas as formas vivas é denominada homeostase. Nesta Unidade veremos como os diversos sistemas do corpo humano colaboram para a homeostase e para a sobrevivência do organismo.



Células que revestem a parte interna do estômago. Observe na imagem o muco que protege essas células do ácido e das enzimas digestivas que atuam nesse órgão. (Microscopia eletrônica de varredura; aumento de 700 vezes.)

Assim como os organismos, as células têm um determinado ciclo de vida. As células do nosso sistema digestório, por exemplo, são geradas por mitose, se especializam, envelhecem e morrem. As células do estômago e dos intestinos, por conta da ação dos ácidos estomacais responsáveis por parte da digestão, têm um período de vida de cerca de 5 dias. Vamos conhecer agora como os órgãos que formam nosso sistema digestório funcionam, obtendo nutrientes que alimentam o organismo inteiro.

- ◆ O que acontece com os alimentos depois que nós os ingerimos?
- ◆ Quais são as partes do corpo envolvidas no processo de digestão dos alimentos?
- ◆ Que doenças podem estar associadas aos principais órgãos envolvidos nesse processo?
- ◆ O que pode acontecer com as pessoas que não se alimentam de forma adequada?



## 1 Sistema digestório

O sistema digestório se inicia na boca e segue pela faringe, pelo esôfago, estômago, intestinos delgado e grosso, terminando no ânus. O processo da digestão começa já na boca, onde há dentes, língua e glândulas salivares anexas. O intestino delgado recebe as substâncias secretadas pelo fígado e pelo pâncreas (figura 17.1). No fim da digestão, o material fecal é eliminado pelo ânus.

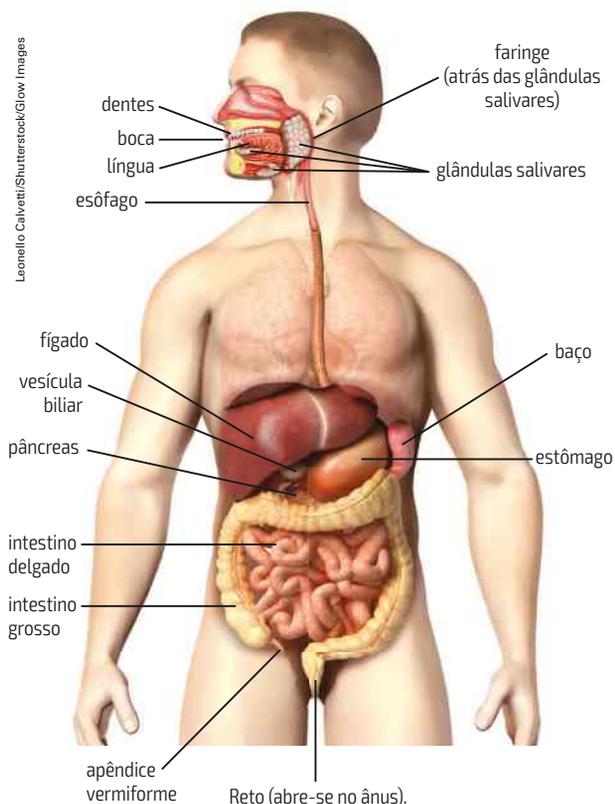


Figura 17.1 Representação do sistema digestório (os elementos da ilustração não estão na mesma escala; cores fantasia).

### Da boca ao estômago

Com os **dentes**, nós cortamos e trituramos o alimento. Esse processo aumenta a superfície de contato dos nutrientes com as enzimas digestivas, acelerando a velocidade da digestão.

No adulto, a dentição é formada por 32 dentes: oito **incisivos** (cortam pedaços de frutas e legumes); quatro **caninos** (furam e rasgam carnes); oito **pré-molares** e doze **molares** (trituram cereais, folhas e a comida em geral). Veja na **figura 17.2** a estrutura básica de um dente.

A **língua** – órgão de grande mobilidade e com corpúsculos sensoriais que captam o sabor – manipula o alimento e o mistura à saliva.

Os dentes (com a língua) realizam a **digestão mecânica**, ou seja, a transformação do alimento em pedaços menores. As enzimas digestivas realizam a **digestão química**, isto é, a transformação das moléculas do alimento em outras menores, capazes de serem absorvidas pelo intestino delgado, passarem para o sangue e entrarem nas células.

#### Fique de olho!

O **piercing** (joia perfurante colocada no corpo) na língua ou nos lábios aumenta o risco de inflamações, infecções e lesões nessas regiões.

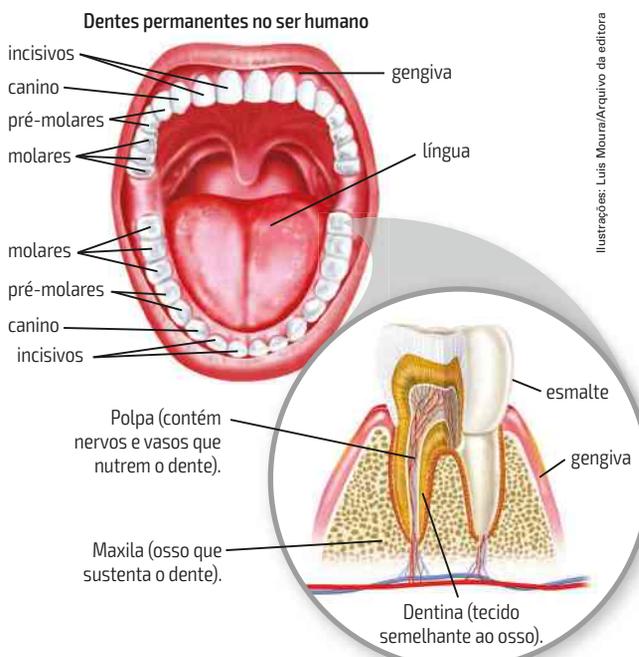


Figura 17.2 Dentição humana de um adulto e estrutura de um dente (os elementos da ilustração não estão na mesma escala; cores fantasia).

Além de proteger a boca contra as bactérias e umedecer sua mucosa, a **saliva** lubrifica e dilui o alimento, o que facilita a mastigação, a gustação e a deglutição. A saliva contém a enzima **amilase salivar** (do grego *amylon* = farinha; *ase* = designa enzima) ou **ptialina** (do grego *ptyal* = saliva; *ina* = natureza de), que inicia a digestão do amido e do glicogênio em maltose. A ptialina age no pH neutro da boca, mas é inibida ao chegar ao estômago por causa da acidez do suco gástrico. Algumas enzimas são mais ativas em certos índices de pH do que em outros. Há um pH chamado ótimo, no qual a distribuição de cargas elétricas na enzima é a ideal para sua atividade. A atividade enzimática foi estudada no Volume 1 desta coleção e também é estudada pela Química.

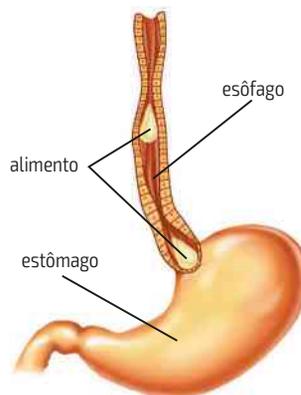
O cheiro e o sabor dos alimentos, captados pelas terminações nervosas do nariz e da língua, estimulam a maior produção de saliva. Não é à toa, portanto, que usamos a expressão “fiquei com água na boca”. Uma pessoa produz cerca de 1 L de saliva por dia pelos três pares de glândulas salivares: as **parótidas** (do grego *para* = ao lado; *otós* = ouvido), as **submaxilares** (do latim *sub* = abaixo de) e as **sublinguais**.

Após a mastigação, o alimento é engolido e passa para a **faringe** e, depois, para o **esôfago**. Nesse momento, a **epiglote** (do grego *epi* = sobre; *glottis* = língua) fecha automaticamente a entrada da laringe (**glote**) e impede que o alimento siga pelo sistema respiratório (figura 17.3). Logo depois da deglutição, a epiglote eleva-se, permitindo que o ar possa entrar pela laringe. Quando há algum descontrole dos reflexos que fecham a laringe, nós engasgamos, mas um

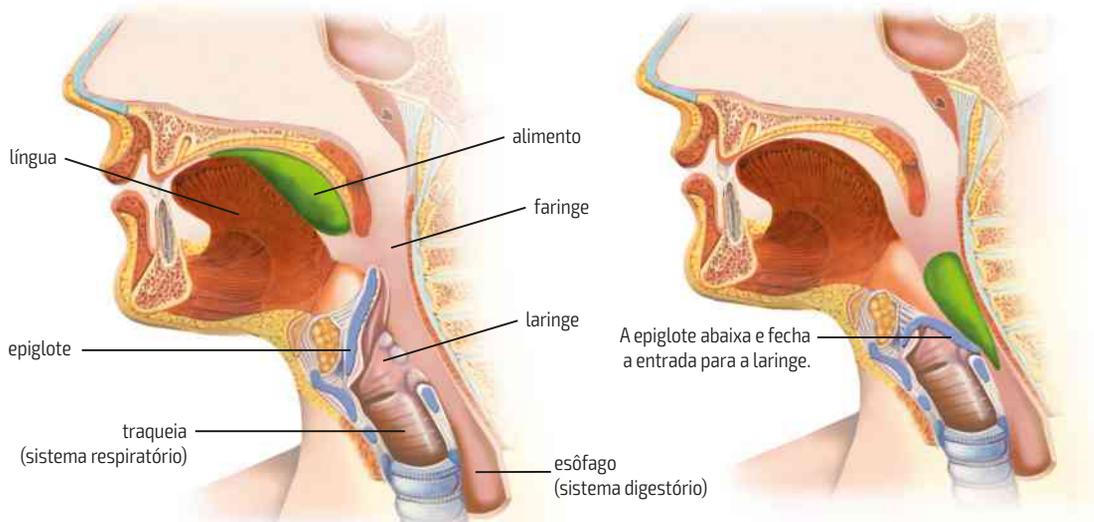
novo reflexo provoca tosse e ajuda a desobstruir o sistema respiratório.

Do esôfago (cerca de 25 cm de comprimento) até o estômago, o alimento é ativamente transportado por contrações musculares – as **contrações** ou **movimentos peristálticos** ou a **peristalse** (figura 17.4), que também fazem parte da digestão mecânica.

O **estômago** é uma região dilatada e musculosa do canal alimentar, com capacidade de cerca de um litro. Na sua entrada e na sua saída há dois **esfíncteres** com a função de controlar o volume de alimento que entra ou sai do órgão: a **cárdia** e o **piloro**, respectivamente. O alimento armazenado no estômago sofre a ação do suco gástrico, que contém ácido clorídrico, responsável pela extrema acidez nessa cavidade (pH em torno de 2). Esse ácido facilita a ação das enzimas do suco gástrico; desnatura proteínas, facilitando sua digestão e destrói várias bactérias. Um muco secretado pelo estômago protege suas paredes da ação do suco gástrico.



**Figura 17.4** Contrações peristálticas empurram o alimento ao longo do tubo digestório (os elementos da ilustração não estão na mesma escala; cores fantasia).



Ilustrações: Luis Moura / Arquivo da editora

**Figura 17.3** Observe como a epiglote protege a abertura do sistema respiratório quando o alimento é engolido. A faringe tem cerca de 15 cm de comprimento (os elementos da ilustração não estão na mesma escala; cores fantasia).

A imagem de um alimento ou a percepção de seu odor podem estimular a secreção gástrica. Além de um estímulo nervoso, há também um controle hormonal: o contato do alimento com a parte final do estômago ativa a produção de **gastrina** (do grego *gaster* = estômago; *ina* = natureza de), que é lançada no sangue e passa a estimular a secreção de suco gástrico.

A principal enzima do suco gástrico é a **pepsina** (do grego *pepsis* = digestão; *ina* = natureza de), uma protease (digere proteínas) produzida na forma inativa de **pepsinogênio** (do grego *genaio* = gerar). Pela ação do ácido clorídrico, o pepsinogênio transforma-se em pepsina e começa a quebrar as ligações químicas entre certos aminoácidos. Com isso, a proteína é fragmentada em polipeptídios de tamanhos variados.

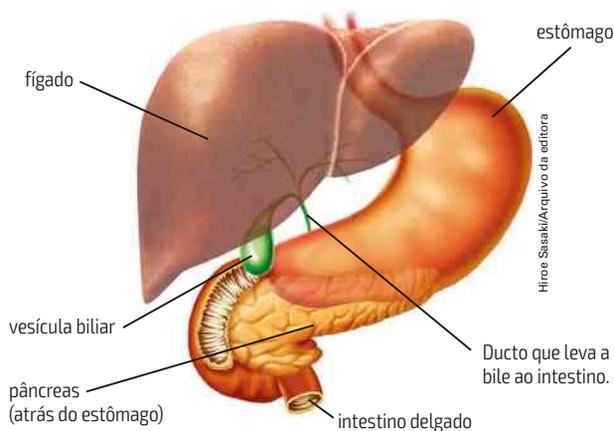
O alimento permanece no estômago de 2 a 4 horas, e forma-se uma massa ácida branca e pastosa: o **quimo** (do grego *chymos* = papa, mingau). Parte da água e dos sais, o álcool e alguns medicamentos, como a aspirina, são absorvidos no estômago. O restante do bolo alimentar passa para o intestino delgado, no qual ocorre a maior parte da absorção do alimento.

Entre o estômago e o início do intestino delgado há um músculo que funciona como uma válvula, o **píloro**. Essa válvula controla a passagem do alimento para o intestino.

## Modificações do alimento no intestino delgado

A maior parte da digestão e da absorção do alimento ocorre no **intestino delgado**, um tubo com cerca de 2,5 centímetros de diâmetro e 6,5 metros de comprimento, que pode ser dividido em três partes: o **duodeno** (em latim significa 'doze dedos'; uma referência ao comprimento do duodeno, aproximadamente igual à largura de doze dedos), com cerca de 25 cm de comprimento, o **jejuno** (do latim *jejunu* = que está em jejum) e o **íleo** (do latim *ileum* = enrolado). No seu interior realiza-se a principal parte da digestão e da absorção do alimento pelo organismo.

No duodeno são lançadas as secreções do fígado e do pâncreas (figura 17.5), também controladas por mensagens nervosas e hormônios. Quando entra em contato com a parede intestinal, o quimo estimula a produção de **secretina**. Esse hormônio estimula o pâncreas a secretar bicarbonato de sódio, substância básica que neutraliza a acidez do quimo. Outro hormônio é a **colecistocinina**, que estimula a secreção da bile, pela vesícula biliar, e das enzimas do suco pancreático.



**Figura 17.5** O duodeno recebe as secreções produzidas pelo pâncreas (cerca de 15 cm de comprimento) e pelo fígado (cerca de 20 cm de largura, 17 cm de altura e 11 cm de espessura). (Os elementos da ilustração não estão na mesma escala; cores fantasia.)

O suco pancreático é alcalino (pH entre 7,5 e 8,8), pois contém água e bicarbonato de sódio. Nele há também as enzimas **tripsina** (do grego *thripsis* = desmanchar) e **quimiotripsina**, que quebram os fragmentos de proteína produzidos pela pepsina.

O pâncreas produz ainda: a **amilase pancreática**, que completa a ação da amilase salivar; as **nucleases** (desoxirribonucleases e ribonucleases), que fragmentam ácidos nucleicos em nucleotídeos; a **carboxipeptidase** (produzida em forma inativa), que quebra mais algumas ligações dos peptídios; uma **lipase**, que digere as gorduras (triglicerídios) em ácidos graxos, glicerol e monoglicerídios.

A bile, produzida no fígado, é armazenada na vesícula biliar e lançada no intestino; ela contém sais biliares que atuam como detergentes, transformando as gorduras em minúsculas gotículas que se misturam com a água e formam uma **emulsão**. Isso facilita a ação da lipase, pois a ação detergente aumenta a superfície de contato dos lipídios com essa enzima.

Detergentes possuem uma extremidade apolar, formada por moléculas apolares; e outra polar, formada por moléculas polares. Enquanto a parte apolar tem afinidade pela gordura, a parte polar tem afinidade pela água, promovendo assim uma “ponte” entre as moléculas de gordura e a água.

### Fique de olho!

A ação dos detergentes e as características das moléculas polares e apolares são estudadas com mais detalhes em Química.

## Fim da digestão e absorção dos nutrientes

A digestão termina na parte mais longa do intestino delgado, formada pelo jejuno e pelo íleo. Essas porções do intestino produzem o **suco intestinal**, composto pelas enzimas responsáveis pelas etapas finais da digestão: **maltase**, que hidrolisa a maltose em glicose; **sacarase**, que transforma a sacarose em glicose e frutose; **lactase**, que quebra a lactose em glicose e galactose; **aminopeptidases**, **dipeptidases** e **tripeptidases**, que hidrolisam os polipeptídios em aminoácidos; **lipase**, em pequena quantidade; **nucleosidases** e **nucleotidases**, que atacam nucleosídeos e nucleotídeos.

Após a digestão, o alimento transforma-se em um líquido branco: o **quilo** (do grego *chylos* = suco). Os monossacarídeos, como a glicose e a frutose, bem como os aminoácidos, passam pela parede intestinal e são absorvidos por capilares sanguíneos de onde seguem para o fígado. Daí são distribuídos pelo sangue, para o resto do corpo. Na parede do intestino há dobras ou pregas que facilitam esse trabalho de absorção. Outras dobras microscópicas – as **vilosidades** (do latim *villos* = peludo; *dade* = modo de ser) – aumentam ainda mais a superfície de absorção do alimento. Além disso, cada célula possui pequenas projeções, as **microvilosidades** (figura 17.6).

As gorduras agrupam-se no interior das células intestinais em pequenas gotículas, que serão absorvidas pelos vasos linfáticos das vilosidades e lançadas, com a água que escapa dos capilares sanguíneos, nas veias.

Depois de passar de 3 a 10 horas no intestino delgado, o que resta do alimento chega ao **intestino grosso**. Com cerca de 6,5 centímetros de diâmetro e

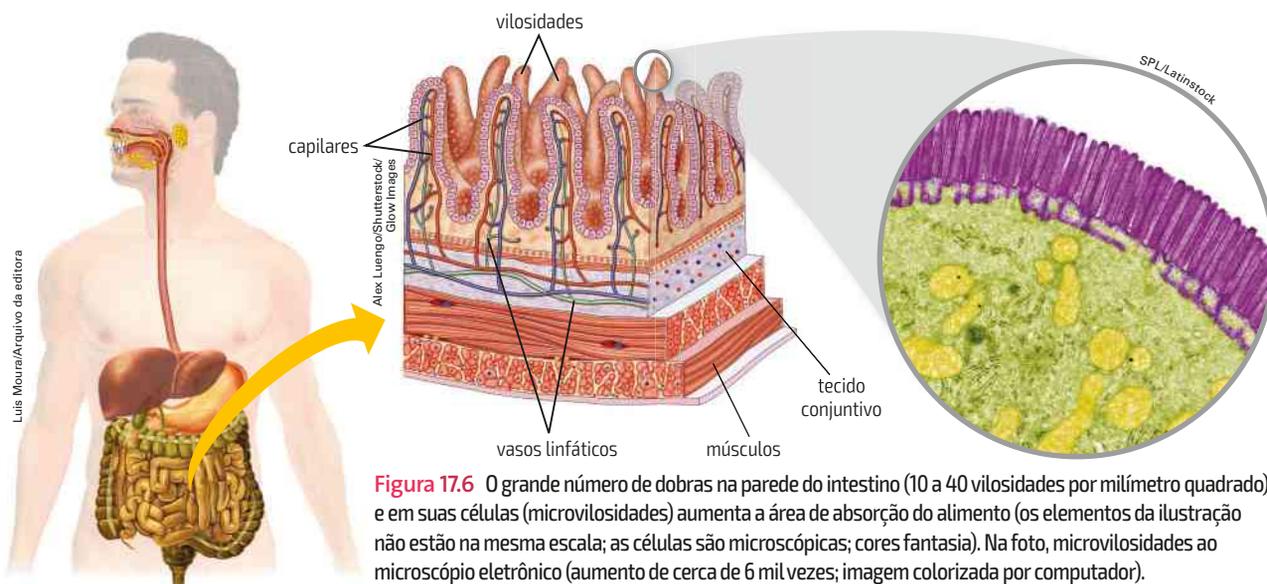
1,5 metro de comprimento, ele é mais largo e mais curto que o intestino delgado.

A parte inicial do intestino grosso tem a forma de uma bolsa e é onde se abre o intestino delgado. Essa porção inicial é chamada **ceco** e é onde está localizado o **apêndice vermiforme** (ou **cecal**). A parte intermediária do intestino grosso é chamada de **colo** ou **cólon**. O colo se divide em **ascendente**, **transverso**, **descendente** e **sigmoide** (parte final, em forma de **S**). A parte final, que se abre no ânus, é chamada reto.

Nos animais herbívoros, o ceco é bem desenvolvido e funciona como um reservatório no qual ocorre parte da digestão. Em muitos animais herbívoros, o apêndice vermiforme é maior e ajuda na digestão da celulose. No ser humano ele não exerce essa função, mas possui um tecido linfático (presente em outros órgãos do corpo), responsável pela produção de células de defesa do organismo. A **apendicite** é uma inflamação desse órgão, e, em geral, é feita logo uma cirurgia para sua retirada, pois há risco de que se rompa e dissemine a infecção.

O colo é a parte maior, na qual ocorre a absorção da água e dos sais minerais não absorvidos pelo intestino delgado. Nele há também bactérias que fazem parte da microbiota intestinal (também chamada flora intestinal). Esses microrganismos participam da formação das fezes e da produção de vitaminas do complexo B e vitamina K. As fezes, formadas por água e restos não digeridos (como a celulose), são eliminadas pelo **reto**, tubo musculoso com abertura para o exterior do organismo através do **ânus**.

O tempo total da digestão — da deglutição à eliminação das fezes — é de 12 a 24 horas, aproximadamente.



**Figura 17.6** O grande número de dobras na parede do intestino (10 a 40 vilosidades por milímetro quadrado) e em suas células (microvilosidades) aumenta a área de absorção do alimento (os elementos da ilustração não estão na mesma escala; as células são microscópicas; cores fantasia). Na foto, microvilosidades ao microscópio eletrônico (aumento de cerca de 6 mil vezes; imagem colorizada por computador).

## 2 Problemas no sistema digestório

Os problemas mais frequentes no sistema digestório humano podem ocorrer em qualquer um dos órgãos que compõem esse sistema, além de suas glândulas anexas. Algumas dessas doenças que causam problemas digestórios podem ser prevenidas por práticas de higiene, mas devemos sempre seguir as recomendações médicas.

### Cárie dentária

Uma das principais causas de perda dos dentes é a cárie. A **cárie** se forma quando bactérias que vivem na boca se misturam a restos de comida e à saliva e formam uma película que adere aos dentes, a placa dentária ou bacteriana.

As bactérias da placa realizam a fermentação dos glicídios que estão sobre os dentes, liberando ácidos que corroem o esmalte. Se a cárie não for tratada, os ácidos podem atingir a dentina e chegar à polpa, destruindo o dente. Para manter dentes saudáveis, o ideal é escová-los após as refeições e antes de se deitar.

É preciso também moderar o consumo de alimentos ricos em açúcar (balas, doces, refrigerantes, sucos industrializados, etc.) e ir periodicamente ao dentista. Para remover resíduos de alimento dos locais que a escova não alcança, deve-se usar o fio dental.

#### Fique de olho!

O uso de palito de dentes não é recomendado, uma vez que ele pode machucar a gengiva.

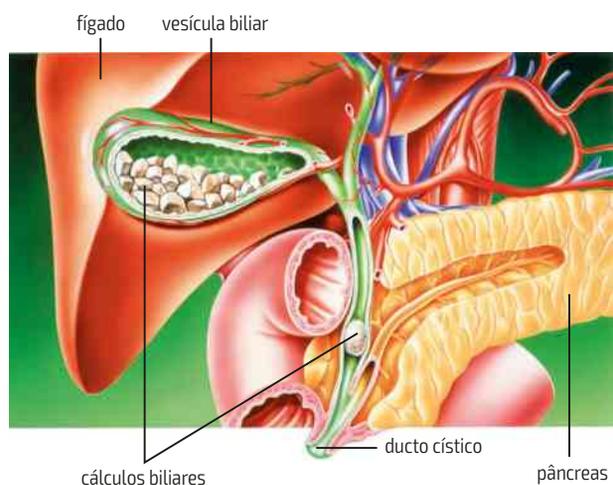
Finalmente, a adição de flúor à água que abastece a cidade torna o esmalte dos dentes mais resistentes aos ácidos, especialmente o de crianças.

### Úlcera péptica

Geralmente, o revestimento do estômago e o do duodeno são protegidos contra o ácido clorídrico por um muco. Em certos casos, porém, essa defesa pode falhar e forma-se uma lesão: é a **úlcera péptica**, que pode ser provocada, entre outras causas, por certos medicamentos e por um tipo de bactéria (*Helicobacter pylori*). Os sintomas mais frequentes são dor com queimação na parte superior do abdome, azia e náuseas. O tratamento é feito com medicamentos que diminuem a secreção ácida, protegem a mucosa e combatem essa bactéria.

## Cálculos biliares

As substâncias que fazem parte da bile podem se cristalizar e formar os **cálculos biliares**. Eles podem obstruir as vias biliares e impedir a liberação da bile (**figura 17.7**). Como tratamento, podem ser usados medicamentos que dissolvem os cálculos ou cirurgia para remover a vesícula biliar. A bile continua a ser produzida, armazenada no canal que sai do fígado e lançada no intestino.



**Figura 17.7** Cálculos biliares na vesícula e no ducto cístico (canal por onde passa a bile). (Os elementos da ilustração não estão em escala; cores fantasia.)

## Constipação e diarreia

O alimento leva em geral de 10 a 14 horas para passar pelo intestino grosso, impulsionado pelas contrações ou movimentos peristálticos. A **constipação** ou **prisão de ventre** ocorre quando os movimentos peristálticos do intestino são muito lentos e fracos. Com isso, os resíduos permanecem muito tempo no intestino e há grande reabsorção de água, com formação de fezes secas e endurecidas. Isso favorece o aparecimento de algumas doenças intestinais. O esforço feito para evacuar pode, por exemplo, dilatar algumas veias do reto e do ânus, formando **hemorroidas**, que podem se romper e sangrar durante a evacuação.

Uma das causas desse quadro é uma dieta com poucos alimentos ricos em fibras. Contudo, a prisão de ventre é um sintoma que pode ter várias causas. Por isso não se deve tomar medicamentos para forçar a evacuação (laxantes) sem consultar o médico. O uso prolongado desses produtos pode causar perda de sais minerais e até piorar o problema.

Já a **diarreia** pode ser causada por infecções, remédios ou produtos que irritam o intestino delgado. As contrações peristálticas tornam-se mais fortes, o alimento permanece pouco tempo no intestino e as fezes saem liquefeitas. Isso pode levar à perda de líquidos, sais minerais e outras substâncias importantes para o organismo, e causar desidratação.

Embora as diarreias leves parem espontaneamente em muitos casos, é necessário repor a água e os sais minerais perdidos. Isso é muito importante especialmente para crianças pequenas e idosos, que correm maior risco de desidratação, o que pode levar à morte se não houver pronto atendimento médico.

Por isso é preciso procurar o médico ou a unidade de saúde. Para repor a água e os sais, os postos de saúde fornecem o soro de reidratação oral e as instruções corretas para seu uso. Se a diarreia for intensa, durar mais de 24 horas ou, ainda, se houver sinais de desidratação, febre, vômitos ou sangue nas fezes, é preciso procurar assistência médica imediatamente.



### ATENÇÃO

Para mais informações, procure orientação médica.

## Biologia e saúde



### Desnutrição

A desnutrição ocorre quando o consumo ou o aproveitamento pelo organismo de um ou mais nutrientes é insuficiente. Ela pode provocar atraso no desenvolvimento mental e físico, além de enfraquecer as defesas do indivíduo, o que facilita a instalação de doenças infecciosas.

Em populações mais pobres, é comum crianças após o desmame apresentarem deficiências de proteínas, embora recebam a cota normal de glicídios. Como consequência, instala-se uma doença conhecida como *kwashiorkor* (pronuncia-se "cuashiorkór"), caracterizada pela estatura abaixo do normal, lesões na pele e no fígado, atraso no desenvolvimento mental e infecções no tubo digestório, com diarreias frequentes. O termo *kwashiorkor* significa, em um dialeto da África ocidental, "rejeitado", porque a doença atinge principalmente crianças que foram desmamadas após o nascimento do irmão seguinte.

Já a carência de proteínas e de calorias provoca o marasmo, com sintomas semelhantes aos do *kwashiorkor*. Em ambos os casos, a criança pode morrer se não receber alimentação equilibrada a tempo.

Além da falta de proteínas, que pode ocorrer entre as populações mais pobres — principalmente nas crianças pequenas e nas gestantes —, pode haver insuficiência de algumas vitaminas,

como a vitamina A e o ácido fólico, e de minerais, como o ferro.

O acompanhamento do peso e da estatura é importante para detectar a desnutrição em crianças. Peso abaixo do valor considerado normal para a idade pode ser um indicador de desnutrição. Mas existem outros dados que também são levados em conta pelo médico.

Em geral, a desnutrição está ligada à falta de recursos para uma alimentação equilibrada ou a maus hábitos alimentares. A amamentação natural é importante no combate à desnutrição infantil, pois o leite materno possui maior valor nutritivo, é digerido mais facilmente que o leite em pó, é isento de bactérias e possui anticorpos que protegem o bebê.

Para combater a desnutrição, algumas medidas estão ligadas a intervenções sociais. Um conceito importante nesse caso é o de segurança alimentar, proposto pela FAO (Organização para Alimentação e Agricultura das Nações Unidas) e estudado pela Sociologia. Considera-se que há segurança alimentar em uma população se todos os indivíduos que a compõem têm, permanentemente, acesso físico e econômico a uma alimentação suficiente e adequada para manter uma vida ativa e saudável.

1. De acordo com o que você aprendeu sobre digestão, qual enzima poderia ser adicionada ao sabão em pó para remover manchas de gordura das roupas?

2. Em um laboratório, foram colocadas as seguintes substâncias em tubos de ensaio:

tubo I: saliva fervida + farinha de trigo + ácido clorídrico

tubo II: manteiga + amilase salivar + água

tubo III: clara de ovo + suco gástrico

tubo IV: carne + amilase salivar

Verificou-se que houve digestão em apenas um dos tubos. Identifique esse tubo e justifique a não ocorrência do fenômeno nos outros três.

3. Em uma aula prática, os estudantes, reunidos em grupo, colocaram os seguintes conteúdos em tubos de ensaio:

tubo I: iodo + farinha de trigo + saliva a 37 °C

tubo II: iodo + farinha de trigo + saliva a 50 °C

tubo III: iodo + farinha de milho

tubo IV: iodo + leite

tubo V: iodo + leite + saliva

Observou-se inicialmente o aparecimento de uma coloração azulada em três tubos do conjunto. Após alguns minutos, essa coloração desapareceu em um deles, mantendo-se nos outros dois.

a) Sabendo que o iodo reage com o amido produzindo a coloração azulada, diga em que tubos essa cor apareceu. Justifique sua resposta.

b) Em qual dos três tubos o azul inicial deve ter desaparecido? Explique.

4. A digestão dos alimentos começa a ocorrer ainda na boca, enquanto mastigamos, graças à ação da amilase salivar, enzima que atua sobre o amido. No entanto, mesmo que mastiguemos bem os alimentos, boa parte do amido não é digerida. Está correto afirmar que esse amido, que não foi digerido na boca, é eliminado do organismo? Justifique sua resposta.

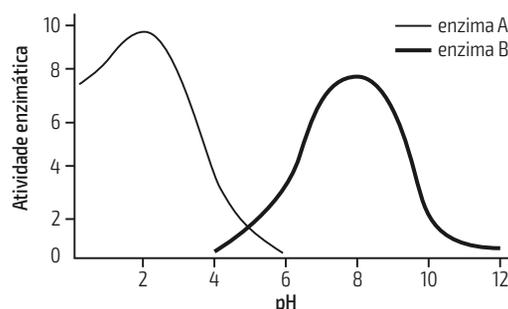
5. Um estudante de Biologia, lembrando o que aprendeu no Volume 1 desta coleção – que as enzimas são específicas –, argumentou que há algum engano nisso, uma vez que a amilase, por exemplo, é capaz de atuar na digestão de alimentos tão diversos quanto arroz, pão, macarrão, tapioca e polenta. Explique ao estudante por que o argumento dele não procede.

6. Um professor de Biologia explicou aos seus alunos que a pepsina é secretada pelas células da parede do estômago em sua forma inativa, o pepsinogênio, e convertida em pepsina ativa apenas quando lançada na cavidade gástrica, enquanto a amilase é produzida nas células diretamente em sua forma ativa. Considere os substratos de atuação dessas enzimas e formule uma hipótese para explicar por que a amilase é produzida na forma ativa e a pepsina não.

7. Na parede do intestino delgado há de 10 a 40 vilosidades por milímetro quadrado, aproximadamente. Explique por que esse grande número de vilosidades é importante.

8. (UFRJ) Uma pessoa só contrai o cólera se ingerir água contendo, no mínimo,  $10^8$  vibriões, o microrganismo causador dessa doença. No entanto, se uma pessoa beber água contendo bicarbonato de sódio – um antiácido – são necessários apenas  $10^4$  vibriões para iniciar a doença. Por que ocorre essa diferença?

9. (Unicamp-SP) O gráfico a seguir representa as atividades de duas enzimas do sistema digestório humano, avaliadas a 37 °C (condições normais de temperatura corpórea).



a) Qual é o local de atuação da enzima **A**? Justifique.  
b) Cite uma enzima digestiva que apresente o padrão de atividade da enzima **B** e seu local de atuação.  
c) Explique o que ocorreria com a atividade enzimática se, experimentalmente, a temperatura fosse pouco a pouco aumentada até atingir 60 °C.

10. (Enem) Um pesquisador percebe que o rótulo de um dos vidros em que guarda um concentrado de enzimas digestivas está ilegível. Ele não sabe qual enzima o vidro contém, mas desconfia de que seja uma protease gástrica, que age no estômago digerindo proteínas. Sabendo que a digestão no estômago é ácida e no intestino é básica, ele monta cinco tubos de ensaio com alimentos diferentes,

adiciona o concentrado de enzimas em soluções com pH determinado e aguarda para ver se a enzima age em algum deles.

O tubo de ensaio em que a enzima deve agir para indicar que a hipótese do pesquisador está correta é aquele que contém

- a) cubo de batata em solução com pH = 9.
  - b) pedaço de carne em solução com pH = 5.
  - c) clara de ovo cozida em solução com pH = 9.
  - d) porção de macarrão em solução com pH = 5.
  - e) bolinha de manteiga em solução com pH = 9.
- 11.** (Unifor-CE) Uma pessoa fez uma refeição da qual constavam as substâncias **I**, **II** e **III**. Durante a digestão ocorreram os seguintes processos: na boca iniciou-se a digestão de **II**; no estômago iniciou-se a digestão de **I** e a de **II** foi interrompida; no duodeno ocorreu digestão das três substâncias. Com base nesses dados, é possível afirmar corretamente que **I**, **II** e **III** são, respectivamente,
- a) carboidrato, proteína e lipídio.
  - b) proteína, carboidrato e lipídio.
  - c) lipídio, carboidrato e proteína.

- d) carboidrato, lipídio e proteína.
- e) proteína, lipídio e carboidrato.

**12.** (Cefet-MG)

*A vesícula biliar, pequena bolsa localizada abaixo do fígado, tem como função o armazenamento de bile. Um dos problemas relacionados a essa estrutura é a colelitíase, caracterizada pela presença de cálculos em seu interior. O tratamento de pessoas com esta patologia pode ser feito à base de medicamentos ou, em outros casos, por intervenção cirúrgica. A maioria dos pacientes que se submetem à retirada desse órgão vive sem grandes problemas.*

Disponível em: </www.mdsaude.com/>.  
Acesso em: 7 abr. 2014. (Adaptado).

Nesse caso, recomenda-se uma dieta com quantidade moderada de

- a) lipídios.
- b) proteínas.
- c) vitaminas.
- d) carboidratos.
- e) ácidos nucleicos.

## Trabalho em equipe

Em grupo, escolham um dos temas a seguir para pesquisar (em livros, CD-ROMs, internet, etc.), com o auxílio de professores de outras disciplinas. Depois, apresentem o resultado do trabalho para a comunidade escolar (estudantes, professores e funcionários da escola e pais ou responsáveis). Verifiquem também a possibilidade de convidar profissionais da área de saúde (médicos, nutricionistas e dentistas) para a realização de palestras para a comunidade escolar sobre alimentação e importância da higiene bucal. Peça também aos profissionais de saúde para falar sobre sua atividade profissional (em que consiste o trabalho, em que instituições exercem sua atividade, que problemas enfrentam, etc.).

1. Pesquisem as diversas técnicas de conservação de alimentos (refrigeração, congelamento, pasteurização, uso de aditivos químicos, etc.) e os cuidados que devemos ter para conservar o produto depois de aberto. Analisem também a embalagem ou o rótulo de alguns alimentos e pesquisem as informações nele contidas (valor energético, valores diários de referência,

porcentagem de carboidratos, gorduras saturadas, gorduras *trans*, código de aditivos, data de validade, como o produto deve ser armazenado, etc.).

2. Elabore e apresente para a classe um quadro comparativo dos sistemas digestórios nos principais grupos de invertebrados e vertebrados. Ao final da pesquisa, ilustrem o quadro comparativo com fotos e desenhos.
3. Neste capítulo você aprendeu que o suco gástrico possui ácido clorídrico, com um pH em torno de 2. Consultem livros de Química e sites especializados para explicar para a classe o conceito químico de pH e o que faz o pH se alterar. Se possível, peçam orientação ao professor de Química.
4. Pesquisem sobre cirrose, doença celíaca, anorexia, bulimia e encontrem dados sobre a incidência dessas doenças na população brasileira. Pesquisem também que programas e medidas governamentais vêm sendo tomadas para melhorar a qualidade da alimentação no Brasil.



Radiografia de tórax. Nessa imagem é possível ver os dois pulmões (áreas mais escuras), além do coração (no centro) e de alguns ossos.

A radiografia é o registro de imagens do interior do corpo humano feito por meio de raios X. Essa técnica vem sendo usada desde o fim do século XIX, mas hoje dispomos de muitos outros recursos, como a tomografia computadorizada e a ressonância magnética. Esses e outros exames são importantes para o diagnóstico de problemas do sistema respiratório.

- ◆ Por que nós respiramos mesmo sem perceber?
- ◆ Que partes do corpo estão relacionadas ao processo de respiração?
- ◆ Por que ficamos ofegantes quando fazemos uma atividade física intensa?



## 1 Sistema respiratório

Nos seres humanos, o ar penetra pelo nariz, através das narinas, atinge as cavidades nasais, passa pela faringe, pela laringe, pela traqueia, pelos brônquios e pelos bronquíolos e chega aos alvéolos pulmonares, nos quais ocorrem as trocas gasosas (figura 18.1).

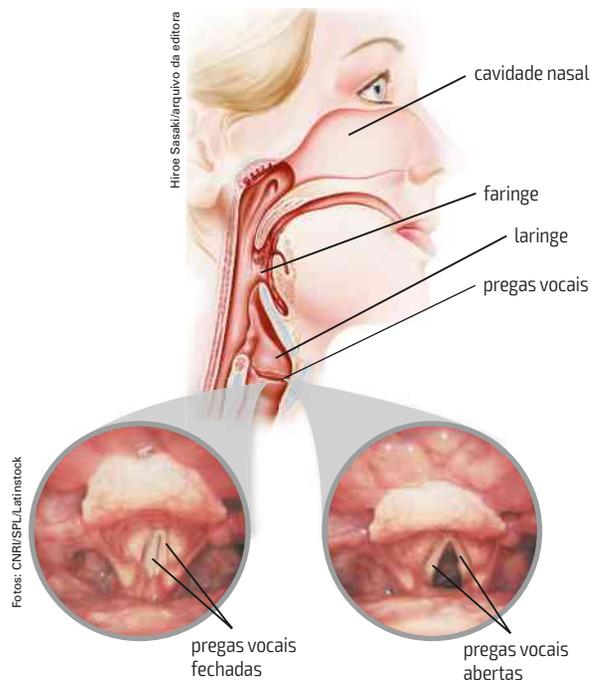
### Vias respiratórias

A **cavidade nasal** possui terminações nervosas especializadas em perceber odores, além de umedecer, aquecer e filtrar o ar. O revestimento da cavidade nasal é formado por pelos, cílios e um muco pegajoso.

Os microrganismos e as partículas estranhas aderem ao muco e são arrastados pelo movimento dos cílios (figura 18.1) para fora do corpo. Podem ainda chegar à garganta, onde os microrganismos engolidos serão digeridos pelas enzimas digestivas. O espirro é uma defesa adicional, que ajuda a expelir do nosso corpo impurezas que entraram com o ar.

Da cavidade nasal, o ar vai para a faringe, região comum ao tubo digestório e ao sistema respiratório. Da faringe, o ar passa pela laringe, que é protegida por peças cartilagosas e apresenta as **pregas vocais**

(ou cordas vocais, pela terminologia antiga), responsáveis pela produção da voz (figura 18.2). Quando falamos, as pregas são esticadas por músculos e vibram com a passagem do ar, produzindo os sons.



**Figura 18.2** A laringe e as pregas vocais. (Os elementos ilustrados não estão na mesma escala; as pregas vocais têm de 12 mm a 25 mm de comprimento; cores fantasia.) Nas fotos, as pregas vocais aparecem fechadas e abertas, respectivamente.

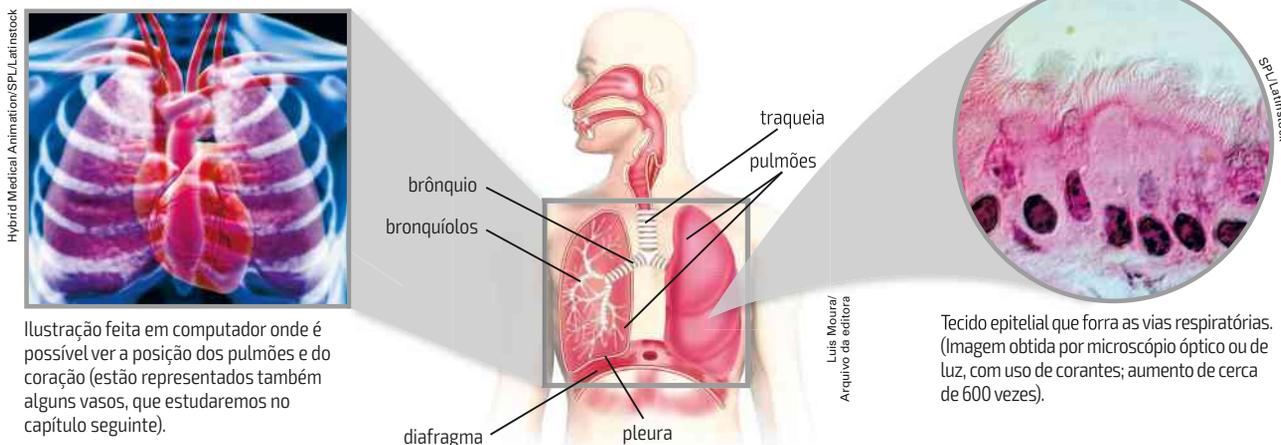


Ilustração feita em computador onde é possível ver a posição dos pulmões e do coração (estão representados também alguns vasos, que estudaremos no capítulo seguinte).

Tecido epitelial que forra as vias respiratórias. (Imagem obtida por microscópio óptico ou de luz, com uso de corantes; aumento de cerca de 600 vezes).

**Figura 18.1** Representações do sistema respiratório: os brônquios têm cerca de 12 mm de diâmetro; e o pulmão, em torno de 25 cm a 30 cm de comprimento no adulto. (Os elementos ilustrados não estão na mesma escala; cores fantasia.)



## Nossa voz

A Física nos ajuda a compreender a relação entre o tipo de prega vocal de uma pessoa e a altura de sua voz, entre outros fenômenos sonoros, uma vez que o som é produzido pela vibração de um corpo material.

Sons mais agudos são produzidos quando as pregas vocais estão mais esticadas e vibrando rapidamente; sons mais graves, quando estão menos esticadas e vibrando mais

devagar. Pessoas com pregas vocais mais finas têm voz mais aguda; enquanto aquelas com pregas vocais mais espessas têm a voz mais grave, mas os espaços no nariz, na boca e na faringe também influenciam o som da voz.

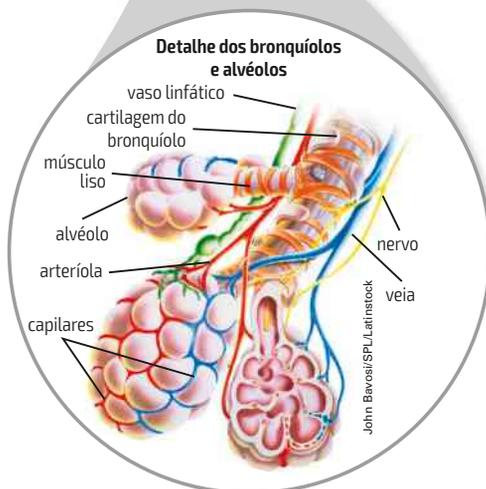
A mudança de voz que costuma ocorrer na adolescência é provocada pelo aumento da espessura das pregas vocais.

Depois de passar pela laringe, o ar atinge a **traqueia**, um tubo que se bifurca e forma os **brônquios**. Tanto a traqueia quanto os brônquios são protegidos por anéis cartilagineos, que impedem seu achatamento pela queda de pressão quando o ar é aspirado para os **pulmões**. Os brônquios ramificam-se no interior dos pulmões. Cada vez mais finos, os ramos formam os **bronquíolos**. Cada bronquíolo termina em um cacho de pequeníssimos sacos: os **alvéolos pulmonares**. Brônquios e bronquíolos formam a **árvore respiratória** ou **bronquial** (figura 18.3).

CNRI/SPL/Latinstock



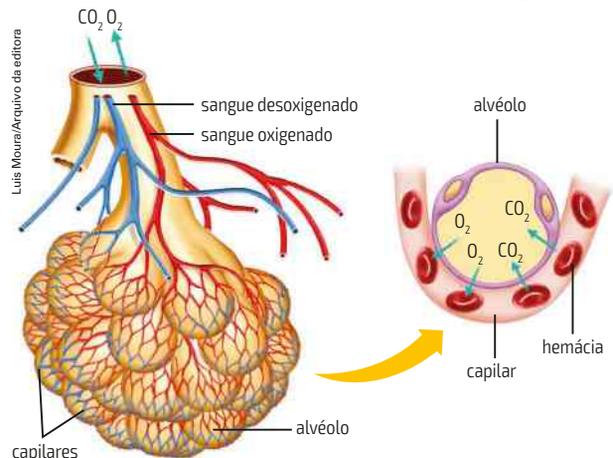
**Figura 18.3** Ilustração de bronquíolos e alvéolos (cores fantasia). Na foto, imagem de raio X colorizada mostrando os brônquios e os bronquíolos que formam a árvore respiratória ou bronquial.



## Pulmões

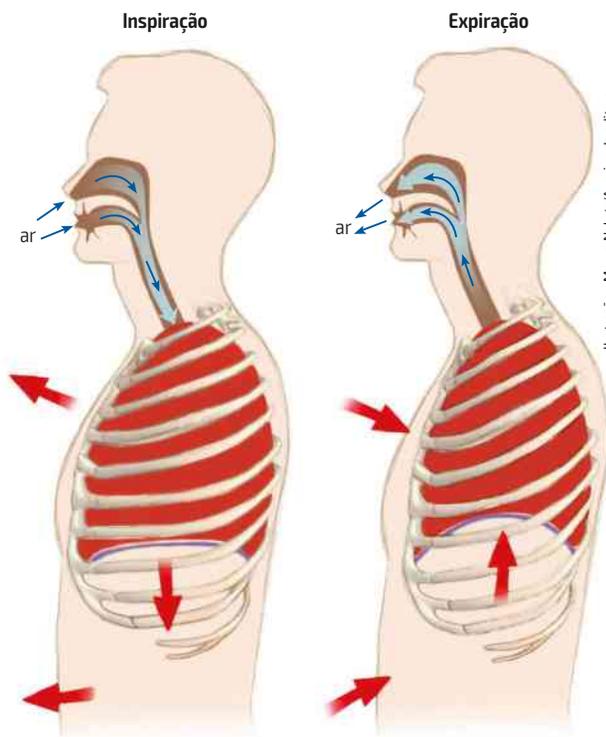
Os pulmões ocupam quase toda a caixa torácica e são revestidos por uma membrana dupla, a **pleura**. Cada pulmão contém, além dos bronquíolos, cerca de 350 milhões de alvéolos pulmonares, o que aumenta muito a área de contato com o oxigênio: se os pulmões fossem como balões, com parede lisa, sem alvéolos, sua área total seria de cerca de 100 centímetros quadrados. Com os alvéolos, a área total é de cerca de 100 metros quadrados, uma área aproximadamente 50 vezes maior do que a da pele, que tem em torno de dois metros quadrados.

Os alvéolos pulmonares são formados por uma fina camada de células achatadas envolvidas por uma rede de capilares. É neles que ocorre a **hematose** (figura 18.4): o sangue rico em gás carbônico (desoxigenado) passa a ser rico em oxigênio (oxigenado).



**Figura 18.4** A troca de gases nos alvéolos: o oxigênio do ar sai dos alvéolos (com cerca de 0,2 mm de diâmetro) e passa para o sangue; o gás carbônico sai do sangue e passa para o ar dos alvéolos (hemácias com cerca de 7 μm de diâmetro; os elementos da ilustração não estão na mesma escala; cores fantasia).

O ar entra e sai dos pulmões principalmente por causa da contração e do relaxamento do **diafragma** (músculo que separa a caixa torácica da cavidade abdominal, exclusivo dos mamíferos) e dos **músculos intercostais**. Ao se contrair, o diafragma abaixa (**figura 18.5**). Esse movimento e o dos **músculos intercostais externos** aumentam o volume da caixa torácica, o que torna a pressão no interior dessa cavidade menor que a do ar atmosférico. Essa diferença de pressão faz com que o ar penetre nos pulmões. Você vai estudar em Física que há uma relação inversa entre a pressão de um gás e o volume ocupado por ele.



**Figura 18.5** Entrada e saída de ar nos pulmões: as setas azuis indicam a entrada e a saída de ar; as setas vermelhas representam os movimentos resultantes da contração e do relaxamento do diafragma, dos músculos intercostais e do abdome na inspiração e na expiração (os elementos da ilustração não estão na mesma escala; cores fantasia).

Na expiração os músculos relaxam, reduzindo o volume torácico. Com isso, a pressão na cavidade torácica fica maior que a atmosférica, o que faz o ar sair. Quando a respiração se torna mais forte, por exemplo durante um exercício intenso, a contração dos músculos **intercostais internos** e abdominais também ajuda a eliminar o ar. O movimento de entrada e de saída de ar nos pulmões, bem como a troca de gases entre os alvéolos e o ar, é chamado **ventilação pulmonar**.

## O controle da respiração

Nós podemos prender a respiração por um certo tempo, o que mostra que os movimentos respiratórios podem ser controlados, até certo ponto, voluntariamente. Mas, na maior parte do tempo, esses movimentos ocorrem sem nos darmos conta, por causa da ação de neurônios localizados em dois centros respiratórios, no bulbo e na ponte (regiões do encéfalo).

O **bulbo** controla a inspiração e expiração e a **ponte** influencia a frequência e a profundidade da ventilação. À medida que a concentração de gás carbônico no sangue aumenta, o pH do sangue diminui, porque o gás carbônico forma ácido carbônico no plasma. Quando isso acontece, os neurônios localizados no bulbo enviam impulsos ao diafragma e aos músculos intercostais, fazendo com que ambos se contraiam – independentemente de querermos ou não. Nesse caso, portanto, trata-se de um controle involuntário da respiração.

Do mesmo modo, durante uma atividade física, o centro respiratório envia impulsos nervosos que aumentam a frequência e a intensidade dos movimentos respiratórios. Com isso, acelera-se a eliminação de gás carbônico e a entrada de oxigênio. O controle pelo bulbo é feito por meio de mensagens nervosas vindas de receptores que detectam o nível de gás carbônico, de oxigênio e de pH, uma medida da acidez ou basicidade de uma solução, do sangue. Os quimiorreceptores (ou quimioceptores) presentes nas artérias carótidas e no bulbo são mais sensíveis às variações do gás carbônico que às do oxigênio.

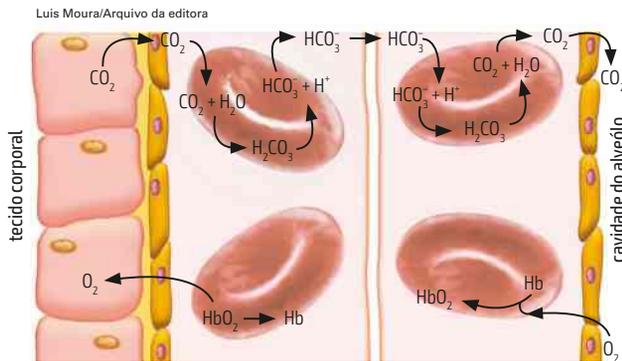
## Transporte de gases pelo sangue

Na cavidade dos alvéolos pulmonares a concentração de oxigênio é superior àquela nos capilares sanguíneos; logo, por difusão, o gás passa para o sangue. Uma pequena porcentagem de oxigênio dissolve-se no plasma, mas a maioria penetra nos glóbulos vermelhos e combina-se com a hemoglobina.

Nos tecidos, a concentração de oxigênio no interior da célula é baixa, por causa do consumo contínuo desse gás na respiração celular. Assim, o oxigênio passa, por difusão, do sangue para as células.

Ao mesmo tempo que consome oxigênio, a célula produz gás carbônico. A concentração desse gás

dentro da célula é maior que fora, e ele passa das células para o sangue. A maior parte é transportada na forma de íon bicarbonato ( $\text{HCO}_3^-$ ), dissolvido no plasma; a parcela menor do gás é levada combinada à hemoglobina na forma de **carbaminoemoglobina** ou **carboemoglobina** (composto instável); outra parcela ainda menor é transportada dissolvida no plasma, na forma de gás carbônico (figura 18.6).



**Figura 18.6** Transporte de oxigênio e gás carbônico pelo sangue (hemácias têm cerca de 7  $\mu\text{m}$  de diâmetro; os elementos da ilustração não estão na mesma escala; cores fantasia).

O monóxido de carbono lançado pelos escapamentos dos automóveis e em outras combustões e também encontrado na fumaça do cigarro é um composto tóxico por causa de sua grande afinidade com a hemoglobina. Essa combinação forma um composto estável, a **carboxiemoglobina**, que impede o transporte de oxigênio para as células. Concentrações altas de monóxido de carbono, que podem ocorrer, por exemplo, com veículos ligados em ambientes fechados, podem levar uma pessoa à falta de oxigênio (anoxia) e à morte.

## 2 Problemas no sistema respiratório

Vírus, como os do resfriado e os da gripe, podem irritar o nariz – fazendo com que as células aumentem a produção de muco –, a faringe – provocando dor de garganta –, a laringe – fazendo a voz ficar rouca – e os brônquios – ocasionando tosse. As bactérias também podem atacar as vias respiratórias e causar infecções na faringe, na laringe, além de atacar os pulmões e provocar pneumonia e tuberculose, entre outros problemas.

A **laringite** é uma inflamação da laringe, causada, geralmente, por infecção respiratória ou agentes ir-

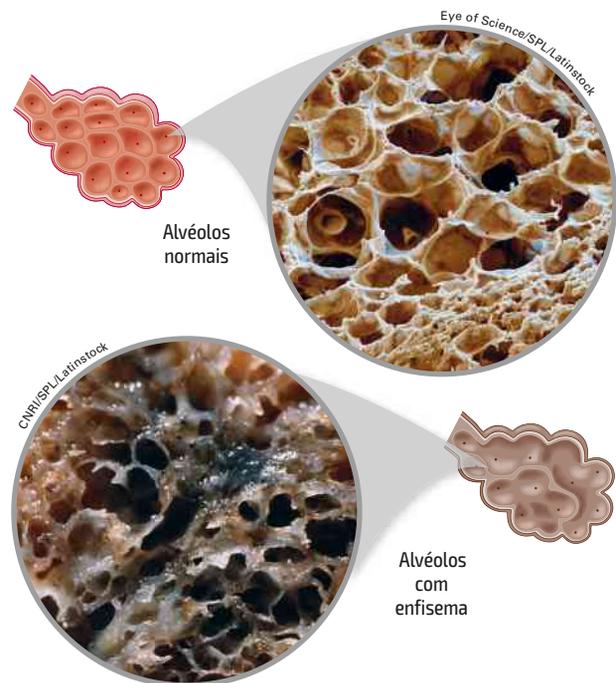
ritantes, tosse ou uso inadequado da voz, provocando rouquidão (as cordas vocais podem ficar inchadas e não vibram direito) ou até mesmo perda da voz. É um distúrbio muito frequente em fumantes, por causa da lesão provocada pela inflamação crônica desse órgão. É preciso atendimento médico para pesquisar a causa do problema.

O **enfisema** é a progressiva destruição das paredes dos alvéolos, diminuindo a superfície relativa de absorção de oxigênio (figura 18.7). A eficiência respiratória diminui e provoca uma sobrecarga no coração, podendo levar à insuficiência cardíaca. Um dos grandes causadores do enfisema é o fumo, que é também a principal causa do câncer de pulmão, entre outros problemas não apenas no sistema respiratório, mas em vários sistemas do organismo.



### ATENÇÃO

Para mais informações, procure orientação médica.



**Figura 18.7** Esquema simplificado de alvéolos normais e de um fumante com enfisema. Alvéolos têm em torno de 0,2 mm de diâmetro (cores fantasia). Nas fotos, alvéolos normais e de um fumante com enfisema (imagens ao microscópio eletrônico; aumento de cerca de 300 vezes; colorizadas por computador).

### Fique de olho!

Não fume! O cigarro é uma das principais causas de mortes no mundo.

1. A tabela a seguir indica a porcentagem de dois gases, X e Y, no ar inalado e no ar exalado. Descubra que gases são e justifique sua resposta.

Gás	Ar inalado	Ar exalado
X	21%	16%
Y	0,04%	4%

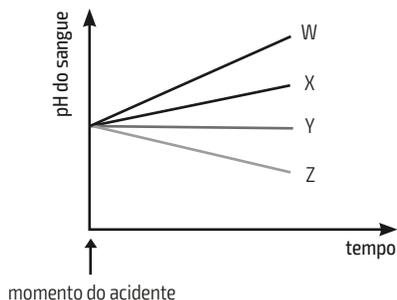
2. Por que pessoas com doenças respiratórias, como o enfisema, costumam se cansar com mais facilidade durante atividades físicas intensas?
3. Em repouso, uma pessoa realiza, em média, de 10 a 15 movimentos respiratórios por minuto. Mas ao longo de uma atividade física intensa (uma corrida, por exemplo) esse ritmo pode aumentar para cerca de 60 vezes por minuto. Que vantagem isso traz para o organismo?
4. Em nosso organismo, o monóxido de carbono (CO) pode se combinar com a hemoglobina e formar um composto mais estável do que a oxiemoglobina. Por que essa combinação pode ser perigosa?
5. No caderno, ordene a sequência da passagem do ar pelo sistema respiratório: laringe, cavidades nasais, faringe, esôfago, brônquios, alvéolos, traqueia, bronquíolos. Depois, indique em qual dessas partes estão localizadas as pregas vocais, qual delas é comum ao sistema digestório e respiratório e onde ocorre a hematose.
6. (UFPA) A prática de um exercício extenuante altera os níveis fisiológicos normais do organismo. Nos seres humanos, pode ocorrer uma elevação de até 2,0% na taxa metabólica de um corredor de maratona. Quando nos exercitamos, as células musculares passam a respirar mais, produzindo, assim, maior quantidade de energia para a contração dos músculos. Este aumento metabólico leva a um aumento do ritmo respiratório e o indivíduo fica ofegante. Explique como o aumento da respiração celular atua na regulação do ritmo respiratório.
7. (Enem) *A produção de soro antiofídico é feita por meio da extração da peçonha de serpentes que, após tratamento, é introduzida em um cavalo. Em seguida são feitas sangrias para avaliar a concentração de anticorpos produzidos pelo cavalo. Quando essa concentração atinge o valor desejado, é realizada a sangria final para obtenção do soro. As hemácias são devolvidas ao animal, por meio de uma técnica denominada plasmáfêrese, a fim de reduzir os efeitos colaterais provocados pela sangria.*

Disponível em: <www.infobibos.com>.  
Acesso em: 28 abr. 2010 (adaptado).

A plasmáfêrese é importante, pois, se o animal ficar com uma baixa quantidade de hemácias, poderá apresentar

- a) febre alta e constante.  
b) redução de imunidade.  
c) aumento da pressão arterial.  
d) quadro de leucemia profunda.  
x e) problemas no transporte de oxigênio.
8. (PUC-RJ) A respiração é a troca de gases do organismo com o ambiente. Nela o ar entra e sai dos pulmões graças à contração do diafragma. Considere as seguintes etapas do processo respiratório no ser humano:
- I. Durante a inspiração, o diafragma se contrai e desce aumentando o volume da caixa torácica.
  - II. Quando a pressão interna na caixa torácica diminui e se torna menor que a pressão do ar atmosférico, o ar penetra nos pulmões.
  - III. Durante a expiração, o volume torácico aumenta, e a pressão interna se torna menor que a pressão do ar atmosférico.
  - IV. Quando o diafragma relaxa, ele reduz o volume torácico e empurra o ar usado para fora dos pulmões.
- Assinale as opções corretas.
- a) I e II  
b) I, II e III  
c) todas  
d) II, III e IV  
x e) I, II e IV
9. (PUC-RJ) Sabe-se que um indivíduo da espécie humana não pode ficar sem realizar respiração sistêmica por muito tempo, sob pena de sofrer lesões cerebrais. Assinale a alternativa que descreve corretamente o processo metabólico celular que ocorre neste caso.
- a) Na ausência de oxigênio molecular, as células iniciam um processo não fermentativo de respiração aeróbica.  
x b) O gás carbônico produzido na respiração se acumula provocando diminuição do pH celular.  
c) O oxigênio molecular é consumido, e sua diminuição causa aumento do pH celular.  
d) O oxigênio molecular começa a se transformar em ácido carbônico, diminuindo o pH celular.  
e) Na ausência de oxigênio molecular, a célula passa a fazer digestão aeróbica para gerar energia.

10. (Uerj) Um dos equipamentos de segurança de uma cápsula espacial tripulada efetua a remoção do gás carbônico desse ambiente. Admita que, após um acidente, esse equipamento tenha deixado de funcionar. Observe as curvas do gráfico a seguir:



Banco de imagens/Arquivo da editora

A curva que representa a tendência do que deve ter ocorrido, após o acidente, com o pH sanguíneo dos tripulantes está identificada por:

- a) W
- b) X
- c) Y
- d) Z

**11.** (PUC-RJ) Sobre a respiração nos mamíferos, considere as afirmativas a seguir.

- I. Mamíferos utilizam respiração por pressão negativa, que consiste em expandir a cavidade torácica diminuindo assim a pressão nos pulmões permitindo a entrada do ar.
- II. Durante a inspiração, os músculos intercostais e o diafragma se contraem.
- III. Durante a inspiração, os músculos intercostais e o diafragma relaxam.
- IV. O relaxamento dos músculos intercostais e do diafragma provoca a redução do volume da caixa torácica.

É correto o que se afirma em:

- a) somente I, III e IV.
- b) somente I e III.
- c) somente II e IV.
- d) somente I, II e IV.
- e) somente III e IV.

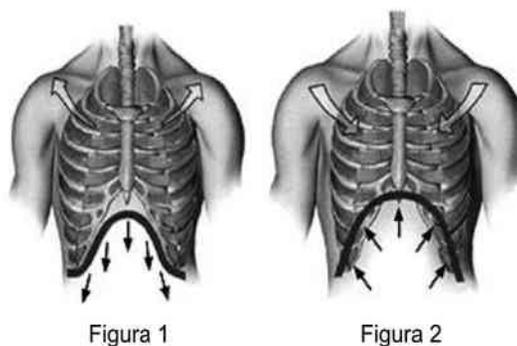
**12.** (IFSC) Sobre sistema respiratório, assinale a alternativa correta.

- a) As trocas gasosas se dão entre o ar alveolar e o sangue contido nos capilares. O sangue proveniente dos tecidos é rico em oxigênio e pobre em gás carbônico. O ar alveolar é rico em gás carbônico e pobre em oxigênio.
- b) Cada brônquio ramifica-se inúmeras vezes e origina traqueias progressivamente menos calibradas, até se formarem os bronquíolos terminais. Estes, por sua vez, terminam em bolsinhas, de parede extremamente delgada, os alvéolos pulmonares.
- c) As fossas nasais (ou cavidades nasais) e a boca são os locais de entrada do ar que se dirige ao

nosso sistema respiratório. O ar que entra pelas fossas nasais é filtrado, umedecido e aquecido, antes de ir para a traqueia. Os cílios que revestem o epitélio das fossas nasais retêm partículas de sujeira e microrganismos que existem no ar.

- d) A entrada de ar nos pulmões, a expiração, se dá pela contração da musculatura do diafragma e dos músculos intercostais. O diafragma abaixa e as costelas se elevam, o que aumenta o volume da caixa torácica, forçando o ar a entrar nos pulmões.
- e) A faringe tem importante função ao impedir a entrada de alimento nas vias aéreas inferiores e garantir a fonação. No homem, é formada por nove peças de cartilagem.

**13.** (PUC-RS) Para responder à questão, considere as figuras abaixo, bem como seus conhecimentos a respeito dos músculos e dos processos envolvidos na ventilação pulmonar basal, que ocorre num estado de repouso.



Reprodução/Puirs, 2014.

Com base nas figuras e em seus conhecimentos, é correto afirmar:

- a) Na figura 1, podemos observar o relaxamento do diafragma, enquanto a 2 representa sua contração.
- b) Os movimentos do diafragma e das costelas, na figura 2, geram uma pressão intratorácica inferior à atmosférica, favorecendo a expansão pulmonar e a entrada de ar nesse órgão.
- c) O diafragma é considerado o principal músculo ventilatório, porque se acopla diretamente ao pulmão, expandindo-o durante sua contração.
- d) A elevação das costelas e o abaixamento do diafragma, apresentados na figura 1, são representativos das alterações da caixa torácica durante a inspiração.
- e) Os processos representados na figura 1 dizem respeito à fase passiva da ventilação, enquanto a 2 representa a fase ativa da ventilação.

## Trabalho em equipe

Em grupo, escolham um dos temas abaixo para pesquisar (em livros, CD-ROMs, internet, etc.). Depois, apresentem o resultado do trabalho para a comunidade escolar.

1. Elabore e apresente para a classe um quadro comparativo dos sistemas respiratórios nos principais grupos de invertebrados e vertebrados.
2. A radiografia de tórax pode ajudar no diagnóstico de doenças do sistema respiratório. Com auxílio de livros de Física, pesquise sobre a natureza dos raios X, a história da descoberta deles; os cuidados que se deve ter com seu uso; as consequências do uso indevido dessa tecnologia; suas aplicações na Medicina, na indústria, na pesquisa e em outras áreas. Se possível, peça auxílio para o seu professor de Física.

3. Quais são os males que podem ser causados pelo hábito de fumar? Que outros sistemas do corpo o cigarro pode afetar, além do sistema respiratório?

O resultado deste trabalho pode ser apresentado para a comunidade dentro e fora da escola, como forma de campanha de conscientização. Na apresentação podem ser usados cartazes, vídeos, frases de efeito ou canções. O trabalho pode ser também veiculado pelas redes sociais. Podem ser chamados médicos e fisioterapeutas para ministrar palestras sobre os males do fumo e sobre a atividade que esses profissionais exercem (em que consiste o trabalho, em que instituições exercem sua atividade, que problemas enfrentam, etc.).

## Atividade prática

Você vai construir um modelo de sistema respiratório humano e fazer alguns testes. Para isso, providencie o seguinte material:

- garrafa descartável transparente de plástico flexível (mas não excessivamente mole), com 1,5 L de volume;
- rolha que se ajuste bem ao gargalo da garrafa;
- prego (mais longo que a rolha);
- tubo plástico rígido (pode ser o envoltório plástico de uma caneta esferográfica, desde que se feche bem o furinho da lateral);
- duas bexigas (ou balões de festa) de tamanhos diferentes: uma grande e outra pequena;
- tesoura;
- barbante e fita adesiva;
- cola plástica.

Com a tesoura, corte a parte inferior da garrafa e reserve. Usando o prego, fure a rolha e adapte o tubo plástico ao furo (deve ficar bem justo, use a cola plástica para fechar possíveis aberturas). Com o barbante, prenda a bexiga menor na extremidade inferior do tubo (veja a foto ao lado). Reforce com a fita adesiva para que ela fique bem presa ao tubo.

Coloque a rolha na garrafa e, com a cola plástica, vede as aberturas (se houver) entre a rolha e o gargalo. Corte a bexiga grande e, usando o barbante para amarrar, feche com a borracha a abertura inferior da garrafa.

Com o modelo pronto, faça o que se pede a seguir e responda às questões propostas.

- a) Puxe com os dedos a borracha na parte inferior da garrafa. O que ocorre com a bexiga menor? Agora solte e veja o que acontece. Como você explica o que ocorreu?

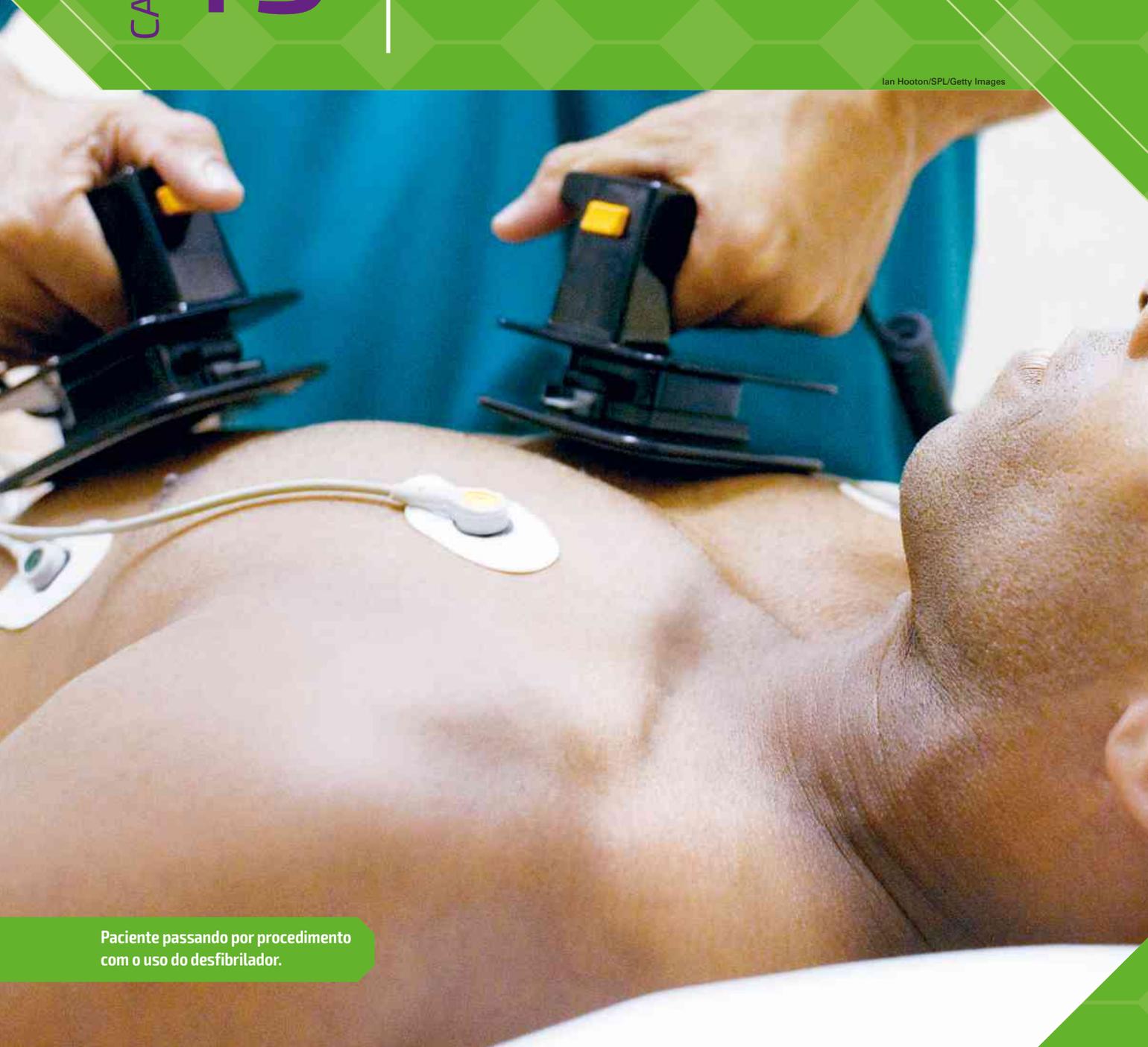
- b) Você construiu um modelo do nosso sistema respiratório, que, como todo modelo, não é idêntico ao objeto representado. Compare cada parte do aparelho com um órgão do sistema respiratório.

- c) Quando você puxa a borracha e depois solta, quais os dois fenômenos do sistema respiratório que você está reproduzindo?

- d) Certas estruturas envolvidas diretamente nesses dois fenômenos não estão representadas no modelo. Você sabe quais são essas estruturas?



AP Photo/A. Parramon



Paciente passando por procedimento com o uso do desfibrilador.

É muito comum filmes e séries apresentarem cenas de pacientes reanimados por meio de uma descarga elétrica controlada no peito. O equipamento utilizado nesse procedimento é o desfibrilador. Ele pode ser usado quando os batimentos do coração ganham um ritmo irregular, evitando uma parada cardíaca. Além do coração, o sistema circulatório ou cardiovascular é composto de milhares de vasos de diferentes calibres, por onde circula o sangue. Vamos estudar agora mais detalhes sobre esse sistema.

- ◆ De que é composto o sangue?
- ◆ Como ele circula em nosso organismo?
- ◆ Qual é a relação entre o sistema circulatório e os outros sistemas do organismo, como o digestório e o respiratório?



## 1 Sistema circulatório

O sistema circulatório transporta nutrientes, hormônios, oxigênio, gás carbônico, excretas e células de defesa, além de colaborar na homeostase e na manutenção da temperatura corporal.

### Coração

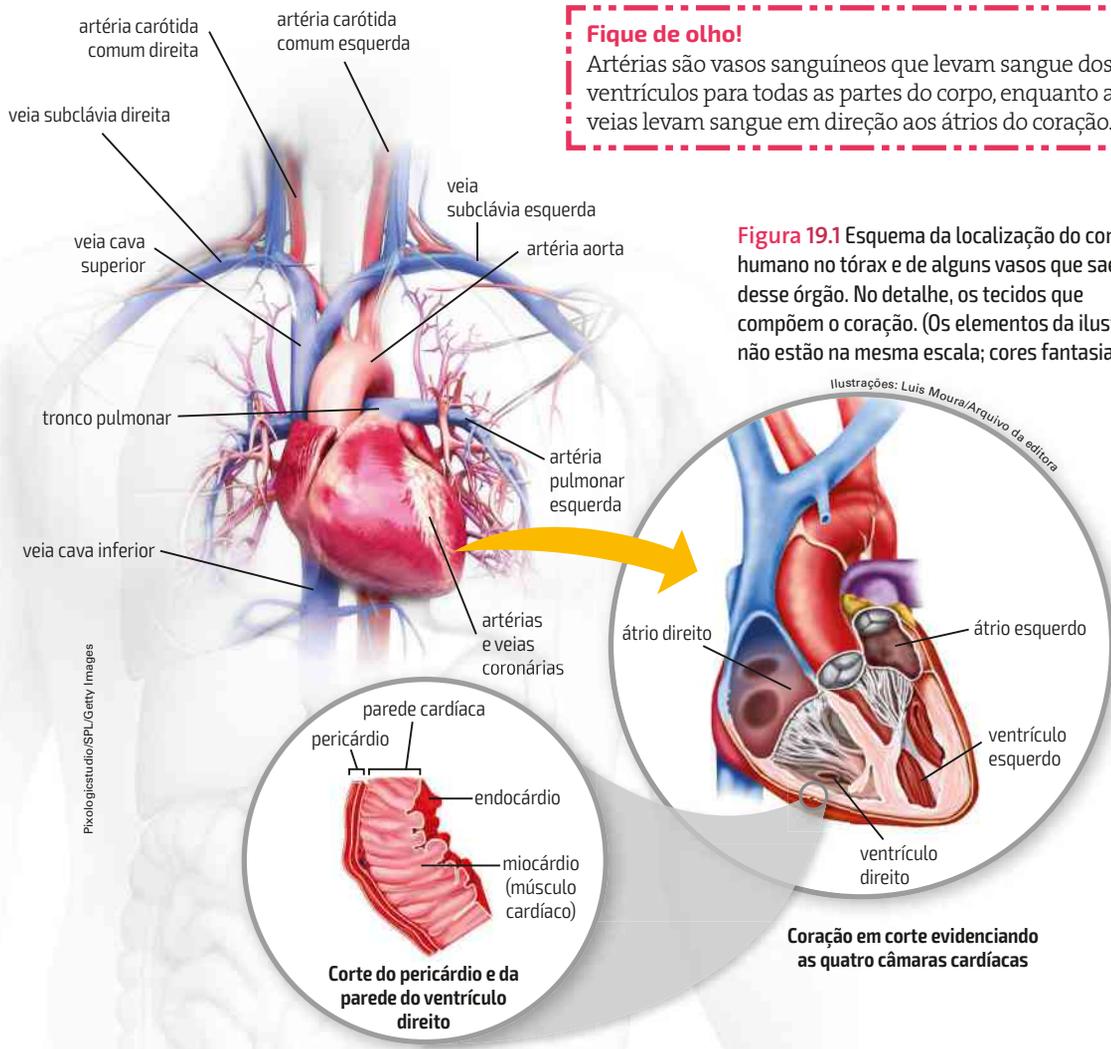
O coração de uma pessoa tem, mais ou menos, o tamanho de seu punho fechado. Situado no meio da caixa torácica, atrás do osso esterno, esse órgão é formado pelo músculo cardíaco, o **miocárdio** (do gre-

go *mys* = músculo; *kardia* = coração). A parte externa do coração é revestida por uma membrana dupla, o **pericárdio** (do grego *peri* = ao redor; *kardia* = coração); e a parte interna é revestida pelo **endocárdio** (do grego *endon* = interno; *kardia* = coração). As artérias **coronárias** (do grego *korone* = coroa) levam o sangue com nutrientes e oxigênio para o miocárdio; enquanto as veias coronárias recolhem o sangue com gás carbônico e outras excretas produzidas pelo músculo cardíaco.

O coração possui quatro cavidades ou **câmaras cardíacas**: dois **átrios** (antes chamados aurículas) e dois **ventrículos** (figura 19.1).

#### Fique de olho!

Artérias são vasos sanguíneos que levam sangue dos ventrículos para todas as partes do corpo, enquanto as veias levam sangue em direção aos átrios do coração.



**Figura 19.1** Esquema da localização do coração humano no tórax e de alguns vasos que saem desse órgão. No detalhe, os tecidos que compõem o coração. (Os elementos da ilustração não estão na mesma escala; cores fantasia.)

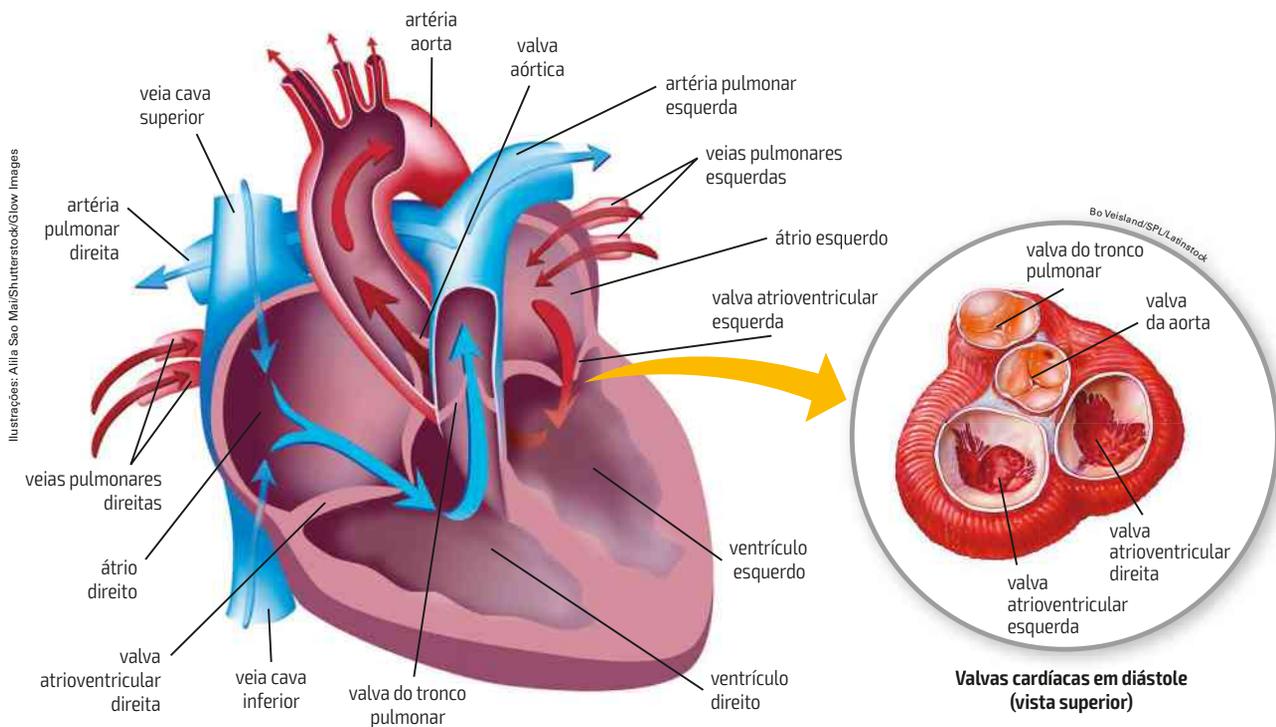
Coração em corte evidenciando as quatro câmaras cardíacas

O funcionamento do coração é semelhante ao de uma bomba, que se contrai e se relaxa ritmicamente. A fase de contração chama-se **sístole** (do grego *systole* = contração) e a de relaxamento, **diástole** (do grego *diastollein* = dilatação).

Os átrios comunicam-se com os ventrículos por meio de orifícios protegidos por **valvas** (do latim *valva* = batente de porta). É comum que as valvas sejam chamadas popularmente de **válvulas**; porém esse termo, assim como o termo “cúspide”, deve ser usado para as estruturas menores que formam as valvas. A **valva atrioventricular direita** (nome oficial), chamada também tricúspide (do latim *tri* = três; *cuspidis* = ponta), é formada por três peças ou válvulas. Já a **valva atrioventricular esquerda** (nome oficial), chamada também bicúspide ou mitral (de mitra, um barrete – espécie de chapéu – com duas faixas usado por bispos), é formada por duas válvulas.

O sangue atravessa essas valvas apenas no sentido do átrio para o ventrículo, pois sua pressão fecha a passagem no sentido contrário (**figura 19.2**). Situação semelhante ocorre na passagem dos ventrículos para as artérias, onde ficam a **valva do tronco pulmonar** e a **valva aórtica**. Ambas as valvas são chamadas **valvas semilunares** (do latim *semi* = metade; *luna* = lua) ou **sigmóides** (do grego *sigma* = letra grega correspondente à letra “S”, indicando forma semelhante a essa letra). Cada uma é formada por três válvulas semilunares (em forma de meia-lua) presas às paredes das artérias.

O miocárdio funciona independentemente do sistema nervoso devido a um grupo de células musculares que gera impulsos elétricos e determina o ritmo das contrações – o **nó sinoatrial**, também chamado **marca-passo**.



**Fluxo sanguíneo**

- sangue desoxigenado
- sangue oxigenado

Átrios e ventrículos estão relaxados (diástole); o sangue entra nos átrios.

Os átrios contraem-se (sístole atrial) e o sangue entra nos ventrículos, que estão relaxados. As valvas entre os átrios e os ventrículos abrem-se.

Os ventrículos contraem-se (sístole ventricular). As valvas na saída dos ventrículos abrem-se e o sangue entra nas artérias. As valvas entre os átrios e os ventrículos fecham-se e impedem o refluxo do sangue.

**Figura 19.2** Ilustrações representando o fluxo do sangue no coração com a participação das valvas. As setas vermelhas indicam o fluxo do sangue oxigenado; as azuis representam o sangue desoxigenado. (Os elementos ilustrados não estão na mesma escala; cores fantasia.)



## Estetoscópio e eletrocardiografo

Os sons do coração que o médico escuta com o estetoscópio são produzidos pelo fechamento das valvas e pelo fluxo do sangue e são chamados bulhas cardíacas. O primeiro ruído (o som é semelhante a um "tum") ocorre quando as valvas atrioventriculares se fecham e o segundo, no fechamento das valvas semilunares. O médico é capaz de perceber ainda ruídos

anormais – os sopros cardíacos –, que podem indicar algum problema no fechamento das valvas.

As atividades elétricas do nó sinoatrial podem ser registradas pelo eletrocardiografo; o exame é chamado eletrocardiograma e por ele é possível identificar algum problema no coração.

Quando os ventrículos se contraem, eles impulsionam o sangue para as artérias. É possível perceber a expansão das artérias encostando os dedos nos pontos em que elas passam perto da pele, como no punho ou no pescoço, abaixo do ângulo do queixo (figura 19.3). É a chamada **pulsação** ou **pulso arterial**. Contando o número de pulsações, medimos o número de batimentos do coração por minuto.

### Fique de olho!

É importante não usar o polegar para sentir o pulso de outra pessoa: como o dedo tem pulsação própria, você sentirá o próprio pulso.

Sob condições normais e em repouso, a frequência das batidas cardíacas em adultos varia, em geral de 60 a 80 vezes por minuto, mas pode ser menor em atletas bem treinados – e somente o médico pode avaliar se frequências fora desse intervalo constituem um problema. Após exercício intenso ou sob forte emoção, a frequência da pulsação aumenta porque o coração bate mais rápido e com mais força. Embora possua um sistema autônomo, o coração sofre influência do sistema nervoso e de hormônios, como a adrenalina.

## Circulações sistêmica e pulmonar

O sangue rico em oxigênio (também chamado sangue oxigenado ou arterial) sai do ventrículo esquerdo pela **aorta**, que se ramifica pelo corpo (figura 19.4). As ramificações tornam-se cada vez mais estreitas e formam as **arteríolas** e os **capilares sanguíneos**. Nestes ocorrem as trocas entre o sangue e as células: o oxigênio e os nutrientes atravessam os capilares e dirigem-se para as células; o gás carbônico e as excretas saem das células e entram no sangue. Desse modo, o sangue oxigenado transforma-se em sangue pobre em oxigênio e rico em gás carbônico (também chamado sangue desoxigenado ou venoso).

Os capilares unem-se novamente e formam vasos cada vez maiores, até formarem as **vênulas** e as **veias**. Duas grandes veias recolhem o sangue desoxigenado e o lançam no átrio direito: a **veia cava superior**, que recolhe o sangue das regiões acima do coração (braços, cabeça, pescoço), e a **veia cava inferior**, que recolhe o sangue do resto do corpo (figura 19.4).



Figura 19.3 Duas formas de aferir a pulsação.

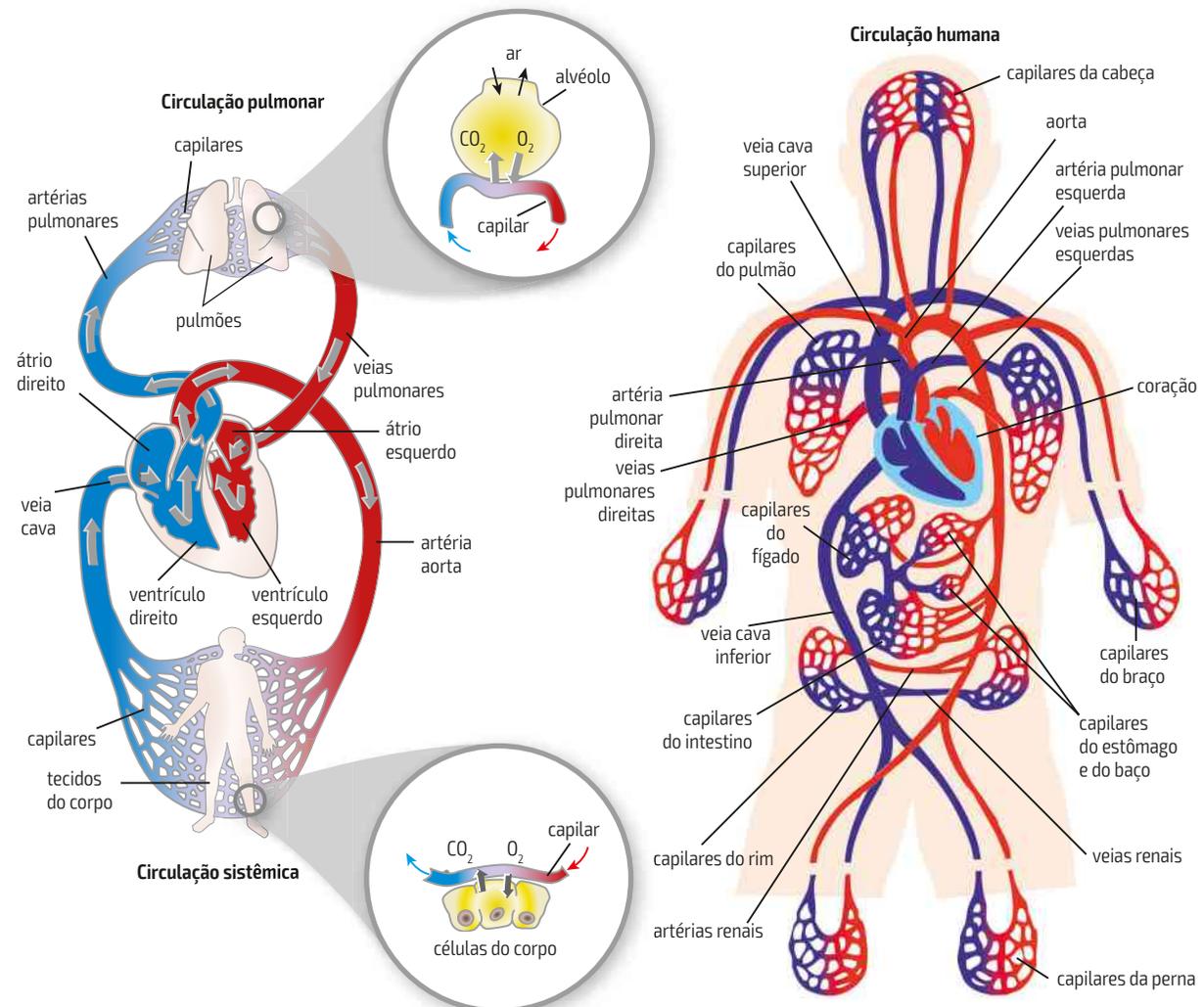
Essa circulação – que leva sangue rico em oxigênio aos tecidos e traz para o coração sangue pobre em oxigênio – é chamada de **grande circulação** ou **circulação sistêmica**. O sangue percorre todo o corpo em cerca de 1 minuto.

O sangue rico em gás carbônico passa do átrio direito para o ventrículo direito e deste é bombeado para as **artérias pulmonares direita e esquerda** (figura 19.4), que o levam para os pulmões. Nestes, ocorre a hematose: o sangue dos capilares perde gás carbônico, recebe oxigênio dos alvéolos pulmonares e transforma-se em sangue rico em oxigênio. Este sangue volta ao coração pelas **veias pulmonares**, entrando no átrio esquerdo e recomeçando o trajeto (figura 19.4).

Essa circulação – que leva aos pulmões sangue pobre em oxigênio e devolve sangue rico em oxigênio ao coração – é chamada de **pequena circulação** ou **circulação pulmonar**.

O sangue rico em oxigênio é vermelho vivo e o pobre em oxigênio, vermelho-escuro, com um tom próximo ao roxo. Muitas veias têm paredes finas e passam perto da superfície do corpo. Por isso, em pessoas com pele mais clara, o sangue dessas veias visto através da pele parece azul.

Quando impulsionado pelo coração, o sangue exerce uma pressão contra a parede das artérias: a **pressão arterial**. Em indivíduos jovens e em repouso, a pressão máxima, medida durante a sístole ventricular (**pressão sistólica**), nas grandes artérias próximas ao coração, como a artéria braquial (do braço), equivale, em geral, à pressão de uma coluna de cerca de 120 mm de mercúrio. A pressão mínima, medida durante a diástole ventricular (**pressão diastólica**), equivale à de uma coluna de cerca de 80 mm de mercúrio. De forma simplificada, dizemos que a pressão é de 12 por 8 (centímetros de mercúrio).



Ilustrações: Maspi/Arquivo da editora

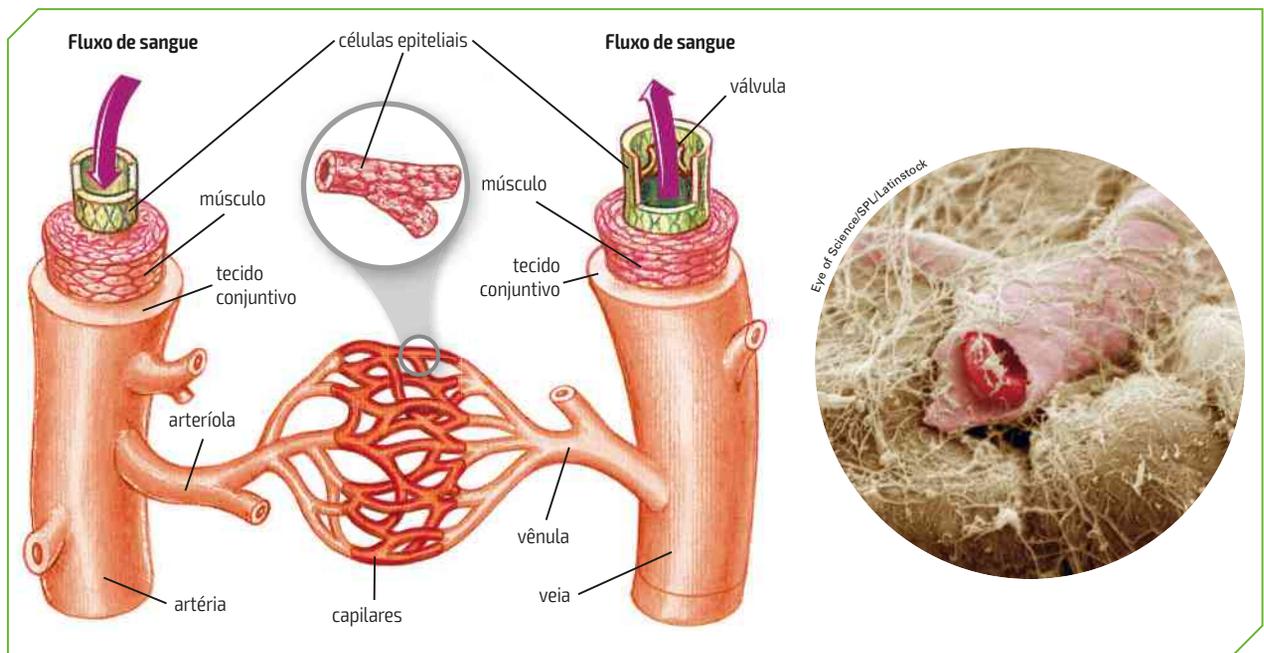
**Figura 19.4** Esquemas da circulação humana. Os capilares têm apenas 0,008 mm de diâmetro. Já as maiores artérias e veias do corpo chegam a ter 3 cm de diâmetro (os elementos da ilustração não estão na mesma escala; cores fantasia).

## Artérias, veias e capilares sanguíneos

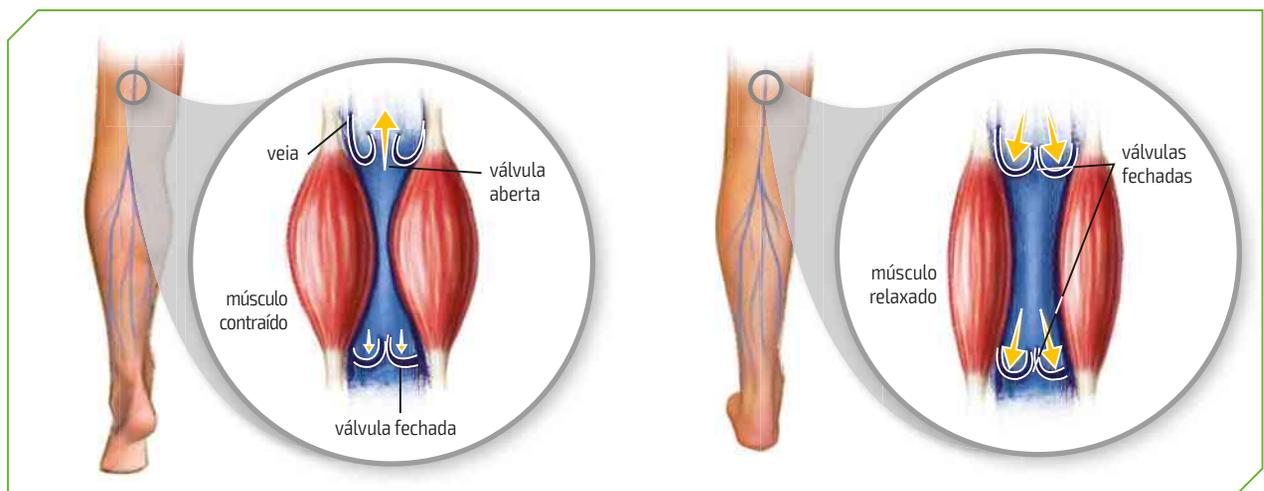
A parede das artérias e das veias é formada por três camadas: **externa**, com tecido conjuntivo rico em fibras colágenas e elásticas; **média**, que apresenta músculo liso e fibras elásticas; **interna**, originada por células epiteliais achatadas, o endotélio. Já os capilares são formados apenas por endotélio (figura 19.5).

As camadas musculares das artérias são mais espessas que as das veias, o que lhes permite supor-

tar a pressão sanguínea decorrente da contração dos ventrículos. Essa pressão diminui à medida que o sangue se afasta do coração, e nas veias é muito baixa. Apesar disso, o sangue das partes inferiores do corpo consegue voltar ao coração graças ao trabalho dos músculos do esqueleto e da respiração. Quando esses músculos se contraem, as veias próximas se comprimem, impulsionando o sangue (figura 19.6). Como elas possuem válvulas que só se abrem no sentido da volta ao coração, fica garantido o fluxo nesse sentido.



**Figura 19.5** Artérias se ramificam até formar capilares; estes se reúnem e formam as veias (os elementos da ilustração não estão na mesma escala; cores fantasia). É pelos capilares que ocorre a passagem de substâncias entre o sangue e as células do organismo. Na foto, capilar visto ao microscópio eletrônico, com uma hemácia em seu interior (aumento de cerca de 6 mil vezes; imagem colorizada por computador).



**Figura 19.6** A contração dos músculos esqueléticos comprime as veias e impulsiona o sangue de volta ao coração. As válvulas impedem a passagem do sangue no sentido contrário (os elementos da ilustração não estão em escala; cores fantasia).

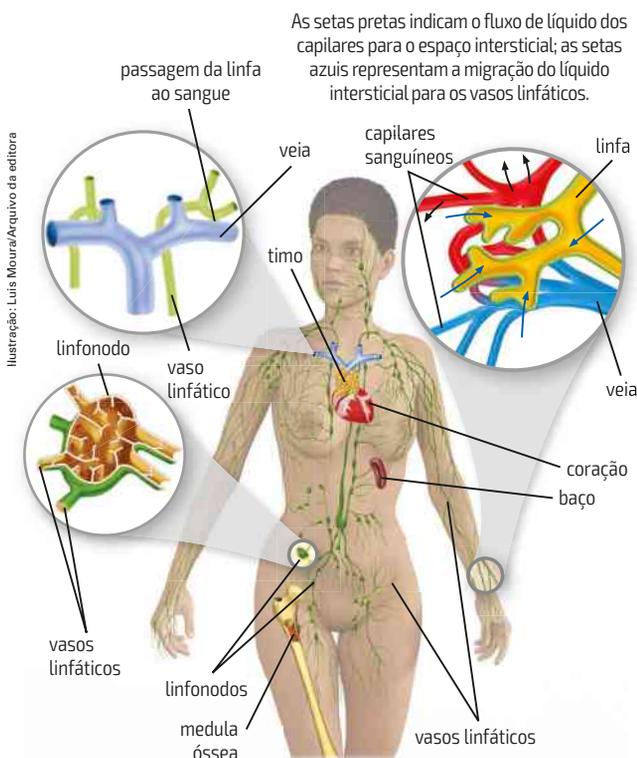
## 2 Circulação linfática

Parte da água e pequenas moléculas presentes no sangue rico em oxigênio passam dos capilares para os tecidos. Esse líquido que banha os tecidos chama-se **líquido intersticial**. Uma parte desse líquido volta para os capilares; outra parte é recolhida pelos **vasos linfáticos** e passa a se chamar **linfa** (do latim *limpha* = água).

Os vasos linfáticos de todo o corpo unem-se em dois grandes vasos, que lançam a linfa nas veias próximas ao coração. Desse modo, ela retorna à circulação sanguínea (**figura 19.7**).

Esses vasos apresentam outras funções, entre as quais: recolher algumas proteínas que vazam dos capilares e devolvê-las ao sangue; absorver gorduras do intestino (após uma refeição rica em gordura, a linfa fica com aspecto leitoso); recolher linfócitos dos linfonodos e lançá-los no sangue.

Os linfócitos defendem o corpo atacando moléculas e organismos invasores (vírus, bactérias, proteínas estranhas ao organismo, etc.). Em algumas infecções, os linfonodos aumentam de tamanho e podem ser percebidos sob a pele em certos pontos do corpo, como o pescoço, as axilas e as virilhas. Isso



**Figura 19.7** Sistema linfático (os elementos da ilustração não estão na mesma escala; cores fantasia).

indica, geralmente, que os linfonodos da região estão ajudando no combate aos microrganismos que causam infecção (mas somente o médico pode atestar se não há outro problema).

Os vasos linfáticos passam também pelo baço, pelo timo e pelas tonsilas palatinas (antes chamadas amígdalas), que, como os linfonodos, produzem células de defesa do corpo. O conjunto desses órgãos e dos vasos linfáticos forma o **sistema linfático**.

## 3 O sangue

Como você viu no primeiro volume desta coleção, o sangue funciona como um sistema de transporte no organismo, levando alimento, oxigênio e hormônios até as células. Por meio do sangue também são removidos o gás carbônico e outros resíduos.

Outra função do sangue é atuar na defesa do organismo contra agentes estranhos, como bactérias e vírus.

### Hemácias

O sangue contém de 4 milhões a 6 milhões de hemácias por milímetro cúbico. Portanto, circulam no organismo cerca de 30 trilhões de hemácias, considerando que uma pessoa tem de 5 a 6 litros de sangue.

Em regiões de maior altitude, a pressão parcial do oxigênio (essa pressão é proporcional à concentração de oxigênio) é menor do que em altitudes mais baixas. O aumento no número de hemácias é uma adaptação que permite melhor captação e transporte desse gás para o corpo.

As hemácias são constantemente formadas na medula óssea a partir de células nucleadas, os eritroblastos. Uma vez no sangue, essas células vermelhas duram apenas cerca de quatro meses; depois são destruídas no fígado e no baço (fagocitadas e digeridas por macrófagos). O ferro da hemoglobina é enviado para a medula óssea, na qual será reaproveitado na produção de novas moléculas de hemoglobina.

A baixa concentração de hemoglobina no sangue (menos de 11 g/mL), por causa da diminuição no número de hemácias ou da concentração baixa de hemoglobina em cada glóbulo quando o número de hemácias é normal, caracteriza a anemia.

## Leucócitos

No sangue humano há de 6 mil a 10 mil leucócitos por milímetro cúbico. O aumento no número de leucócitos, provocado por certas doenças e infecções, é chamado **leucocitose**. A diminuição é chamada **leucopenia** e pode ser provocada por danos na medula óssea.

Com um número reduzido de leucócitos, o indivíduo fica desprotegido contra infecções. Isso ocorre também nas **leucemias**, forma de câncer no qual há produção descontrolada de leucócitos anormais, incapazes de defender o organismo.

Os diversos tipos de leucócitos podem ser agrupados em granulócitos e agranulócitos, como vimos no Volume 1.

Os linfócitos, por exemplo, correspondem a cerca de 20% a 30% dos leucócitos e surgem inicialmente na medula, migrando depois para os tecidos linfáticos.

Os linfócitos T são produzidos a partir de células-tronco da medula óssea. Depois de passarem pelo timo, esses linfócitos se tornam capazes de reagir aos antígenos (**figura 19.8**).

Os linfócitos B também são produzidos a partir de células da medula óssea. Essas células migram para o baço e outros tecidos linfáticos onde amadurecem e são ativadas. Nestes, podem transformar-se em plasmócitos e produzir anticorpos.

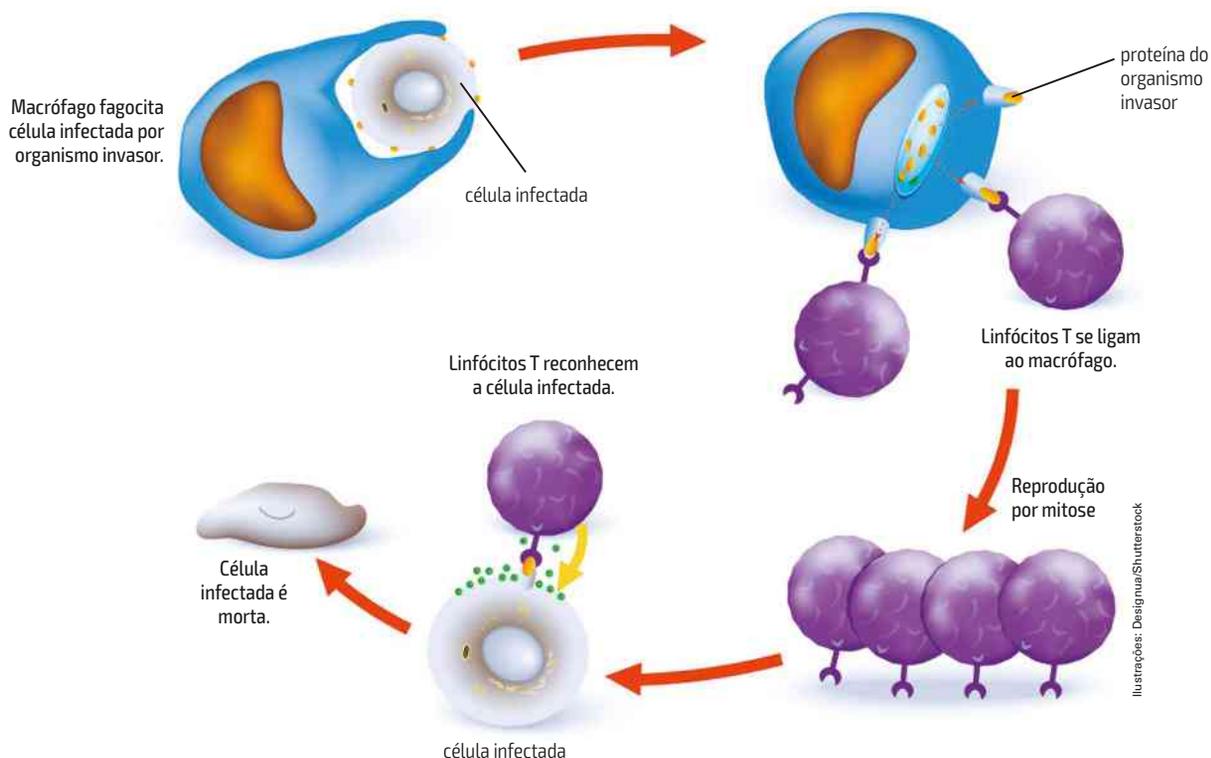
## Plaquetas

As plaquetas são pequenos fragmentos de citoplasma desprovidos de núcleo e em forma de disco. Em cada milímetro cúbico de sangue há cerca de 200 mil a 400 mil plaquetas, com a função de prevenir ou interromper hemorragias.

## Hemograma

A introdução do hemograma na prática médica ocorreu apenas em 1925. Esse exame avalia as células do sangue. Junto com os dados clínicos, a análise do hemograma permite conclusões diagnósticas para um grande número de doenças.

A análise do hemograma é feita comparando as quantidades de tipos celulares presentes na amostra com valores de referência, que variam conforme o sexo e a idade. A forma e outras características das células sanguíneas também são avaliadas no hemograma.



**Figura 19.8** Esquema simplificado da imunidade celular. Depois de ter fagocitado o microrganismo invasor, o macrófago leva pedaços das proteínas dos antígenos do invasor aderidos à membrana. Essas células entram em contato com o linfócito T auxiliar, que possui em sua membrana uma proteína capaz de se encaixar nos antígenos. A partir desse momento, o linfócito T auxiliar produz substâncias (representadas por círculos verdes na figura) que estimulam a sua multiplicação e a de outros linfócitos.

## 4

# Doenças cardiovasculares

As doenças cardiovasculares são a principal causa de morte em boa parte do mundo e mesmo no Brasil. Vejamos algumas delas e o que pode ser feito para preveni-las.

## Aterosclerose

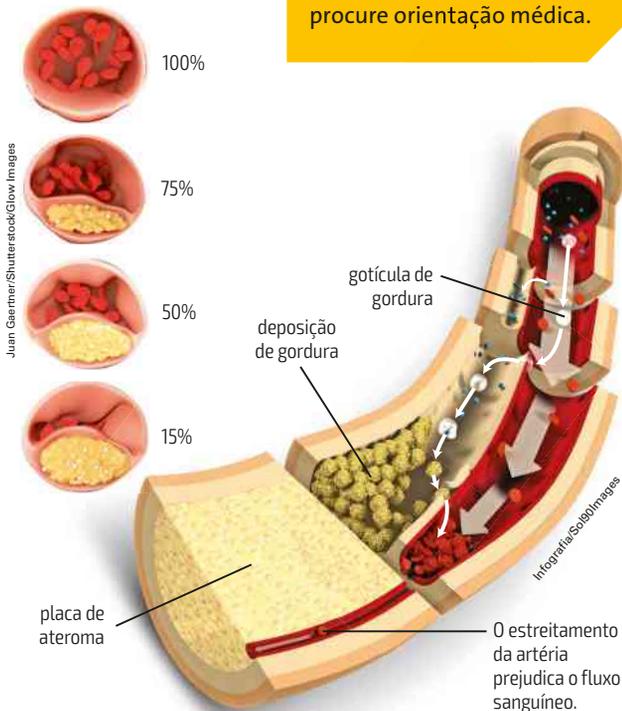
A aterosclerose (do grego *esclero* = duro) é o tipo mais importante de arteriosclerose, um grupo de doenças que atingem as artérias do corpo e provocam espessamento da parede arterial (do grego *atheros* = papa; *skleros* = duro, indicando que as artérias ficam endurecidas e com depósitos gordurosos) e sua perda de elasticidade. Em geral, a aterosclerose ocorre por causa de depósitos de placas gordurosas (**ateromas**), que, com o tempo, se calcificam na parte interna da parede. Esse estreitamento dos vasos pode provocar uma deficiência na irrigação de sangue em um órgão ou tecido – processo conhecido como **isquemia** (do grego *íscho* = deter; *haîma* = sangue). Veja a **figura 19.9**.

A deposição de placas gordurosas na parede das artérias reduz muito o fluxo de sangue nesses vasos.



### ATENÇÃO

Para mais informações, procure orientação médica.



**Figura 19.9** Ilustração do desenvolvimento da aterosclerose (sem escala; cores fantasia).

O coração pode ser seriamente afetado pelo estreitamento das artérias coronárias. A pessoa passa a sentir dores no peito, que se irradiam para o ombro e para o braço esquerdo: é a **angina de peito** ou **angina pectoris** (do latim *angina* = estrangular; *pectus* = peito). Além disso, nos vasos com aterosclerose há tendência à formação de coágulos, que entopem esses vasos e interrompem o fluxo sanguíneo: é a **trombose** (do grego *thrombos* = coágulo; *ose* = doença). Nesse caso, parte do músculo cardíaco fica sem oxigênio e morre: é o **infarto** ou **enfarte do miocárdio**, a principal causa de parada cardíaca ou “ataque cardíaco”. Se houver suspeita de ataque cardíaco, é preciso chamar uma ambulância imediatamente. A pessoa que está sofrendo um ataque cardíaco pode apresentar uma série de sinais: pressão e dor no peito que se irradiam para os ombros, pescoço ou braços; falta de ar; fraqueza súbita e desmaio.

No cérebro, a isquemia, a hipertensão e a trombose podem levar ao acidente vascular cerebral (AVC), lesão em uma região do cérebro causada por uma interrupção da circulação sanguínea ou por uma ruptura (derrame) de um vaso sanguíneo. Esses acidentes podem prejudicar diversas funções (fala, locomoção, etc.) ou provocar a morte.

Vários fatores predis põem o organismo à aterosclerose. Sua frequência aumenta com a idade, a vida sedentária, o estresse, a alimentação rica em gordura animal (com colesterol e triglicerídios de ácidos graxos saturados), a hipertensão, a obesidade, o fumo (a nicotina aumenta a chance de aterosclerose e da formação de coágulos no sangue) e certas doenças, como diabetes. Supõe-se também que haja predisposição hereditária.

## Hipertensão

A hipertensão (do grego *hyper* = acima de) é a subida anormal e constante da pressão arterial (“pressão alta”), que causa lesões nos vasos sanguíneos e favorece a ocorrência de aterosclerose, derrame e insuficiência cardíaca, além de acometer outros órgãos (rins, olhos, etc.). Apresenta causas diversas, ainda não totalmente conhecidas; por exemplo, pode surgir quando a capacidade dos rins é afetada. Como a hipertensão muitas vezes não produz sintomas — somente um exame médico pode diagnosticá-la —, muitos hipertensos não se cuidam porque simplesmente não sabem que têm esse problema. A doença, no entanto, exige acompanhamento médico. Em certos casos, pode ser necessário o uso de medicamentos.

## Tratamentos

Há vários medicamentos para os problemas cardiovasculares, além de tratamentos cirúrgicos, que incluem o transplante cardíaco. O uso de aparelhos que atuam como corações artificiais ou contribuem

para o funcionamento do coração até que o transplante seja realizado é comum.

Em obstrução de artérias pela aterosclerose, costuma-se realizar a angioplastia, que consiste em abrir espaço no vaso para a passagem do sangue.

## Biologia e saúde



### Prevenir é fundamental!

As pessoas com hipertensão e outros problemas cardiovasculares precisam receber orientação médica – pode ser necessário, por exemplo, usar medicamentos para baixar a pressão, e só um médico poderá receitá-los.

É muito importante também conhecer os chamados fatores de risco, isto é, os fatores que aumentam as chances de surgirem problemas cardiovasculares, e o que pode ser feito para prevenir essas doenças. Veja a seguir alguns desses fatores e medidas preventivas.

A obesidade pode provocar o aumento da pressão arterial. Por isso é importante controlar a pressão (**figura 19.10**) e o peso, sempre seguindo orientação médica.

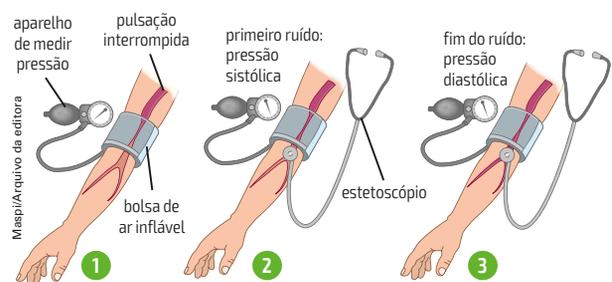
Além de elevar a pressão arterial, o cigarro aumenta o batimento cardíaco e acelera a aterosclerose. Não fume!

O colesterol é transportado no sangue combinado a certas proteínas, as lipoproteínas. Há vários tipos, como a lipoproteína de baixa densidade (LDL, sigla do inglês *Low Density Lipoprotein*) e a lipoproteína de alta densidade (HDL, do inglês *High Density Lipoprotein*). O colesterol LDL também é chamado de “colesterol ruim” porque tende a se depositar nas artérias e contribuir para a aterosclerose. O colesterol HDL é chamado de “colesterol bom” porque não se deposita nas artérias e leva o colesterol não utilizado para o fígado, onde será metabolizado. Assim, um nível alto de colesterol LDL e um baixo de colesterol HDL aumentam o risco de doenças cardíacas.

Uma predisposição de origem genética e o consumo excessivo de gorduras saturadas (encontradas principalmente em alimentos de origem animal), entre outros fatores, podem provocar aumento do colesterol “ruim” no sangue. As chamadas gorduras trans também contribuem para a elevação do colesterol “ruim” e a diminuição do colesterol “bom”, aumentando a chance de problemas cardiovasculares. Por isso, os médicos

recomendam um consumo bem restrito desse tipo de gordura. Trata-se da “gordura ou óleo vegetal hidrogenado” ou “parcialmente hidrogenado” produzido industrialmente pela hidrogenação dos óleos vegetais para dar uma consistência mais sólida a alguns alimentos industrializados (sorvetes, batatas fritas, bolos, biscoitos, chocolate, algumas margarinas, etc.). Por isso, é importante que o médico peça exames da taxa de colesterol do sangue. Esses exames poderão indicar a necessidade de uma dieta com pouca gordura saturada ou mesmo o uso de medicamentos.

A atividade física aeróbica (corrida a baixa velocidade, caminhadas rápidas, natação, ciclismo, etc. feitos de forma controlada), praticada de forma regular e orientada por profissionais do ramo, ajuda a controlar a pressão arterial. Além disso, o bom condicionamento físico contribui para que o coração bombeie o sangue com mais eficiência e receba mais sangue, pois o número de capilares que irrigam esse órgão aumenta.

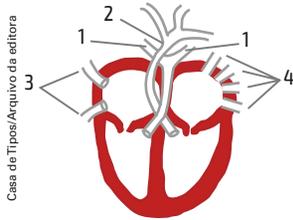


**Figura 19.10** Médica medindo a pressão arterial de uma idosa. (Os elementos da ilustração não estão na mesma escala; cores fantasia.)



Gooduz/Shutterstock/Glow Images

1. Observe abaixo o esquema simplificado que representa o coração e os vasos de chegada ou saída de sangue (indicados por números).



- a) Para onde é conduzido o sangue que sai do coração pelo vaso 1? E o sangue que sai pelo vaso 2?  
 b) De onde vem o sangue que chega ao coração pelo vaso 3? E o sangue que chega pelo vaso 4?  
 c) Em quais dos vasos indicados no esquema circula sangue rico em oxigênio?  
 d) Que vasos indicados no esquema participam da circulação sistêmica? E da circulação pulmonar?  
 e) Por que podemos dizer que, em nosso organismo, tudo se passa como se fossem dois corações a bombear o sangue?
2. Quando um vaso sanguíneo é seccionado, seja ele uma artéria ou uma veia, provoca-se uma hemorragia, que pode levar a pessoa à morte. Se o vaso seccionado for uma artéria, o sangue sai em jatos, e se for uma veia, escorre continuamente. Como você explicaria essa diferença?
3. A tabela a seguir indica o volume de dois gases (X e Y) em 100 mL de sangue.

Gás	Artérias pulmonares	Veias pulmonares
X	14 mL	40 mL
Y	50 mL	20 mL

- a) Quais gases estão indicados pelas letras X e Y?  
 b) Explique as diferenças de concentração desses gases no sangue das artérias e veias pulmonares.  
 c) Como se chama o fenômeno responsável pela mudança na concentração dos gases no sangue?
4. Imagine que alguns atletas sul-americanos estão participando de uma competição de ciclismo. Após as provas, vários testes serão feitos pelos atletas, entre eles, o hemograma. Alberto, José e Marco são de cidades litorâneas do Brasil e farão parte do primeiro grupo testado. Juan, Carlos e James vão integrar o segundo grupo e são provenientes de Quito (a 2850 m do nível do mar), no Equador. Qual o elemento do sangue que, analisado por meio do hemograma dos atletas, possibilitaria diferenciar um grupo do outro? Justifique sua resposta.

5. Algumas crianças podem nascer com um defeito no septo que separa os ventrículos. Isso faz com que o lado direito e o lado esquerdo do coração estejam em comunicação direta. Para corrigir o problema, é preciso fazer uma cirurgia. Por que as crianças com esse problema sofrem de “falta de ar”?
6. (Vunesp-SP) Durante um exame médico para localizar um coágulo sanguíneo, um indivíduo recebeu um cateter que percorreu vasos, seguindo o fluxo da corrente sanguínea, passou pelo coração e atingiu um dos pulmões.
- a) Cite a trajetória sequencial percorrida pelo cateter, desde sua passagem pelas cavidades cardíacas até atingir o pulmão.  
 b) Que denominação recebe a contração do músculo cardíaco que, ao bombear o sangue, possibilitou a passagem do cateter ao pulmão? Qual foi o tipo de sangue presente nessa trajetória?
7. (Enem) Um paciente deu entrada em um pronto-socorro apresentando os seguintes sintomas: cansaço, dificuldade em respirar e sangramento nasal. O médico solicitou um hemograma ao paciente para definir um diagnóstico. Os resultados estão dispostos na tabela:

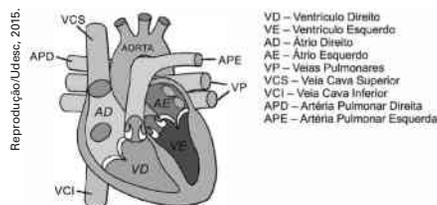
Constituinte	Número normal	Paciente
Glóbulos vermelhos	4,8 milhões/mm <sup>3</sup>	4 milhões/mm <sup>3</sup>
Glóbulos brancos	(5000 - 10000)/mm <sup>3</sup>	9 000/mm <sup>3</sup>
Plaquetas	(250 000 - 400 000)/mm <sup>3</sup>	200 000/mm <sup>3</sup>

Relacionando os sintomas apresentados pelo paciente com os resultados de seu hemograma, constata-se que:

- X a) o sangramento nasal é por causa da baixa quantidade de plaquetas, que são responsáveis pela coagulação sanguínea.  
 b) o cansaço ocorreu em função da quantidade de glóbulos brancos, que são responsáveis pela coagulação sanguínea.  
 c) a dificuldade respiratória ocorreu da baixa quantidade de glóbulos vermelhos, que são responsáveis pela defesa imunológica.  
 d) o sangramento nasal é decorrente da baixa quantidade de glóbulos brancos, que são responsáveis pelo transporte de gases no sangue.  
 e) a dificuldade respiratória ocorreu pela quantidade de plaquetas, que são responsáveis pelo transporte de oxigênio no sangue.

8. (UFRR) O sistema cardiovascular é formado por uma complexa rede de tubos – vasos sanguíneos e linfáticos – pelos quais circulam sangue e linfa, sendo o responsável pela manutenção dos trilhões de células que constituem o nosso corpo. Em relação às muitas funções desempenhadas pelo sistema cardiovascular, é correto afirmar que entre elas estão:
- Transporte de nutrientes e gás carbônico para as células, remoção de gás oxigênio e excreções resultantes do metabolismo celular e regulação da temperatura corporal;
  - Transporte de nutrientes e gás oxigênio para as células, remoção de gás carbônico e excreções resultantes do metabolismo celular e regulação da temperatura corporal;
  - Transporte de nutrientes para as células, remoção de excreções resultantes do metabolismo celular, produção de hormônios;
  - Regulação da temperatura corporal, transporte de alimentos para a célula, regulação do ambiente interno do corpo;
  - Transporte de gás carbônico para as células, remoção de excreções resultantes do metabolismo celular e regulação da temperatura corporal.

9. (Udesc) A figura representa o esquema de um coração humano, no qual estão indicadas algumas de suas estruturas.



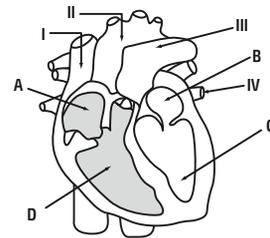
Analise as proposições em relação a este órgão.

- O sangue arterial circula dentro das artérias e o venoso dentro das veias.
- As artérias pulmonares esquerda e direita conduzem o sangue venoso aos pulmões.
- O ventrículo direito do coração possui paredes mais espessas do que o ventrículo esquerdo, pois tem de impulsionar o sangue rico em oxigênio para todo o corpo.
- As veias cavas trazem o sangue venoso dos pulmões ao átrio direito do coração.
- As paredes das veias possuem músculos que auxiliam na impulsão do sangue.

Assinale a alternativa correta.

- Somente as afirmativas II, III e IV são verdadeiras.
- Somente as afirmativas I, II e IV são verdadeiras.
- Somente a afirmativa II é verdadeira.
- Somente as afirmativas I, III e V são verdadeiras.
- Somente as afirmativas III e V são verdadeiras.

10. (Fatec-SP) A figura a seguir esquematiza o coração de um mamífero, com suas câmaras (representadas por letras), veias e artérias (representadas por algarismos).

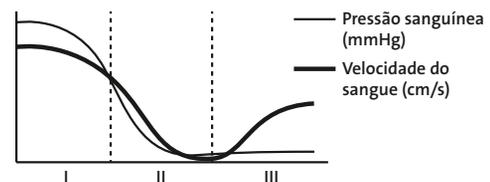


Banco de imagens/Arquivo da editora

Identifique cada parte do coração e assinale a alternativa que apresenta a correspondência correta.

- O sangue rico em  $O_2$  chega nas câmaras **A** e **B**.
- O sangue rico em  $CO_2$  chega na câmara **B**.
- Os vasos identificados por **I**, **II** e **III** são, respectivamente, veia cava superior, artéria pulmonar e artéria aorta.
- O vaso indicado por **IV** traz sangue arterial dos pulmões ao coração.
- O vaso indicado por **III** leva o sangue arterial do coração para o corpo.

11. (Fuvest-SP) O gráfico a seguir mostra a variação na pressão sanguínea e na velocidade do sangue em diferentes vasos do sistema circulatório humano. Qual das alternativas correlaciona corretamente as regiões **I**, **II** e **III** do gráfico com o tipo de vaso sanguíneo?



Banco de imagens/Arquivo da editora

- I** – artéria; **II** – capilar; **III** – veia.
  - I** – artéria; **II** – veia; **III** – capilar.
  - I** – artéria; **II** – veia; **III** – artéria.
  - I** – veia; **II** – capilar; **III** – artéria.
  - I** – veia; **II** – artéria; **III** – capilar.
12. (Uerj) Um morador de uma cidade situada no nível do mar decidiu passar um período de férias em uma cidade com altitude de 2500 m. Antes da viagem, os resultados de seu exame de sangue eram compatíveis com a normalidade em todos os parâmetros medidos. No entanto, logo nos primeiros dias da viagem, sentiu fortes tonturas e dores de cabeça, apesar de não ter entrado em contato com agentes infecciosos ou com substâncias químicas nocivas ao organismo. As condições ambientais responsáveis pelo surgimento desses sintomas são também responsáveis por estimular o organismo dessa pessoa a produzir um maior número de células denominadas:
- linfócitos
  - hemácias
  - plaquetas
  - megacariócitos

13. (UFPR) A pressão parcial de oxigênio ( $pO_2$ ) no sangue foi medida simultaneamente em diferentes pontos do sistema circulatório de um mamífero. Em condições normais espera-se que
- a)  $pO_2$  Veia pulmonar  $<$   $pO_2$  Ventriculo direito.
  - b)  $pO_2$  Átrio esquerdo  $>$   $pO_2$  Veia cava.
  - c)  $pO_2$  Átrio esquerdo  $<$   $pO_2$  Ventriculo direito.
  - d)  $pO_2$  Artéria pulmonar  $>$   $pO_2$  Veia pulmonar.
  - e)  $pO_2$  Artéria pulmonar  $>$   $pO_2$  Veia cava.

14. (IFSC) Os sistemas respiratórios e circulatórios atuam em conjunto para realizar a troca e distribuição de gases pelo corpo dos seres humanos. Sobre esses sistemas, assinale a soma da(s) proposição(ões) correta(s).
- (01) O coração dos seres humanos é o órgão responsável pelo bombeamento do sangue pelo corpo e, assim como em todos os demais vertebrados, possui quatro cavidades.
  - (02) Nos seres humanos não há mistura entre sangue venoso e arterial no coração: no átrio e ventrículo direito ocorre o bombeamento de sangue venoso, e no átrio e ventrículo esquerdo o de sangue arterial.
  - (04) Na circulação sistêmica, o sangue arterial sai do ventrículo esquerdo para a aorta e segue

em direção do corpo, e o sangue venoso retorna pelas veias do corpo para o átrio direito.

- (08) As hemácias são as células sanguíneas responsáveis pelo transporte de gases pelo corpo. Nessas células, a proteína que se liga ao oxigênio é a hemoglobina.
- (16) No pulmão ocorre o transporte de dióxido de carbono do sangue para os alvéolos e de oxigênio dos alvéolos para o sangue. A troca gasosa ocorre por difusão simples através das membranas das células do epitélio alveolar e das hemácias.

$$02 + 04 + 08 + 16 = 30.$$

15. (Mack-SP) A respeito do coração, assinale a alternativa correta.
- a) O nódulo sinoatrial é responsável pelo controle do ritmo cardíaco.
  - b) As valvas são responsáveis por estimular a contração do miocárdio.
  - c) A contração do miocárdio é completamente independente da ação do sistema nervoso.
  - d) A oxigenação desse órgão é feita pelo sangue que circula em seu interior.
  - e) Todo sangue que sai do coração é arterial.

### Trabalho em equipe

Em grupo, escolham um dos temas abaixo para pesquisar (em livros, CD-ROMs, internet, etc.) e depois exponham o trabalho para a classe.

1. O que são febre reumática, insuficiência cardíaca e arritmias cardíacas? Procurem os sintomas e possíveis tratamentos para esses casos.

2. Elaborem e apresentem para a classe um quadro comparativo dos sistemas circulatórios nos principais grupos de invertebrados e vertebrados.
3. Neste capítulo vocês aprenderam como a pressão arterial pode ser medida. Com o auxílio do professor de Física, pesquisem o conceito de pressão e quais suas unidades de medida.

### Atividade prática

Nesta atividade, você vai apenas observar enquanto seu professor diseca um coração de boi (que pode ser adquirido em açougues ou feiras livres). Em seguida, responda às perguntas a seguir:

- Observe atentamente a parte externa do coração. O que são as massas amareladas no exterior desse órgão? Tente identificar também os principais vasos ligados a ele.
- A partir dos cortes longitudinais realizados pelo professor, observe a comunicação entre os átrios e ventrículos do lado direito do coração e entre as cavidades correspondentes do lado

esquerdo. O que são as pequenas membranas entre elas?

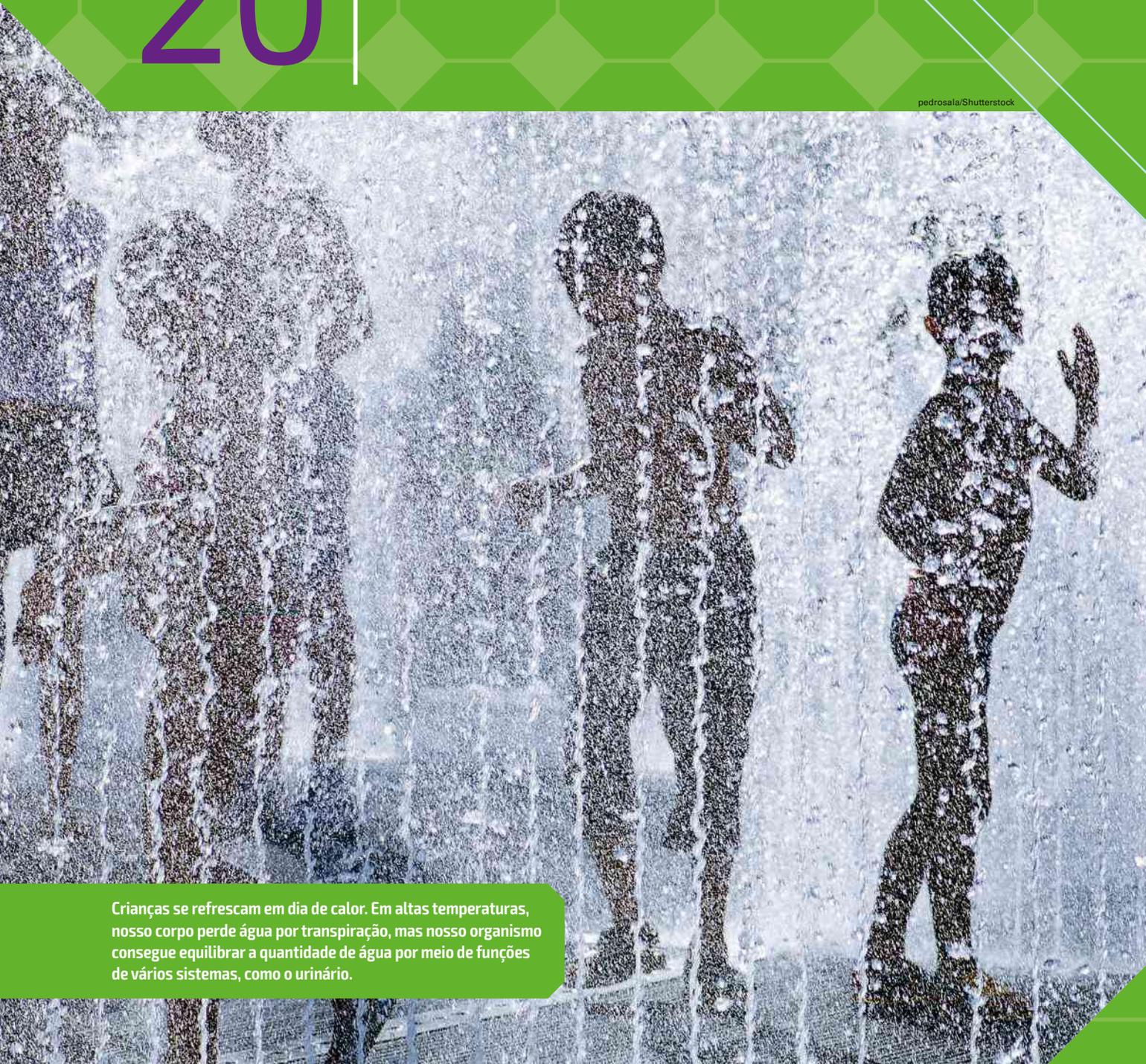
- Observe novamente os principais vasos ligados ao coração (agora pelo lado interno) e verifique se também há membranas entre eles e as cavidades do órgão. Em caso afirmativo, como você explicaria a existência dessas estruturas?
- Finalmente, observe a musculatura na parte inferior do coração. Ela deve se apresentar mais desenvolvida em um dos lados. Pensando no funcionamento do coração, elabore hipóteses que expliquem essa diferença na espessura das paredes do órgão.

## CAPÍTULO

# 20

## Sistema urinário

pedrosala/Shutterstock



Crianças se refrescam em dia de calor. Em altas temperaturas, nosso corpo perde água por transpiração, mas nosso organismo consegue equilibrar a quantidade de água por meio de funções de vários sistemas, como o urinário.

Quando bebemos muita água, produzimos mais urina, e o excesso de água é eliminado do organismo. O excesso de sal consumido na alimentação também é eliminado pela urina. De modo semelhante, a perda de água pelo suor (que ajuda a manter a temperatura corporal constante pela perda de calor) pode ser compensada pela retenção de mais água pelo sistema urinário. Pela eliminação de quantidades variáveis de água e sais, o sistema urinário controla a concentração dos líquidos no interior do corpo.



- ◆ Por que urinamos com mais frequência nos dias frios?
- ◆ Filtração e reabsorção: como ocorrem esses processos no rim?
- ◆ Você conhece alguém que já teve “pedras nos rins”? O que são essas pedras?

## 1 Funções do sistema urinário

Na maioria das vezes, os seres vivos apresentam uma concentração de solutos em seu organismo diferente da encontrada no meio externo. Para a manutenção das funções biológicas, essas concentrações devem ser mantidas mais ou menos constantes. O processo que garante essa constância é a **osmorregulação**. Esse processo permite que o organismo mantenha uma concentração de sais e outros solutos e uma pressão osmótica diferentes das do ambiente, regulando a quantidade de água no interior do corpo.

O sistema urinário, juntamente com outros sistemas do organismo, colabora para a manutenção de um meio interno constante e compatível com a vida, isto é, colabora para a **homeostase** (do grego *homoios* = o mesmo; *stásis* = parada). Além de eliminar as substâncias em excesso, o sistema urinário elimina aquelas que são prejudiciais e que resultam de processos metabólicos, as **excretas**.

### Fique de olho!

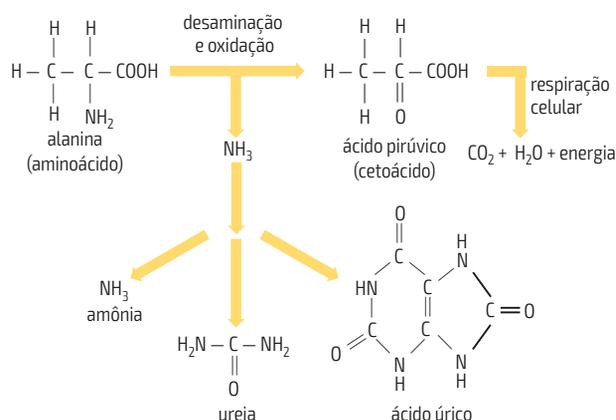
A eliminação de restos de comida pelas fezes não é considerada excreção.

O termo ‘excreta’ é usado apenas para denominar as substâncias que passam pelo interior das células ou os produtos de seu metabolismo e que serão eliminadas do corpo – é o caso, por exemplo, da ureia presente na urina e do gás carbônico eliminado na respiração.

## Excreção de substâncias nitrogenadas

Nos animais, os principais produtos tóxicos excretados são as moléculas nitrogenadas originadas da oxidação de aminoácidos e de ácidos nucleicos. No fígado, esses produtos são desaminados (perdem o grupamento amina) e oxidados. Esse processo produz um **cetoácido**, ou seja, um ácido com um grupo

cetônico ( $\begin{matrix} \text{---C---} \\ || \\ \text{O} \end{matrix}$ ) e **amônia**. O cetoácido pode ser usado na síntese de outras moléculas ou oxidado no processo respiratório. Alguns animais eliminam a amônia diretamente; outros a transformam em ureia ou em ácido úrico (**figura 20.1**).



**Figura 20.1** As equações químicas desta figura ajudam a compreender as transformações que levam à produção de excretas nitrogenadas.

Embora quase todos os animais tenham na urina uma mistura de amônia, ureia e ácido úrico, em geral, uma dessas substâncias predomina, o que está relacionado com a quantidade de água disponível tanto durante a vida embrionária como na fase adulta do animal.

Animais aquáticos podem excretar diretamente a amônia, pois, apesar de ela ser bastante tóxica, é mantida no corpo em baixas concentrações; para diluir a amônia e eliminá-la de forma segura, é necessário consumir grande quantidade de água, o que, geralmente, não é um problema para animais aquáticos.

Já os animais terrestres teriam de gastar muita água para excretar a amônia e correriam o risco de desidratação. A ureia, sendo menos tóxica, pode ser eliminada de forma mais concentrada, e o animal economiza água – é o caso dos mamíferos e anfíbios adultos, entre outros. A transformação de amônia em ureia é feita no fígado (ciclo da ureia).

Répteis e aves, entre outros, transformam amônia em ácido úrico, insolúvel e armazenado no interior do ovo, sem prejudicar o embrião.

## 2 Sistema urinário

Os principais órgãos excretores são os **rins**: dois órgãos com formato semelhante a grãos de feijão e constituídos pelos **néfrons** ou **nefros** (do grego *nefros* = rim) (figura 20.2).

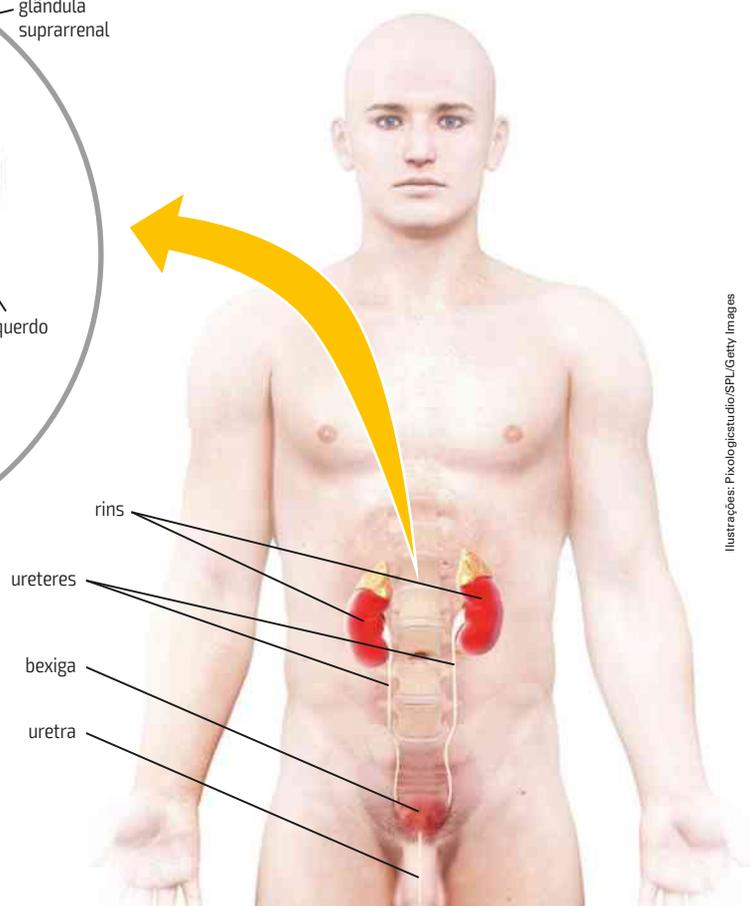
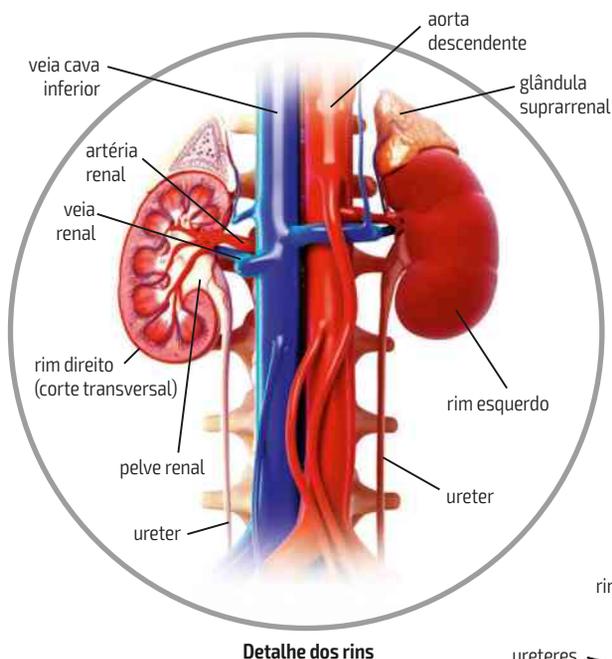
Os pulmões e o fígado também colaboram na excreção, ao eliminar gás carbônico e inativar substâncias prejudiciais ao organismo, respectivamente. Substâncias, como o álcool, por exemplo, podem ser oxidadas em gás carbônico e água, ou transformadas em outras substâncias no fígado e, então, eliminadas pela urina ou pela bile. A **bile** elimina também os produtos resultantes da destruição das moléculas de hemoglobina, que são transformados em pigmentos biliares, como a **bilirrubina**. Esses pigmentos são lançados no intestino e transformados em outras substâncias por bactérias da flora intestinal. Algumas dessas substâncias são eliminadas com as fezes, sendo responsáveis por sua cor característica. Outras substâncias voltam para o

sangue e são eliminadas pela urina, tornando-a amarelada.

Contudo, a maior parte do trabalho de excreção, que se constitui pela eliminação da ureia produzida no fígado, é realizada pelos rins. Além disso, os rins regulam a concentração de água e sais do corpo, mantendo o equilíbrio de substâncias no organismo (osmorregulação).

Os rins também impedem que a ureia e outros produtos tóxicos ou em excesso atinjam concentrações altas no sangue.

Os rins recebem sangue pelas artérias renais, que se ramificam em muitas arteríolas. Cada arteríola se dirige a uma pequena estrutura chamada néfron. Existe cerca de 1 milhão de néfrons em cada rim. O sangue sai dos rins pelas veias renais, que se unem à veia cava inferior, que chega ao coração. De cada um dos rins sai um tubo chamado **ureter**. Os ureteres levam a urina para a **bexiga urinária**, um saco muscular que acumula esse líquido e o lança para o exterior através da uretra (figura 20.2).



Ilustrações: Pixologicstudio/SPL/Getty Images

**Figura 20.2** Sistema urinário humano e os vasos que o abastecem de sangue. (As medidas de um rim são 11 cm × 6 cm × 3 cm, aproximadamente; cores fantasia).

## O néfron

O néfron é composto de duas partes: o **corpúsculo renal** (anteriormente denominado corpúsculo de Malpighi) e o **túbulo néfrico** (figura 20.3). O corpúsculo é formado pelo **glomérulo renal** ou **néfrico** (do grego *glomus* = novelo), um novelo de capilares envolvido pela **cápsula renal** ou **glomerular** (anteriormente chamada de cápsula de Bowman), que é a extremidade dilatada do túbulo renal. Esse túbulo é dividido em três regiões: o **túbulo contorcido proximal**, a **alça néfrica** (antes chamada de alça de Henle) e o **túbulo contorcido distal** (figura 20.3).

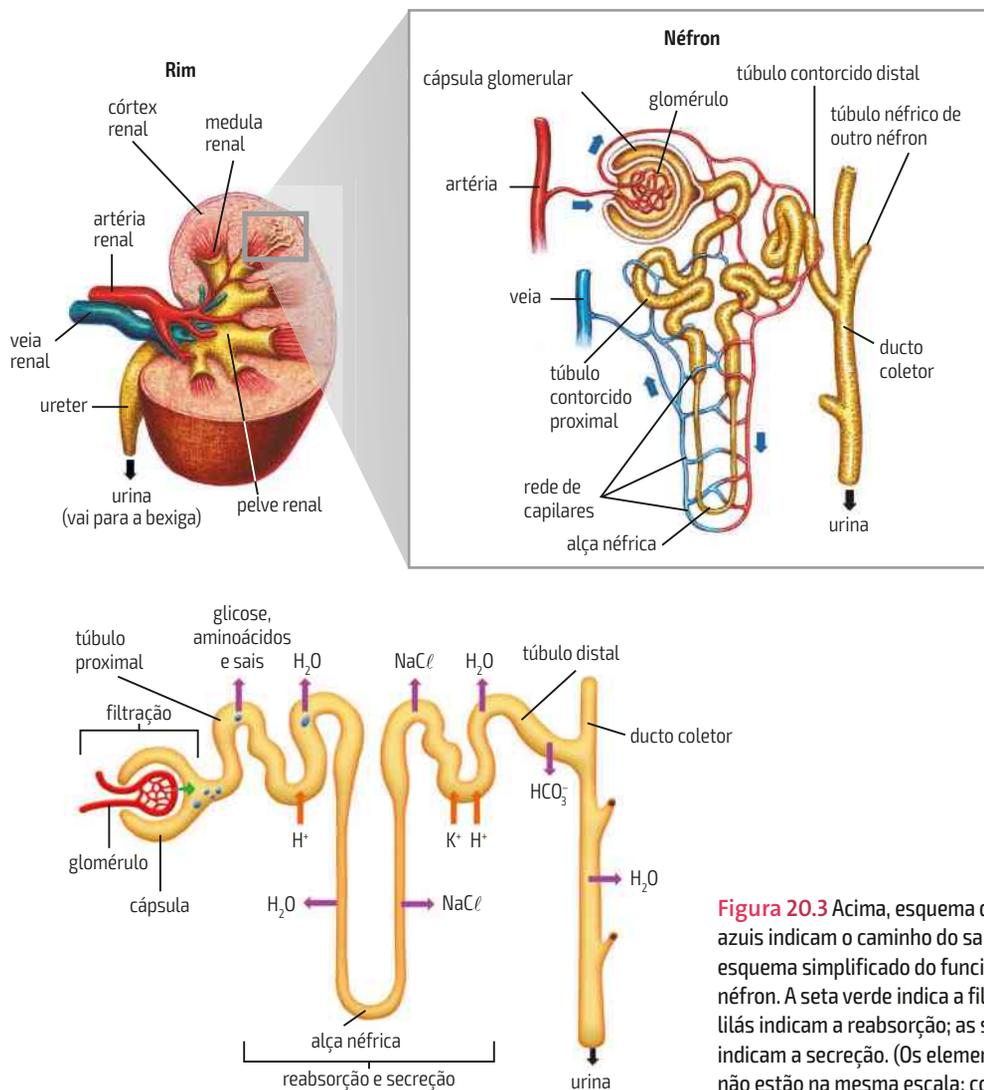
Os capilares do glomérulo se juntam em uma arteríola. Essa arteríola forma então uma rede de capilares que envolve o túbulo néfrico. O sangue no interior desses capilares fornece oxigênio às células e recebe gás carbônico. Os capilares se reúnem e formam vênulas e veias que desembocam na **veia renal**.

Os glomérulos concentram-se na região externa do rim (**córtex**), e os túbulos estão parte no córtex, parte na **medula** (figura 20.3). Esses túbulos vão confluyendo até formar canais maiores (**ductos coletores**), que lançam a urina na **pelve renal**.

No néfron ocorrem três processos: **filtração**, **reabsorção** e **secreção** (figura 20.3).

Na filtração, a pressão do sangue expulsa, do glomérulo para a cápsula, a água e as pequenas moléculas dissolvidas no plasma, como sais, moléculas orgânicas simples e ureia. Os elementos figurados do sangue e as grandes proteínas do plasma não passam para a cápsula. O líquido formado nessa etapa é chamado **filtrado glomerular**.

A reabsorção ocorre ao longo do túbulo. Por meio da rede de capilares que o envolve, a água e as substâncias importantes que tinham sido filtradas são reabsorvidas, voltando para o sangue (figura 20.3).



Ilustrações: Joel Bueno/Arquivo da editora

**Figura 20.3** Acima, esquema do néfron. As setas azuis indicam o caminho do sangue. À esquerda, esquema simplificado do funcionamento de um néfron. A seta verde indica a filtração; as setas lilás indicam a reabsorção; as setas laranja indicam a secreção. (Os elementos da ilustração não estão na mesma escala; cores fantasia.)

As células da parte inicial do túbulo (túbulo contorcido proximal) reabsorvem, por transporte ativo (com gasto de energia), quase toda a glicose, os aminoácidos e outras substâncias úteis ao organismo, além de parte dos sais. Ao receber de volta essas substâncias, o sangue fica mais concentrado que o líquido do túbulo, e cerca de 80% a 85% da água também é reabsorvida, agora por osmose (transporte passivo, sem gasto de energia).

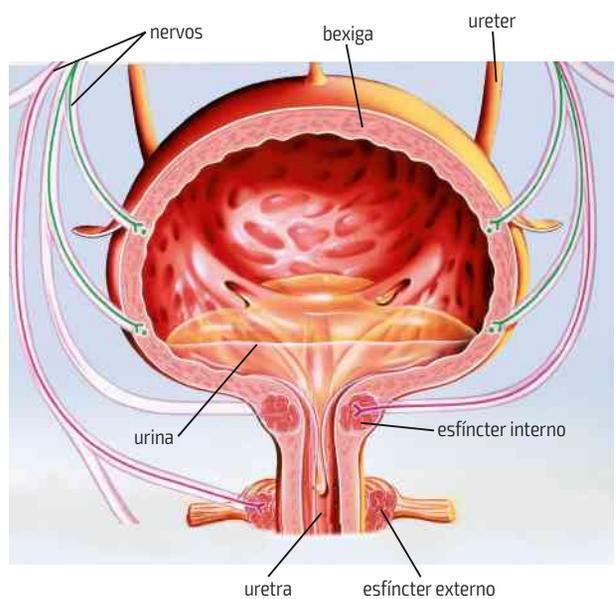
Em seguida ao túbulo contorcido proximal está a **alça néfrica**, com um ramo descendente – no qual continua a reabsorção de água por osmose – e outro ascendente – no qual são reabsorvidos sais. Na membrana das células epiteliais do ramo descendente da alça, há um grande número de **aquaporinas**, proteínas envolvidas no transporte de moléculas de água.

Após o ramo ascendente, vem a parte final do túbulo renal: o **túbulo contorcido distal**. Neste ocorre a reabsorção ativa dos sais. Além disso, suas paredes (e também a dos ductos coletores) apresentam permeabilidade variável em relação à água. Assim, se o corpo precisar reter água, as paredes do túbulo (e do ducto coletor) tornam-se mais permeáveis e mais água sai para o sangue por osmose; caso contrário, elas ficam menos permeáveis.

A filtração e a reabsorção são as duas etapas principais do trabalho do néfron. Uma terceira etapa, a **secreção tubular**, complementa-as. Nela, as células do túbulo controlam a taxa de potássio no sangue, retirando íons  $K^+$  do sangue, e ajudam a manter constante o pH do sangue (em torno de 7,4), removendo íons  $H^+$  (ácidos) do sangue ou reabsorvendo íons bicarbonato (básicos) do **filtrado**.

Ao sair do ducto coletor, a urina é formada por cerca de 95% de água, 2% de ureia, 1% de cloreto de sódio e 2% de outros sais e produtos nitrogenados, como ácido úrico, amônia e creatinina.

À medida que ocorre o acúmulo de urina, a bexiga aumenta. Quando o volume atinge cerca de 300 mililitros, nervos estimulam a contração dos músculos da bexiga, fazendo também com que os músculos involuntários no **esfíncter interno** (do grego *sphigktér* = o que aperta), em torno da uretra, relaxem. Se os músculos do esfíncter externo, de controle voluntário, também relaxarem, a urina é eliminada do corpo pela **micção** (ato de urinar; **figura 20.4**).



**Figura 20.4** Representação da bexiga em corte. No esquema é possível ver a urina sendo eliminada pela uretra. Quando a bexiga está cheia, nervos estimulam a contração dos músculos que controlam a micção. (Os elementos da ilustração não estão na mesma escala; cores fantasia.)

## Controle hormonal

Em um dia, o volume total de sangue no nosso corpo (de 4 L a 6 L) é filtrado cerca de sessenta vezes, o que produz em torno de 180 L de filtrado na cápsula renal. No entanto, cerca de 99% desse volume é reabsorvido para o sangue, e produz-se, assim, de 1 L a 2 L de urina por dia. Portanto, nosso rim tem grande capacidade de economizar água, concentrando excretas e ureia produzidas em um dia em pouco mais de 1 L de urina. Eliminamos, assim, uma quantidade mínima de água, diluindo os produtos de excreção. Essa economia tem um importante valor adaptativo para os animais terrestres.

A quantidade de água reabsorvida pode variar ligeiramente, de acordo com a quantidade total de água do corpo. Em dias quentes, quando se perde muita água pelo suor, as células de uma região do encéfalo (**hipotálamo**) produzem o **hormônio antidiurético (ADH)**, que é armazenado e lançado no sangue pela hipófise. Quando a pressão osmótica do sangue aumenta (por causa da diminuição de água), esse hormônio faz aumentar a permeabilidade à água do túbulo contorcido distal e do ducto coletor, e uma proporção maior de água é reabsorvida por osmose, podendo restar apenas 0,5 L dos 180 L de água que passaram pelos rins. A urina é produzida em menor quantidade e se torna mais concentrada, portanto, mais escura.

O inverso ocorre quando se bebe muita água e a pressão osmótica do sangue cai. A produção de ADH fica inibida, e a permeabilidade do túbulo e a reabsorção de água diminuem. Assim, a urina fica mais diluída (clara) e abundante.

O álcool também inibe a produção de ADH. Ao consumir cerveja, uma pessoa está ingerindo álcool e muita água. Isso explica o efeito diurético dessa bebida.

Quando há deficiência de ADH, forma-se grande quantidade de urina muito diluída: é a doença conhecida como diabetes insípida, que veremos no Capítulo 21.

Outro hormônio, a **aldosterona**, produzido pelas glândulas suprarrenais, aumenta a reabsorção de sódio quando a concentração desse íon diminui no sangue, o que faz aumentar a reabsorção de água por osmose.

### 3 Problemas no sistema urinário

A **litíase urinária** ou **cálculo renal** é também conhecida como “pedras nos rins” (do grego *lithos* = pedra; *calculu* = pedrinha). Os cálculos podem se formar quando aumenta a concentração de cálcio ou de outros sais na urina por causa de alguma doença, por exemplo. Cálculos pequenos podem ser eliminados naturalmente na urina. Cálculos maiores, porém, podem obstruir e ferir partes do sistema

urinário. Por isso, algumas vezes, é necessário removê-los por meio de cirurgia.

O sistema urinário também pode ser atacado por microrganismos, com o desenvolvimento de infecções, por exemplo, na uretra, a **uretrite**, ou na bexiga, a **cistite** (do latim *cysto* = bexiga; *ite* = inflamação).

Pelo exame de urina pode-se verificar a presença de microrganismos e uma série de problemas em vários órgãos do corpo. Por exemplo, a presença de glicose na urina pode indicar que a pessoa está com diabetes.

Se as funções renais estiverem muito prejudicadas, pode ser necessário recorrer à **hemodiálise**. Diálise é a separação de substâncias em soluções por uma membrana semipermeável. Na hemodiálise, há transferência de substâncias entre o sangue e o líquido de diálise. As membranas deixam passar as excretas do sangue por difusão e impedem a saída dos elementos figurados e das proteínas. Como o líquido possui glicose, sais e outras substâncias na mesma concentração que o sangue, apenas a ureia, o excesso de sais e outros produtos com concentrações anormais saem do sangue. Em certos casos, também pode ser necessário recorrer a um transplante de rim.

#### ATENÇÃO

Para mais informações, procure orientação médica.



**ATENÇÃO!**  
Não escreva  
no seu livro!

## Atividades

1. Devemos manter nosso organismo sempre bem hidratado, mas é particularmente importante beber água durante a prática de atividades físicas, sobretudo nos dias mais quentes. Explique essas afirmações.
2. Sabe-se que o fumo pode causar até mesmo câncer de bexiga. Explique como as substâncias cancerígenas do fumo, que são absorvidas sobretudo nos pulmões, chegam à bexiga urinária.
3. Quando bebemos mais água, a reabsorção nos túbulos e ductos coletores dos rins aumenta ou diminui? Em que sentido isso colabora para o equilíbrio do corpo?
4. Em qual dessas situações a urina de uma pessoa deveria apresentar maior concentração de ureia: quando ela ingere mais carboidratos ou quando ingere mais proteínas? Justifique sua resposta.
5. As células do tubo contorcido proximal possuem muitas mitocôndrias, e o ramo descendente da alça néfrica, poucas. Como você explica essa diferença?
6. No inverno, a urina costuma ser mais clara do que no verão. Também no inverno o volume de urina costuma ser maior. Elabore uma explicação para ambos os fatos.

7. (UFG-GO) Leia a notícia a seguir.

### **Rim artificial implantável promete acabar com diálise**

*Pesquisadores da Universidade da Califórnia, nos Estados Unidos, apresentaram o modelo de um aparelho que poderá se tornar o primeiro rim artificial implantável. Este aparelho replica as funções de um rim humano em duas etapas. Na primeira, milhares de filtros microscópicos mimetizam o glomérulo e, na segunda, um conjunto de células tubulares mimetizam os túbulos renais.*

Disponível em: <www.inovacaotecnologica.com.br/noticias/noticia.php?artigo=rim-artificial-implantavel>.  
Acesso em: 6 nov. 2010. [Adaptado]

Considerando a hipótese de o modelo descrito ser bem-sucedido e aceito sem rejeição pelo organismo humano, no caso de implante, descreva a função a ser desempenhada pelo rim artificial, em cada uma das etapas descritas.

8. (Vunesp-SP) Considere as funções do rim humano.

- Quais os principais processos que ocorrem, respectivamente, no glomérulo localizado na cápsula de Bowman (glomerular) e no túbulo do néfron?
- Cite uma substância orgânica filtrada que será reabsorvida pelo sangue e dê o nome da principal substância tóxica que será filtrada e posteriormente eliminada pela urina.

9. (Enem) Durante uma expedição, um grupo de estudantes perdeu-se de seu guia. Ao longo do dia em que esse grupo estava perdido, sem água e de baixo de sol, os estudantes passaram a sentir cada vez mais sede. Consequentemente, o sistema excretor desses indivíduos teve um acréscimo em um dos seus processos funcionais.

Nessa situação o sistema excretor dos estudantes

- aumentou a filtração glomerular.
- produziu maior volume de urina.
- produziu urina com menos ureia.
- produziu urina com maior concentração de sais.
- reduziu a reabsorção de glicose e aminoácidos.

10. (FMTM-MG) João, José e Pedro compareceram ao mesmo laboratório de análises clínicas para a coleta e exame de urina. Após as análises, os resultados de cada um revelaram:

João: presença de ureia, ácido úrico, água e cloreto de sódio.

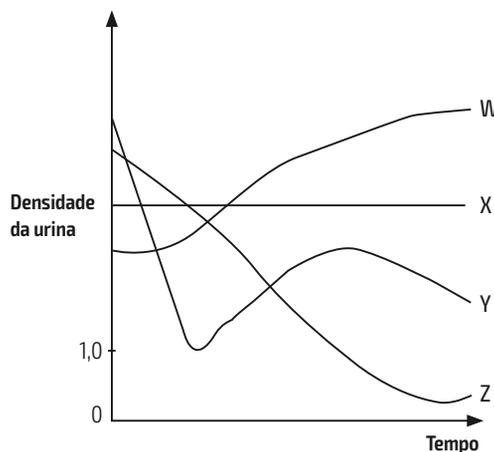
José: presença de ácido úrico, proteínas, água e cloreto de sódio.

Pedro: presença de proteínas, água, ureia e glicose. Pode-se dizer que:

- os três apresentam funcionamento renal normal.

- apenas José apresenta funcionamento renal anormal.
- apenas Pedro apresenta funcionamento renal anormal.
- apenas João apresenta funcionamento renal normal.
- José e Pedro apresentam funcionamento renal normal.

11. (Uerj) A água, principal componente químico do corpo humano, é perdida em quantidades relativamente altas por meio dos mecanismos de excreção, devendo ser reposta para evitar a desidratação. Observe o gráfico.



Banco de imagens/Arquivo da editora

Considere que o ponto zero do gráfico corresponde ao instante a partir do qual uma pessoa deixa de repor a água perdida por seu organismo. A curva que registra as alterações da densidade da urina dessa pessoa, em função do tempo, é a identificada pela seguinte letra:

- a) W.
  - b) X.
  - c) Y.
  - d) Z.
12. (Mack-SP) Os néfrons humanos são responsáveis pela eliminação de excretas nitrogenadas e pela manutenção do equilíbrio osmótico do corpo. Assinale a alternativa correta a respeito desses processos.
- Os excretas são trazidos para os néfrons por capilares nos quais circula sangue venoso.
  - Quando ingerimos uma grande quantidade de água, a alça renal aumenta a taxa de reabsorção.
  - O principal excreta nitrogenado existente na urina humana é o ácido úrico.
  - Quanto maior for a pressão nos capilares do glomérulo, menor será a quantidade de urina produzida.
  - e) O aumento de sudorese (produção de suor) provoca a diminuição do volume de urina produzido.

**13.** (Unicamp-SP) O hormônio ADH (antidiurético), produzido no hipotálamo e armazenado na hipófise, é o principal regulador fisiológico do equilíbrio hídrico no corpo humano. Assinale a alternativa correta.

- x a) A redução na ingestão de água aumenta a pressão osmótica do sangue. O ADH atua nos rins, aumentando a reabsorção de água e diminuindo a pressão osmótica do sangue.
- b) O aumento na ingestão de água aumenta a pressão osmótica do sangue. O ADH atua nos rins, aumentando a reabsorção de água e diminuindo a pressão osmótica do sangue.
- c) A redução na ingestão de água diminui a pressão osmótica do sangue. O ADH atua nos rins, aumentando a reabsorção de água e aumentando a pressão osmótica do sangue.
- d) O aumento na ingestão de água diminui a pressão osmótica do sangue. O ADH atua nos rins, diminuindo a reabsorção de água e aumentando a pressão osmótica do sangue.

**14.** (Unifor-CE) Assinale a alternativa da tabela que identifica corretamente as substâncias transportadas pelo sangue nos rins (o sinal “+” indica sangue rico na substância mencionada).

	Artéria renal			Veia renal		
	Oxigênio	Gás carbônico	Ureia	Oxigênio	Gás carbônico	Ureia
x a)	+		+		+	
b)	+		+		+	+
c)	+				+	+
d)		+	+	+		
e)		+		+		+

**15.** (UPF-RS) No sistema urinário do corpo humano, são **////** que realizam a filtração do sangue. O processo de eliminação de urina acontece em duas etapas: primeiro, a urina trazida **////** acumula-se **////**; depois, ocorre a micção, com a eliminação da urina através **////**.

As informações que completam corretamente os espaços estão na alternativa:

- a) os rins / pela uretra / na bexiga / dos ureteres.
- b) os arteríolos / pelos ureteres / na bexiga / da uretra.
- c) os rins / pelas veias / na bexiga / dos ureteres.
- d) os ureteres / pela uretra / na bexiga / dos arteríolos.
- x e) os rins / pelos ureteres / na bexiga / da uretra.

### Trabalho em equipe

Em grupo, escolham um dos temas a seguir para pesquisar. Depois, apresentem o resultado do trabalho para a classe.

1. Elaborem um quadro comparativo dos sistemas de excreção nos principais grupos de invertebrados e vertebrados.
2. A ureia é sintetizada no fígado a partir da amônia. Mas ela também pode ser sintetizada a partir de um composto inorgânico, o cianeto de amônio, tendo sido obtida, em 1828, pelo químico alemão Friedrich Wöhler (síntese de Wöhler). Com o auxílio do professor de Química, pesquisem sobre a época, o cientista e a importância dessa síntese.
3. Pesquisem quais órgãos podem ser doados e transplantados; quais os procedimentos para a doação de órgãos para transplante; que problemas podem surgir para doadores e receptores de órgãos e tecidos; que leis tratam da doação de órgãos e tecidos. Com o auxílio do professor de Filosofia, discutam também as implicações éticas (bioéticas) dessa doação.



Antonia Reeve/Science Photo Library



AJ Photo/Science Photo Library

Para realizar um transplante (retratado acima), o rim removido precisa ser acondicionado em recipiente esterilizado e conservado à baixa temperatura (imagem à esquerda).



Esportes radicais estimulam a liberação de hormônios que nos deixam alertas e mais preparados para situações de perigo.

Quando nosso organismo se encontra em estado de alerta, o sistema nervoso manda sinais químicos para as glândulas suprarrenais. Essas glândulas então liberam hormônios, como a adrenalina, que nos ajudam a reagir ao perigo iminente: as frequências cardíaca e respiratória aumentam, as pupilas se dilatam e os músculos se contraem. Esse estado de alerta nos permite responder ao perigo de forma mais eficiente e é uma das funções do sistema endócrino.



- ◆ O que são hormônios? Como essas substâncias atuam na manutenção do equilíbrio do nosso organismo?
- ◆ Você conhece doenças causadas por distúrbios hormonais?
- ◆ Como situações de estresse afetam o funcionamento do nosso corpo?

## 1 Hormônios

A coordenação das funções do organismo é feita pelos sistemas nervoso e endócrino. O sistema endócrino é formado pelo conjunto das **glândulas endócrinas** (figura 21.1). Essas glândulas produzem os **hormônios** (do grego *hormaein* = estimular), ou seja, substâncias que, em geral, são lançadas no sangue e influenciam a atividade de vários órgãos. Os hormônios participam do controle do crescimento, da pressão arterial, da concentração de substâncias no sangue, etc., e colaboram para a homeostase.

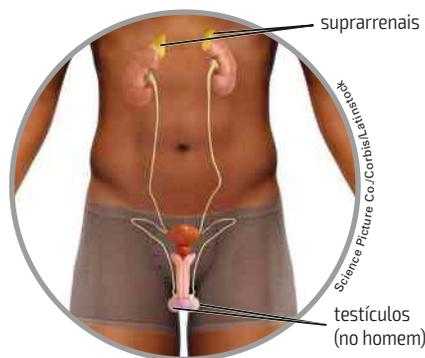
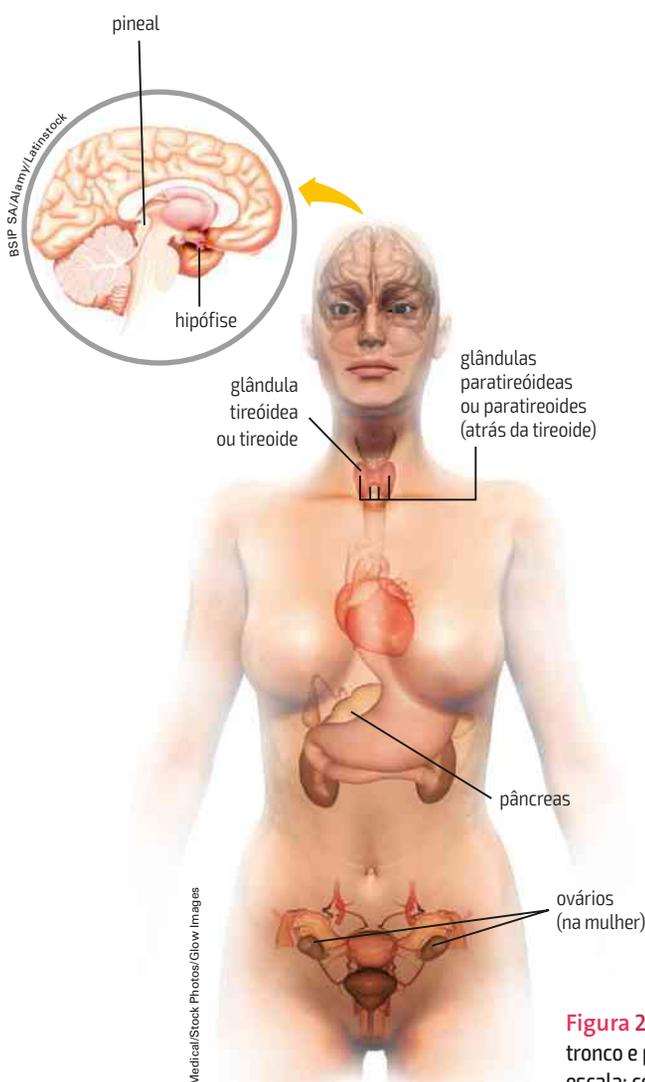
Alguns hormônios são lipossolúveis, ou seja, solúveis em lipídios. É o caso dos **esteroides** e dos hormônios da **glândula tireóidea** (ou tireoide na nomenclatura antiga) (figura 21.1). Outros são hidrossolúveis – solúveis em água –, como os hormônios proteicos e a adrenalina (produzida na glândula suprarrenal).

Hoje se sabe que os hormônios podem ser produzidos também pelo sistema nervoso e por células especializadas de vários órgãos, como intestino, coração, fígado, rins, estômago. A parte da Medicina que estuda essas glândulas é a **Endocrinologia** (do grego *endon* = interno; *krinein* = segregar).

A maioria dos hormônios é formada por proteínas ou por peptídios. Há também os que são constituídos de esteroides (um grupo de lipídios), como os sexuais.

O hormônio age como um mensageiro químico, atuando em determinado tecido do corpo, o **tecido-alvo**. Ao ligar-se nos **receptores hormonais**, que são proteínas presentes principalmente na membrana das células, os hormônios desencadeiam reações. Cada tipo de hormônio age apenas nos tipos de células cujos receptores apresentam forma complementar à sua.

Outros hormônios, como os esteroides e os da glândula tireóidea, atravessam a membrana plasmática e se ligam a receptores no interior da célula-alvo; eles estimulam o funcionamento dos genes para a fabricação de RNA-m e, conseqüentemente, de proteínas específicas, muitas das quais são enzimas, que vão controlar diversas reações químicas da célula.



**Figura 21.1** As glândulas endócrinas e alguns órgãos próximos. No detalhe, tronco e pêlvicos masculinos (os elementos das ilustrações não estão na mesma escala; cores fantasia).

Os hormônios exercem seus efeitos mesmo em pequena quantidade. O resultado dependerá do tipo de célula sobre a qual atuam. Assim, um mesmo hormônio pode ter efeitos distintos em células diferentes, por exemplo, estimulando o crescimento de uma e inibindo o de outra.

## Controle da produção hormonal

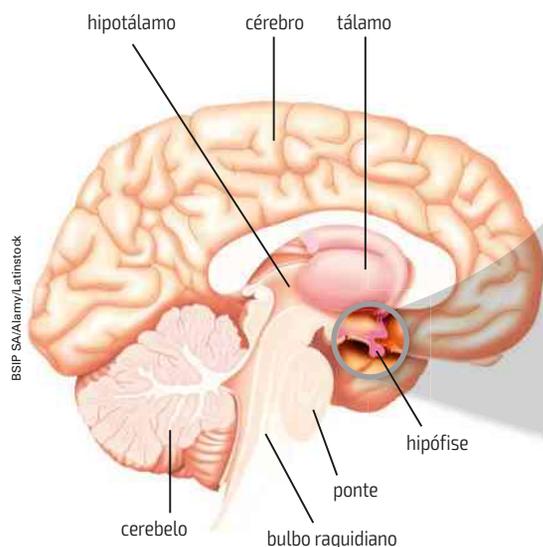
A produção de muitos hormônios é controlada por mecanismos de **feedback negativo** (de **retroação** ou **retroalimentação negativa**). Isso quer dizer que a substância produzida sob estímulo da glândula controla a sua própria produção, como veremos adiante. Às vezes, o controle depende de outro hormônio. A glândula tireóidea, por exemplo, é estimulada por um hormônio da hipófise, cuja produção é inibida à medida que a concentração de hormônio da glândula tireóidea aumenta.

## 2 Glândulas endócrinas

Reveja a **figura 21.1**. Observe a localização das principais glândulas no corpo humano. Nos próximos itens, vamos conhecer melhor o funcionamento das glândulas endócrinas, que produzem os hormônios que garantem o equilíbrio do nosso organismo.

### Glândula pineal

A glândula pineal (do latim *pínea* = pinha, por causa da sua forma) está localizada próximo ao centro do cérebro dos mamíferos e produz um hormônio chamado **melatonina** (do grego *mélan* = negro). Juntos, a glândula e o hormônio fazem parte do chamado



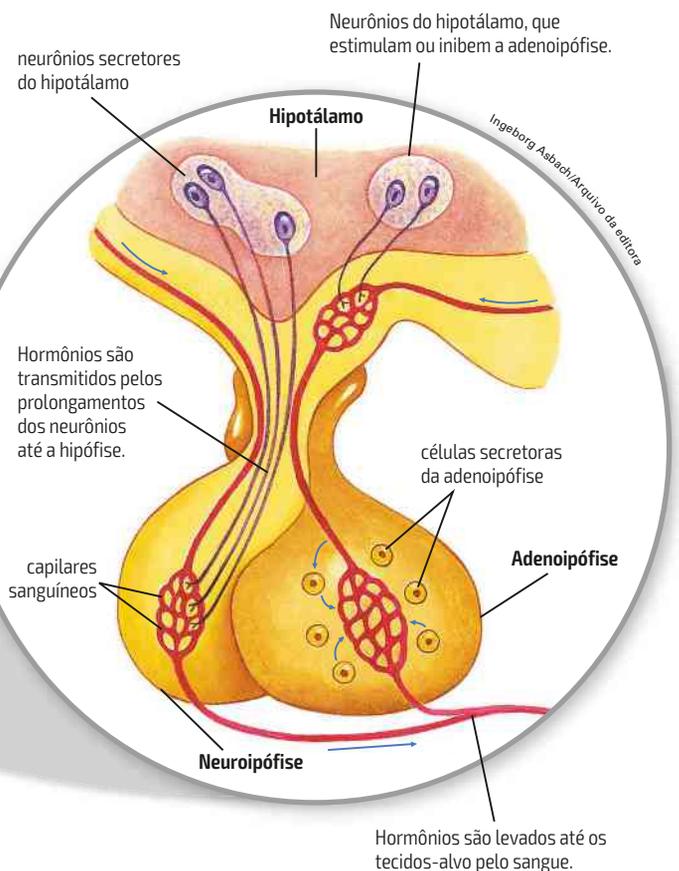
**relógio biológico** e regulam funções relacionadas com a duração dos dias e das noites. A melatonina influencia o crescimento e o ciclo reprodutivo de diversos animais e, provavelmente, regula o sono no ser humano. Sua produção ocorre apenas à noite, na ausência de luz; por isso sua concentração aumenta de noite e cai durante o dia.

### Hipófise

Também chamada **pituitária** (do latim *pituita* = secreção viscosa), a **hipófise** (do grego *hypophysis* = o que se desenvolve por baixo) fica na base do cérebro, acima do “céu da boca”, e é dividida em **adenoi hipófise** (ou **lobo anterior da hipófise**) e **neuroi hipófise** (ou **lobo posterior da hipófise**).

A secreção dos hormônios da adenoi hipófise é estimulada e inibida, respectivamente, pelos **hormônios de liberação** e de **inibição**, produzidos pelo hipotálamo (**figura 21.2**).

**Figura 21.2** Localização da hipófise no encéfalo, indicando também várias partes do encéfalo que serão estudadas no próximo capítulo. No detalhe (à dir.), a secreção dos hormônios da adenoi hipófise (em laranja) e da neuroi hipófise (em amarelo). A hipófise tem as dimensões de um grão de ervilha. (Os elementos da ilustração não estão na mesma escala; cores fantasia.)

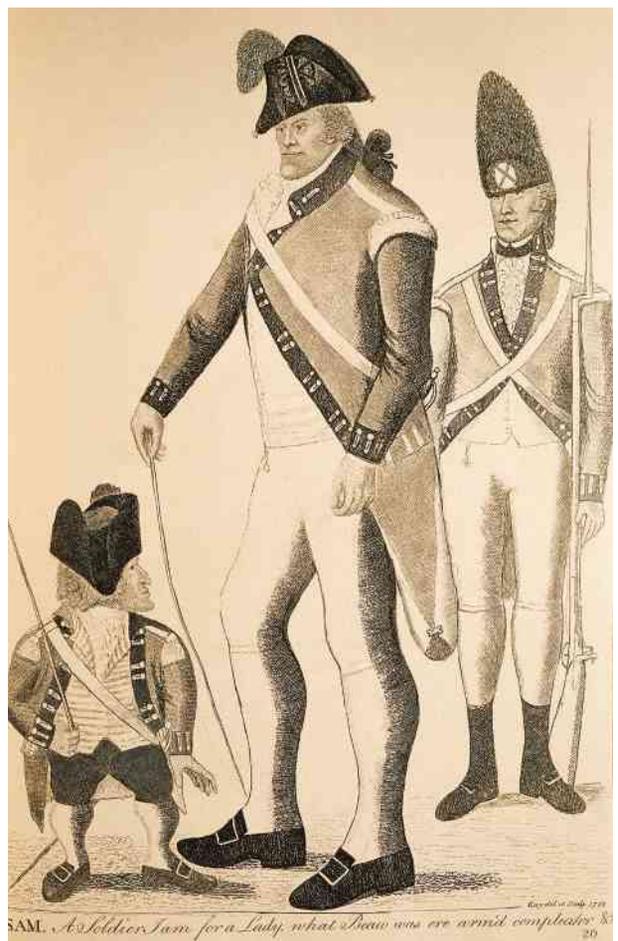


Os hormônios da adenoipófise são **tróficos** ou **trópicos** (do grego *trophé* = nutrição, desenvolvimento), o que significa que controlam outras glândulas endócrinas: **hormônio tireóideo-trópico** ou **tireotrófico** (TSH), que estimula a glândula tireóidea; **hormônio adrenocorticotrópico** (ACTH), que controla o córtex das suprarrenais; **hormônios gonadotrópicos**, como o **hormônio foliculestimulante** (FSH), que provoca o crescimento dos folículos nos ovários e a formação de espermatozoides nos testículos, e o **hormônio luteinizante** (LH), que provoca a ovulação, a formação do corpo lúteo nos ovários e a produção de testosterona nos testículos.

Além desses, ela produz hormônios que não agem em glândulas endócrinas: **prolactina** (do grego *pró* = anterior; *lacte* = leite), que estimula a produção de leite nas glândulas mamárias durante a gravidez e a amamentação; **hormônio do crescimento** (GH; iniciais do inglês *growth hormone*) ou **somatotrofina** (do grego *soma* = corpo; *trophé* = nutrição), que estimula o crescimento de quase todos os tecidos, até mesmo dos ossos e da cartilagem, provocando aumento da estatura nos jovens durante a puberdade, uma vez que contribui para a captação de aminoácidos e para a síntese de proteínas na célula.

A deficiência de GH pode ser causada por fatores genéticos e, na infância, provoca **nanismo** (baixa estatura) e retardo da puberdade. Esse quadro pode ser tratado administrando à pessoa o hormônio, obtido por engenharia genética. Quando ocorre uma hiperfunção da hipófise antes da puberdade, por causa de tumores, por exemplo, a pessoa apresenta **gigantismo** e pode atingir até 2,70 m de altura (**figura 21.3**). Se não for tratado, o tumor acaba destruindo a hipófise, levando o indivíduo à morte. Se isso ocorrer após a puberdade, quando os ossos não podem mais crescer em comprimento, os ossos do crânio, da face, das mãos e dos pés aumentam em espessura, doença conhecida como **acromegalia** (do grego *akron* = extremidade; *megale* = gigante).

A neuroipófise é, na realidade, uma expansão do hipotálamo. Os hormônios que ela secreta – **ocitocina** ou **oxitocina** e hormônio antidiurético (ADH) ou **vasopressina** – são fabricados por neurônios dessa região do encéfalo e denominados **neurosecreções**. Eles encontram-se armazenados na ponta dos axônios e ficam concentrados na neuroipófise antes de serem lançados no sangue.



**Figura 21.3** Ilustração do século XVIII em que um soldado escocês (com gigantismo) compara sua estatura com a de outro soldado escocês (com nanismo hipofisário).

A ocitocina (do grego *okys* = rápido; *tokos* = parto) estimula a contração da musculatura do útero no momento do parto, ajudando o bebê a nascer, e provoca a liberação do leite na amamentação, quando o bebê suga a mama. Trata-se de um mecanismo de **retroalimentação positiva**, ou seja, quanto maior o estímulo (sucção), maior será a produção de ocitocina e, conseqüentemente, a liberação de leite.

O ADH (ou vasopressina) controla a eliminação de água pelos rins, como vimos no capítulo anterior. Além disso, quando em alta concentração, o ADH provoca a contração das arteríolas, aumentando a pressão arterial (daí o nome vasopressina).

Quando há deficiência de ADH, forma-se grande quantidade de urina muito diluída (até 20 L ou 30 L por dia), caracterizando a doença conhecida como **diabetes insípida** ('sem gosto', em oposição a **diabetes melito** ou *mellitus* = açucarado – em que a urina contém glicose).

## Pâncreas

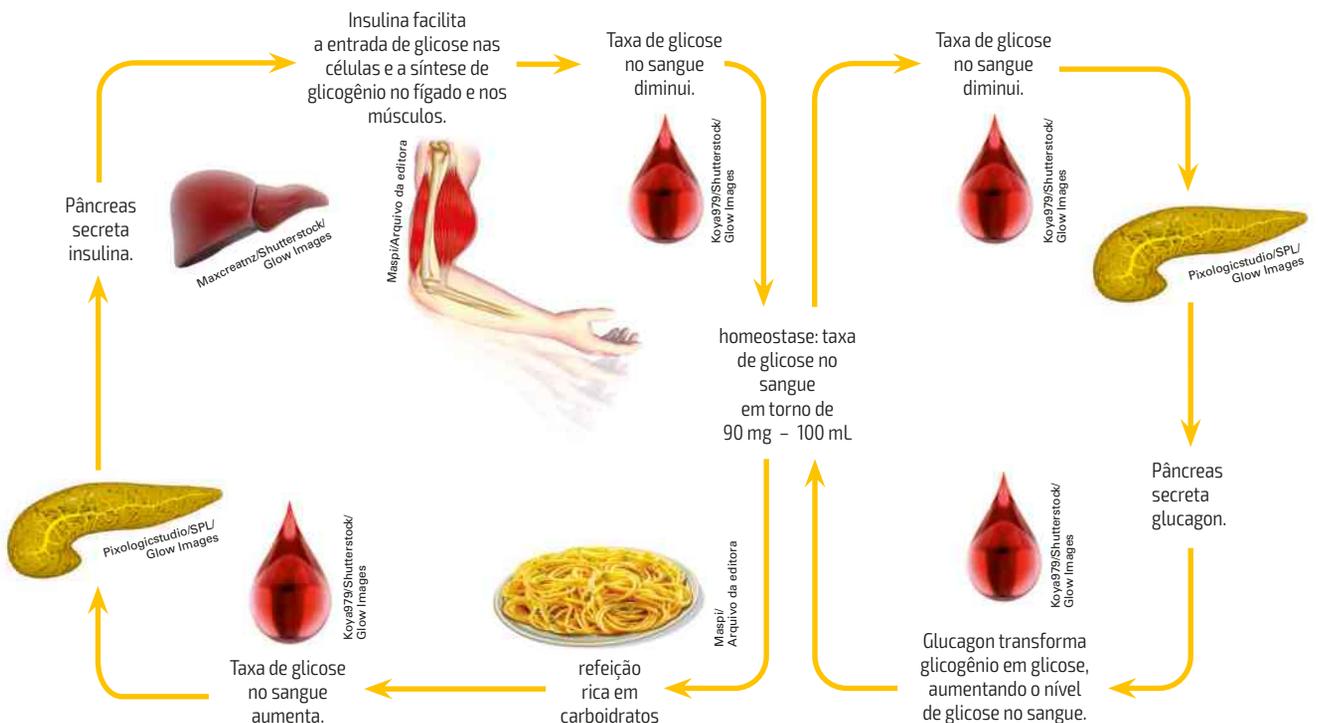
A parte endócrina do pâncreas é formada pelas ilhotas pancreáticas, antes chamadas ilhotas de Langerhans, em homenagem ao médico alemão Paul Langerhans (1847-1888), que descreveu essas estruturas. Nas ilhotas há dois tipos de células: as **células beta**, que produzem a **insulina** (do latim *insula* = ilha, porque o hormônio foi descoberto em aglomerados de células espalhados ao longo do tecido produtor de enzimas do pâncreas), e as **células alfa**, que produzem o **glucagon**.

A insulina facilita a entrada da glicose que está no sangue nas várias células do corpo, como as do músculo, do fígado e as do tecido adiposo. No interior das células, a energia da glicose pode ser liberada pela respiração celular. A ação desse hormônio, portanto, diminui o nível de glicose no sangue, que tende a aumentar depois de uma refeição rica em carboidratos.

Ela também promove no fígado a síntese de glicogênio a partir da glicose, facilita a absorção de aminoácidos pelas células, estimula a síntese de proteínas e inibe a transformação de aminoácidos e lipídios em glicose pelo fígado, processo chamado **gliconeogênese** (do grego *glykys* = doce; *neo* = novo; *genesis* = origem) e a conversão do glicogênio em glicose, chamada **glicogenólise** (do grego *lysis* = dissolução).

O glucagon provoca efeito oposto ao da insulina: aumenta o nível de glicose no sangue pela transformação do glicogênio do fígado (glicogenólise). A ação combinada desses dois hormônios permite um controle mais eficiente do funcionamento do organismo; ela mantém a taxa de glicose no sangue (glicemia) em níveis normais (**figura 21.4**).

Se o pâncreas deixar de produzir insulina, ou passar a produzi-la em quantidade insuficiente, ou ainda, se as células do corpo não reagirem à insulina produzida, a glicose se acumula no sangue e sua taxa aumentará. Esse quadro caracteriza uma doença conhecida como **diabetes** (ou diabete) **melito** (do grego *dia* = através de; *baiten* = passar; *melittus* = açucarado). Na diabetes, a glicose se acumula no sangue (hiperglicemia) e, ao sair na urina, arrasta muita água por osmose. A perda de glicose e água causa fome e sede excessivas, com perda de peso e perigo de desidratação. A diabetes não tratada pode provocar perda de visão, feridas na pele e problemas cardíacos e renais. Além disso, como o portador da doença passa a depender apenas de gordura para obter energia, a produção de alguns ácidos (pela oxidação dos lipídios) pode aumentar. Essas substâncias causam desequilíbrios no sangue, que podem fazer esse indivíduo entrar em coma (perda da consciência com incapacidade de responder a estímulos) ou até morrer.



**Figura 21.4** O controle da taxa de glicose no sangue, um exemplo de homeostase (o pâncreas mede cerca de 15 cm de comprimento; cores fantasia).



## Tipos de diabetes

Há dois tipos de diabetes melito. A diabetes tipo 1, ou diabetes dependente de insulina; e a diabetes tipo 2, ou diabetes não dependente de insulina.

A tipo 1 é provocada pela deficiência de insulina causada pela destruição das células beta do pâncreas. Acomete, em geral, pessoas com menos de 25 anos, tornando-as dependentes de injeções diárias de insulina. Essas pessoas também devem seguir uma dieta indicada pelo médico e monitorar a taxa de glicose no sangue.

Atualmente, a insulina pode ser produzida por engenharia genética. Nesse processo, bactérias recebem o segmento de DNA humano responsável pela produção de insulina. As bactérias passam a produzir insulina idêntica à humana e se reproduzem assexuadamente, gerando mais bactérias produtoras de insulina.

A tipo 2, mais comum, costuma ocorrer em pessoas obesas, geralmente com mais de 40 anos. Porém, a frequência dessa doença tem aumentado em pessoas mais jovens e até mesmo em adolescentes. Nesse caso, o pâncreas produz insulina, mas esta não é tão eficaz para promover a absorção de glicose pelas células nem para inibir a conversão de glicogênio em glicose pelo fígado. Além da obesidade e predisposição genética, o sedentarismo é um fator de risco para essa doença.

É claro que apenas um médico pode fazer o diagnóstico da doença e sugerir o tratamento correto, que deve ser seguido à risca pelo paciente. Embora a doença tenha um componente genético, para se prevenir da diabetes tipo 2 deve-se evitar o sedentarismo e a obesidade, praticando exercícios regulares sob a orientação de profissionais, e realizar exames periódicos se houver casos de diabetes na família.

## Glândula tireóidea

A glândula tireóidea (do grego *thyreos* = escudo; *eidōs* = semelhante) está situada na frente da traqueia, encravada na cartilagem chamada **proeminência laríngea**, também conhecida como pomo de adão.

Ela produz a **tiroxina** ou **tetraiodotironina** (T<sub>4</sub>) e a **triiodotironina** (T<sub>3</sub>), hormônios com quatro e

três átomos de iodo na molécula, respectivamente (figura 21.5).

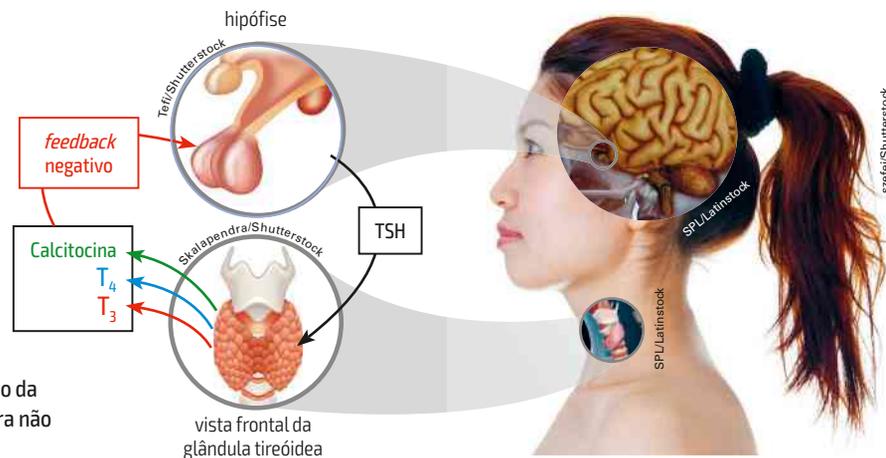
Esses hormônios estimulam a oferta e o consumo de oxigênio pelos órgãos, intensificando a respiração celular e, em consequência, liberando calor no organismo. Estimulam também a frequência e a intensidade dos batimentos cardíacos e dos movimentos respiratórios e a formação dos ossos no período de crescimento.

### Calcitonina

- Diminui a liberação de cálcio no sangue.

### T<sub>3</sub> e T<sub>4</sub>:

- Estimulam a oferta e o consumo de oxigênio pelos órgãos;
- Intensificam a respiração;
- Liberam calor no organismo;
- Estimulam a frequência e a intensidade dos batimentos cardíacos e dos movimentos respiratórios;
- Aumentam o fluxo de sangue para os tecidos.



**Figura 21.5** Esquema do mecanismo de *feedback* negativo que controla a secreção da glândula tireóidea. (Os elementos da figura não estão na mesma escala; cores fantasia.)

A formação de tumores ou a produção de anticorpos contra proteínas da glândula tireóidea (doenças autoimunes) podem provocar **hipertireoidismo** – a glândula passa a funcionar acima do nível normal – ou **hipotireoidismo** – a ação glandular é deficiente.

No hipertireoidismo pode haver perda de peso (apesar do aumento da ingestão de alimento), batimentos cardíacos acelerados, produção excessiva de calor e de suor, entre outros sintomas. A glândula aumenta de tamanho (por isso, a doença é conhecida também como **bócio exoftálmico**), e o doente apresenta, às vezes, olhos saltados da órbita (**exoftalmia**; do grego *exo* = para fora; *ophthalmós* = olho). O tratamento pode ser feito com medicamentos ou com cirurgia para a retirada da glândula.

### ATENÇÃO

Para mais informações, procure orientação médica.

No hipotireoidismo o metabolismo fica abaixo do nível normal, causando, em geral, apatia, sonolência, ganho de peso sem aumento da ingestão de alimento, frequência cardíaca reduzida, pouca produção de calor e, às vezes, inchaço (por causa do acúmulo de líquido) em várias partes do corpo (**mixedema**). Essa doença pode ser provocada também pela falta de iodo, necessário para a formação dos hormônios. Sem estes, a produção de TSH não é inibida por *feedback* e esse hormônio continua estimulando a glândula tireóidea, que cresce e produz grande quantidade de substâncias precursoras (inativas) de seus hormônios.

O aumento da glândula tireóidea provocado pela falta de iodo, mais comum em regiões onde o solo é pobre nesse elemento, é chamado **bócio endêmico** ou **carencial**. Se a doença ocorre na gestação ou na infância, pode haver deficiência mental acentuada (antigamente denominada cretinismo) e sério comprometimento do crescimento físico da criança. Esse problema pode ser diagnosticado pelo teste do pezinho, feito de preferência antes do fim da primeira semana do recém-nascido. Uma gota de sangue do pé do bebê é analisada para verificar se a glândula tireóidea está funcionando. Esse teste serve também para detectar se há níveis altos de fenilalanina, característicos da doença fenilcetonúria.

A Lei federal nº 6150/1974 torna obrigatório o acréscimo de iodo no sal de cozinha, a fim de evitar deficiências na glândula tireóidea por carência desse elemento químico.

A glândula tireóidea produz também **calcitonina**, hormônio que diminui a liberação de cálcio no sangue, ao contrário do hormônio liberado pelas glândulas paratireóideas, como veremos a seguir.

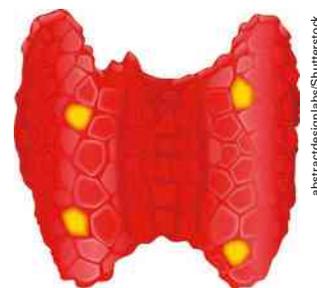
## Glândulas paratireóideas

As **glândulas paratireóideas** (do grego *para* = ao lado) são quatro e se localizam atrás da glândula tireóidea (**figura 21.6**).

Essas glândulas produzem o **paratormônio** ou **hormônio paratireóideo**, que controla a taxa de cálcio no sangue, elemento importante para a contração muscular, entre outras funções. Quando a concentração de cálcio no sangue diminui, o paratormônio promove a sua retirada do osso, lançando-o no sangue, além de aumentar a absorção de cálcio pelo intestino e a sua reabsorção pelos túbulos renais.

Se a concentração de cálcio no sangue aumentar muito, a glândula tireóidea aumenta a secreção de calcitonina, fazendo o cálcio se depositar no osso.

A hiperfunção das glândulas paratireóideas, causada, por exemplo, por um tumor, pode enfraquecer os ossos, provocar cálculos renais e desequilíbrios no organismo, o que pode resultar na morte do doente. Na hipofunção (baixa concentração de cálcio no sangue), ocorrem contrações musculares e, dependendo da baixa na concentração do cálcio, a pessoa pode morrer por asfixia por causa da contração da musculatura da laringe. Essa condição (contrações involuntárias dos músculos) é chamada **tetania**, embora não seja causada pela bactéria do tétano (do grego *tetanós* = rigidez espasmódica do corpo).



**Figura 21.6** Glândulas paratireóideas (em amarelo). A glândula tireóidea (em vermelho) tem, em média, 4,2 cm × 1,4 cm × 1,2 cm em indivíduos sem alterações nessa glândula. (Os elementos da ilustração estão fora de escala; cores fantasia.)

## Glândulas suprarrenais

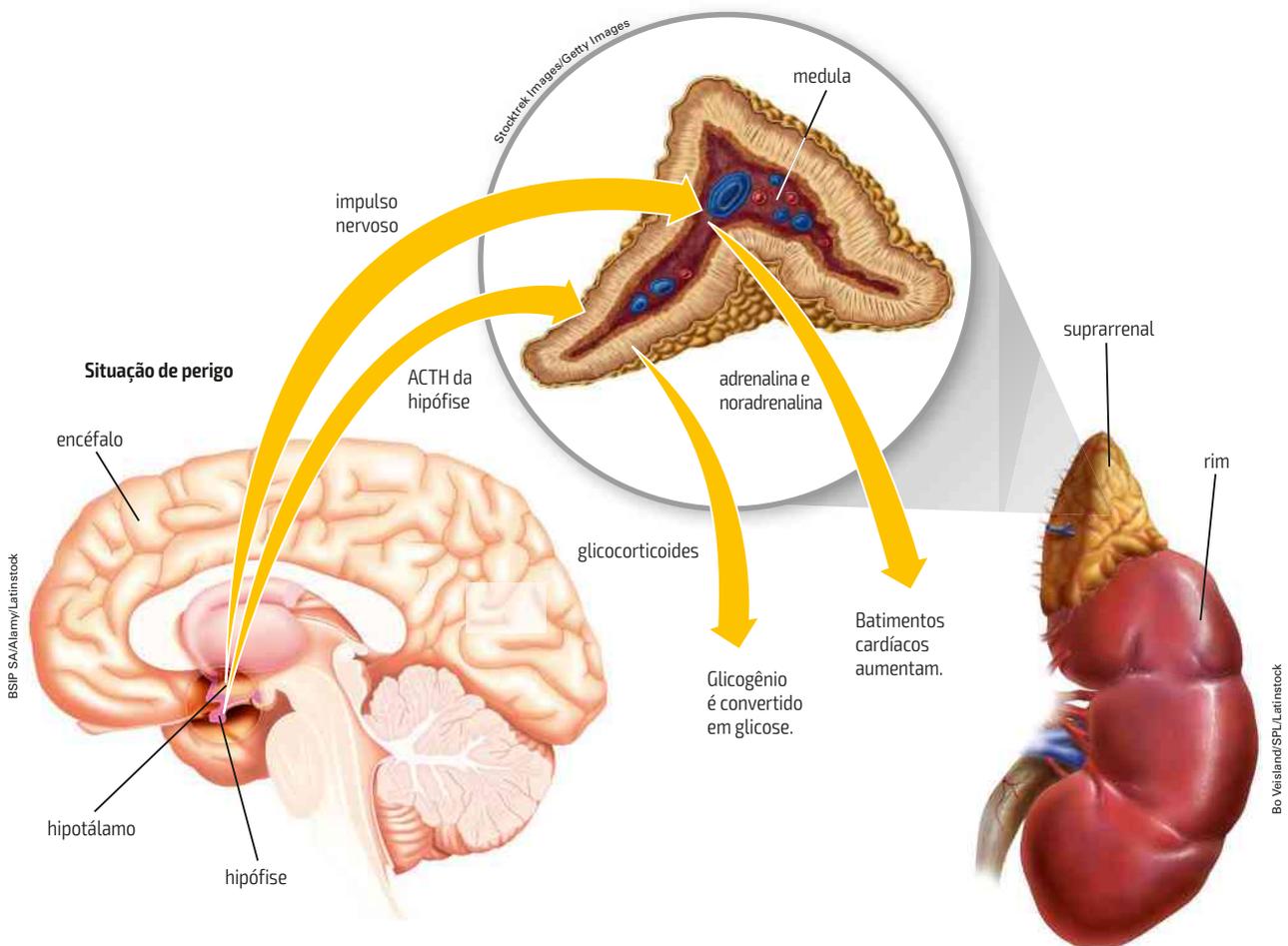
Essas glândulas, também chamadas **adrenais**, se localizam sobre os rins e possuem duas regiões distintas: o **córtex** e a **medula**.

No córtex são produzidos os **corticosteroides** – mineralocorticoides e glicocorticoides – a partir do colesterol. O principal mineralocorticoide é a **aldosterona**, que aumenta a reabsorção de íons sódio (com a consequente retenção de água) e provoca a secreção de íons potássio e hidrogênio pelas células do túbulo renal. Assim, esse hormônio regula a taxa de água e de sais do organismo. Quando o indivíduo é submetido a situações de estresse, ocorre a elevação da taxa de aldosterona, que aumenta a pressão sanguínea.

O glicocorticoide mais importante é o **cortisol**, que faz o fígado lançar glicose no sangue e promove a conversão de aminoácidos e lipídios em glicose

pelo fígado. Essa conversão ajuda a enfrentar períodos sem comida e situações estressantes (em ação conjunta com os hormônios da medula da suprarrenal e os mineralocorticoides).

Na medula das suprarrenais são produzidas a **adrenalina** ou **epinefrina** (do grego *epi* = sobre; *nephron* = rim) e a **noradrenalina** ou **norepinefrina** (da nomenclatura química, *nor* = além de). Em condições normais, esses hormônios são produzidos em pequena quantidade e contribuem para regular a pressão arterial, seja pela contração dos vasos sanguíneos, seja pelo aumento do débito cardíaco. No entanto, em uma situação de perigo (ou assim considerada pelo organismo), a medula é estimulada pelo sistema nervoso simpático (que será estudado no capítulo seguinte) e libera grande quantidade desses hormônios, principalmente adrenalina (veja a **figura 21.7**).



**Figura 21.7** Em uma situação de perigo, a suprarrenal é estimulada tanto pelo hipotálamo (no encéfalo) como pelo hormônio adrenocorticotrófico, produzido pela hipófise, e seus hormônios preparam o organismo para enfrentar aquela situação. (Dimensões da suprarrenal: 3 cm × 5 cm × 1 cm; os elementos da ilustração não estão na mesma escala; cores fantasia.)

Com isso, o organismo aumenta sua capacidade de enfrentar a situação de perigo preparando-se para lutar ou fugir; isso é chamado **resposta de luta ou fuga**, de curta duração. O fígado converte mais glicogênio em glicose, lançando-a no sangue. Este é desviado para os músculos e para o cérebro. Ao mesmo tempo, por contração das arteríolas, diminui a irrigação em órgãos como a pele, o tubo digestório e os rins, que não necessitam de muito sangue durante o perigo. A pressão sanguínea e a força e a velocidade dos batimentos cardíacos crescem, aumentando, com isso, a disponibilidade de oxigênio e glicose para o organismo, e, conseqüentemente, a taxa metabólica se eleva. A adrenalina também provoca a liberação de lipídios no tecido adiposo, que podem ser usados na liberação de energia.

Numa segunda etapa, chamada de reação de resistência, o córtex da suprarrenal libera cortisol, cujos efeitos ajudam o corpo a enfrentar por mais tempo situações estressantes. Entretanto, as modificações que surgem no corpo por causa do estado de alerta ou de tensão (estresse) não podem ser mantidas por muito tempo sem prejuízos para a saúde do organismo.

## Timo

O timo é um órgão do sistema imune que atua na produção de anticorpos. Ele produz também hormônios, como a timosina, que promovem a multiplicação e o desenvolvimento dos linfócitos T, células de defesa do sistema imune que ajudam a atacar microrganismos invasores. Nas crianças o timo é desenvolvido, mas, à medida que o tempo passa, o órgão vai diminuindo de tamanho e ativi-

dade, tornando-se atrofiado no adulto. Antes de se atrofiar, contudo, o timo envia linfócitos T para outros órgãos envolvidos na defesa do corpo.

## Gônadas

Já estudamos detalhadamente as gônadas (testículos e ovários) e seu papel na reprodução, no Capítulo 12 do Volume 1 desta coleção. Aqui, vamos recordar as funções hormonais das gônadas.

Além de produzirem gametas, o testículo e o ovário lançam hormônios no sangue.

Os testículos produzem os espermatozoides e os hormônios andrógenos, entre os quais se destaca a testosterona. Ela determina o desenvolvimento dos órgãos genitais (caracteres sexuais primários) e as características sexuais secundárias, como a distribuição dos pelos (maior quantidade na face e no peito, por exemplo), o tom da voz e o desenvolvimento muscular e ósseo.

Durante a puberdade, os testículos são estimulados pelos hormônios foliculestimulante (FSH) e luteinizante (LH), produzidos pela hipófise. O LH estimula o testículo a iniciar a produção de testosterona. O FSH, com o reforço da testosterona, estimula células situadas nos túbulos seminíferos (células intersticiais ou de Leydig) a iniciarem a espermatogênese (produção de espermatozoides).

Os ovários produzem óvulos (gametas femininos) e hormônios estrógenos e progesterona. Os estrógenos são responsáveis pelas características sexuais secundárias femininas, além de estarem envolvidos, com a progesterona, no ciclo de mudanças que ocorrem nos ovários e no útero (ciclo menstrual).

## Biologia e cotidiano



### Lidando com o estresse

Estresse (ou *stress*) é o estado de tensão e o conjunto de reações de uma pessoa em resposta a uma situação que ameaça o seu bem-estar – ou que seja percebida como uma ameaça. São reações provocadas pelos hormônios da suprarrenal e pelo sistema nervoso.

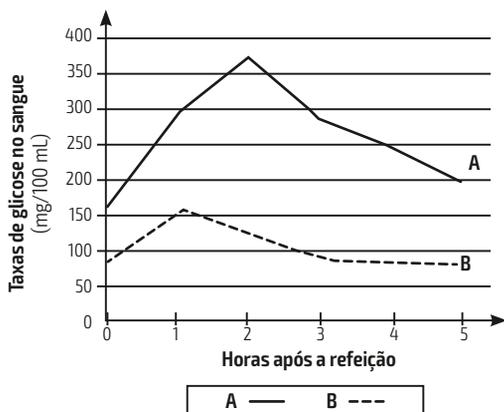
Essas reações preparam a pessoa para enfrentar o perigo e é normal experimentar um pouco de estresse no dia a dia. Mas, se a situação que provoca o problema persiste por muito tempo ou se repete constantemente, a pessoa

pode se sentir mal, tensa, nervosa e até apresentar problemas físicos.

Sempre que sentirmos nossa saúde ameaçada, devemos procurar um médico. Além disso, reservar um tempo para o lazer, praticar exercícios físicos com a orientação de especialistas e conversar com amigos e familiares são atitudes que ajudam a relaxar e a evitar as tensões do estresse.

Procure aproveitar seu estudo, por exemplo, sem pensar apenas no resultado da prova, e sim nos assuntos novos que está aprendendo.

- Conta-se que já na Antiguidade percebeu-se que a urina de algumas pessoas atraía moscas. Hoje se sabe que esse é um sinal de que, provavelmente, o sistema endócrino dessas pessoas não está funcionando como deveria.
  - Como é chamado o problema de saúde mais provável de pessoas cuja urina atrai moscas? Qual é o principal órgão do sistema endócrino afetado por esse problema?
  - Explique por que a urina de pessoas com esse problema atrai moscas.
- Os sistemas do organismo trabalham de forma integrada. Um bom exemplo disso ocorre numa situação de perigo, em que a pessoa fica em estado de alerta. Nesse caso:
  - Qual é a glândula endócrina que entra em ação e em que órgão ela está localizada?
  - Quais são os efeitos da atuação dessa glândula sobre o coração e o fígado e como isso ajuda a enfrentar a situação?
- Existe uma glândula em nosso corpo que, se fosse removida, afetaria tanto a capacidade de digerir os alimentos quanto a de controlar a taxa de glicose no sangue. Qual é essa glândula e por que sua remoção provocaria esses efeitos?
- Você sabia que, em uma orquestra, o maestro é quem coordena o trabalho dos músicos? Pensando nisso, responda qual das glândulas do sistema endócrino humano pode ser chamada de “maestro das glândulas” e por quê.
- (Fuvest-SP) O gráfico mostra os níveis de glicose medidos no sangue de duas pessoas, sendo uma saudável e outra com diabetes melito, imediatamente após uma refeição e nas cinco horas seguintes.



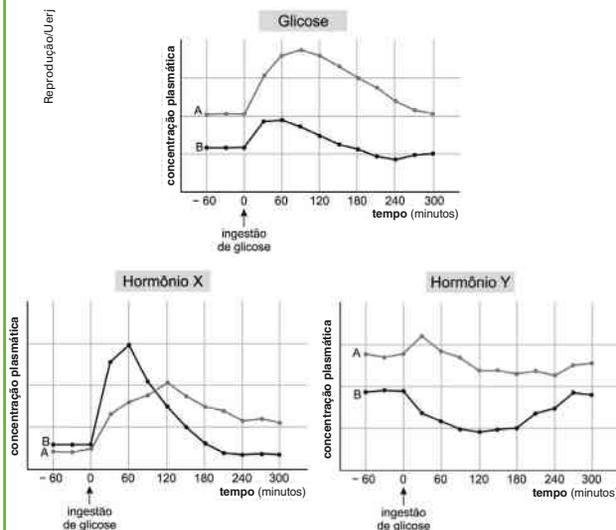
Banco de imagens/Arquivo da editora

- Identifique a curva correspondente às medidas da pessoa diabética, justificando sua resposta.
- Como se explicam os níveis estáveis de glicose na curva B, após 3 horas da refeição?

- (UFRN) Em menos de uma hora, Magali tomou um litro de sorvete de chocolate. Sua mãe repreendeu-a e a proibiu de tomar sorvete por um mês. Revoltada, Magali resolveu fazer greve de fome e passou todo o dia seguinte sem se alimentar. Explique como os hormônios do pâncreas atuaram para manter a concentração de glicose sanguínea em níveis constantes, quando Magali:
  - consumiu o sorvete.
  - fez greve de fome.
- (UFT-TO) A homeostase em animais é mantida por dois sistemas de controle: o neural e o endócrino. Os hormônios exercem efeitos impressionantes nos processos da reprodução, de desenvolvimento e metabólicos. A hipófise é uma glândula endócrina dividida em dois lobos, adenoipófise e neuroipófise, e produz uma série de hormônios que modula outras glândulas, entre elas, a tireoide. O hormônio            produzido pela            estimula a tireoide, modulando a secreção dos hormônios            e            através de um refinado mecanismo de controle recíproco, conhecido por retroalimentação. Entre as alternativas a seguir, qual descreve adequadamente a complementação das lacunas acima?
  - insulina, neuroipófise, tireoxina (T4) e tri-iodotireonina (T3).
  - TSH, adenoipófise, tireoxina (T4) e tri-iodotireonina (T3).
  - tireoxina (T4), adenoipófise, TSH e tri-iodotireonina (T3).
  - TSH, adenoipófise, calcitonina e tireoxina (T4).
- (UEL-PR) Nas grandes cidades, encontramos indivíduos submetidos a jornadas de trabalho com longos períodos em jejum, como também indivíduos que se alimentam excessivamente de carboidratos em refeições rápidas. Com base nessas considerações e nos conhecimentos sobre as ações dos hormônios insulina e glucagon, assinale a alternativa correta.
  - Com a redução da taxa de glicose no sangue, as células do fígado liberam insulina que age no pâncreas, quebrando o glicogênio em glicose.
  - Com a redução da taxa de glicose no sangue, as células do pâncreas liberam glicogênio na forma de insulina que estimula o fígado a armazenar glucagon na forma de glicogênio.
  - Com a redução da taxa de glicose no sangue, as células do pâncreas liberam glucagon que age no fígado, quebrando o glicogênio em glicose.
  - Com o aumento da taxa de glicose no sangue, as células do fígado liberam glucagon que estimula o pâncreas a armazenar glicose na forma de insulina.

e) Com o aumento da taxa de glicose no sangue, as células do pâncreas liberam glucagon que estimula o fígado a armazenar insulina na forma de glicogênio.

9. (UERJ) Para a realização de um exame, os indivíduos **A** e **B** ingeriram uma solução contendo glicose. Após a ingestão, foram registradas as alterações da concentração plasmática da glicose e dos hormônios **X** e **Y** em ambos os indivíduos. Observe os resultados das medições nos gráficos:



Com base na análise dos gráficos, é possível identificar que um dos indivíduos apresenta diabetes tipo II e que um dos hormônios testados é o glucagon. O indivíduo diabético e o hormônio glucagon estão representados, respectivamente, pelas seguintes letras:

- a) A – X    **x**) A – Y    c) B – X    d) B – Y

10. (UEMG) Esta passagem foi retirada de *A mão e a luva*, de Machado de Assis:

... *Guiomar curvou a cabeça e esteve alguns instantes a perpassar os dedos pelas teclas, enquanto Luís Alves, tirando de cima do piano outra música, dizia-lhe:*

– *Podia dar-nos este pedaço de Bellini, se quisesse. Guiomar pegou maquinalmente na música e abriu-a na estante.*

– *Era então vontade sua? perguntou ela continuando o assunto interrompido do diálogo.*

– *Vontade certamente, porque era necessidade.*

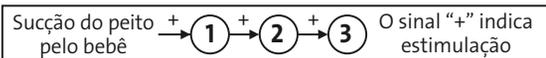
– *Necessidade – tornou ela começando a tocar, menos por tocar que por encobrir a voz; mas necessidade por quê?*

– *Por uma razão muito simples, porque a amo. [...] Guiomar sentou-se outra vez muda, despeitada, a bater-lhe o coração como nunca lhe batera em nenhuma outra ocasião da vida, nem de susto, nem de cólera, nem... de amor, ia eu a dizer, sem que ela o houvesse sentido jamais. Não se demorou muito tempo ali; com a mão trêmula folheou a música que estava aberta na estante, deixou-a logo e levantou-se.*

A reação de Guiomar à segunda resposta de Luís Alves está diretamente ligada aos efeitos da:

- x** a) epinefrina.  
b) insulina.  
c) somatotrofina.  
d) acetilcolina.

11. (UFG-GO – adaptada) O esquema a seguir relaciona o aleitamento materno exclusivo a um benefício para a mãe puérpera no início da lactação.



Os números 1, 2 e 3 desse esquema correspondem, respectivamente, à estimulação de uma glândula, à produção de um hormônio e a uma ação fisiológica no organismo da mãe puérpera, sendo:

- a) 1 – hipotálamo, 2 – GnRH, 3 – produção de FSH/LH.  
b) 1 – adenoipófise, 2 – FSH, 3 – foliculogênese.  
c) 1 – adenoipófise, 2 – LH, 3 – ovulação.  
d) 1 – neuroipófise, 2 – prolactina, 3 – contração uterina.

- x** e) 1 – neuroipófise, 2 – ocitocina, 3 – ejeção do leite.

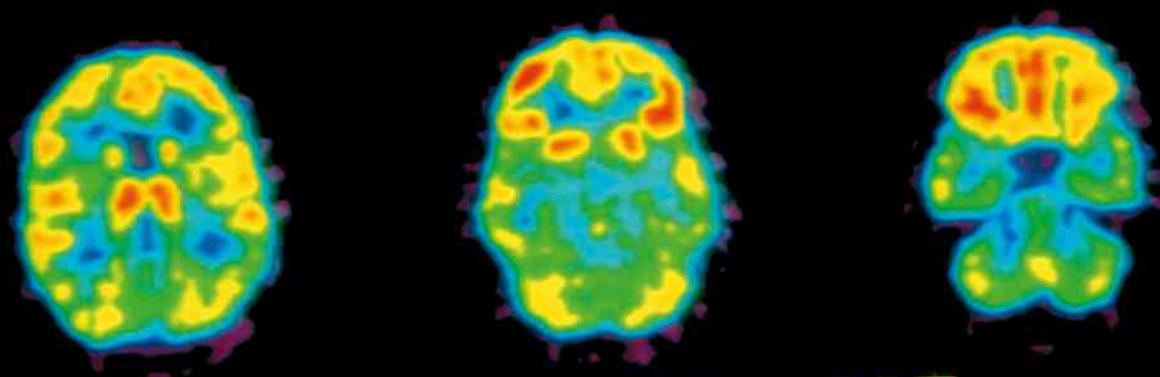
### Trabalho em equipe

Em grupo, façam uma pesquisa sobre o consumo, sem indicação médica, de esteroides anabolizantes no Brasil. Se possível, peçam auxílio ao professor de Matemática para interpretar estatísticas e gráficos.

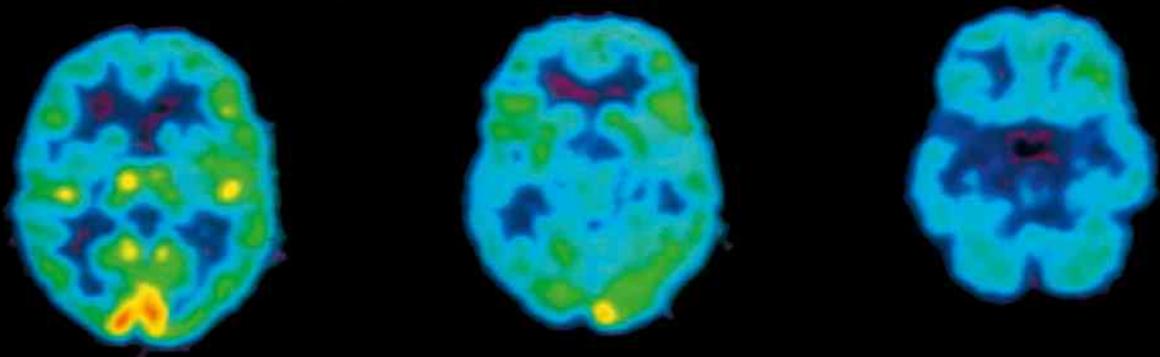
Usando cartazes ou apresentações em computador, elaborem uma campanha desestimulando o uso desses produtos. Verifiquem a possibili-

dade de ampliar a divulgação da campanha fora da escola, em espaços como academias e parques e nas redes sociais.

Convidem um endocrinologista para falar sobre o tema e também sobre outros problemas hormonais. Peçam também para que ele explique em que consiste seu trabalho, quais as partes gratificantes, quais as dificuldades que enfrenta, etc.



NORMAL SUBJECT

COCAINE ABUSER  
ABSTINENCE

BNL PET STUDY

Comparação entre as imagens obtidas de um cérebro normal (na parte superior da imagem) e do cérebro de um usuário de cocaína depois de quatro meses sem a droga. As áreas mais claras (em amarelo e verde) são zonas de alta atividade cerebral; os tons de azul mostram níveis mais baixos de atividade. As imagens foram obtidas por meio de uma tomografia PET, um método que informa acerca do estado funcional dos órgãos.

Os sistemas nervoso e sensorial são os principais responsáveis por nossa interação com o meio ambiente. O uso de drogas interfere nas funções desses dois sistemas, mas pode também prejudicar outros órgãos, como os dos sistemas respiratório e cardiovascular. São muitos os fatores que podem levar os adolescentes ao uso de drogas. Entre eles estão a curiosidade, a depressão e a baixa autoestima. Embora o uso de drogas possa, por algumas horas, trazer prazer e aliviar sentimentos ruins, sabe-se que a longo prazo essas perturbações tendem a piorar com o uso dessas substâncias.

- ◆ Quais são as partes do sistema nervoso e que funções executam?
- ◆ Por que alguns acidentes podem causar paralisia corporal?
- ◆ Quais são as consequências do uso de drogas em nosso organismo?
- ◆ Como funcionam as estruturas que nos permitem perceber o ambiente ao nosso redor?



## 1 Sistema nervoso

O sistema nervoso – exclusivo dos animais – vale-se de **mensagens elétricas** que caminham pelos nervos mais rapidamente do que os hormônios através do sangue. Além de coordenar as diversas funções do organismo, contribuindo para seu equilíbrio, esse sistema permite que os animais reajam rapidamente aos estímulos do meio ambiente.

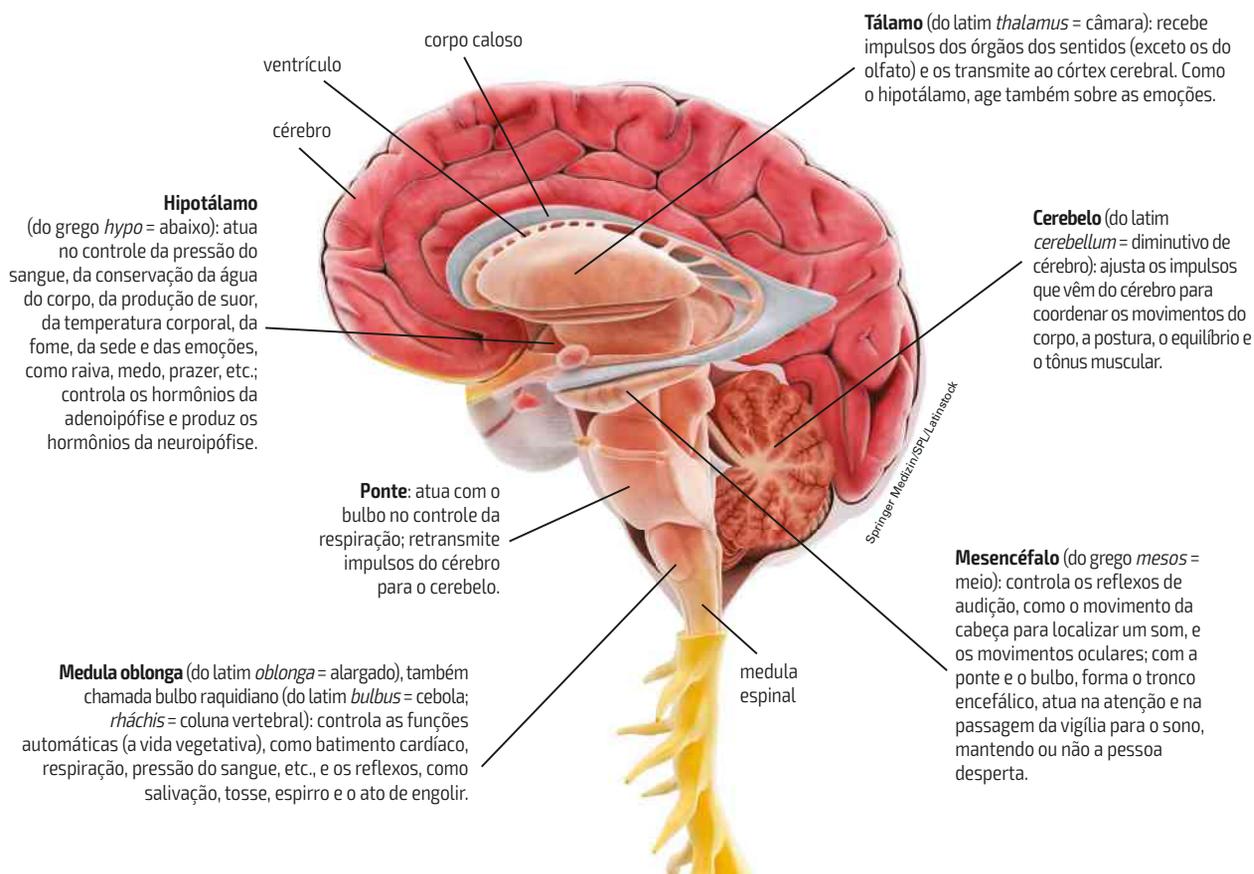
### Sistema nervoso central

O nosso **sistema nervoso central**, formado pela medula espinal e encéfalo, está protegido por ossos – a coluna vertebral e o crânio – e por três membranas – as **meninges** (do grego *menigx* = membrana), responsáveis pela proteção do sistema nervoso central.

Entre as membranas e no interior das cavidades do sistema nervoso, circula o **líquido cerebrospinal** ou **cefalorraquidiano**, que proporciona proteção adicional, amortecendo eventuais choques.

### O encéfalo

O **encéfalo** é constituído por diferentes regiões, com funções diversas (**figura 22.1**). Os bulbos olfatórios são duas protuberâncias que recebem nervos do nariz; os hemisférios cerebrais são duas dilatações que, ligadas por um feixe de fibras nervosas (o corpo caloso), constituem o cérebro. Outras regiões do encéfalo, com diferentes funções, são o cerebelo, a ponte, o mesencéfalo, o tálamo, o hipotálamo e a medula oblonga ou bulbo raquidiano. Essas regiões não estão isoladas entre si – ao contrário, muitas funções dependem do trabalho conjunto de mais de uma delas.



**Figura 22.1** Esquema simplificado do encéfalo e resumo das funções de suas partes (ilustração sem escala; cores fantasia).

O encéfalo recebe informações dos órgãos sensoriais; integra e relaciona as diversas mensagens de órgãos diferentes, comparando-as com informações armazenadas na memória; envia mensagens para os **órgãos efetores** (músculos e glândulas), controlando as reações do organismo ao ambiente externo e ao próprio organismo. O encéfalo é responsável também pelas emoções e pela capacidade de imaginar, prever, resolver problemas e de responder por todas as formas de pensamento abstrato.

O **cérebro** está dividido em dois hemisférios, que se ligam pelo corpo caloso. Cada hemisfério cerebral se divide em quatro lobos, separados por sulcos ou pregas que recebem os nomes dos ossos que os envolvem: **frontal, occipital, temporal e parietal**.

No ser humano, como nos demais mamíferos, a camada mais externa, o **córtex cerebral** (do latim *cortex* = casca), é muito desenvolvida. O córtex apresenta inúmeras dobras que aumentam sua área, sendo formado por numerosos corpos celulares de neurônios, o que lhe confere cor cinzenta. A camada inferior é branca, formada pelos prolongamentos dos neurônios que saem ou chegam ao córtex.

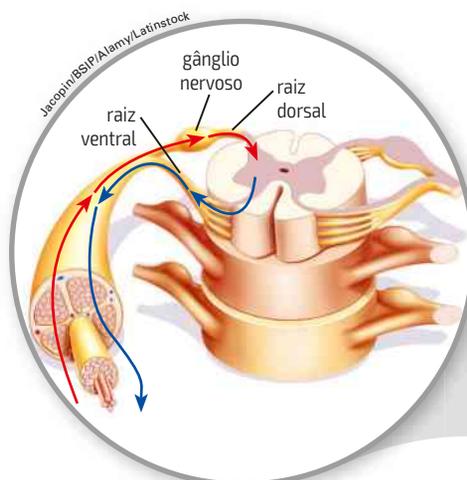
Junto com outras partes do encéfalo, o córtex controla a percepção, as emoções (a região envolvida é a amígdala) e os atos voluntários. Essa região do encéfalo recebe e processa as informações dos órgãos dos sentidos, sendo também a sede do pensamento, da aprendizagem, da linguagem, da consciência, da memória (da qual participa o hipocampo) e da inteligência.

Como você acaba de ver, o encéfalo controla muitos órgãos e funções do corpo. Por isso, os acidentes com lesões no cérebro, ainda que não provoquem a morte da pessoa acidentada, podem comprometer ou afetar muito a sua vida. É fácil entender, portanto, a importância de usar capacetes no exercício de determinadas atividades profissionais ou ao andar em veículos pouco estáveis, como motocicletas, bicicletas e *skates*, ou muito velozes, como os carros de corrida.

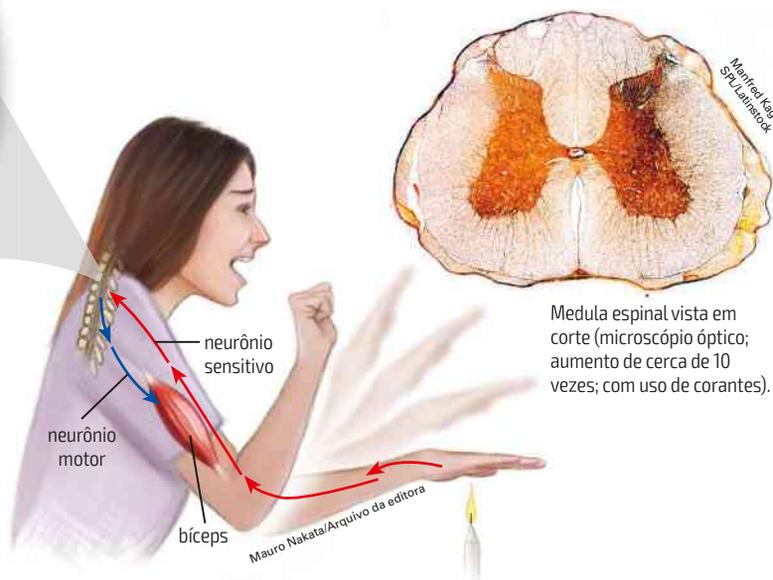
## Medula espinal

A medula espinal está situada no interior da coluna vertebral. Assim como o encéfalo, a medula é constituída de uma **substância branca** – formada pelas fibras nervosas (feixes de axônios; a mielina destes é responsável pela cor branca) – e uma **substância cinzenta** – formada pela concentração de corpos celulares de neurônios e a parte inicial de seus prolongamentos. Mas a disposição da substância branca e cinzenta é diferente na medula. Enquanto no encéfalo a região externa (córtex) é constituída de substância cinzenta (com exceção do bulbo), na medula esta substância está presente no interior do órgão e a substância branca na parte externa (**figura 22.2**).

Pela **raiz ventral** da medula saem prolongamentos dos neurônios motores. Na **raiz dorsal** há prolongamentos dos neurônios sensitivos, cujos corpos celulares estão no interior dos gânglios nervosos (**figura 22.2**). Lesões na raiz dorsal provocam perda de sensibilidade da parte correspondente do corpo, pois o estímulo não chega à medula e é impedido de ir ao cérebro. Na medula também ocorrem diversas sinapses entre os neurônios que chegam e os que saem do sistema nervoso central.



**Figura 22.2** Além de enviar impulsos para o encéfalo, a medula espinal é sede de vários atos reflexos. No detalhe, os nervos (em vermelho e azul) conduzem impulsos nervosos provenientes do órgão receptor (pele) até o órgão efetor (musculatura esquelética do braço), passando pela medula espinal (os elementos da ilustração não estão na mesma escala; cores fantasia). Na foto, à direita, medula espinal vista em corte.



Medula espinal vista em corte (microscópio óptico; aumento de cerca de 10 vezes; com uso de corantes).

## Sistema nervoso periférico

Esse sistema é formado pelos gânglios nervosos, pelos nervos cranianos (que saem do encéfalo) e pelos nervos espinais (que saem da medula espinal).

Na espécie humana há doze pares de nervos cranianos (o mesmo número encontrado em répteis, aves e mamíferos, enquanto nos peixes e anfíbios há dez pares) e 31 pares de nervos espinais (o mesmo número nos outros mamíferos). Os nervos cranianos fazem a conexão com órgãos dos sentidos e com músculos esqueléticos da face; o nervo vago faz a conexão com o coração e alguns órgãos digestórios e respiratórios.

Cada nervo é formado por dezenas e até centenas de prolongamentos de neurônios, as neurofibras (ou fibras nervosas), envolvidos por tecido conjuntivo, como vimos no Volume 1.

No sistema nervoso periférico encontram-se: nervos sensitivos, que recolhem informações dos órgãos dos sentidos e dos órgãos internos; nervos motores, que levam mensagens do sistema nervoso central para os músculos e para as glândulas; e nervos mistos, com fibras nervosas sensitivas e motoras.

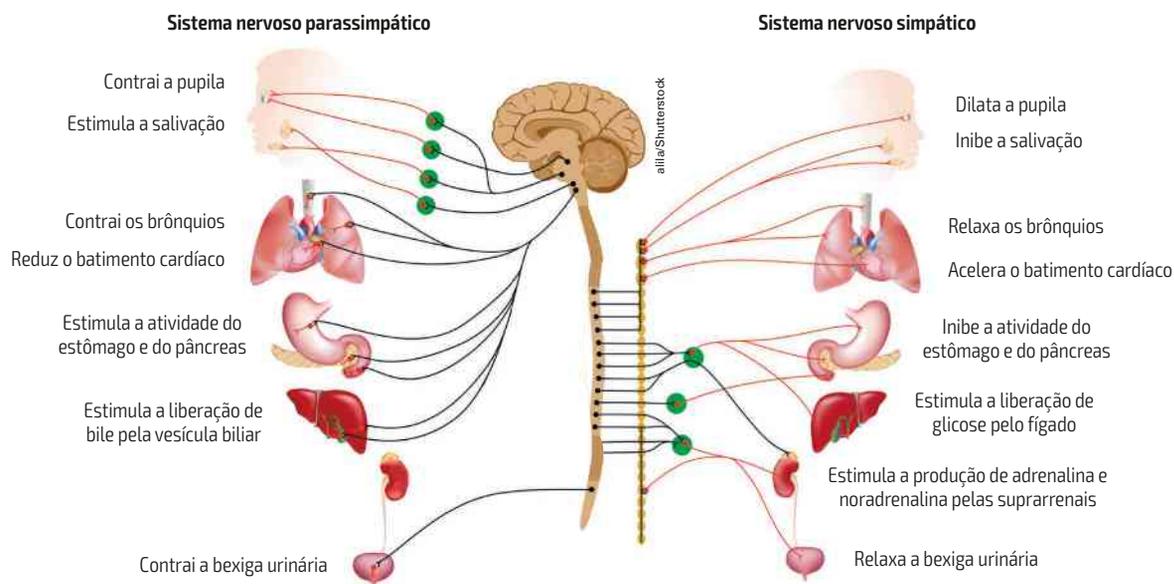
Lesões na medula espinal podem causar paralisia. Dependendo do local da lesão e da intensidade do dano, pode ocorrer a **paraplegia** (do grego *para* = ao lado; *pleg* = ferir), que é a paralisia dos membros inferiores, ou a **tetraplegia** (do grego *tetra* = quatro), que é a paralisia dos membros superiores e inferiores.

Uma parte dos nervos motores controla os músculos esqueléticos, comandando as respostas ao ambiente externo de maneira consciente (respostas voluntárias). Essa parte é chamada **sistema nervoso somático** ou **sistema nervoso periférico somático** (do grego *soma* = corpo). No entanto, muitas vezes essas respostas ocorrem de modo involuntário. É o caso dos atos reflexos, em que as respostas voltam pela medula antes de ir para o cérebro. Dizemos, então, que o sistema nervoso somático controla a relação com o ambiente.

Os nervos que levam impulsos aos músculos lisos, às glândulas e ao músculo cardíaco fazem parte do **sistema nervoso autônomo**, também chamado **sistema nervoso periférico autônomo** ou **visceral** (figura 22.3). Desse modo, esse sistema controla as atividades involuntárias, que fazem parte da vida vegetativa, ou seja, é responsável, com os hormônios, pelo controle da homeostase.

A maioria dos órgãos controlados por esse sistema recebe dois tipos de nervos: um que estimula e outro que inibe a atividade do órgão.

Assim, o sistema nervoso autônomo divide-se em **simpático** e **parassimpático**. Os nervos simpáticos originam-se na região mediana da medula; os parassimpáticos saem do bulbo e da extremidade final da medula (figura 22.3). Tanto o sistema nervoso simpático quanto o parassimpático possuem gânglios situados próximos à medula espinal ou aos órgãos que inervam.



**Figura 22.3** Efeitos do sistema nervoso autônomo sobre alguns órgãos (o sistema nervoso simpático foi deslocado para a direita para facilitar a visualização). O sistema nervoso simpático e o parassimpático têm ações opostas sobre os órgãos. Por exemplo, o simpático dilata a pupila e inibe a salivação, enquanto o parassimpático faz o contrário. (Os elementos da ilustração não estão na mesma escala; cores fantasia.)

O sistema nervoso simpático estimula os órgãos que preparam um animal para, por exemplo, enfrentar um perigo, deixando-o pronto para lutar ou fugir, ou seja, apresenta os mesmos efeitos dos hormônios da medula da glândula suprarrenal. Em situações de perigo, aumenta a frequência respiratória, o débito cardíaco e a pressão arterial, fazendo circular mais sangue e oxigênio pelo corpo; lança glicose no sangue; dilata as artérias dos músculos esqueléticos e contrai as artérias da pele e das vísceras, desviando sangue da pele e de outros órgãos para o cérebro e para os músculos; dilata a pupila, ampliando a visão periférica; e estimula a medula da glândula suprarrenal a produzir adrenalina e noradrenalina, que potencializam esses efeitos. Passado o perigo, o sistema nervoso parassimpático entra em ação, diminuindo o batimento cardíaco e fazendo com que as demais atividades atuem em seu ritmo normal, reduzindo o gasto de energia do organismo.

## Problemas no sistema nervoso

Diversos fatores podem provocar danos ao sistema nervoso. A **meningite**, por exemplo, é uma doença causada por vírus ou bactérias que invadem as meninges. Os sintomas da meningite são febre, dor de cabeça muito forte e rigidez na musculatura da nuca, que impede a pessoa de encostar o queixo no peito. Essa infecção pode se espalhar pelo sistema nervoso e, por isso, é necessário pronto atendimento médico.

O sistema nervoso pode ser afetado também por problemas circulatórios. A hipertensão e a aterosclerose podem levar ao rompimento ou à obstrução de um vaso sanguíneo, resultando na morte da parte do cérebro irrigada por esse vaso e perda da função que essa parte controlava (algum sentido, movimento de uma área do corpo), ou até mesmo resultar na morte da pessoa.

Até certo ponto é possível recuperar os danos ocorridos no cérebro. Por meio de exercícios especiais, outras porções do cérebro são estimuladas e podem assumir, pelo menos em parte, as funções que as áreas destruídas exerciam.

Não é possível prevenir todas as doenças do sistema nervoso, mas é possível evitar as de outros sistemas que acabam por comprometê-lo, como os problemas do sistema circulatório. Por isso é importante evitar a obesidade, não fumar, controlar a pres-

são arterial, evitar o excesso de bebidas alcoólicas e de gordura na alimentação, praticar exercícios físicos (com a orientação de especialistas), ter repouso adequado, com bom número de horas de sono.



### ATENÇÃO

Para mais informações, procure orientação médica.



## Os receptores sensoriais

Nós e os demais animais apresentamos **receptores sensoriais**, ou seja, estruturas que reagem às mudanças nos ambientes externo (**exteroceptores**) e interno (**interoceptores**) e que podem ser formadas por simples terminações nervosas dos neurônios ou por células epiteliais especializadas. Os exteroceptores são encontrados nos órgãos responsáveis pela visão, audição, tato, gustação e olfato. Os interoceptores acusam variações de pressão arterial, pH do sangue, pressão osmótica, atuando na sensação de fome, sede, etc. E há ainda os **proprioceptores**, localizados no interior de músculos esqueléticos, tendões, ligamentos e articulações. Eles nos permitem perceber a posição do corpo e de suas partes.

Cada receptor está organizado de maneira que responda a determinado tipo de estímulo. Há receptores ativados pela luz (**fotoceptores** ou **fotorreceptores**), que ocorrem nos olhos e são responsáveis pela visão; por estímulos mecânicos (**mecanoceptores** ou **mecanorreceptores**), responsáveis pelas sensações táteis da pele, pelo equilíbrio e pela audição; por substâncias químicas (**quimioceptores** ou **quimiorreceptores**), que atuam no sentido do olfato e da gustação; pela variação de temperatura (**termoceptores** ou **termorreceptores**), que indicam frio ou calor; **nociceptores** ou **nocirreceptores**, que são ativados quando o estímulo (que pode ser térmico, químico ou mecânico) pode provocar lesões (é potencialmente perigoso) por exceder uma faixa fisiológica segura (do latim *nocere* = machucar).

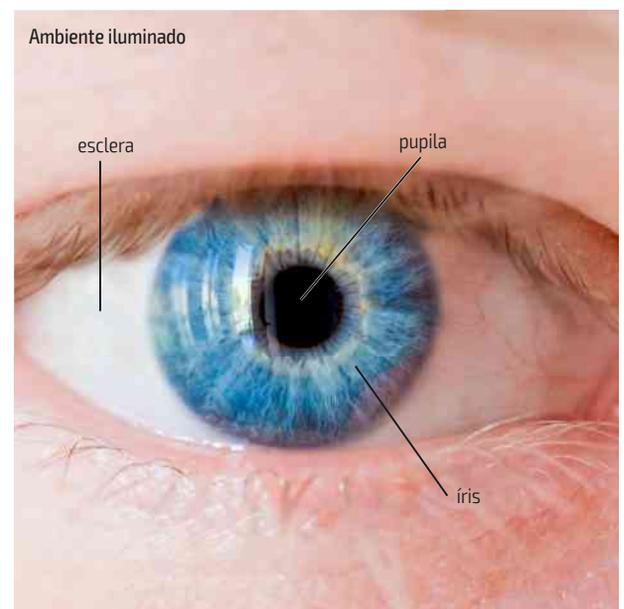
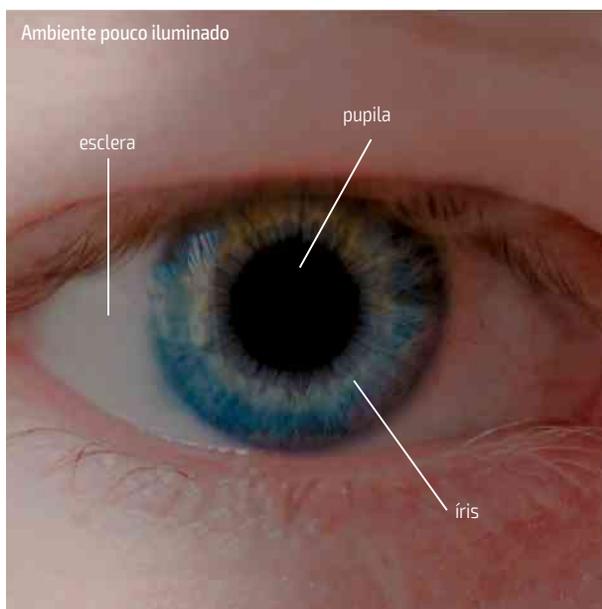
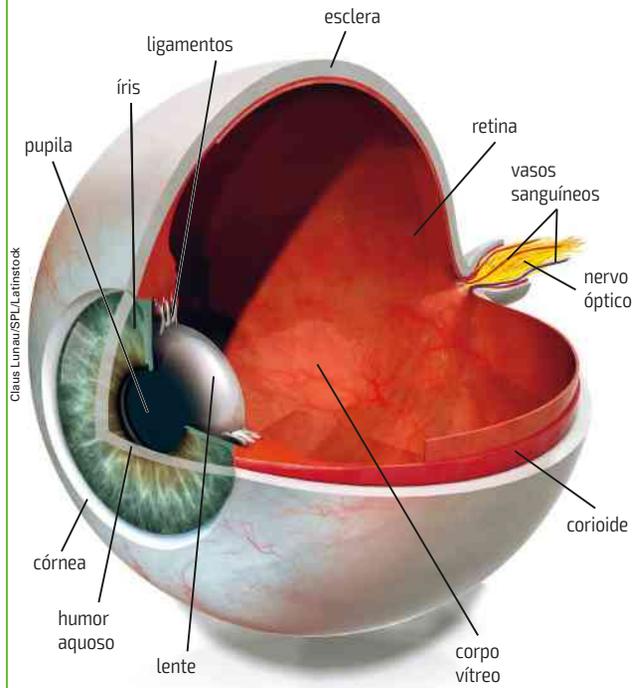
Os receptores podem estar reunidos em órgãos dos sentidos, como nos da visão e da audição. O conjunto de receptores e de órgãos dos sentidos faz parte do sistema sensorial.

## Estrutura geral do olho

O olho humano é coberto por uma camada protetora de tecido conjuntivo fibroso, a **esclera** (ou esclerótica, a parte branca do olho; do grego *skleros* = duro), que é transparente na parte anterior, formando a **córnea** (do latim *corneus* = formado de camadas). Parte da esclera e a superfície interna das pálpebras são revestidas por uma membrana, a **conjuntiva**. Mais internamente se situa a **corioide** (ou **coroide**; do grego *chorion* = membrana; *eidōs* = semelhante), com vasos sanguíneos e melanina. Esta pode ser vista na parte anterior da corioide, a íris (na mitologia grega, Íris é a mensageira dos deuses e simboliza a união entre o céu e a terra; é a origem também de “arco-íris”), e é responsável pela cor dos olhos (**figura 22.4**). No centro da íris existe uma abertura, a **pupila**, pela qual entra a luz (do latim *pupilla* = menininha; ao olhar nos olhos de alguém, vemos nossa imagem refletida em miniatura; a pupila é conhecida como “menina dos olhos”; a expressão quer dizer também “algo que tem um significado especial para alguém”). A íris pode se contrair, abrindo ou fechando a pupila e controlando a quantidade de luz que entra no olho.

Os raios luminosos que chegam aos olhos são desviados (sofrem refração) ao passar pela córnea, pelo **humor aquoso** (líquido claro; do latim *humore* = líquido), pela **lente** (ou **crystalino**, na terminologia

antiga) e pelo **corpo vítreo** (líquido bastante viscoso). Esse conjunto funciona como um sistema de lentes convergentes e forma uma imagem na parte sensível do olho, a **retina** (veja a **figura 22.4**). A região onde os axônios dos neurônios da retina se agrupam e formam o **nervo óptico** – que sai da retina e se dirige ao cérebro levando os impulsos nervosos – é o **disco do nervo óptico (ponto cego)**. Por causa da ausência de fotorreceptores nessa região, não há formação de imagens nela.



**Figura 22.4** Esquema do olho humano. Nas fotos, abertura e fechamento da pupila em consequência da menor e da maior intensidade luminosa. (Os elementos da ilustração não estão na mesma escala; cores fantasia).

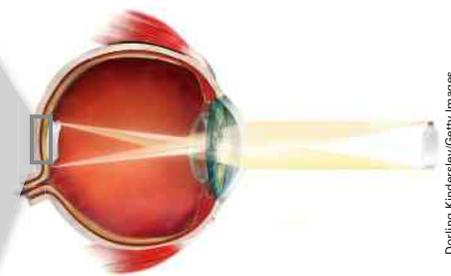
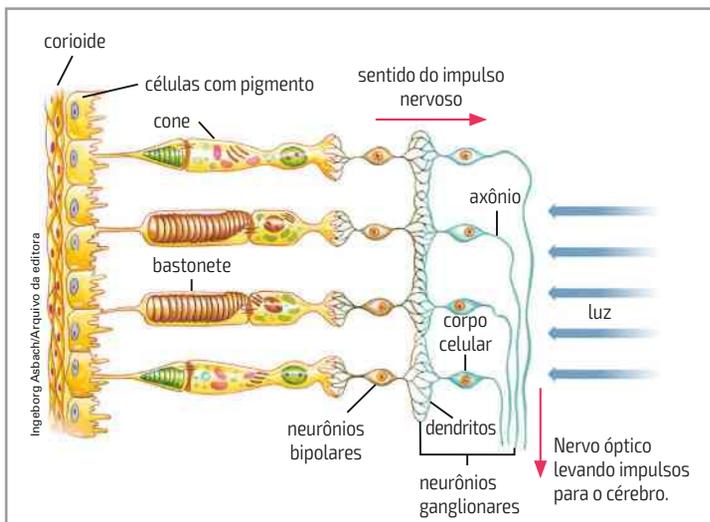
## Cones e bastonetes

Há dois tipos de células fotossensíveis na retina: **cones** e **bastonetes** (figura 22.5), cujos nomes derivam de seu formato. Como um filme muito sensível, os bastonetes captam imagens mesmo com pouca luz, sendo importantes para a visão na obscuridade. Nos animais de hábitos noturnos a retina é formada, predominantemente, por essas células.

Os cones são estimulados apenas por intensidades mais altas de luz, funcionando melhor na claridade e fornecendo imagens mais nítidas que os bastonetes. Estão mais concentrados em uma pe-

quena região chamada **mácula lútea** (do latim, mancha amarela), em cujo centro está a **fovea centralis** (em latim, depressão central) ou, simplesmente, **fovea**. Nessa depressão há apenas cones e é nela que a imagem se forma com maior nitidez. Na periferia da retina há maior concentração de bastonetes. É por esse motivo que na obscuridade vemos melhor com o canto dos olhos.

Outra diferença importante entre bastonetes e cones é que estes dão uma imagem colorida do ambiente. Com pouca luminosidade, é possível perceber apenas o branco, o preto e tons de cinza.



**Figura 22.5** Esquema simplificado da captação de imagens pelo olho. No detalhe, a ilustração mostra os cones e os bastonetes. (Cones e bastonetes são células microscópicas. Os elementos da ilustração não estão na mesma escala; cores fantasia.)

## Biologia e Física



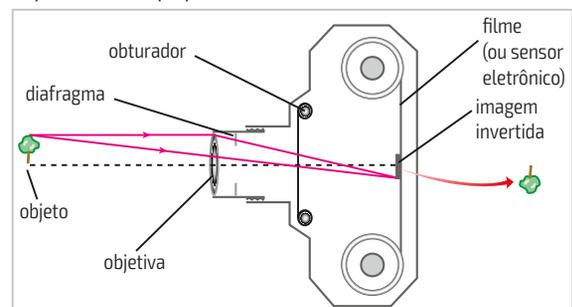
### O olho humano e a máquina fotográfica

É comum comparar o olho humano a uma máquina fotográfica, com suas lentes, diafragma e filme ou sensores eletrônicos (nas máquinas digitais). Veja a figura 22.6. Nas máquinas fotográficas, a luz entra por uma abertura que pode ser regulada pelo diafragma. O obturador abre e fecha rapidamente e a luz entra por determinado período de tempo. A objetiva é formada por um sistema de lentes para colocar em foco a imagem, que é real e invertida. Ao atingir o filme, a luz provoca transformações químicas e grava a imagem.

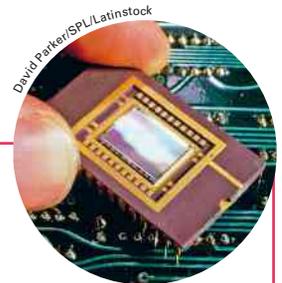
Nas câmeras digitais, em vez de filme, há um sensor (um *chip* sensível à luz; figura 22.7) que converte a luz em um fluxo de elétrons, que, por sua vez, é transformado em dados digitais (na forma de um código binário, código de informática formado pelos números 1 e 0), armazenados

no cartão de memória da máquina ou convertidos em imagem, que é visualizada na tela de cristal líquido do equipamento.

**Figura 22.7** Um sensor eletrônico utilizado em câmeras fotográficas digitais.



**Figura 22.6** Esquema simplificado da captura de imagens em uma máquina fotográfica.



## Problemas nos olhos

Vejam os seguintes alguns problemas que podem afetar a visão do ser humano.

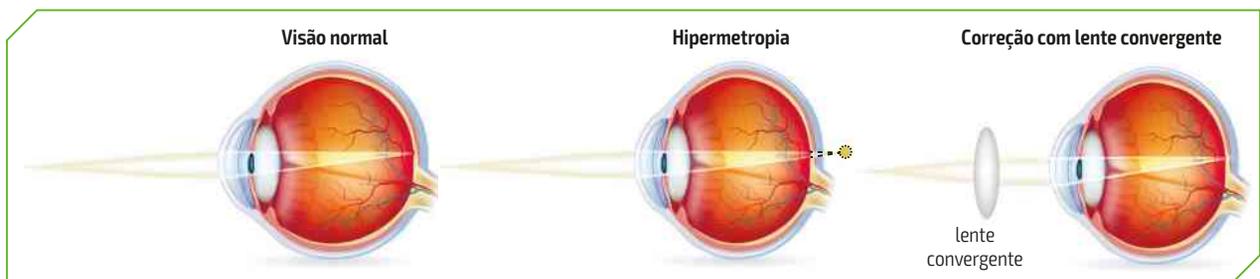
- **Hipermetropia** – problema decorrente do fato de o diâmetro do globo ocular ser pequeno demais ou de o sistema de lentes ter pouca refração. Em ambos, os raios luminosos não são desviados suficientemente para que sejam focalizados sobre a retina (a imagem, teoricamente, se formaria em um ponto depois da retina). Quando o objeto está longe, a pessoa ainda pode focalizá-lo usando seu poder de acomodação (aumentando a convergência da lente). Para objetos próximos, há necessidade de um grande aumento de refração, acima da capacidade de acomodação do olho. Consequentemente, o hipermetrope enxerga mal de perto. A correção é feita com lentes convergentes, que desviam os raios luminosos de maneira que eles se aproximem, isto é, convirjam (**figura 22.8**). O estudo das lentes é realizado por uma área da Física, a Óptica.
- **Miopia** (do grego *myein* = cerrar; *opsis* = olho, porque a pessoa míope aperta as pálpebras para ver melhor) – em geral, é causada por um globo ocular muito alongado ou por grande poder de refração do sistema de lentes. Os raios luminosos são focalizados em um ponto antes da retina, em que, se houvesse um anteparo, seria formada uma imagem. Quando o objeto está perto, a acomodação ainda consegue resolver o problema, mas, à medida que a distância aumenta, a lente não pode diminuir mais

a sua convergência, e o míope passa a ter dificuldade para enxergar de longe. A correção é feita com lentes divergentes, que desviam os raios luminosos de maneira que eles se afastem uns dos outros, formando um feixe divergente (**figura 22.9**).

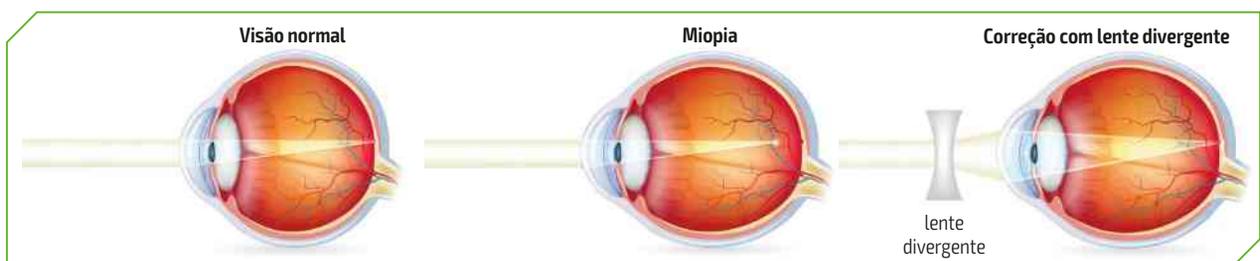
- **Presbiopia** (do grego *presbys* = antigo; *opsis* = olho) – o poder de refração dos olhos pode ser alterado pela contração de pequenos músculos do olho (músculos ciliares), que modificam a forma da lente (cristalino). Essa capacidade, chamada **acomodação**, permite que as imagens situadas a distâncias diversas se formem sobre a retina, mas tende a diminuir com a idade, em geral após os 40 anos, à medida que a lente perde sua elasticidade, provocando a presbiopia, conhecida como “vista cansada”. A focalização dos objetos próximos passa a ser difícil. O problema pode ser corrigido com o auxílio de lentes convergentes – lentes para perto ou do tipo multifocal.
- **Astigmatismo** (do grego *a* = sem; *stygma* = ponto, marca) – é consequência de um formato irregular da córnea ou da lente, que desviam os raios luminosos de maneira diferente e a imagem fica fora de foco em algumas direções. A correção é feita com lentes cilíndricas que tenham curvaturas desiguais, compensando a curvatura desigual do olho.

### ATENÇÃO

Para mais informações, procure orientação médica.



**Figura 22.8** A hipermetropia e sua correção. (Os elementos ilustrados não estão na mesma escala; cores fantasia.)



**Figura 22.9** A miopia e sua correção. (Os elementos ilustrados não estão na mesma escala; cores fantasia.)

- **Glaucoma** (do grego *glaukos* = azul-esverdeado, cor da pupila que pode aparecer por causa da opacificação da lente, o que indica que o termo pode ter sido usado inicialmente para a catarata) – problema em que o humor aquoso se acumula, provocando aumento da pressão intraocular, que pode lesionar o nervo óptico. Por isso, se a doença não for diagnosticada (a medida da pressão intraocular feita pelo oftalmologista é usada para identificar índices de glaucoma) e tratada a tempo (com medicamentos ou cirurgia), poderá provocar até cegueira irreversível (por destruição do nervo óptico).
- **Catarata** (do grego *kataraktys* = cascata, com o uso de instrumentos apropriados, pode-se observar na lente do olho uma opalescência translúcida como a de uma cascata) – doença em que a lente perde parte da transparência, dificultando a visão. É mais comum após os 50 anos. Pode ser corrigida por meio de cirurgia na qual se retira o núcleo da lente e coloca-se em seu lugar uma lente artificial.

## Estrutura geral da orelha

Na espécie humana, a orelha pode ser dividida em externa, média e interna (figura 22.10). A externa é formada pelo **pavilhão auricular**, que facilita a captação do som, e pelo **meato acústico externo** (ou canal auditivo).

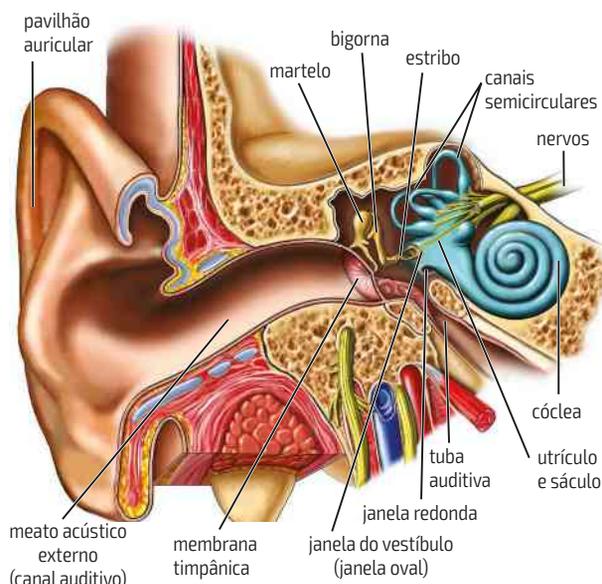
O tímpano marca o início da orelha média. Ele vibra de acordo com o som que chega a ele. Essas vibrações são transmitidas para três pequenos ossos – **martelo**, **bigorna** e **estribo** – articulados entre si e que funcionam como um sistema de alavancas, que podem amplificar ou diminuir as vibrações do tímpano, por meio de pequenos músculos presos a eles. Esses músculos podem frear os movimentos dos ossos, protegendo os ouvidos contra sons muito fortes.

A orelha média comunica-se com a garganta – e, conseqüentemente, com o exterior – através da **tuba auditiva** – antes chamada trompa de Eustáquio, em homenagem ao anatomista italiano Bartolomeu Eustáquio (1520-1574). Se não houvesse essa comunicação, o tímpano permaneceria inchado para fora ou para dentro sempre que houvesse alteração na pressão, o que diminuiria sua flexibilidade e prejudicaria a audição. É o que ocorre quando subimos uma serra de carro ou de ônibus. A pressão atmosférica fica menor que a do ar na ore-

lha média, e o tímpano é pressionado de dentro para fora, ficando um pouco curvado. A saída de parte do ar pela tuba auditiva equilibra as pressões e resolve o problema.

A vibração do tímpano é transmitida pelos três pequenos ossos para a **janela do vestibulo** (ou janela oval; uma membrana), que a passa para um líquido no interior da **cóclea** (do latim *cochlea* = caracol; tubo enrolado como a concha de um caracol). Nesta há a **membrana basilar**, com células sensitivas ciliadas (mecanoceptores), que se agrupam no órgão espiral (ou órgão de Corti, na terminologia antiga) e são capazes de perceber as vibrações causadas no líquido pela janela oval, o que faz com que os cílios dessas células se choquem contra a **membrana tectorial** ou **tectórica** (do latim *tectorium* = cobertura). O próprio movimento do líquido também estimula os cílios, gerando um impulso nervoso que é levado pelo **nervo vestibulococlear** ao centro da audição, no lobo temporal do cérebro, onde o som é percebido.

Se a cóclea fosse uma estrutura inteiramente rígida, o líquido em seu interior não poderia se movimentar (vibrar), pois os líquidos são, por natureza, incompressíveis. Entretanto, ela possui outra membrana elástica, a janela redonda, que se dilata e permite a movimentação do líquido quando ele recebe as vibrações da janela oval (figura 22.10). Na orelha interna há ainda o sáculo, o utrículo e os canais semicirculares, que, como veremos mais adiante, atuam no equilíbrio.



**Figura 22.10** Estrutura da orelha humana. (Os elementos ilustrados não estão na mesma escala; cores fantasia.)

## Problemas auditivos

A perda parcial ou total da audição (surdez) pode ser provocada por lesões no mecanismo de transmissão dos sons até a cóclea, na cóclea ou no nervo vestibulococlear. Alguns tipos de surdez são de origem hereditária. Outros são provocados por: exposição a sons muito intensos; infecções no ouvido; uso de certos medicamentos (alguns antibióticos podem afetar o nervo vestibulococlear). Além disso, à medida que a pessoa envelhece, é comum haver perda progressiva da capacidade auditiva.

Em certos casos, essa perda pode ser corrigida ou diminuída com medicamentos, cirurgia, aparelhos amplificadores ou implantes de cóclea.

Um recurso utilizado pelas pessoas portadoras de deficiência auditiva é a linguagem de sinais. O diagnóstico e o tratamento dos problemas de audição são realizados pelo otorrinolaringologista (do grego *otós* = orelha; *rhinos* = nariz; *larinx* = laringe).

## Manutenção do equilíbrio

O utrículo, o sáculo e os canais semicirculares formam o **aparelho vestibular** ou **labirinto**. Em seu interior há células sensoriais ciliadas (na realidade, trata-se de um prolongamento chamado **estereocílio** (do grego *stereos* = duro), com estrutura um pouco diferente da dos cílios verdadeiros), que enviam mensagens ao sistema nervoso sobre as mudanças de posição do corpo. Em resposta, o sistema nervoso envia sinais aos músculos para ajustar a postura e manter o equilíbrio.

No utrículo e no sáculo existe uma substância gelatinosa com otólitos (cristais de calcário; do grego *otós* = ouvido; *lithos* = pedra) (figura 22.11). Quando

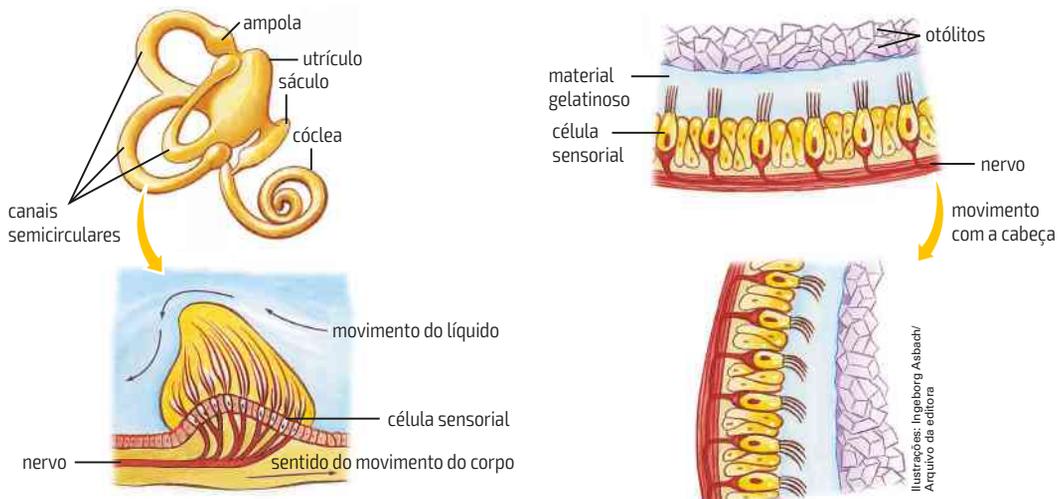
uma pessoa começa a se movimentar ou a cabeça é desviada, os otólitos deslocam-se e os cílios das diferentes células sensoriais são estimulados.

Nos canais semicirculares há regiões dilatadas (**ampolas** ou **âmpulas**) com células sensoriais cobertas por material gelatinoso. Movimentos da cabeça fazem o líquido no interior dos canais se movimentar, pressionando as células sensoriais. A disposição dos canais permite que eles recebam informações dos três planos dos movimentos da cabeça no espaço e as enviem ao sistema nervoso para que ele faça os ajustes na postura e na posição dos olhos.

Existem várias doenças que afetam o labirinto, chamadas labirintopatias (labirintite, termo usado popularmente para denominá-las, é apenas um tipo de labirintopatia, que se caracteriza pela infecção ou inflamação da orelha interna). Dependendo do problema, a pessoa pode ter tonturas, vertigens, enjoos, dor de cabeça, ouvir zumbidos ou outros sintomas. O tratamento é feito de acordo com a causa do problema, e somente o médico pode diagnosticá-lo e tratá-lo corretamente.

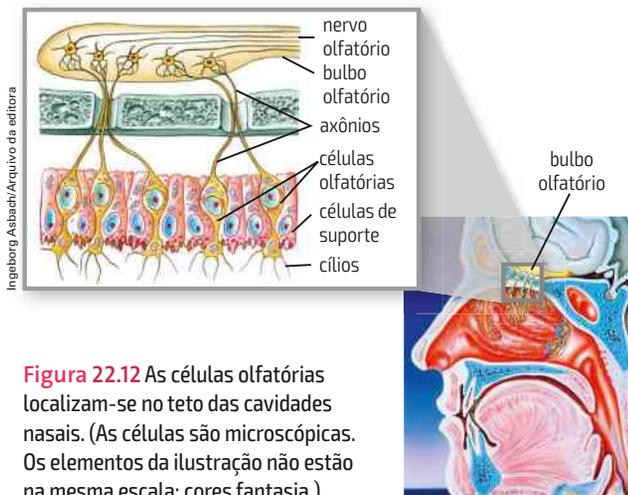
## Olfato e gustação

Os animais são capazes de captar estímulos químicos do ambiente por meio de receptores químicos. Quando são capazes de detectar partículas emitidas por objetos distantes, esses receptores são chamados **receptores olfatórios**, constituindo o olfato. E aqueles que são estimulados apenas por partículas químicas em contato direto com o objeto são chamados **receptores gustatórios**, constituindo a gustação (paladar).



**Figura 22.11** Como o aparelho vestibular detecta os movimentos do corpo. (Os elementos da ilustração não estão na mesma escala; cores fantasia.)

Na parte superior das **cavidades nasais** dos seres humanos, bem como dos mamíferos e de outros vertebrados terrestres, há células olfatórias dotadas de cílios. Quando determinadas moléculas do ambiente ligam-se a essas células, deflagra-se um impulso nervoso, que é encaminhado ao **bulbo olfatório** (figura 22.12).

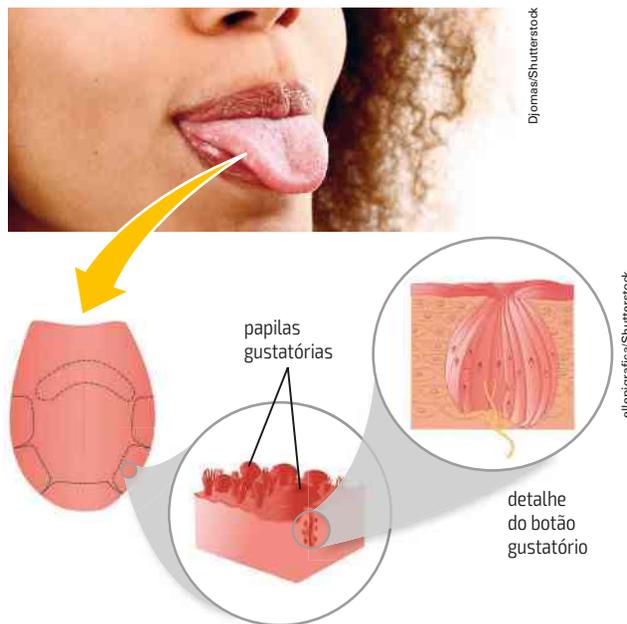


**Figura 22.12** As células olfatórias localizam-se no teto das cavidades nasais. (As células são microscópicas. Os elementos da ilustração não estão na mesma escala; cores fantasia.)

Boa parte do que conhecemos como sabor do alimento deve-se ao olfato: com o nariz e os olhos tapados, pode ser difícil distinguir, só pelo gosto, uma maçã de uma batata, por exemplo. Quando estamos resfriados, o excesso de muco produzido no nariz dificulta o contato dos receptores olfatórios com as partículas responsáveis pelo cheiro. O resultado é que os alimentos perdem muito do sabor.

Na língua encontramos os **botões gustatórios**, concentrados em pequenas projeções, as **papilas gustatórias** (figura 22.13). As células gustatórias reagem a diversos tipos de substâncias químicas.

Com os botões gustatórios, percebemos quatro tipos de sensações fundamentais: o doce, o salgado, o azedo e o amargo. Atualmente, um quinto sabor é reconhecido: o *umami*. Trata-se de uma palavra japonesa, que vem dos ideogramas *umai*, 'gostoso', e *mi*, 'sabor'. Ele pode ser percebido em alimentos temperados com glutamato monossódico, derivado de um aminoácido, o ácido glutâmico (algumas pessoas podem ser alérgicas a esse tempero). O ácido glutâmico também está naturalmente presente, com outros aminoácidos, nos alimentos ricos em proteínas, como a carne e o peixe. Por isso, esse sabor também pode ser percebido, em menor grau, nesses alimentos.



**Figura 22.13** Papilas e botões gustatórios. (Os elementos ilustrados não estão na mesma escala: as células são microscópicas; cores fantasia.)

## Receptores da pele

Nos seres humanos, assim como nos demais vertebrados, existem vários tipos de receptores que acusam dor, sensações táteis (tato e pressão) e sensações térmicas (calor e frio). O tato é a percepção de que algo tocou nossa pele e de que esse toque ocorreu em determinado ponto dela.

Entre os receptores do tato, por exemplo, encontramos, na porção superior da derme, aqueles que são muito sensíveis a toques leves, que indicam qual ponto foi tocado. Há também corpúsculos que estão situados em áreas mais profundas da derme e acusam pressões mais fortes de um objeto sobre a pele.

Os receptores que acusam a dor são terminações de células nervosas que estão espalhadas em vários tecidos do corpo. A dor é uma informação importante: ela nos diz que há algo errado acontecendo em nosso corpo. A dor impede, por exemplo, que uma pessoa tente mover uma perna quebrada, o que poderia piorar a fratura. E imagine o que ocorreria se você não sentisse dor quando, sem notar, encostas-se a mão em uma panela muito quente!

Certos anestésicos locais, como a novocaína, usada por dentistas, atuam diretamente nos receptores da dor na pele ou nas gengivas. A aspirina e outros medicamentos inibem a produção de prostaglandinas, substâncias que causam dor e inflamação em diversas regiões do corpo. As drogas derivadas do ópio, como a morfina e a codeína, atuam nos centros da dor no cérebro.



## Drogas

O que usualmente é chamado de droga equivale, em Medicina, à droga psicotrópica (do grego *psyche* = mente; *tropica* = atração). Essas drogas agem no sistema nervoso e modificam a maneira de sentir, pensar ou agir.

O cigarro e as bebidas alcoólicas são drogas legais, isto é, seu consumo é permitido por lei para maiores de 18 anos. Isso não quer dizer que não façam mal – muito pelo contrário. Todas as drogas podem causar sérios distúrbios físicos e psíquicos.

A maconha e a cocaína são exemplos de drogas ilegais: além de fazerem mal à saúde, quem as porta está sujeito às penas da lei.

As drogas podem provocar dependência: depois de algum tempo de consumo, a pessoa se sente muito mal quando não está sob efeito da droga e não consegue deixar de consumi-la. Para tratar a dependência, ela precisa recorrer a tratamento médico.

Os efeitos das drogas variam de acordo com o tipo e com a pessoa. Logo após o consumo, o usuário pode sentir-se mais alegre, relaxado, com mais energia. Mas depois aparecem efeitos bem desagradáveis. Com o uso, surgem também danos a vários órgãos, como pulmões, fígado, coração, rins e cérebro, que podem levar até a morte.

Veja a seguir alguns dos efeitos que o uso de drogas pode trazer ao organismo.

**Maconha** – podem ocorrer angústia, alucinações, falhas na memória, dificuldades de concentração e de aprendizagem. O uso frequente pode afetar o sistema respiratório e aumentar a chance de desenvolver câncer de pulmão.

**Cocaína e crack** – inicialmente, a pessoa até pode sentir-se mais alerta e confiante, mas pode apresentar também comportamento violento, insônia, irritabilidade, tremores, delírio, paranoia (mania de perseguição) e alucinações. A isso se segue um período de depressão, angústia, irritabilidade e cansaço. Além disso, essas drogas aumentam a pressão do sangue e os batimentos cardíacos, com risco de morte por parada cardíaca ou respiratória. O uso contínuo da cocaína, cujo consumo mais comum é por

meio da aspiração, provoca lesões e perfurações no revestimento do nariz, enquanto o *crack* causa danos aos pulmões. Surgem alterações irreversíveis no cérebro depois de, em média, dois anos de uso constante. São afetadas a memória, a atenção, a concentração, a capacidade de raciocínio abstrato e a percepção espacial.

**Anfetaminas** – deixam a pessoa com menos sono e aumentam o estado de alerta, a agressividade e a irritabilidade. Podem provocar paranoia e alucinações. A pressão e o batimento cardíaco podem aumentar muito. Passado o efeito, a pessoa tem sono prolongado, apatia e falta de energia.

**Alucinógenos** – o mais conhecido é a dietilamida do ácido lisérgico (LSD). Provocam alucinações visuais e auditivas, além de alterações das emoções e dos pensamentos. A pessoa pode ficar confusa, deprimida, violenta ou entrar em pânico, achando que está sendo perseguida, ficar com medo de enlouquecer ou de morrer. Com o uso prolongado, a memória, a atenção e o raciocínio ficam prejudicados.

**Ecstasy (êxtase)** – combina os efeitos das anfetaminas com os dos alucinógenos. Pode causar crises de pânico e depressão. Há aumento da temperatura do corpo, da frequência cardíaca e da pressão arterial, suor intenso e náuseas. Podem ocorrer convulsões, falta de controle dos movimentos do corpo e morte por desidratação.

**Solventes inalantes** – são substâncias voláteis que, inaladas, provocam euforia, alucinações, tonturas, confusão mental, dor de cabeça e perda de autocontrole. Por fim, segue-se uma fase de depressão e delírios e, mesmo no primeiro uso da droga, pode ocorrer morte por parada cardíaca ou respiratória. O uso frequente provoca danos ao cérebro, fígado, rins, sangue e medula óssea.

**Opioides** – são drogas produzidas a partir do ópio, como heroína, morfina e codeína. Provocam sonolência, alteração do humor, náuseas, vômitos, alucinações e até a morte por parada respiratória. Causam dependência rapidamente.

**Álcool** – inicialmente, alivia a tensão e a ansiedade e dá uma sensação de relaxamento, euforia e desinibição. À medida que a sua concentração no sangue aumenta, os centros nervosos que controlam o raciocínio, os reflexos, a coordenação motora e a memória são inibidos. A pessoa perde a firmeza para andar e raciocinar e fala com dificuldade. Pode ficar agressiva e apresentar comportamento social inconveniente.

Por provocar sonolência, diminuir os reflexos e prejudicar a coordenação motora, é muito perigoso dirigir veículos sob o efeito dessa substância. Essa mistura de álcool e direção é considerada uma das principais causas dos acidentes com veículos. Pessoas que dirigem depois de beber estão sujeitas às punições da lei.

O consumo habitual e excessivo pode provocar danos ao cérebro (morte de neurônios), ao fígado (cirrose hepática), ao pâncreas, ao coração (aumenta a pressão arterial), ao estômago, ao intestino, entre outros órgãos. Além disso, diminui a resistência do organismo e aumenta os riscos de alguns tipos de câncer, como os de boca, de esôfago e de faringe. Doses altas podem provocar a morte por parada respiratória.

Algumas pessoas podem ficar dependentes. O alcoólatra bebe compulsivamente e, se não beber, fica irritado e pode apresentar aumento da transpiração, tremores nas mãos, convulsões e até alucinações (o chamado *delirium tremens*) por causa da síndrome de abstinência. Nesse caso, é necessário tratamento médico.

Crianças e adolescentes não podem beber. A bebida na juventude é um fator de risco de dano cerebral. Estudos mostraram que a parte do cérebro relacionada à memória é 10% menor em jovens consumidores de álcool, além de ficar reduzida a capacidade de raciocínio e de tomada rápida de decisões.

O consumo de álcool durante a gravidez aumenta o risco de aborto e pode causar problemas ao feto: a criança pode nascer com retardamento mental e outras complicações.

**Fumo** – a pessoa que fuma um maço de cigarros por dia vive, em média, sete anos menos que uma que não fuma. A nicotina pode fazer o fumante se sentir mais relaxado, pois provoca certo relaxamento muscular, mas é um estimulante leve do coração. O efeito imediato é o aumento do batimento cardíaco e da

pressão arterial. Ela causa dependência e sua falta pode provocar sintomas desagradáveis, como dor de cabeça, irritação e insônia; por isso pode ser difícil deixar de fumar. Também aumenta a chance de aterosclerose, infarto e acidente vascular cerebral (derrame). O monóxido de carbono reduz a taxa de oxigênio para os órgãos.

A taxa de mortalidade das mulheres que fumam e tomam pílulas anticoncepcionais é três vezes maior que a das que tomam pílula e não fumam. Isso porque o fumo e a pílula aumentam o risco de formação de coágulos no sangue.

O fumo durante a gravidez diminui o suprimento de oxigênio do feto, o que prejudica seu desenvolvimento. De modo geral, ele pode causar também bronquite, enfisema e câncer no pulmão e em outros órgãos.

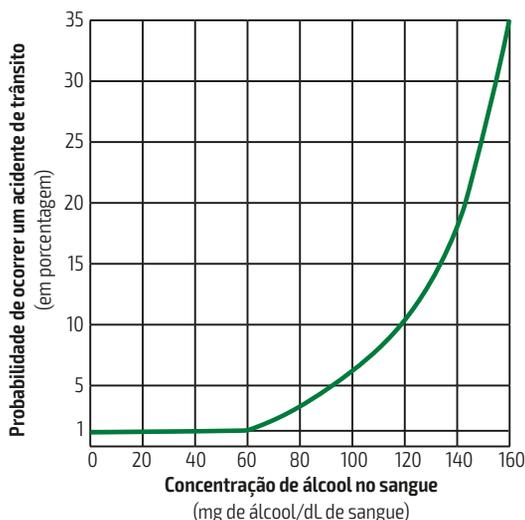
O fumante não prejudica apenas a sua saúde, mas também a das pessoas que não fumam, visto que elas absorvem parte da fumaça dos cigarros (fumantes passivos), principalmente em ambientes fechados. É por isso que cada vez mais são impostas restrições ao fumo em lugares públicos.

Em resumo, apesar de inicialmente o usuário se sentir mais alegre, relaxado ou com mais energia, o consumo de drogas é uma agressão a todo o organismo. Além dos danos físicos, as drogas prejudicam o desenvolvimento da personalidade, a aprendizagem, o desempenho profissional, o relacionamento com outras pessoas e a capacidade de enfrentar os problemas do cotidiano.

As drogas, portanto, não são apenas um problema médico, mas devem ser encaradas de forma interdisciplinar. Isso significa que, além de estudar por meio da Biologia e da Química os efeitos das drogas no organismo, é necessário analisar, por exemplo, os fatores psicológicos e sociais que levam os jovens a começarem a usar drogas. É necessário também estudar que ações são mais eficazes no combate às drogas, quais os meios legais para executar essas ações, como a educação pode contribuir para afastar o jovem do uso das drogas, entre muitas outras questões.

(Fontes de pesquisa: AQUINO, J. G. (Org.). *Drogas na escola: alternativas teóricas e práticas*. São Paulo: Summus, 2000; BRAUN, I. M. *Drogas: perguntas e respostas*. São Paulo: MG, 2007; CAVALIERI, A. L.; EGYPTO, A. C. *Drogas e prevenção: a cena e a reflexão*. São Paulo: Saraiva, 2002; COTRIM, B. C. *Drogas: mitos e verdades*. São Paulo: Ática, 2004. Sites: <[www.cebrid.epm.br](http://www.cebrid.epm.br)>; <[www.justica.gov.br/central-de-conteudo/politicas-sobre-drogas](http://www.justica.gov.br/central-de-conteudo/politicas-sobre-drogas)>. Acesso em: 6 abr. 2016.

- Podemos dizer que o sistema nervoso é exclusivo dos animais. Como esse sistema pode ter contribuído para a interação deles com o meio ambiente e com os demais seres vivos?
- Se compararmos os olhos às câmeras fotográficas, o que corresponderia, no olho humano, ao diafragma, à objetiva e ao filme ou ao sensor eletrônico? Por quê?
- Os raios ultravioleta do Sol podem causar danos à visão, aumentando, por exemplo, a probabilidade de aparecimento de catarata. Com base nessa informação, explique por que usar óculos escuros com lentes que não filtram os raios ultravioleta pode ser mais prejudicial à visão do que não usá-los.
- Uma pessoa se balança em uma rede, de olhos fechados, e, mesmo de olhos fechados, sabe para que lado o seu corpo está indo a cada momento. Que estrutura de seu corpo possibilita essa percepção? Explique como isso ocorre.
- Analisar o gráfico a seguir.

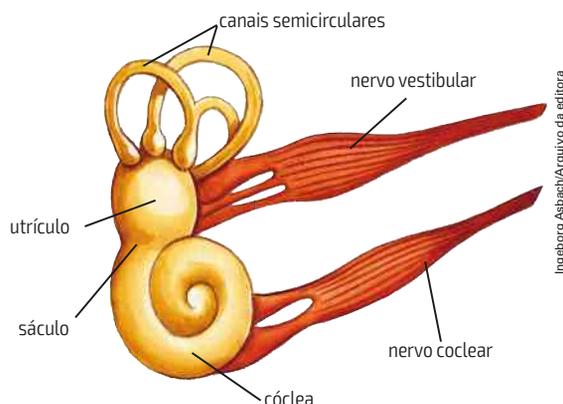


Com base no que você aprendeu sobre os efeitos do álcool no organismo, justifique a informação expressa pelo gráfico.

- Em situações de perigo, o sistema nervoso simpático provoca, por exemplo, o aumento da frequência respiratória e a liberação de glicose do fígado para o sangue. Explique a importância desses efeitos nesse tipo de situação.

- Sabendo que o lobo parietal do cérebro está relacionado com a capacidade de comunicação por meio da linguagem, cite algumas das atividades cotidianas que seriam afetadas por um problema nessa região do órgão.
- Quando, em um acidente, há suspeita de algum dano à coluna vertebral, a vítima deve ser imobilizada em posição horizontal (deitada) antes de ser levada ao hospital. Por que esse cuidado é necessário?
- Uma pessoa cujos olhos estejam em perfeitas condições pode, mesmo assim, não enxergar. Qual é a possível explicação para esse fenômeno?
- Veja alguns tipos de receptores sensoriais: fotoreceptores, mecanoreceptores, quimiorreceptores, termoreceptores. No caderno, relacione os tipos de receptores que estão presentes na audição, gustação, visão, equilíbrio e calor.
- (Fuvest-SP) Os batimentos do coração são involuntários e estão sob o controle do sistema nervoso.
  - Qual o ramo do sistema nervoso que executa esse controle?
  - Cite outro órgão muscular do corpo que é controlado por esse mesmo ramo nervoso.
- (Ufop-MG – modificado) Costuma-se ter a sensação de semissurdez quando se desce rapidamente uma montanha.
  - A que fenômeno físico se deve essa sensação?
  - Que estrutura da orelha é afetada nesse processo?
- (UFU-MG) Com relação ao olho humano, assinale a alternativa correta.
  - A retina garante a alimentação dos tecidos dos olhos humanos e é pigmentada, formando a câmara escura, que funciona como uma máquina fotográfica.
  - A coróide é a parte fibrosa de sustentação do olho humano. Mantendo os olhos abertos, a coróide representa a parte pigmentada do olho.
  - A córnea é o primeiro meio de refração do feixe luminoso que incide no olho. O cristalino é a lente responsável por uma espécie de “ajuste-focal” que torna possível a visão nítida da imagem.
  - A íris é rica em cones e bastonetes, células sensíveis do olho humano, que são as principais pigmentações referentes ao desenvolvimento ocular.

14. (Fuvest-SP) O esquema mostra algumas estruturas presentes na cabeça humana:



O nervo cócleo-vestibular compõe-se de dois conjuntos de fibras nervosas: o nervo coclear, que conecta a cóclea ao encéfalo, e o nervo vestibular, que conecta o sáculo e o utrículo ao encéfalo. A lesão do nervo vestibular deverá causar perda de:

- a) audição.
  - b) equilíbrio.
  - c) olfato.
  - d) paladar.
  - e) visão.
15. (UFG-GO) Leia o texto:

*Mutirão de cirurgia de catarata foi prorrogado pela SESAB. Estatísticas do Ministério da Saúde indicam que a cada ano, no Brasil, são registrados em torno de 120 mil novos casos de catarata, condição que pode levar à cegueira, mas é reversível mediante cirurgia. A doença afeta o cristalino, provocando dificuldades de visão, mas, na maioria dos casos, avança de forma lenta.*

Disponível em: <[www.saude.ba.gov.br/noticias](http://www.saude.ba.gov.br/noticias)>  
(Acesso em: 11 set. 2007.)

Uma pessoa submetida a essa cirurgia tem o cristalino substituído por uma outra lente intraocular que permite:

- a) regular a quantidade de luz que incide sobre o globo ocular.
- b) responder aos estímulos luminosos de baixa e alta intensidades.
- c) convergir os raios de luz, possibilitando a formação da imagem na retina.
- d) lubrificar o globo ocular devido à produção de fluido lacrimal.
- e) promover barreira física externa de proteção ao globo ocular.

16. (Cefet-SP) Uma pessoa que trabalha com atendimento ao público sofreu uma infecção nas fibras nervosas que ligam a cóclea ao cérebro. Em uma consulta médica, ela foi informada de que o grau de infecção foi tal que as referidas fibras ficaram permanentemente danificadas, embora as estruturas da orelha externa e média nada tenham sofrido. Considerando a nova condição desse trabalhador, ele poderá continuar exercendo normalmente a função de atendente?

- a) Sim, pois as estruturas receptoras das ondas sonoras, entre elas o tímpano, não foram afetadas.
- b) Sim, pois as fibras nervosas danificadas não são importantes para a função de atendente.
- c) Sim, porque as ondas sonoras continuarão a chegar aos ossículos (martelo, bigorna e estribo) e à cóclea.
- d) Não, porque o dano nessas fibras nervosas impede que o cérebro interprete as vibrações recebidas pelas orelhas externa e média.
- e) Não, pois o problema está relacionado à locomoção, e a capacidade de falar, ouvir e enxergar continuam intactas.

17. (Vunesp-SP) Quando você termina de jogar uma partida de futebol, com 90 minutos de duração, você nota que há um aumento do número de batidas de seu coração por minuto. O responsável por isso é o sistema nervoso:

- a) somático.
- b) autônomo simpático.
- c) autônomo parassimpático.
- d) periférico.
- e) autônomo somático.

18. (Cesgranrio-RJ) O sistema nervoso central humano, responsável por receber, analisar e integrar informações do meio externo e do meio interno, é dividido em:

- a) cérebro e meninges.
- b) medula espinal e nervos raquidianos.
- c) nervos encefálicos e nervos espinais.
- d) encéfalo e nervos cranianos.
- e) encéfalo e medula espinal.

19. (Unirio-RJ) O vestibular é um momento decisivo na vida do estudante, o qual pode apresentar uma certa ansiedade antes e durante as provas. Nesse momento, o organismo sofre intensas alterações fisiológicas. Como um exemplo de alteração estimulada pelo sistema nervoso simpático, pode-se citar a(o):

- a) contração da bexiga.
- b) contração da pupila.
- c) diminuição da pressão sanguínea.
- X d) aumento da frequência cardíaca.
- e) aumento da peristalse intestinal.

- 20.** (UFPE) Sobre o sistema nervoso do homem e suas funções, é correto afirmar que [indique verdadeiro ou falso]:
- (///) o hipotálamo é importante para a homeostase corporal.
  - (///) o equilíbrio corporal é controlado pelo bulbo raquidiano.
  - (///) os atos de pensar, evocar lembranças e falar dependem da integridade do córtex cerebral.

- (///) os atos reflexos ocorrem no âmbito da medula espinal.
- (///) o ato de andar de bicicleta é coordenado pelo cerebelo. V-F-V-V-V

- 21.** (FURRN) Quando o eixo anteroposterior do olho é alongado, a imagem forma-se antes da retina. Essa anomalia do aparelho da visão é conhecida como:
- a) presbiopia.
  - b) hipermetropia.
  - X c) miopia.
  - d) astigmatismo.
  - e) estrabismo.

### Trabalho em equipe

Em grupo, escolham um dos temas abaixo para pesquisar. Depois, apresentem o resultado do trabalho para a classe.

- 1.** Pesquisem quais leis coíbem o uso de álcool antes de dirigir e as estatísticas de acidentes de trânsito provocados pelo uso dessa substância. Elaborem uma campanha para informar a comunidade sobre os riscos do consumo de bebidas alcoólicas, com o uso de cartazes, frases de alerta (*slogans*), folhetos com textos e figuras, programas de rádio, dramatizações, letras de música, etc. O trabalho pode ser veiculado também pelas redes sociais.
- 2.** Elaborem e apresentem para a classe um quadro comparativo do sistema nervoso e dos órgãos de visão, audição e equilíbrio nos principais grupos de invertebrados e vertebrados.
- 3.** Pesquisem como foi inventado e como funciona o alfabeto braile e o que é a Língua Brasileira de Sinais (Libras). Em seguida, façam um trabalho de campo para verificar se na região

em que moram há recursos que favorecem o acesso de pessoas com deficiência a locais públicos (cinemas, teatros, estações de metrô, etc.). Registrem suas observações por escrito e por meio de fotografias e desenhos. Se possível, entrevistem pessoas com deficiência física que estejam empregadas e procurem saber um pouco da história de cada uma e de suas dificuldades (se houver) no cotidiano. Pesquisem ainda a história de Helen Keller e apontem que lições podem ser tiradas dessa história. O trabalho pode ser veiculado também pelas redes sociais.

- 4.** Pesquisem em que consiste o trabalho dos profissionais a seguir, onde eles podem atuar e que formação devem ter: agente comunitário de saúde; oftalmologista; otorrinolaringologista; técnico em Radiologia; fisioterapeuta; bacharel ou licenciado em Educação Física; fonoaudiólogo. Se possível, entrevistem profissionais de algumas dessas áreas.

## Sugestões de aprofundamento

### Para ler:

- **A dinâmica do corpo humano.** Cristina Leonardi. São Paulo: Atual, 2010.
- **Atlas visual compacto do corpo humano.** Rubia Iuri Tomita. São Paulo: Rideel, 2012.
- **Corpo humano, a máquina da vida.** Ana Paula Corradini e Grácia Helena Anacleto. São Paulo: DCL, 2006.

### Para acessar:

- **Anorexia e bulimia nervosa:** <[www.endocrino.org.br/voce-sabe-diferenca-entre-anorexia-e-bulimia-nervosa](http://www.endocrino.org.br/voce-sabe-diferenca-entre-anorexia-e-bulimia-nervosa)>
- **Maconha e dependência química:** <<http://drauziovarella.com.br/dependencia-quimica/maconha>>
- **Tabagismo e dependência:** <[www.tabagismo.hu.usp.br/tratamento-e-dependencia-psicologica.html](http://www.tabagismo.hu.usp.br/tratamento-e-dependencia-psicologica.html)> Acesso em: 28 abr. 2016.

# Respostas das questões de múltipla escolha

## Capítulo 1

- 5. d
- 6. d
- 7. c
- 8. a

## Capítulo 2

- 12. d
- 13. c
- 14. c
- 15. d
- 16. e
- 17. e
- 18. c
- 19. b

## Capítulo 3

- 7. a
- 8. c
- 9. d
- 10. c
- 11.  $01 + 04 + 16 = 21$
- 12. c
- 13. d

## Capítulo 4

- 8. a
- 9.  $02 + 04 + 08 + 16 + 32 = 62$
- 10. c

## Capítulo 5

- 6. a
- 8. b
- 9. c
- 10. d
- 11. c
- 12. c
- 13. c

## Capítulo 6

- 6. e
- 7. d
- 8. c
- 9. e
- 10.  $02 + 04 + 08 + 16 + 32 = 62$
- 11. c
- 12. b
- 13. a

## Capítulo 7

- 8. c
- 9. b
- 10. b
- 11. d
- 12. b

## Capítulo 8

- 7. d
- 8. c
- 9. a
- 10. b
- 11. d
- 12. d
- 13. c

## Capítulo 9

- 9. d
- 10. d
- 11. a
- 12. c
- 13.  $01 + 04 + 08 + 16 + 64 = 93$
- 14. e
- 15. c

## Capítulo 10

- 10. e
- 11. a
- 12. e
- 13. b
- 14. a
- 15. b
- 16. d
- 17. a
- 18. c
- 19. a
- 20. d
- 21. b
- 22. a
- 23. e
- 24. a

## Capítulo 11

- 8. e
- 9. d
- 10. a
- 11. e
- 12. b
- 13.  $01 + 02 + 16 + 32 = 51$

- 14. e
- 15. e
- 16. d

## Capítulo 12

- 13. c
- 14. a
- 15. b
- 16. c
- 17. e
- 18. a
- 19. e

## Capítulo 13

- 8. e
- 9. a
- 10. d

## Capítulo 14

- 8. e
- 9. b
- 10. b
- 11. d
- 12. c
- 13. e
- 14. a
- 15. c

## Capítulo 15

- 14. e
- 15. a
- 16. d
- 17. e
- 18. d
- 19. b
- 20. e

## Capítulo 16

- 9. d
- 10. a
- 11. b
- 12. b
- 13. d
- 14. e

## Capítulo 17

- 10. b
- 11. b
- 12. a

## Capítulo 18

- 7. e
- 8. e
- 9. b
- 10. d
- 11. d
- 12. c
- 13. d

## Capítulo 19

- 7. a
- 8. b
- 9. c
- 10. d
- 11. a
- 12. b
- 13. b
- 14.  $02 + 04 + 08 + 16 = 30$
- 15. a

## Capítulo 20

- 9. d
- 10. d
- 11. a
- 12. e
- 13. a
- 14. a
- 15. e

## Capítulo 21

- 7. b
- 8. c
- 9. b
- 10. a
- 11. e

## Capítulo 22

- 13. c
- 14. b
- 15. c
- 16. d
- 17. b
- 18. e
- 19. d
- 20.  $V - F - V - V - V$
- 21. c

# Sugestões de leitura para o aluno

## A diversidade da vida

Para ler:

- ♦ **À beira d'Água:** macroevolução e a transformação da vida. Carl Zimmer. Rio de Janeiro: Jorge Zahar, 1999.
- ♦ **O livro de ouro da evolução:** o triunfo de uma ideia. Carl Zimmer. Rio de Janeiro: Ediouro, 2003.
- ♦ **O planeta simbiótico:** uma nova perspectiva da evolução. Lynn Margulis. Rio de Janeiro: Rocco, 2001.

Para acessar:

- ♦ **Zoológico de São Paulo:** <[www.zoologico.com.br](http://www.zoologico.com.br)>

## Vírus e seres de organização simples

Para acessar:

- ♦ **Informações sobre a tuberculose:** <[www.saude.pr.gov.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=939](http://www.saude.pr.gov.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=939)>
- ♦ **Portal sobre Aids, doenças sexualmente transmissíveis e hepatites virais:** <[www.aids.gov.br](http://www.aids.gov.br)>
- ♦ **Síte da dengue:** <[www.dengue.org.br](http://www.dengue.org.br)>

## Plantas

Para ler:

- ♦ **Árvores.** David Burnie. São Paulo: Globo, 1991. (Aventura Visual).
- ♦ **A vida privada das plantas.** David Attenborough. Lisboa: Gradiva, 1995.
- ♦ **Vida das plantas.** Rio de Janeiro: Abril Coleções, 1996. (Ciência & Natureza).

Para acessar:

- ♦ **Instituto de Botânica do Estado de São Paulo:** <<http://botanica.sp.gov.br>>
- ♦ **Projeto Flora Brasiliensis:** <<http://florabrasiliensis.cria.org.br>>

## Animais

Para ler:

- ♦ **Atlas dos animais.** David Lambert. São Paulo: Moderna, 1995.
- ♦ **Insetos:** manual de coleta e identificação. Alberto Fábio Carrano-Moreira. Rio de Janeiro: Technical, 2014.
- ♦ **O comportamento das aves.** André C. A. dos Santos e Mario D. Domingos. São Paulo: Ática, 2002. (Investigando).

Para acessar:

- ♦ **Associação Mico-leão-dourado:** <[www.micoleao.org.br](http://www.micoleao.org.br)>
- ♦ **Entomologia:** <[www.floresta.ufpr.br/alias/lpf/public\\_html//ind\\_entomologia.html](http://www.floresta.ufpr.br/alias/lpf/public_html//ind_entomologia.html)>
- ♦ **Projeto Tamar:** <[www.projetotamar.com.br](http://www.projetotamar.com.br)>
- ♦ **Wikiaves:** <[www.wikiaves.com.br](http://www.wikiaves.com.br)>

## Anatomia e fisiologia humanas

Para ler:

- ♦ **Aids:** informação e prevenção. Antônio A. Barone. 12. ed. São Paulo: Ática, 2004. (De Olho na Ciência).
- ♦ **Digestãonojenta.** Nick Arnold. São Paulo: Melhoramentos, 2002.
- ♦ **Drogas:** mitos e verdades. Beatriz Carlini Marlatt. São Paulo: Ática, 2004.
- ♦ **Humanidade sem raças?** Sergio D. J. Pena. São Paulo: Publifolha, 2008.

Para acessar:

- ♦ **Centro Brasileiro de Informações sobre Drogas Psicotrópicas:** <[www.cebrid.epm.br](http://www.cebrid.epm.br)>
- ♦ **Programa Nacional de Controle do Tabagismo:** <[www.inca.gov.br/tabagismo](http://www.inca.gov.br/tabagismo)>

Todos os sites foram acessados em: 14 abr. 2016.

# Bibliografia

- ♦ ALTERTHUM, F.; TRABULSI, L. R. *Microbiologia*. 5. ed. São Paulo: Atheneu, 2008.
- ♦ AMORIM, D. de S. *Fundamentos de sistemática filogenética*. Ribeirão Preto: Holos, 2002.
- ♦ BARNES, R. S. K.; CALOW, P.; OLIVE, P. J. W. *Os invertebrados: uma síntese*. 2. ed. São Paulo: Atheneu, 2007.
- ♦ BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Básica. *Orientações Curriculares para o Ensino Médio: Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias*. Brasília, 2006.
- ♦ \_\_\_\_\_. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. *Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio: Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias*. Brasília, 1999.
- ♦ \_\_\_\_\_. *PCN Ensino Médio: orientações educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais: Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias*. Brasília, 2002.
- ♦ BRUSCA, G. J.; BRUSCA, R. C. *Invertebrados*. 2. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2007.
- ♦ CIMERMAN, B.; CIMERMAN, S. *Parasitologia humana e seus fundamentos gerais*. 2. ed. São Paulo: Atheneu, 2005.
- ♦ CONSTANZO, L. S. *Fisiologia*. 5. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2014.
- ♦ FORTEY, R. *Vida: uma biografia não autorizada*. São Paulo: Record, 2001.
- ♦ FRANCO, G. *Tabela de composição química dos alimentos*. 9. ed. São Paulo: Atheneu, 1999.
- ♦ FRANÇOSO, L. A.; GEJER, D.; REATO, F. N. de. *Sexualidade e saúde reprodutiva na adolescência*. São Paulo: Atheneu, 2001.
- ♦ GUYTON, A. C.; HALL, J. E. *Tratado de fisiologia médica*. 12. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2011.
- ♦ HILDEBRAND, M.; GOSLOW Jr., G. E. *Análise da estrutura dos vertebrados*. 2. ed. São Paulo: Atheneu, 2006.
- ♦ KERBAUY, G. B. *Fisiologia vegetal*. 2. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2012.
- ♦ KRASILCHIK, M. *Prática de ensino de Biologia*. 4. ed. São Paulo: Edusp, 2008.
- ♦ MARGULIS, L.; KARLENE, V. S. *Five Kingdoms: an Illustrated Guide to the Phyla of Life on Earth*. 3. ed. New York: W. H. F. Freeman and Company, 1998.
- ♦ MAUSETH, J. D. *Botany: an Introduction to Plant Biology*. Sudbury: Jones & Bartlett, 2008.
- ♦ MOORE, J. *Uma introdução aos invertebrados*. 2. ed. São Paulo: Santos, 2011.
- ♦ NEVES, D. P.; MELO, A. L. de; LINARDI, P. M.; VITOR, R. W. A. *Parasitologia humana*. 12. ed. São Paulo: Atheneu, 2011.
- ♦ NULTSCH, W. *Botânica geral*. 10. ed. Porto Alegre: Artmed, 2000.
- ♦ PASSOS, M. R. L.; ALMEIDA, G. *Atlas de DST e diagnóstico diferencial*. Rio de Janeiro: Revinter, 2002.
- ♦ PENA, S. D. J. *Humanidade sem raças?* São Paulo: Publifolha, 2008.
- ♦ PFALLER, M. A.; MURRAY, P. R. *Microbiologia médica*. 6. ed. São Paulo: Elsevier, 2010.
- ♦ POUGH, F. H.; JANIS, C. M.; HEISER, J. B. *A vida dos vertebrados*. 4. ed. São Paulo: Atheneu, 2008.
- ♦ RAVEN, P. H.; EVERT, R. F.; EICHHORN, S. E. *Biologia vegetal*. 8. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2014.
- ♦ \_\_\_\_\_.; JOHNSON, G. B.; LOSOS, J. B.; SINGER, S. R. *Biology*. 7. ed. Boston: McGraw-Hill, 2005.
- ♦ REECE, J. B. et al. *Biologia de Campbell*. 10. ed. Porto Alegre: Artmed, 2015.
- ♦ REY, L. *Parasitologia: parasitas e doenças parasitárias do homem nos trópicos ocidentais*. 4. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2008.
- ♦ RUPPERT, E.; FOX, R. S. E.; BARNES, R. D. *Zoologia dos invertebrados*. 7. ed. São Paulo: Roca, 2005.
- ♦ SADAVA, D. et al. *Vida: a ciência da Biologia, volume 1: célula e hereditariedade*. 8. ed. Porto Alegre: Artmed, 2011.
- ♦ \_\_\_\_\_. *Vida: a ciência da Biologia, volume 2: evolução, diversidade e Ecologia*. 8. ed. Porto Alegre: Artmed, 2009.
- ♦ \_\_\_\_\_. *Vida: a ciência da Biologia, volume 3: plantas e animais*. 8. ed. Porto Alegre: Artmed, 2009.
- ♦ SCHMIDT-NIELSEN, K. *Fisiologia animal: adaptação e meio ambiente*. 5. ed. São Paulo: Santos, 2002.
- ♦ SHUBIN, N. *A história de quando éramos peixes: uma revolucionária teoria sobre a origem do corpo humano*. Rio de Janeiro: Elsevier, 2008.
- ♦ SOLOMON, E. P.; BERG, L. R.; MARTIN, C.; MARTIN, D. W. *Biology*. 10. ed. Belmont: Brooks Cole, 2014.
- ♦ TIRAPEGUI, J. *Nutrição: fundamentos e aspectos atuais*. 3. ed. São Paulo: Atheneu, 2013.
- ♦ TORTORA, G. J. *Corpo humano: fundamentos de Anatomia e Fisiologia*. 8. ed. Porto Alegre: Artmed, 2012.
- ♦ \_\_\_\_\_.; FUNKE, B. R.; CASE, C. L. *Microbiologia*. 10. ed. Porto Alegre: Artmed, 2013.
- ♦ ZIMMER, C. *À beira d'água: macroevolução e a transformação da vida*. Rio de Janeiro: Jorge Zahar, 1999.

**Manual  
do Professor**

**Biologia**

**VOLUME 2**

# Sumário

<b>1</b>	O ensino de Biologia nos dias atuais.....	<b>291</b>
<b>2</b>	Ciências da Natureza.....	<b>292</b>
<b>3</b>	Objetivos gerais da Coleção.....	<b>293</b>
<b>4</b>	Uma palavra com o professor: a prática pedagógica.....	<b>295</b>
<b>5</b>	Avaliação.....	<b>298</b>
<b>6</b>	Usando o livro-texto: uma orientação geral.....	<b>300</b>
<b>7</b>	Sugestões de leitura para o professor.....	<b>307</b>
<b>8</b>	Sugestões de <i>sites</i> de museus e outros espaços de Ciências.....	<b>314</b>
<b>9</b>	Sugestões de abordagem e comentários.....	<b>315</b>
<b>10</b>	Respostas das atividades.....	<b>356</b>
	<b>Unidade 1 – A diversidade da vida.....</b>	<b>356</b>
	Capítulo 1 – Classificação dos seres vivos.....	<b>356</b>
	<b>Unidade 2 – Vírus e seres de organização mais simples.....</b>	<b>357</b>
	Capítulo 2 – Vírus e procariontes.....	<b>357</b>
	Capítulo 3 – Protozoários e algas.....	<b>360</b>
	Capítulo 4 – Fungos.....	<b>361</b>
	<b>Unidade 3 – Plantas.....</b>	<b>361</b>
	Capítulo 5 – Briófitas e pteridófitas.....	<b>361</b>
	Capítulo 6 – Gimnospermas e angiospermas.....	<b>362</b>
	Capítulo 7 – Morfologia das angiospermas.....	<b>362</b>
	Capítulo 8 – Fisiologia vegetal.....	<b>364</b>
	<b>Unidade 4 – Animais.....</b>	<b>364</b>
	Capítulo 9 – Poríferos e cnidários.....	<b>364</b>
	Capítulo 10 – Platyelminthes e nematódeos.....	<b>365</b>
	Capítulo 11 – Moluscos e anelídeos.....	<b>366</b>
	Capítulo 12 – Artrópodes.....	<b>367</b>
	Capítulo 13 – Equinodermos e protocordados.....	<b>369</b>
	Capítulo 14 – Peixes.....	<b>370</b>
	Capítulo 15 – Anfíbios e répteis.....	<b>371</b>
	Capítulo 16 – Aves e mamíferos.....	<b>373</b>
	<b>Unidade 5 – Anatomia e fisiologia humanas.....</b>	<b>374</b>
	Capítulo 17 – Nutrição.....	<b>374</b>
	Capítulo 18 – Respiração.....	<b>376</b>
	Capítulo 19 – Circulação.....	<b>378</b>
	Capítulo 20 – Sistema urinário.....	<b>379</b>
	Capítulo 21 – Sistema endócrino.....	<b>380</b>
	Capítulo 22 – Sistema nervoso e sensorial.....	<b>381</b>
<b>11</b>	Significado das siglas de vestibular.....	<b>383</b>



## O ensino de Biologia nos dias atuais

A Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (Lei 9.394/96) diz, em seu artigo 22, que o Ensino Médio “tem por finalidades desenvolver o educando, assegurar-lhe a formação comum indispensável para o exercício da cidadania e fornecer-lhe meios para progredir no trabalho e em estudos posteriores”.

De acordo com os *Parâmetros Curriculares Nacionais* (PCN), o Ensino Médio tem o objetivo de garantir a todos a oportunidade de consolidar e aprofundar os conhecimentos adquiridos no Ensino Fundamental, de aprimorar o educando como pessoa humana, de possibilitar o prosseguimento de estudos e de garantir a preparação básica para o trabalho e a cidadania.

Ainda de acordo com os PCN, deve haver contextualização do ensino. Isso significa abordar um assunto de forma a identificar a situação ou o contexto no qual ele está inserido. Ou seja, deve-se estabelecer uma relação entre o que o aluno aprende na escola e o que acontece na sociedade, referenciando histórica, política, econômica e socialmente os conteúdos. Com isso, é possível ampliar as possibilidades de uma aprendizagem que terá significado e relevância para os alunos, tanto individualmente como dentro dos grupos aos quais eles pertencem. A aprendizagem contextualizada capacita o estudante a fazer relações entre os temas discutidos na escola e sua vida: seu cotidiano, sua saúde, sua relação com a sociedade e com o ambiente, sua interação com as tecnologias, etc.

A contextualização dos conceitos é também um importante recurso para trazer à tona outras áreas do conhecimento relacionadas a um tema ou assunto. É, portanto, um dos possíveis caminhos para se atingir a *interdisciplinaridade*. Atualmente, temos clareza de que trabalhar com os alunos inter-relacionando o conhecimento das várias disciplinas contribui para que o estudante seja capaz de compreendê-los como uma construção humana que não ocorre de forma isolada, mas é influenciada, influencia e está ligada a todo um conjunto de outros conhecimentos. Assim, o cidadão em formação poderá compreender a integração entre as diversas áreas do conhecimento e da cultura, além de desenvolver múltiplas habilidades cognitivas, o que favorece o seu desenvolvimento global.

O trabalho interdisciplinar, assim como a própria contextualização dos assuntos e temas, pode estimular o aluno a desenvolver e consolidar uma série de com-

petências e habilidades, como compreender as Ciências da Natureza e as tecnologias a elas associadas como construções humanas, percebendo seus papéis nos processos de produção e no desenvolvimento econômico e social. Dentro dessas competências, muitas habilidades podem ser desenvolvidas por meio do trabalho interdisciplinar. Entre elas, podemos citar a habilidade de confrontar interpretações científicas com interpretações baseadas no senso comum, ao longo do tempo e em diferentes culturas. Ou seja, a abordagem interdisciplinar incentiva o pensamento crítico, a criatividade, a curiosidade, a capacidade de abstração, de trabalhar em equipe, de aceitar opiniões divergentes, de se comunicar e de pesquisar.

De acordo com os *Parâmetros Curriculares Nacionais – Ensino Médio*, o desenvolvimento de múltiplas competências está em consonância com a capacitação do ser humano para atuar em três domínios: a vida em sociedade, a atividade produtiva e a experiência subjetiva. Assim, devem ser incorporadas, como diretrizes gerais e orientadoras da proposta curricular, as quatro premissas apontadas pela Unesco (Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura) como eixos estruturais da educação contemporânea. As quatro premissas são<sup>1</sup>:

### Aprender a conhecer

*Considera-se a importância de uma educação geral, suficientemente ampla, com possibilidade de aprofundamento em determinada área de conhecimento. Prioriza-se o domínio dos próprios instrumentos do conhecimento, considerado como meio e como fim. Meio, enquanto forma de compreender a complexidade do mundo, condição necessária para viver dignamente, para desenvolver possibilidades pessoais e profissionais, para se comunicar. Fim, porque seu fundamento é o prazer de compreender, de conhecer, de descobrir.*

*O aumento dos saberes que permitem compreender o mundo favorece o desenvolvimento da curiosidade intelectual, estimula o senso crítico e permite compreender o real, mediante a aquisição da autonomia na capacidade de discernir.*

<sup>1</sup> Brasil. Ministério da Educação (MEC), Secretaria de Educação Média e Tecnológica (Semtec). *PCN – Ensino Médio: orientações educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais – Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias*. Brasília: MEC/Semtec, 2002, p. 15-16.

*Aprender a conhecer garante o aprender a aprender e constitui o passaporte para a educação permanente, na medida em que fornece as bases para continuar aprendendo ao longo da vida.*

## **Aprender a fazer**

*O desenvolvimento de habilidades e o estímulo ao surgimento de novas aptidões tornam-se processos essenciais, na medida em que criam as condições necessárias para o enfrentamento das novas situações que se colocam. Privilegiar a aplicação da teoria na prática e enriquecer a vivência da ciência na tecnologia e destas no social passa a ter uma significação especial no desenvolvimento da sociedade contemporânea.*

## **Aprender a viver**

*Trata-se de aprender a viver juntos, desenvolvendo o conhecimento do outro e a percepção das interdependências, de modo a permitir a realização de projetos comuns ou a gestão inteligente dos conflitos inevitáveis.*

## **Aprender a ser**

*A educação deve estar comprometida com o desenvolvimento total da pessoa. Aprender a ser supõe a preparação do indivíduo para elaborar pensamentos autônomos e críticos e para formular os seus próprios juízos de valor, de modo a poder decidir por si mesmo,*

*frente às diferentes circunstâncias da vida. Supõe ainda exercitar a liberdade de pensamento, discernimento, sentimento e imaginação, para desenvolver os seus talentos e permanecer, tanto quanto possível, dono do seu próprio destino.*

*Aprender a viver e aprender a ser decorrem, assim, das duas aprendizagens anteriores – aprender a conhecer e aprender a fazer – e devem constituir ações permanentes que visem à formação do educando como pessoa e como cidadão.*

(Parâmetros Curriculares Nacionais – Ensino Médio, p. 15-16).

As *Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN+)* vêm reafirmar a necessidade de organização do ensino a partir da articulação entre os componentes curriculares e as competências e habilidades, constituindo temas estruturadores que propiciam a compreensão das principais temáticas da Biologia em situações reais, que possam ser vivenciadas, problematizadas e interpretadas, para além dos domínios de uma única disciplina. Os seis temas estruturadores apresentados pelos PCN+ para a aprendizagem de Biologia são: a interação entre os seres vivos; a qualidade de vida das populações humanas; a identidade dos seres vivos; a diversidade da vida; a transmissão da vida, ética e manipulação gênica; e a origem e evolução da vida.

## **Ciências da Natureza**

A estruturação da produção do conhecimento em diferentes áreas remonta aos séculos XVIII e XIX. Nesse momento, a denominada História Natural é a área que engloba diversas disciplinas relacionadas ao estudo das coisas vivas, abrangendo inclusive setores da Geografia, da Geologia e da Física.

No século XX, além do grande aumento na produção de conhecimento, é possível notar a ampliação das especificidades dentro das diferentes áreas do conhecimento que vão cada vez se setorizando mais. Assim, os cursos que ensinavam conteúdos de História Natural passaram a ser divididos nas disciplinas de Botânica, Zoologia e Biologia. O surgimento das Ciências Biológicas como denominação de uma área do conhecimento e dos cursos que vieram a substituir a chamada História Natural ocorreu no bojo dessas mudanças, influenciada também pelo aumento da democratização do ensino a partir da década 1950.

Toda essa especialização e setorização das áreas de construção dos conhecimentos tiveram, por um lado, influência na própria produção destes, podendo ser alguns dos fatores da grande ampliação que têm ocorrido nesse processo nos últimos séculos. Por outro lado, ocorreram também consequências dessa especialização e setorização sobre o ensino de Ciências e Biologia, levando a uma maior valorização dos conceitos, fatos e especificidades de cada área em detrimento de uma visão mais geral, contextualizada e inter-relacionada dos conteúdos.

No Brasil, desde meados da década de 1960 é possível perceber um movimento preocupado com essas questões. Porém, poucas mudanças foram sentidas de fato, ocorrendo a manutenção de um modelo de ensino setorizado e embasado em conceitos. Já na década de 1980, ganham força os movimentos populares em prol da democratização da sociedade, e diversos países

e a Unesco assumem uma nova intenção a respeito da educação em Ciências sob o *slogan* “ciência para todos”, inserido no conceito de educação ao longo da vida. Assim, requer-se uma alfabetização científica, que exceda a compreensão de conceitos científicos, tornando os indivíduos críticos e participativos nas decisões em relação ao mundo natural, incluindo as interações humanas com o ambiente.

Nesse período e na década posterior, ocorre no Brasil a massificação do ensino. Diversos programas de ensino de Ciências e de Biologia são elaborados no país pelos órgãos ligados ao governo. A análise desse material mostrou, contudo, a permanência de um caráter descritivo, descontextualizado e pouco inter-relacionado dos conteúdos. Apenas no final da década de 1990, com a difusão dos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN), é possível notar uma valorização dos aspectos práticos e do cotidiano do aluno. Esses aparecem de forma ainda mais ampliada sob o viés dos *Temas transversais*, que procuram promover ainda outros aspectos relacionados aos valores, atitudes e discussão de questões sociais, no sentido do pleno exercício da cidadania.

Esses documentos incluíram os tópicos de Biologia em um conjunto mais amplo denominado Área das Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias, na qual estão inseridas também as disciplinas de Física, Química e Matemática. Com isso, procura-se estimular um processo de ensino-aprendizagem mais amplo, que para além dos conteúdos específicos de cada disciplina,

possibilite conexões e inter-relações entre eles. A própria história da segmentação e especialização que levou ao surgimento dessas disciplinas nos permite denotar várias relações existentes entre elas, sugerindo daí uma série de elementos possíveis para se trabalhar com os alunos, via a contextualização dos temas.

Para além dessas conexões, a criação da área das Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias procurou também esclarecer as diversas competências, habilidades e procedimentos que são comuns às disciplinas dessa área, como a própria forma de produzir conhecimento científico por meio da criação de hipóteses, experimentação, possibilidade de repetição de experimentos, etc.; ou ainda procedimentos mais objetivos e que são amplamente utilizados nessas disciplinas, como a construção de gráficos. Desta forma, podemos identificar outros vários aspectos para que se efetive um trabalho interdisciplinar.

Por meio da contextualização e do trabalho interdisciplinar, procura-se efetivar um aprendizado que seja importante ao longo da vida do indivíduo, que o possibilite vivenciar o mundo do trabalho e a sociedade de maneira crítica, mas sendo capaz de conviver de maneira respeitosa com diversas pessoas, sem discriminação por conta de diferenças de gênero, idade, orientação sexual, etnia, etc. Essa formação e esse aprendizado também devem colaborar para que o estudante possa participar ativamente de decisões que envolvem a sociedade, exercendo de fato sua cidadania.

### **Objetivos gerais da Coleção**

Procuramos, sempre que possível, relacionar os conceitos e as explicações científicas a fenômenos do cotidiano do estudante e a temas atuais nas áreas de tecnologia, saúde e ambiente. O objetivo dessa abordagem, em um primeiro momento, é promover uma conexão entre os conceitos que os alunos trazem para a escola (conceitos prévios) e os conceitos científicos importantes para a compreensão do mundo.

Essa abordagem também permite a compreensão de como o conhecimento científico e a tecnologia utilizam os recursos naturais. Esse uso traz imensos benefícios à humanidade, mas também causa impactos negativos – poluição, destruição dos ambientes naturais e perda de biodiversidade, entre outros. Por isso, consideramos fundamental estimular o estudante a refletir sobre as consequências da tecnologia para o equilíbrio da natureza.

Ao discutirmos a natureza, seguimos um enfoque evolutivo e ecológico, com ênfase nas características adaptativas dos organismos e nas relações entre eles, enfatizando a interdependência entre os seres vivos, inclusive o ser humano, e o ambiente.

Procuramos ao longo de todo o texto, das aberturas de capítulos e das atividades, estimular o questionamento, o debate e a busca de evidências, despertando assim o espírito crítico do estudante. Ao final de cada Unidade, os alunos são convidados a aprofundar mais seus conhecimentos por meio de dicas de livros, de *sites* e de filmes relacionados ao tema em questão.

Ao longo do texto e em boxes, a Coleção procura estabelecer um diálogo com outras disciplinas (Física, Química, Sociologia, Matemática, História e Filosofia da Ciência, etc.), contextualizando a Biologia e relacionando-a com as demais áreas do conhecimento.

O objetivo é ajudar o estudante a perceber, conhecer e compreender conexões existentes entre as diversas áreas do conhecimento. Com isso, o aluno pode, por exemplo, compreender a partir da contextualização de um determinado conteúdo que temas de outras disciplinas também foram produzidos em um mesmo momento histórico e por isso passaram por determinado processo de construção, de valorização e mesmo de substituição de conceitos e ideias. As conexões com outras disciplinas também podem ser feitas por meio do trabalho com competências, habilidades e procedimentos comuns, levando o aluno a identificá-las e se apropriar delas aplicando-as no aprendizado de diversos conteúdos. Esses elementos que buscam a interdisciplinaridade presentes no livro seguem a proposta de um aprendizado mais amplo e contextualizado que propicia ao aluno uma significação real dos conteúdos para sua atuação cidadã na sociedade e no trabalho.

Assim, com esta Coleção pretendemos proporcionar ao estudante uma aprendizagem que o ajude a:

- compreender os conceitos científicos básicos e relacionar o que aprende na escola com o cotidiano, a própria saúde, o ambiente, a sociedade e suas tecnologias;
- exercer a cidadania, combatendo a violência e a intolerância e buscando a igualdade de direitos entre as pessoas;
- adquirir competências que permitam seu progresso no trabalho e em estudos posteriores;
- compreender que a Biologia, assim como as demais ciências, é um conjunto de conhecimentos que se modifica ao longo do tempo e que não está definitivamente estabelecido;
- desenvolver o pensamento lógico e o espírito crítico, utilizados para identificar e resolver problemas, formulando perguntas e hipóteses, aplicando os conceitos científicos a situações variadas, testando, discutindo e redigindo explicações para os fenômenos, e comunicando suas conclusões aos colegas para que elas sejam debatidas;
- identificar as relações e a interdependência entre todos os seres vivos, inclusive da espécie humana, e os demais elementos do ambiente, avaliando como o equilíbrio dessas relações é importante para a manutenção da vida em nosso planeta;
- aplicar os conhecimentos adquiridos de forma responsável, de modo a contribuir para a melhoria das

condições ambientais, da saúde e das condições gerais de vida de toda a sociedade;

- conhecer melhor o próprio corpo, valorizando hábitos e atitudes que contribuam para a saúde individual e coletiva;
- reconhecer, por meio da elaboração e teste de hipóteses, conexões entre as formas de produção do conhecimento científico em diferentes áreas e a possibilidade de repetição de experimentos;
- identificar habilidades, procedimentos e competências comuns à Biologia e às outras áreas do conhecimento;
- compreender a influência de determinado contexto histórico, político, econômico e social na produção de conteúdos de diferentes disciplinas;
- compreender a importância da divulgação científica para a própria produção do conhecimento nas diversas áreas, como também para a legitimação desses conhecimentos na sociedade.

Para que esses objetivos sejam atingidos, os livros da Coleção utilizam diferentes estratégias, que vão desde a seleção e a organização do conteúdo em textos e boxes até o uso de fotos, a diagramação e a composição de ilustrações, esquemas e modelos que facilitam a leitura e incentivam a participação ativa do aluno em seu próprio aprendizado.

Os boxes de contextualização e as seções de atividades foram especialmente pensados para estimular a participação do aluno como sujeito do próprio aprendizado. Entre as atividades, o **Trabalho em equipe** se destaca pela proposta de pequenos projetos em grupo que são, muitas vezes, interdisciplinares e convidam os alunos a pesquisar sobre temas e conceitos que vão além da Biologia. As propostas de apresentação dos resultados das pesquisas também ultrapassam os limites do formato científico, abrangendo várias outras formas de expressão. Sempre que for possível usar computadores, aparelhos de telefone celular e a internet, os alunos devem ser estimulados a produzir e divulgar o resultado de suas pesquisas fazendo uso dessas tecnologias. Além de já fazer parte da cultura de grande parte dos jovens, a internet pode propiciar a comunicação além da sala de aula e da comunidade escolar e contribuir para uma postura investigativa do aluno.

As **Atividades práticas** aproximam os alunos da realidade da ciência por meio da experimentação. Essas atividades estimulam diversos tipos de habilidades e

devem ser realizadas sempre que o professor julgar interessante e pertinente com a dinâmica de sua aula. Os boxes **Figure de olho!** são usados para chamar a atenção do aluno em diversas situações. Por vezes, esses boxes enfatizam algumas relações estabelecidas pelo texto, mas que não estão evidentes para o aluno; fornecem informações adicionais sobre o tema em questão; ou alertam o aluno, esclarecendo possíveis formas imprecisas de interpretação de alguns conceitos. A inserção dos boxes, de maneira geral, cria um dinamismo que facilita a interação do estudante com os temas abordados pelos capítulos.

## 4 Uma palavra com o professor: a prática pedagógica

Não há uma estratégia única de ensino. Isso também se aplica à Biologia e às demais Ciências da Natureza. As estratégias mais adequadas variam e dependem do contexto em que se dá o processo de ensino-aprendizagem. Ainda assim, é possível adotar algumas ideias gerais que hoje parecem consolidadas.

É preciso, por exemplo, estimular a participação ativa do estudante no processo de aprendizagem, procurando torná-lo agente da sua construção de conhecimentos. Assim, é importante sempre possibilitar a interação e estabelecer diálogos com o estudante, de forma a estimular sua curiosidade e enfatizando a capacidade de resolver problemas utilizando os conhecimentos adquiridos. É fundamental também promover uma conexão entre os conceitos científicos e o ambiente, a sociedade plural, o mundo do trabalho, as tecnologias, o cotidiano do estudante e sua saúde.

Um importante aspecto para a melhoria da prática docente é a capacidade de refletir sobre ela, avaliando as várias formas de estabelecer as relações com os alunos no processo de ensino-aprendizagem. Estudos que vêm sendo feitos há muito tempo na área da Educação têm se debruçado a analisar criticamente a atuação do professor nesse processo, constatando que a transmissão passiva de conhecimentos está muitas vezes relacionada à ideia de que a informação será levada de um ponto a outro. Desta forma, o “receptor” é muitas vezes considerado um sujeito vazio e que vai receber conhecimentos de alguém que é detentor da

Outras estratégias importantes para atingir os objetivos propostos estão presentes na seção *Sugestões de abordagem e comentários* deste Manual. Nela indicamos textos, questões e atividades – do próprio livro-texto ou de outras fontes – para serem trabalhados com os alunos. Destacamos também as possíveis conexões entre os temas tratados nos capítulos e temas de outros capítulos do mesmo Volume e dos outros Volumes da Coleção.

Na mesma seção, apresentamos textos teóricos e *sites* que podem ajudar o próprio professor a aprofundar seus conhecimentos tanto na área pedagógica como em questões conceituais abordadas na Coleção.

informação e que ocupa uma posição muito distante desse sujeito.

Atualmente sabemos que existem outras formas de ensino, em um processo de mediação que supera a simples transmissão de informação, negociando significados a partir daquilo que os alunos já conhecem, estabelecendo relações com a realidade deles e de forma contextualizada. Com isso, é possível fazer com que “a aprendizagem tenha significado, de forma que o aluno seja capaz de relacionar o que é apresentado na escola com a sua vida, a sua realidade e o seu cotidiano”<sup>2</sup>.

Na prática, isso pode ser alcançado quando o professor se aproxima de seus alunos e passa a conhecer suas realidades e necessidades. Então, é possível propor atividades que funcionem como um desafio ao estudante, que o levem a aplicar o conhecimento adquirido a situações novas e que promovam a contextualização dos conteúdos. No que concerne especificamente à área das Ciências da Natureza e suas Tecnologias, é preciso ir além da mera transmissão de fórmulas ou nomes para serem decorados. Como dizia o físico Richard Feynman (*Surely you're joking, Mr. Feynman!*, Londres: Allen and Unwin, 1985), “os estudantes decoram tudo, mas não sabem o significado de nada”. É preciso estabelecer uma conexão entre os abstratos conceitos científicos e as experiências do cotidiano – incluídas aquelas recebidas, por exemplo, por meio das notícias sobre ciência e tecnologia.

<sup>2</sup> Brasil. Ministério da Educação (MEC), Secretaria de Educação Básica (SEB). *Orientações Curriculares para o Ensino Médio: Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias*. Brasília: MEC/SEB, 2006, p. 22.

Da mesma forma, é preciso atentar para as habilidades e procedimentos específicos da área e da disciplina, que também fazem parte do processo de construção do conhecimento de cada indivíduo. As habilidades e procedimentos aprendidos e desenvolvidos no aprendizado da Biologia têm papel fundamental para a compreensão de conceitos e permitem a conexão com outros assuntos e disciplinas, e com a realidade do estudante. Além disso, é preciso que, sabendo que os conhecimentos científicos estão em constante transformação, o aluno aprenda a pesquisar as informações pertinentes, analisando-as criticamente.

Como na maioria das profissões, o trabalho do professor também depende de uma diversidade de saberes advinda de diferentes áreas. Dessa forma, em sua prática, o professor precisará dos saberes da disciplina que ministra, dos saberes pedagógicos, dos saberes de sua formação profissional e dos saberes de sua experiência prévia. Espera-se, portanto, que na formação do professor de Biologia estejam contemplados não apenas os conteúdos conceituais, procedimentais e atitudinais de sua disciplina, mas também o conhecimento das principais estratégias metodológicas que poderão facilitar o processo de ensino-aprendizagem, cabendo ao professor escolher a metodologia mais apropriada para cada etapa ou situação específica desse processo.

O professor deve ainda compreender e trabalhar as interações entre a Biologia e a sociedade, assumindo uma postura ética, com o compromisso de participar da formação do aluno como cidadão. É preciso também que esteja sempre disposto a: acompanhar transformações da sociedade; aprender coisas novas; selecionar e adequar os conteúdos à especificidade do processo de ensino-aprendizagem; conhecer e dominar as novas tecnologias em Educação; e, finalmente, respeitar o saber de seus alunos, preparando-os para a apropriação do conhecimento científico.

## O construtivismo

Um termo ainda muito em voga no ensino é *construtivismo*. Por isso, apresentamos a seguir um resumo de alguns conceitos básicos dessa abordagem pedagógica.

O construtivismo engloba uma série de pontos de vista acerca do conhecimento, da ciência e da aprendizagem, com implicações para a Filosofia, a Sociologia, a Psicologia e para a teoria e a prática pedagógicas.

Sua ideia central é que todo o conhecimento é construído ativamente, com o auxílio de modelos mentais que interpretam e organizam as experiências. A própria ciência seria uma construção ativa da mente humana, condicionada histórica e culturalmente. A partir daí surgem diferentes abordagens construtivistas, que variam de acordo com o enfoque psicológico ou social e também com a área de atuação das pesquisas (Epistemologia, Psicologia, teoria e prática pedagógicas, etc.).

Em relação à teoria e à prática pedagógicas, a abordagem construtivista enfatiza a participação do educando nesse processo e a importância de conceitos prévios na construção de novos conhecimentos. Isso significa que as ideias e as crenças que o educando traz para a escola terão forte influência na interpretação do que é ensinado, isto é, na construção de significados.

A teoria construtivista mais tradicional, originada pelo psicólogo e epistemólogo suíço Jean Piaget (1896-1980), propõe que a aprendizagem é um processo individual, psicológico, construído a partir da interação pessoal com o mundo. A teoria piagetiana pressupõe um sujeito ativo nesse processo de aprendizagem, que se dá em etapas ou estágios do desenvolvimento humano, comuns a todos os indivíduos. Em cada um desses estágios, o sujeito é capaz de construir uma série de significados de acordo com as possibilidades cognitivas (“maturação” biológica).

A teoria construtivista do russo Lev Vygotsky (1896-1934) e seus seguidores, conhecida por socioconstrutivismo, também considera o indivíduo como agente ativo no processo de construção de significados. No entanto, o socioconstrutivismo enfatiza a importância das interações sociais e condições de vida em sua comunidade como os elementos desencadeadores para a construção cognitiva do indivíduo. De acordo com a teoria de Vygotsky, os adultos servem de modelo para as crianças e têm um papel fundamental como mediadores nesse processo de construção. Pensando nisso, todos os funcionários da escola exercem alguma influência na formação dos alunos. As relações entre os funcionários da escola também são modelos para que os alunos construam suas próprias relações. Dessa forma, é imprescindível que o professor reflita sobre o seu papel como educador e sobre suas relações com os demais funcionários do ambiente escolar.

Outro pensador importante para o construtivismo foi o psicólogo estadunidense David Paul Ausubel (1918-2008). Ele defendia a ideia de que a aprendizagem

deve ser significativa – em oposição a uma mera aprendizagem mecânica ou repetitiva, em que o aluno apenas decora conceitos para a prova e logo os esquece. Para que a aprendizagem seja significativa, um novo conteúdo deve ter relação com o conhecimento prévio do aluno, passando assim a ter um significado para ele.

Outro ponto importante da abordagem construtivista é que os significados construídos podem ser diferentes dos pretendidos pelo professor. Isso acontece porque essa construção é um processo ativo por parte do educando, sendo influenciada por seus conhecimentos prévios. Nesse caso, o professor pode direcionar o processo de aprendizagem, selecionando as experiências apropriadas e encorajando o educando a construir seus significados, em vez de simplesmente apresentar ideias prontas. Após ter construído significados, o educando terá condições de avaliá-los, podendo aceitá-los ou rejeitá-los. Ele pode, por exemplo, construir o significado de um conceito ou de uma lei científica, mas deixar de aceitá-los como uma explicação adequada para os fenômenos.

Em resumo, a abordagem construtivista parte do conhecimento prévio dos alunos e procura ampliar esse conhecimento inicial desenvolvendo competências e habilidades por meio da contextualização e da interdisciplinaridade.

Vamos discutir a seguir uma abordagem construtivista que tem particular importância no ensino de conceitos científicos: a teoria da aprendizagem por mudança conceitual.

## A aprendizagem por mudança conceitual

Um dos aspectos mais relevantes no ensino de Ciências da Natureza ocorre com certos conceitos e teorias científicas que são muito diferentes dos conceitos prévios do educando. Para serem incorporados, esses conceitos dependem de extensa reorganização dos conhecimentos prévios. É o que ocorre, por exemplo, com o conceito físico de força como causa de aceleração e não de velocidade, com a diferença entre calor e temperatura, com a ideia de adaptação por seleção natural em comparação com a adaptação lamarckista e com o conceito de mutações aleatórias. Nesses casos, a mudança necessária para que haja aprendizagem é chamada acomodação ou troca con-

ceitual, e os conceitos prévios são chamados de concepções alternativas.

Desenvolvida por vários pesquisadores (Posner, Hewson, Strike, Nussbaum, West, Vosniadou, etc.), a teoria da aprendizagem por mudança conceitual pretende facilitar a acomodação por meio de certos procedimentos, que devem ser adaptados sempre ao contexto específico de cada sala de aula. Veja alguns a seguir:

- Descobrir a concepção prévia do aluno e apresentar problemas (a partir de comentários, experimentos, observações, leituras de texto, perguntas presentes no livro-texto, etc.) significativos (do cotidiano ou do conhecimento científico já assimilado). A problematização deve provocar a curiosidade e alguma insatisfação com a concepção prévia (mostrando que ela não é capaz de resolver o problema ou de explicar adequadamente o fenômeno apresentado pelo professor).
- Apresentar a nova concepção de modo inteligível, por meio de comparações e analogias que facilitem sua aprendizagem.
- Salientar que ícones (por exemplo, as imagens, gráficos e mapas presentes no livro-texto) constituem artefatos cognitivos que propiciam e facilitam a descoberta e a aprendizagem do conhecimento científico, consistindo também em uma “leitura”.
- Mostrar que a nova concepção explica fenômenos não explicados pela concepção prévia, mostra relações entre fenômenos que não pareciam estar relacionados ou, ainda, tem a capacidade de explicar novos fenômenos e fazer novas predições.

Portanto, de acordo com essa teoria, para que ocorra a mudança conceitual, deve-se provocar uma insatisfação do aluno com a concepção prévia, mostrar que a concepção científica é inteligível, plausível (coerente com outros conhecimentos adquiridos e capaz de resolver os problemas apresentados) e fértil (de modo que ele a considere útil para explicar novos fenômenos e resolver novos problemas). Isso significa que devemos fazer com que o *status* da concepção alternativa diminua e o da concepção científica aumente.

É preciso considerar, porém, que a substituição dos conceitos prévios do aluno pelos conceitos científicos não ocorre necessariamente de forma abrupta: ela pode se dar de forma gradual, por um longo intervalo de tempo. Além disso, podem ocorrer algumas idas e vindas nesse processo, o que quer dizer que talvez seja preciso que a substituição seja realizada mais de uma vez. Devemos ter em mente também que os

procedimentos anteriormente apresentados mostram-se adequados apenas quando há necessidade de uma reorganização profunda das ideias prévias dos estudantes.

É preciso estar muito atento ainda para que, durante o processo de mudança conceitual, os alunos tenham clareza de que as próprias ideias e conceitos científicos não estão totalmente acabados ou livres de críticas e substituições. O conhecimento científico é uma construção humana que ocorre dentro de um contexto histórico, político, econômico e cultural. Desta forma, é possível realizar um trabalho mais amplo que vá além das mudanças ou substituições conceituais, discutindo também características e visões que são atribuídas à ciência, como a neutralidade, imparcialidade, a ideia da ciência como verdade absoluta e inquestionável.

Assim como outras abordagens construtivistas, a teoria da aprendizagem por mudança conceitual também sofreu críticas e foi repensada com mudanças ou complementações. Apresentamos a seguir alguns dos pontos importantes que podem embasar uma adaptação individual do processo pelo professor, de acordo com sua linha metodológica, as características do grupo de alunos ou ainda do próprio conceito a ser trabalhado.

Uma das críticas à teoria da aprendizagem por mudança conceitual diz respeito à sequência apresentada. Para alguns, é melhor apresentar primeiro a teoria científica, independentemente das concepções prévias do

estudante, e somente depois compará-la com a concepção inicial do aluno.

Já uma proposta que pode vir a complementar a teoria é embasada na constatação de que a aprendizagem não é influenciada apenas por fatores cognitivos, mas também por componentes afetivos e socio-culturais que precisam ser considerados. Por isso, é necessário estimular atividades em equipe e debates entre os estudantes e entre eles e os professores. Essas atividades podem trazer à tona outras questões que permeiam o processo, por exemplo, as visões de ciência que fazem parte das concepções dos estudantes.

Por fim, alguns educadores consideram que os conceitos prévios dos alunos não devem necessariamente ser abandonados ou substituídos pelos conceitos científicos. Ambos podem conviver, de modo que cada um seja utilizado em um contexto específico. Explicações científicas e cotidianas poderiam, assim, coexistir no aluno, sendo utilizadas, porém, em contextos diferentes. Nesse caso, o professor deve ajudar o aluno a compreender o conhecimento científico e a identificar qual a concepção apropriada em cada contexto.

Independentemente dessas divergências, é muito importante que os alunos sejam sempre estimulados a expressar suas concepções em um clima de respeito por suas ideias – mesmo quando elas não coincidam com as de seus colegas ou com as concepções científicas.

## Avaliação

De acordo com uma visão tradicional, a avaliação está focada no controle externo do aluno mediante notas ou conceitos. Nessa perspectiva, ela tem como pressuposto a punição ou a premiação e serve para selecionar, definir o destino, classificar, julgar os sucessos ou fracassos do aluno ao final da exposição de um determinado conjunto de conteúdos. Ela é, portanto, denominada avaliação somativa ou classificatória.

Muitas vezes o professor destaca entre os seus objetivos de ensino o desenvolvimento da capacidade de pensar lógica, criativa e criticamente. No entanto, encontra-se preso a formas de avaliar, geralmente por meio de provas escritas, com questões que visam apenas verificar se o aluno é capaz de memorizar informações e fórmulas. De acordo com Miriam Krasilchik<sup>3</sup>:

*O aluno, a partir desse dado, acertadamente conclui que o professor pretende mesmo é informar e não desenvolver raciocínio ou capacidade de análise crítica. Passa então a comportar-se em função do que o professor faz e não do que ele diz. O professor, por sua vez, age desavisada ou conscientemente da mensagem que transmite com o seu processo de avaliação, por não ter experiência na preparação de provas e instrumentos que possam analisar outros aspectos do desenvolvimento cognitivo e afetivo além da memorização de informações.*

As propostas curriculares mais contemporâneas, assim como a Lei de Diretrizes e Bases, atribuem grande importância à avaliação. No entanto, esta passa a ser entendida como parte integrante e intrínseca ao processo educacional, devendo ser contínua, formativa e personalizada, e não simplesmente somativa ou classificatória.

<sup>3</sup> KRASILCHIK, M. *Prática de ensino de Biologia*. 4. ed. São Paulo: Edusp, 2008, p. 138.

Por ser *contínua*, a avaliação preconiza o acompanhamento do desempenho do aluno durante todo o ano escolar, e não de forma pontual na rotina artificial das situações de prova ou trabalho. O professor deve, sempre que possível, avaliar os alunos em situações cotidianas de aprendizagem, considerando tudo o que é realizado em sala de aula, ou mesmo em atividades extraclasse.

A avaliação *formativa* não visa classificar, selecionar, castigar ou premiar. Seus alicerces são os aspectos cognitivos, afetivos e relacionais do processo de aprendizagem. Ela pressupõe, portanto, uma avaliação *personalizada*, que reconhece as peculiaridades de cada aluno para aprender, e demanda que o professor ofereça uma diversidade de instrumentos e situações de avaliação. Essa diversidade permite avaliar as diferentes capacidades e conteúdos. A observação do aluno em atividades como as discussões em sala de aula, por exemplo, ou em trabalhos em grupo é muito eficiente para avaliar a dimensão atitudinal dos conteúdos. E isso dificilmente pode ser avaliado por meio de provas ou trabalhos escritos.

Diversos instrumentos de avaliação podem permitir que se contrastem os diferentes resultados obtidos nos mais variados contextos. Assim, com formas diversas de avaliação, é possível observar de forma mais justa e eficiente alunos que conseguem melhor desempenho em atividades como debates, apresentações orais e desenhos, mas têm dificuldade nas provas escritas. Por fim, destacamos que ao diversificar os instrumentos de avaliação, além de uma avaliação individualizada, o professor poderá construir junto ao aluno procedimentos que o permitam acompanhar seu próprio crescimento.

De acordo com os *Parâmetros Curriculares Nacionais*, nesse processo, é fundamental a utilização de diferentes códigos – como o verbal, o oral, o escrito, o gráfico, o numérico, o pictórico –, de forma a se considerar as diferentes aptidões dos alunos. O aluno, muitas vezes, pode não dominar a escrita suficientemente para expor um raciocínio mais complexo sobre como compreende um fato histórico, mas pode fazê-lo perfeitamente bem em uma situação de intercâmbio oral, como em diálogos, entrevistas ou debates.

Uma avaliação contínua, formativa e personalizada deve ter como finalidade:

- conhecer melhor o aluno – o que corresponde a uma avaliação inicial ou diagnóstica que visa resgatar o

conhecimento prévio do aluno, investigar quais são os seus ritmos e estilos de aprendizagem, por exemplo, saber se ele aprende mais por um canal visual, auditivo ou cinestésico (corporal);

- aferir o que está sendo aprendido – o professor continuamente registra informações, empregando diversos procedimentos metodológicos, julgando o grau de aprendizagem ora em relação a todo o grupo de estudantes, ora em relação a um aluno em particular;
- adequar o processo de ensino – o que deve ser feito tanto ao grupo de alunos quanto aos alunos que apresentam dificuldades, tendo em vista os objetivos propostos;
- julgar globalmente um processo de ensino-aprendizagem – ao finalizar uma Unidade, o professor deve analisar e refletir sobre o sucesso alcançado em função dos objetivos previstos e revê-los de acordo com os resultados apresentados.

Assim, pode-se dizer que as avaliações devem objetivar tanto a melhoria do aluno quanto do currículo, do professor e da escola. Destacamos a seguir alguns pontos relevantes acerca da avaliação para ajudar o professor na elaboração e planejamento de instrumentos e estratégias.

Devemos sempre lembrar que o ensino envolve valores e atitudes em relação aos problemas atuais. É importante ajudar o estudante a desenvolver uma atitude responsável e ética, de modo que ele possa contribuir para a melhoria das condições gerais da vida (condições sociais, ambientais e de saúde), de toda a sociedade e da defesa dos direitos humanos. Faz parte da formação do aluno, por exemplo, a convivência com as diferenças e o combate às mais variadas formas de discriminação.

Por isso, é importante avaliar não apenas a aprendizagem de conceitos, mas também a de *procedimentos e atitudes*, utilizando, além de tarefas escritas, exposições orais e observando o comportamento do aluno durante as atividades.

É importante ressaltar que, para uma avaliação contínua, formativa e personalizada, é necessário estipular critérios claros e bem definidos na preparação das atividades para que essa não se torne subjetiva demais, tanto para o professor quanto para os alunos. Além disso, é preciso um registro sistemático do desenvolvimento de cada aluno, para que seja possível avaliar o processo de aprendizagem, e não apenas o resultado final.

Nas atividades em grupo, por exemplo, o professor pode avaliar se o grupo utilizou os recursos disponíveis para a pesquisa, se cada aluno coopera com seus colegas, se todos do grupo estão aptos a responder às questões sobre o tema e se os expositores são capazes de apresentar suas ideias e defender seus pontos de vista com argumentos bem embasados, ao mesmo tempo em que ouvem e respeitam as ideias alheias.

No laboratório, é possível avaliar, por exemplo, como o estudante manipula o equipamento, se está zelando pelo patrimônio público; se está atento às regras de segurança e se, após a atividade, preocupa-se em limpar o local de trabalho e colocar em ordem os equipamentos utilizados, entre outros procedimentos e atitudes.

Ademais, ainda que o professor seja responsável pela avaliação, esta não deve ser considerada função exclusiva dele. Em determinados momentos, é preciso delegá-la aos alunos, sendo esta uma condição didática necessária para que construam instrumentos

de autorregulação para as diferentes aprendizagens. A *autoavaliação* constitui uma situação de aprendizagem em que o aluno desenvolve estratégias para analisar e interpretar suas produções e os diferentes procedimentos para se avaliar. Esse aprendizado não é importante apenas em si, uma vez que é central para a construção da autonomia dos alunos, mas também cumpre o papel de contribuir com a objetividade desejada na avaliação, pois esta só poderá ser construída com a coordenação dos diferentes pontos de vista, tanto do aluno quanto do professor.

Por fim, vale lembrar que a avaliação também deve permitir que o professor avalie seus objetivos, as atividades propostas, a sua mediação e os próprios instrumentos avaliativos utilizados. Desta forma, a avaliação adquire também um caráter de reflexão sobre a atividade docente e, quando realizada continuamente, permite a adaptação de vários fatores do processo de ensino-aprendizagem, tornando-o mais eficiente.

## Usando o livro-texto: uma orientação geral

A Coleção está dividida em três Volumes, cada um deles constituído por cinco Unidades. No início de cada Volume, após a página de apresentação, há a seção *Conheça seu livro*, que faz uma breve explicação dos recursos utilizados para organizar os capítulos.

Em seguida, o *Sumário* apresenta as Unidades, os capítulos e os tópicos principais de cada capítulo, evidenciando ainda a localização das atividades. No final de cada Unidade, o aluno encontra recomendações de *sites*, livros e filmes para se aprofundar nos assuntos tratados.

No final do livro estão as *Respostas das questões de múltipla escolha* e mais algumas *Sugestões de leitura para o aluno*. Cada volume é finalizado com a *Bibliografia* utilizada. O conteúdo de cada Unidade está descrito a seguir:

### Volume 1

- Na primeira Unidade (“Uma visão geral da Biologia”), apresentamos alguns dos principais fenômenos ligados à vida e os aspectos da atividade de pesquisa científica. Procuramos também estimular o interesse do estudante pela Biologia, mostrando como essa área do conhecimento é importante para a tomada de decisões que afetam sua saúde, seu futuro e sua participação na sociedade.

- A segunda Unidade (“A química da vida”) apresenta as principais substâncias que formam todos os organismos e alguns conhecimentos básicos da Química que serão essenciais para a Biologia. Ao compreender características dos compostos presentes nos seres vivos, os alunos percebem a inter-relação entre as características dos seres vivos e a estrutura química da matéria viva.
- A terceira Unidade (“Célula: unidade da vida”) traz uma visão atual dos conhecimentos a respeito das células e de alguns fenômenos que ocorrem dentro delas, como a respiração celular. Como alguns desses fenômenos podem ser um tanto abstratos para os alunos, procura-se, sempre que possível, relacionar os conhecimentos de Citologia com o cotidiano das pessoas e com temas atuais nas áreas de tecnologia e saúde.
- A quarta Unidade (“Reprodução, desenvolvimento e tecidos”) reúne os capítulos que tratam do elo entre o nível celular e o nível do organismo. São discutidos com detalhes a reprodução e o desenvolvimento humano, apresentando comparativamente também alguns aspectos do desenvolvimento dos animais. Nessa Unidade são apresentados assuntos altamente relevantes para os alunos, como as doenças sexualmente transmissíveis

e os métodos contraceptivos, com destaque para algumas questões éticas e sociais. No estudo dessa Unidade, o aluno também vai conhecer os tecidos do próprio corpo, compreendendo melhor o funcionamento de seu organismo e desenvolvendo uma consciência especialmente importante em relação à própria saúde.

- Na quinta Unidade (“Origem e história da vida”), apresentamos as principais teorias acerca da origem da vida em nosso planeta, levando o aluno a refletir sobre uma escala de tempo diferente daquela com a qual ele está acostumado, o tempo geológico. A apresentação das diferentes teorias e experimentos coloca o aluno em contato com aspectos fundamentais da ciência e estimula a percepção de um conhecimento sempre em construção. Esta última Unidade também apresenta conceitos de classificação e de evolução, preparando o aluno para o estudo dos grandes grupos de seres vivos, que serão estudados no Volume 2.

## Volume 2

- Na primeira Unidade (“A diversidade da vida”), apresentamos os objetivos e os critérios da classificação dos seres vivos, discutindo alguns sistemas mais recentes de classificação, como a divisão em domínios (Archaea, Bacteria, Eukarya), e enfatizando a relação entre Sistemática e Evolução.
- Na segunda Unidade (“Vírus e seres de organização mais simples”), estudamos os vírus e os organismos de estrutura mais simples. No caso dos vírus, discutimos que ainda não há consenso sobre eles serem ou não seres vivos. Entre os seres de organização mais simples estão as bactérias, os protozoários, as algas e os fungos. A abordagem desses grupos enfatiza relações ecológicas, como o parasitismo, além de questões ambientais e de saúde.
- A terceira Unidade (“Plantas”), apresenta a classificação das plantas, enfatizando aspectos adaptativos. Quando seus ciclos reprodutivos são apresentados, por exemplo, há o enfoque nas novidades evolutivas que levaram as plantas a dominar o ambiente terrestre. O estudo das plantas também inclui a anatomia e a fisiologia das plantas com flores (angiospermas). A Unidade estimula sempre que possível a consciência sobre a necessidade de preservar a biodiversidade e os aspectos culturais envolvidos nas relações dos seres humanos com as plantas.
- Na quarta Unidade (“Animais”), são estudadas as características anatômicas e fisiológicas dos principais filos animais, procurando estabelecer relações entre forma e função, além de relações de parentesco entre os grupos. Outros aspectos assi-

nalados nessa Unidade são as relações ecológicas entre os organismos e o ambiente e a importância da manutenção da biodiversidade.

- A quinta Unidade (“Anatomia e fisiologia humanas”) analisa as funções vitais do organismo humano. É apresentado um estudo da fisiologia humana e de sua relação com a nossa saúde. Nessa Unidade também são discutidas algumas tecnologias que nos permitem detectar e resolver problemas que afetam o organismo humano.

## Volume 3

- Na primeira Unidade (“Genética: o trabalho de Mendel”), apresentamos as leis de Mendel e sua importância para a genética. É apresentada a metodologia de estudo usada pelo monge Gregor Mendel e destaca-se como foi importante para a genética o conhecimento de Mendel sobre estatística para que ele conseguisse organizar os resultados que obteve nos cruzamentos de plantas de ervilhas.
- Na segunda Unidade (“A genética depois de Mendel”), apresentamos o desenvolvimento da Genética após os trabalhos de Mendel, procurando dar uma visão atualizada das mudanças que vêm ocorrendo nesse campo, especialmente em relação às tecnologias desenvolvidas na engenharia genética, e suas implicações éticas e sociais.
- Na terceira Unidade (“Evolução”), estudamos a construção de teorias evolucionistas em contrapartida a teorias fixistas, analisando algumas das evidências mais importantes que levam a teoria evolucionista a ser aceita para explicar fenômenos como a biodiversidade.
- Na quarta Unidade (“Ecologia”), estudamos conceitos importantes da Ecologia, que são fundamentais para que se entenda como os organismos e o meio ambiente estão intimamente relacionados e são interdependentes.
- Na quinta e última Unidade (“Biosfera e poluição”), enfatizamos a necessidade de preservar os ecossistemas naturais e a biodiversidade da Terra. Discutimos ainda como a ação humana tem ameaçado o equilíbrio dos ecossistemas ao longo da História, e apresentamos algumas medidas que podem ser usadas de forma coletiva ou individual para mitigar esses impactos.

No início de cada capítulo, há um conjunto de texto e imagem que faz uma conexão entre um tópico do capítulo e a saúde, o cotidiano, o ambiente, a tecnologia, a sociedade ou alguma informação que desperte o interesse do aluno porque faz parte de sua

cultura. Há também duas ou mais perguntas que levantam o conhecimento do aluno sobre as ideias que serão trabalhadas em seguida. O professor pode pedir ao aluno que leia o texto, observe a imagem e tente responder a essas questões no início do estudo, procurando despertar assim o interesse pelo conteúdo do capítulo, ao mesmo tempo que verifica o conhecimento prévio dos estudantes – mas sem cobrar ainda as respostas corretas. As respostas dadas nesse momento podem ser revisitadas após o estudo do capítulo.

Além de usar o texto e a imagem de abertura, o professor pode começar a aula apresentando uma situação-problema, isto é, uma ou mais questões que despertem a curiosidade do aluno e que o motivem a elaborar hipóteses. Essa situação-problema pode ser formulada pelo professor ou pode partir de questões extraídas do final do capítulo, de um experimento, da seção *Sugestões de abordagem e comentários* deste Manual, de uma notícia de jornal ou revista – o que o professor considerar pertinente ao tema que será exposto. É importante lembrar aqui que os PCN – *Ensino Médio* enfatizam que o trabalho do professor é o de mediador, assim, o professor deve apresentar problemas que desafiem os alunos a buscar por soluções<sup>4</sup>.

Essa parte inicial permite que o professor entre em contato com a concepção prévia dos estudantes. A partir daí ele poderá trabalhar com os conceitos básicos de Biologia demonstrando como esses conceitos são importantes para a compreensão dos fenômenos – inclusive aqueles ligados ao cotidiano e os veiculados nos meios de comunicação.

Ao longo do capítulo, procuramos relacionar os conceitos científicos a fenômenos do cotidiano, à vida em sociedade, à História e a temas atuais nas áreas de tecnologia, saúde e ambiente. Esses temas aparecem ao longo do texto e também são evidenciados em boxes (*Biologia e cotidiano, Biologia e saúde, Biologia e ambiente, Biologia e sociedade*, etc.). Com isso, pretendemos fazer com que os conceitos, procedimentos e habilidades estudados adquiram significado para o aluno, facilitando, assim, sua aprendizagem.

O box *História da ciência* ajuda na percepção de que a Biologia, assim como as demais ciências, é um processo de construção de conhecimento contínuo e

que depende de um contexto histórico. Nesses boxes são apresentados alguns processos de investigação e descobertas da Biologia, contribuindo para a compreensão do cotidiano do cientista e do contexto social envolvido na investigação científica.

No fim dos capítulos há algumas seções de atividades que permitem complementar a avaliação sobre o processo de aprendizagem. Mas as questões propostas nessas seções também podem ser utilizadas ao longo da aula, seja para despertar o interesse dos estudantes para o que será estudado, seja para avaliar os conhecimentos prévios.

Os tipos de atividades apresentados ao final de cada capítulo são os seguintes:

- As primeiras atividades envolvem ideias e conceitos básicos do capítulo. Se forem feitas depois da apresentação do conteúdo, possibilitam complementar a avaliação da aprendizagem dos alunos. Além disso, algumas dessas questões permitem que o estudante aplique o conhecimento adquirido em novas situações, diferentes das apresentadas no texto. As respostas dessas atividades aparecem apenas no Manual do Professor.

Em seguida, são propostas questões dissertativas e de múltipla escolha dos principais vestibulares do país e do Exame Nacional do Ensino Médio (Enem). Na maior parte dos casos, foram selecionadas questões que vão além da memorização e exigem elaboração de hipóteses, análise de gráficos, experimentos ou tabelas. Assim, o aluno deverá aplicar sempre diferentes habilidades ou procedimentos. As respostas das questões de múltipla escolha são dadas para o professor ao lado de cada questão e para os alunos no fim do livro, contribuindo para o processo de autoavaliação dos estudantes.

- **Trabalho em equipe:** em vários capítulos são sugeridas algumas pesquisas em grupo. São fornecidos temas para os alunos pesquisarem e apresentarem suas conclusões em aula, para outras turmas, para funcionários da escola, ou mesmo para a comunidade. As pesquisas e trabalhos em grupo promovem a interação entre os indivíduos, além de reforçar a interação dos alunos com conhecimentos e habilidades diferentes, estimulando a socialização, a participação, o respeito mútuo e a cooperação.

Esse tipo de atividade é essencial para a construção de atitudes, valores e competências essenciais para a participação no mundo do trabalho e na sociedade em geral. Nas atividades em grupo o aluno pode

<sup>4</sup> BRASIL. Ministério da Educação (MEC), Secretaria de Educação Média e Tecnológica (Semtec). PCN – *Ensino Médio*: orientações educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais – Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias. Brasília: MEC/Semtec, 2002.

vivenciar situações em que terá que aplicar diversos recursos cognitivos que serão posteriormente requisitados para exercer suas funções profissionais, mas que também serão fundamentais para poder atuar ativamente na sociedade.

O professor deve sempre orientar os alunos a buscar respostas em fontes de informação variadas. Ao entrar em contato com diferentes fontes de informação, o aluno deve ser capaz de perceber que a construção do conhecimento é um processo complexo e dinâmico. Como ressaltamos na seção sobre a avaliação, os trabalhos em equipe podem também ser excelentes momentos para avaliar atitudes e valores, realizar autoavaliação e avaliação de seus pares e avaliar procedimentos como a pesquisa escolar, diferentes formas de expressão – oral, pictórica, musical –, a adequação dos produtos à proposta inicial, etc.

Os PCN – Ensino Médio<sup>5</sup> destacam características e conteúdos do trabalho em equipe que vão ao encontro das propostas aqui apresentadas:

*Trabalhar em grupo produz flexibilidade no pensamento do aluno, auxiliando-o no desenvolvimento da autoconfiança necessária para se engajar numa dada atividade, na aceitação do outro, na divisão de trabalho e responsabilidades e na comunicação com os colegas. Fazer parte de uma equipe exercita a autodisciplina e o desenvolvimento de autonomia e automonitoramento.*

Algumas atividades da seção **Trabalho em equipe** sugeridas têm caráter interdisciplinar: nesse caso, recomendá-se a integração de professores de várias disciplinas para a realização do projeto proposto. A interdisciplinaridade permite ao aluno perceber que a interação de diversas áreas do conhecimento é essencial para o complexo processo de construção do saber. Para que essa mobilização de outros professores e profissionais seja possível, é importante realizar um planejamento em que o grupo de professores possa elaborar os objetivos gerais do trabalho de forma mais ampla e sem “engessar” a proposta, permitindo assim que cada professor estabeleça objetivos específicos que certamente vão enriquecer o processo. O planejamento também é essencial para determinar um cronograma para execução das etapas e do acompanhamento de cada professor envolvido.

<sup>5</sup> BRASIL. Ministério da Educação (MEC), Secretaria de Educação Média e Tecnológica (Semtec). PCN – Ensino Médio: orientações educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais – Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias. Brasília: MEC/Semtec, 2002, p. 56.

Há também, entre as propostas do **Trabalho em equipe**, sugestões para que os alunos realizem pesquisas em uma universidade, um museu ou outras instituições educativas que permitam visitas e que sejam localizadas na região. Com isso, é possível trabalhar com outros aspectos além do trabalho em equipe, por exemplo, aproximar os alunos das universidades, permitindo conhecer laboratórios e atividades de pesquisa desenvolvidas por elas, desenvolver o hábito de visita a diferentes instituições como centros culturais e de Ciências, museus, zoológicos, jardins botânicos, etc. Caso a visita a esses espaços não seja possível, os grupos poderão pesquisar em *sites* que possibilitem visitas virtuais. Muitos laboratórios de pesquisa de universidades e museus possuem *sites* com conteúdos acerca de suas atividades, pesquisas, acervo ou mesmo uma visita virtual. Alguns museus oferecem também material educativo sobre vários temas presentes nas exposições para *download*.

Em algumas das propostas de **Trabalho em equipe**, os alunos serão orientados a apresentar o resultado à comunidade (alunos, professores e funcionários da escola e pais ou responsáveis), por meio de diferentes formas, tais como palestras com convidados, debates, fóruns, exposições, etc. No caso das palestras, é interessante sempre orientar os alunos a elaborar um roteiro de perguntas para o convidado. Entre essas perguntas, sugere-se que os estudantes explorem o cotidiano do profissional em questão. Isso pode contribuir para a escolha profissional, que terão de fazer em breve nessa etapa da vida.

Essas propostas de trabalho em grupo são oportunidades para aproximar a comunidade e a escola, fortalecendo os vínculos entre os pais ou responsáveis e professores, além disso, pode permitir que os alunos, ao apresentarem sua produção, legitimem ou ampliem a importância do processo individual e coletivo de aquisição de conhecimentos. Uma das formas sugeridas para expandir o alcance da produção dos alunos é a divulgação dos resultados na internet, por meio de redes sociais. Essa forma de expressão já faz parte da cultura juvenil e pode aumentar o interesse dos alunos pela atividade.

- **Atividade prática:** em alguns capítulos são sugeridas práticas em laboratório ou situações que simulam observações ou experimentos científicos. Essas atividades práticas não precisam, necessariamente, ser realizadas ao final do estudo do capítulo. Iniciar

o estudo de um tema com uma atividade prática pode ajudar os alunos a estabelecer vínculos e investigar sua curiosidade sobre o assunto, levando a uma aprendizagem significativa.

Como essas atividades precisam obedecer a normas de segurança, os alunos devem ser orientados para que não as realizem sem a supervisão do professor. Ele deve acompanhar com atenção o trabalho dos alunos e verificar previamente os equipamentos de segurança da escola. As experiências com produtos químicos devem ser feitas em local apropriado e com proteção adequada; todos os frascos com reagentes devem ter etiqueta de identificação e a aparelhagem deve ser lavada antes e após seu uso e guardada em local apropriado. Por fim, é importante ter medicamentos e materiais de primeiros socorros na escola.

As seções de atividades apresentadas possibilitam muitas formas de avaliação (oral ou escrita, individual ou em grupo), que envolvem diversos tipos de competência. Vale enfatizar que o professor deve verificar não apenas o aprendizado do estudante sobre teorias, fatos e conceitos, mas também se ele é capaz de formular e criticar hipóteses e de aplicar o que aprendeu à resolução de problemas variados, transferindo o conhecimento para novas situações. E como foi dito no item *Avaliação*, na página 298, a avaliação formativa diz respeito também à aprendizagem de procedimentos e atitudes.

Visando a uma avaliação mais ampla, o professor poderá utilizar as atividades propostas após cada capítulo para avaliar seus alunos regularmente, ao longo dos tópicos desenvolvidos, e assim descobrir as coordenadas que deverão orientar os próximos passos no processo de ensino-aprendizagem.

Cabe lembrar que as atividades sugeridas no livro não esgotam as opções do professor, que poderá criar suas próprias atividades em função das condições específicas de cada turma.

Em resumo, o que a Coleção pretende é tornar a aprendizagem mais significativa para o aluno, apresentando textos, questões e atividades que despertem sua curiosidade e o estimulem a formular hipóteses para resolver problemas; que o levem a aplicar o que aprendeu a situações novas e a relacionar explicações científicas a fenômenos do cotidiano, à saúde, à tecnologia, ao ambiente, à questões sociais e éticas, questões, enfim, que afetam o bem-estar da sociedade; que o esti-

mulem a pesquisar, individualmente e em grupo, informações pertinentes a determinado tema; e que o ajudem a desenvolver uma atitude responsável em relação ao ambiente e à sociedade.

## Recursos adicionais

Embora o livro-texto seja um instrumento importante para facilitar a aprendizagem, ele não deve ser o único recurso disponível para o professor. Há diferentes meios de aprendizagem no processo que visa à construção do conhecimento, o que acontece por meio da interação entre estudantes e professores. Dependendo dos recursos de cada escola, o professor pode se valer de atividades que envolvam a participação ativa do estudante e lancem novos desafios, levando o aluno a refletir sobre suas concepções e, com isso, desencadear perguntas relacionadas ao assunto abordado.

Trabalhar com diversas fontes de informação e diferentes formas de apresentá-las é também um recurso muito importante para que os alunos conheçam, ampliem ou fortaleçam habilidades e procedimentos de busca, pesquisa e leitura. Na área de Ciências da Natureza, há suportes específicos, como os periódicos ou artigos de divulgação científica, que podem ser mais voltados para a troca de conhecimentos entre os próprios pesquisadores, ou podem ser mais amplos e voltados para a sociedade em geral. Apresentaremos na seção *Sugestões de leitura* deste Manual alguns exemplos desse tipo de material.

Em todos os casos, é possível planejar atividades em que o uso desses recursos seja realizado, trabalhando para além dos assuntos tratados nos artigos, as características peculiares desse tipo de suporte. Com isso, o aluno pode ampliar seu repertório de acesso à informação sem perder de vista o contexto e a leitura crítica.

Sugerimos abaixo outras possibilidades:

- *Leitura* de artigos na internet, de notícias de jornal ou revistas, ou de textos paradidáticos. Como complemento das atividades realizadas em aula ou daquelas propostas pelo livro, o professor pode pedir aos alunos que, em grupo, discutam entre si o tema abordado, exponham o que compreenderam e apresentem questões e dúvidas que tenham permanecido. Nas atividades de leitura, o uso do dicionário deve ser incentivado pelo professor, que pode circular entre os

grupos e ajudar os estudantes nesse trabalho. Da mesma forma, é importante que o aluno conheça a estrutura e as características da construção de um jornal ou revista. Para isso, é possível propor atividades interdisciplinares com as áreas de linguagem.

- *Filmes, vídeos ou séries* também podem complementar o trabalho do professor. Um exemplo são as programações educativas, como a da TV Escola, canal de televisão do Ministério da Educação. Para saber mais sobre a TV Escola, acesse o *site* <<http://tvescola.mec.gov.br>> (acesso em: 18 fev. 2016). O trabalho com filmes e programas é também uma excelente oportunidade de estabelecer relações entre diferentes disciplinas. Uma estratégia interessante é propor atividades de debate coletivo com as turmas e professores após assistir a um filme. Ou ainda, utilizar um determinado programa educativo para a realização de diferentes atividades em duas ou mais disciplinas.
- *Pesquisas na internet* são uma valiosa ferramenta tanto para o professor como para os estudantes. No entanto, é importante verificar com antecedência se os computadores da escola estão em boas condições, se os alunos dominam os procedimentos básicos para sua utilização e se conhecem os cuidados que devem ter com o equipamento. Também é fundamental verificar se há programas de proteção (antivírus) e de controle de acesso a *sites* inadequados. O professor também deve ficar atento para a dispersão dos estudantes por causa do grande volume de *sites* e informações disponíveis e deve orientar os procedimentos de busca, ajudando os estudantes a identificar *sites* confiáveis. Por fim, é preciso definir como o resultado da pesquisa deve ser apresentado, por exemplo, na forma de um relatório, redigido pelos próprios estudantes. Seja qual for a forma de apresentação, é importante trabalhar com a inserção dos *sites* como fontes de pesquisa ou bibliografia, trazendo a identificação dos *sites* usados e das instituições responsáveis por eles.
- *Visitas presenciais ou virtuais a espaços culturais*. As visitas a museus, centros culturais e de Ciências, jardins botânicos, etc. são valiosas experiências para o aluno. Nesses locais os alunos podem encontrar objetos ou espécimes reais e podem estabelecer formas diversas de interação com o conhecimento. Além das possibilidades de acesso à informação, as visitas escolares são muitas vezes as únicas ou pri-

meiras experiências de acesso às instituições culturais, sendo assim ganham importância no sentido de incentivar os indivíduos a realizar visitas como parte de seu cotidiano. Para que as visitas sejam bem aproveitadas, é importante que o professor procure formas de trabalhar os conteúdos que serão vistos na exposição antes da visita e também fazer atividades após a saída, realizando um fechamento com a turma. Não se esqueça de entrar em contato previamente com a instituição e, se possível, realize uma visita antes de ir com o grupo. Algumas instituições oferecem palestras e materiais específicos para professores. Caso a visita presencial não seja viável, há a possibilidade de realizar visitas virtuais a partes de exposições ou ao acervo. Também há instituições que disponibilizam no *site* diferentes materiais sobre os assuntos tratados nas exposições.

- *Institutos de pesquisa e universidades* podem ser também recursos importantes no processo de ensino-aprendizagem. Algumas dessas instituições recebem visitas presenciais de grupos escolares, assim pode ser possível, por exemplo, visitar um laboratório de pesquisa real e em funcionamento. Em outros casos, as universidades oferecem muitas informações e materiais de pesquisa via *sites*. Da mesma forma que as visitas a instituições culturais, é importante o planejamento prévio por parte do professor para aproveitar melhor essa experiência.

Antes de apresentar aos alunos qualquer recurso adicional, o professor deve verificar se o material é adequado à faixa etária e/ou ao nível cognitivo dos estudantes. Veja as sugestões no item 7 deste Manual. Cabe ao professor também a pesquisa de informações complementares sobre o tópico abordado. Ao preparar a atividade, é interessante registrar os temas e as questões que devem/podem ser discutidos, a fim de facilitar aos estudantes a tarefa de estabelecer relações entre o tema do material e o conteúdo da disciplina e do livro-texto.

## A atividade interdisciplinar

Como apresentamos no item *O Ensino de Biologia nos dias atuais*, a produção de conhecimento e o ensino passaram por um processo de setorização e especialização de áreas e disciplinas. Com isso, houve grande compartimentalização do conhecimento a ser ensinado, criando uma estrutura de

disciplinas que, muitas vezes, tratavam dos assuntos de forma individualizada e descontextualizada. A partir da década de 1960, críticas ao reducionismo e minimalismo desses modelos tradicionais começaram a repercutir em ações e diretrizes para o ensino. No Brasil, a presença da interdisciplinaridade em documentos oficiais se fortaleceu desde a criação da LDB de 1971, sendo muito mais presente nos PCN e PCN+.

Atualmente, temos em mente que muitos dos problemas que se apresentarão para o aluno ao longo de sua vida não poderão ser interpretados nem resolvidos satisfatoriamente sem um tratamento interdisciplinar. Portanto, a atividade pedagógica deve estimular essa forma de pensar. Nesse sentido, a interdisciplinaridade pode ser entendida como uma nova visão do mundo, propiciando ao aluno uma formação mais ampla e consciente, que lhe possibilite uma atuação cidadã frente à diversidade de situações complexas – sociais, econômicas, ambientais, etc. – presentes no mundo globalizado.

No livro do aluno, as atividades interdisciplinares aparecem muitas vezes na seção **Trabalho em equipe**. Essas propostas visam integrar o conhecimento de diferentes disciplinas por meio de uma participação ativa do estudante, estimulando uma postura reflexiva e crítica. O objetivo é que ele desenvolva atitudes e tenha iniciativa em relação a temas atuais.

A forma de apresentação dos projetos também é interdisciplinar, na medida em que trabalha com diferentes linguagens: elaboração de campanhas de conscientização da comunidade utilizando cartazes, vídeos, apresentação de *slides*, *slogans*, e, sempre que possível, as redes sociais da internet.

Acreditamos também que a interdisciplinaridade deva ser um objetivo do trabalho conjunto dos professores e da escola, criando condições para o estabelecimento de projetos e propostas em equipe. Desta forma, destacamos a necessidade, para além das iniciativas individuais e em cada disciplina, de um planejamento coletivo. Acerca disso, veja o que dizem os PCN – Ensino Médio<sup>6</sup>:

*Assim, a consciência desse caráter interdisciplinar ou transdisciplinar, numa visão sistêmica, sem cancelar o caráter necessariamente disciplinar do conhecimento*

*científico mas completando-o, estimula a percepção da inter-relação entre os fenômenos, essencial para boa parte das tecnologias, para a compreensão da problemática ambiental e para o desenvolvimento de uma visão articulada do ser humano em seu meio natural, como construtor e transformador deste meio. Por isso tudo, o aprendizado deve ser planejado desde uma perspectiva a um só tempo multidisciplinar e interdisciplinar, ou seja, os assuntos devem ser propostos e tratados desde uma compreensão global, articulando as competências que serão desenvolvidas em cada disciplina e no conjunto de disciplinas, em cada área e no conjunto das áreas.*

Assim, as propostas de trabalho interdisciplinar da seção **Trabalho em equipe** podem proporcionar a participação de professores de diferentes disciplinas, atuando durante toda atividade por meio de um projeto conjunto, especialmente entre as Ciências da Natureza. Podem ser feitos, por exemplo, experimentos em laboratório com professores de Química e Biologia, debates a respeito de questões de gênero e sexualidade mediados por professores das Ciências Biológicas e Humanas, estudos de meio ambiente com professores de Biologia, Geografia e História para entendimento mais sistêmico do ambiente estudado.

Ou ainda, os professores podem trabalhar em equipes menores nas diferentes etapas da atividade: no planejamento (escolha do tema, objetivos, metodologias, recursos, etc.), na assistência ao estudante durante a elaboração do projeto, na avaliação, etc.

A atividade interdisciplinar pode ser dividida em tópicos e devem ser dadas sugestões e orientações para que o aluno considere grande parte das interações do tema com fatores e aspectos históricos, geográficos, físicos, químicos, biológicos, matemáticos, etc.

Como também já destacamos em outros pontos deste Manual, a interdisciplinaridade foi estimulada via os PCN por meio dos Temas Transversais. Esses têm como pressuposto o aprendizado de competências que dependem de conceitos, habilidades e procedimentos comuns a diversas disciplinas. Assim, os professores podem extrapolar as propostas presentes na seção **Trabalho em equipe**, aproveitando os conteúdos presentes nos tópicos do livro, as sugestões de leitura, experimentos, etc. para propor outras atividades interdisciplinares.

<sup>6</sup> BRASIL. Ministério da Educação (MEC), Secretaria de Educação Média e Tecnológica (Semtec). *Parâmetros Curriculares Nacionais – Ensino Médio. Parte III - Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias*. Brasília: MEC/Semtec, 2000, p. 9.

## O conhecimento biológico para a diversidade

O conhecimento científico foi utilizado muitas vezes para justificar a exclusão e a discriminação racial, de gênero, de sexualidade entre outros, por muito tempo. Alguns conceitos vindos da Biologia, especificamente, serviram de base para teorias como o darwinismo social. Apesar dessa denominação, essa teoria não foi desenvolvida por Charles Darwin, já que ele nunca afirmou que o princípio da evolução por seleção natural poderia ser transportado para estudos da sociedade. Assim, o uso de algumas ideias científicas fora de seu devido contexto acabou dando força à movimentos eugênicos, sendo o nazismo o mais lembrado entre diversos outros.

Por outro lado, desde o final do século XX, os conhecimentos de genética têm servido para contrargumentar a existência de raças biológicas dentro da espécie humana. Para que seja possível afirmar que duas populações formam raças diferentes uma da outra, é necessário que exista um conjunto de características exclusivo em uma das populações ou, pelo menos, muito mais frequente em uma delas do que em outra. Na espécie humana isso não é observado: a constituição genética de todos os indivíduos é muito parecida. O que existe é apenas uma pequena porcentagem de genes que se diferenciam: aqueles

ligados à aparência física, à cor da pele, etc. Não há, portanto, justificativa biológica para a classificação da sociedade em raças.

É possível perceber, portanto, que as teorias desenvolvidas pela ciência podem ser poderosas e eficazes. Algumas delas podem levar ao desenvolvimento de tecnologias capazes de melhorar muito a qualidade de vida das pessoas. No entanto, o progresso científico não consegue resolver todos os problemas da sociedade. Quando mal interpretadas, por exemplo no caso do darwinismo social, algumas teorias científicas podem trazer consequências gravíssimas para a sociedade. As aplicações da ciência devem respeitar sempre os valores e os direitos humanos.

O Ministério da Educação (MEC) reconhece a importância do papel do docente na criação de sistemas educacionais inclusivos. Para isso, é necessário que o professor conheça maneiras de utilizar o conhecimento biológico para favorecer processos educativos emancipatórios e nunca para a segregação e discriminação. Foram selecionados livros, artigos, *sites* e referências, listados na seção *Sugestões de leitura para o professor*, que possibilitam uma leitura crítica do conhecimento biológico e podem fomentar debates e outros tipos de atividades que valorizem a compreensão de que esses conhecimentos contribuem para o reconhecimento e o posicionamento sobre os direitos humanos de respeito à pluralidade e à diversidade.



## Sugestões de leitura para o professor

O êxito do processo de ensino-aprendizagem está muito ligado, entre outros fatores, ao nível de conhecimento do professor em relação aos temas que serão trabalhados com os alunos e também das estratégias pedagógicas que ele utilizará. Sendo assim, apresentamos a seguir uma série de livros, artigos e documentos que podem ajudar o professor a aprimorar seus conhecimentos, tanto na área pedagógica como nos temas de Biologia tratados nesta Coleção. É fundamental também que o professor se informe sobre temas ligados à diversidade e à pluralidade cultural para que consiga combater, junto aos alunos, qualquer tipo de discriminação e intolerância dentro e fora da sala de aula. Lembramos, no entanto, que – caso o professor deseje usar algum desses textos em aula – é imprescindível trabalhar as características desses textos com os alunos, ajudando na compreensão das informações ou ainda realizar a adequação ao nível cognitivo do aluno e ao processo específico de ensino-aprendizagem.

### Sugestões gerais para a Coleção

#### Propostas do governo para o Ensino Médio

BRASIL. Ministério da Educação (MEC), Secretaria de Educação Média e Tecnológica (Semtec). *Parâmetros Curriculares Nacionais – Ensino Médio: Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias*. Brasília: MEC/ Semtec, 1999.

\_\_\_\_\_. Ministério da Educação (MEC), Secretaria de Educação Média e Tecnológica (Semtec). *PCN – Ensino Médio: orientações educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais – Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias*. Brasília: MEC/Semtec, 2002.

\_\_\_\_\_. Ministério da Educação, Secretaria de Educação Básica. *Orientações Curriculares para o Ensino Médio: Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias*. Brasília: MEC/SEB, 2006.

\_\_\_\_\_. Ministério da Educação (MEC), Secretaria de Educação Básica. *Programa Ensino Médio Inovador*: Documento Orientador. Brasília: MEC-SEB, 2009.

\_\_\_\_\_. Ministério da Educação (MEC), Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira. *Matriz de Referência para o Enem 2009*. Brasília: MEC-Inep, 2009.

Os documentos mencionados anteriormente estão disponíveis em: <<http://portaldoprofessor.mec.gov.br/materiais.html>> (acesso em: 12 abr. 2016).

BRASIL. Ministério da Educação (MEC), Secretaria de Educação Especial (SEESP). *Educar na Diversidade*. Material de Formação Docente. Brasília: MEC/SEESP, 2006. Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/seesp/arquivos/pdf/educarnadiversidade2006.pdf>> (acesso em: 5 abr. 2016).

BRASIL, CNE/CP 003/2004. Ministério da Educação. *Diretrizes Curriculares Nacionais e para a Educação das Relações Étnico-Raciais e para o Ensino de História e Cultura Afro-Brasileira e Africana*. Brasília, 10 mar. 2004.

## Interdisciplinaridade

CARLOS, J. G. *Interdisciplinaridade no ensino médio: desafios e potencialidades*. 2007. 171 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências) — Universidade de Brasília, Brasília, 2007.

FAZENDA, I. (Org.). *Práticas interdisciplinares na escola*. 13. ed. São Paulo: Cortez, 2013.

FLICKINGER, Hans-Georg. O Fundamento Hermenêutico da Interdisciplinaridade. In: AUDY, J. L. N.; MOROSINI, M. C. (Org.). *Inovação e interdisciplinaridade na universidade*. Porto Alegre: EdIPUCRS, 2007, p. 123-138.

JANTSCH, A. P.; Bianchetti, L. (Org.) *Interdisciplinaridade: para além da filosofia do sujeito*. 7. ed. Petrópolis: Vozes, 2008.

LUCK, H. *Pedagogia interdisciplinar: fundamentos teórico-metodológicos*. 11. ed. Petrópolis, RJ: Vozes, 2003.

MORIN, Edgar. Desafio da transdisciplinaridade e da complexidade. In: AUDY, J. L. N.; MOROSINI, M. C. (Org.). *Inovação e interdisciplinaridade na universidade*. Porto Alegre: EdIPUCRS, 2007, p. 22-28.

## Diversidade e pluralidade

ABRAMOWICZ, A.; SILVÉRIO, V. R. *Afirmando diferenças: montando o quebra-cabeça da diversidade na escola*. Campinas: Papirus, 2005.

ALVES, Branca Moreira; PITANGUY, Jacqueline. *O que é feminismo*. São Paulo: Brasiliense, 1985. (Primeiros Passos, n. 20).

AMBROSETTI, Neusa Banhara. O “eu” e o “nós”: trabalhando com a diversidade em sala de aula. In: ANDRÉ, Marli (Org.). *Pedagogia das diferenças na sala de aula*. 3. ed. São Paulo, p. 81-105.

ARAÚJO, Luiz Alberto David. *Proteção constitucional das pessoas portadoras de deficiência*, 3. ed. Brasília: CORDE, 2003.

AUD, D. *Educar meninas e meninos*. Relações de gênero na escola. São Paulo: Contexto, 2006.

BARROSO, Carmen. *Mulher, sociedade e estado no Brasil*. Brasília, Unicef; São Paulo: Brasiliense, 1982. 190 p.

BELTRÃO, Kaizô Iwakami; ALVES, José Eustáquio Diniz. A reversão do hiato de gênero na educação brasileira no século XX. *Cadernos de Pesquisa*, v. 39, n. 136, p. 125-156, 2009.

BENTO, Berenice. *O que é transexualidade*. São Paulo: Brasiliense, 2008.

BEVERVANÇO, Rosana Beraldi. *Direitos da pessoa portadora de deficiência: da exclusão à igualdade*. Curitiba: CAOPPI, 2001.

BORGES, Edson; MEDEIROS, Carlos Alberto; D’ADESKY, Jacques. *Racismo, preconceito e intolerância*. São Paulo: Atual, 2002.

BRUSCHINI, Cristina. *Mulher e trabalho: uma avaliação da década da mulher*. São Paulo: Nobel; CECF, 1985. 147 p. (Série: Década da Mulher).

\_\_\_\_\_. Trabalho doméstico: inatividade econômica ou trabalho não remunerado. In: ARAÚJO, C.; PICANÇO, F.; SCALON, C. *Novas conciliações e antigas tensões?: gênero, família e trabalho em perspectiva comparada*. São Paulo, Edusc: 2008, p. 21-58.

BUTLER, Judith. *Problemas de gênero: feminismo e subversão da identidade*. 8. ed. Rio de Janeiro: Civilização Brasileira, 2015.

CANÇADO TRINDADE, Antônio Augusto. *Tratado de direito internacional dos direitos humanos*. Porto Alegre: Sérgio Antônio Fabris, 1997. V. III.

CARNEIRO, Sueli; SANTOS, Thereza; COSTA, Albertina G. O. *Mulher negra: política governamental e a mulher*. São Paulo: Nobel; CECF, 1985. 141 p. (Série: Década da Mulher).

CARVALHO, Marília P.; PINTO, Regina P. (Org.). *Mulheres e desigualdades de gênero*. São Paulo: FCC; Contexto, 2008. 208 p. (Série: Justiça e Desenvolvimento/IFP-FCC).

CAVALLEIRO, E. *Do silêncio do lar ao silêncio escolar: racismo, preconceito e discriminação na educação infantil*. São Paulo: Contexto, 2000.

COMPARATO, Fábio Konder. *A afirmação histórica dos direitos humanos*. São Paulo: Saraiva, 2008.

COSTA, Albertina O.; SORJ, Bila; BRUSCHINI, Cristina (Org.). *Mercado de trabalho e gênero: comparações internacionais*. Rio de Janeiro: FGV, 2008. 420 p.

D'ADESKY, J. *Pluralismo étnico e multiculturalismo: racismos e antirracismos no Brasil*. Rio de Janeiro: Pallas, 2001.

DEBERT, Guita Grin. *A reinvenção da velhice*. São Paulo: Ed. Universidade de São Paulo: Fapesp, 1999.

FERRARI, A. *Esses alunos desumanos: a construção das identidades homossexuais na escola*. Educação e Realidade, Porto Alegre, v. 1, n. 28, p. 87-111, jan./jul.2003.

FOUCAULT, Michel. *História da sexualidade: a vontade de saber*. Trad. Maria Thereza da Costa Albuquerque e J. A. Guilhon Albuquerque. 9. ed. Rio de Janeiro: Graal, 1988. v. I.

GÊNERO e diversidade na escola: formação de professoras/es em gênero, orientação sexual e relações étnico-raciais. Livro de conteúdo. Versão 2009. Rio de Janeiro: Cepesc, 2009. Disponível em: <[www.clam.org.br/bibliotecadigital/uploads/publicacoes/405\\_1447\\_GDEVOL2final.pdf](http://www.clam.org.br/bibliotecadigital/uploads/publicacoes/405_1447_GDEVOL2final.pdf)> (acesso em: 6 abr. 2016).

GONÇALVES, Luiz Alberto Oliveira; GONÇALVES E SILVA, Petronilha Beatriz. *O jogo das diferenças: o multiculturalismo e seus contextos*. Belo Horizonte: Autêntica, 1998.

HENRIQUES, R. *Raça e gênero nos sistemas de ensino: os limites das políticas universalistas na educação*. Brasília: Unesco, 2002.

LAQUEUR, Thomas. *Gênero, sexualidade e educação*. 7. ed. Petrópolis: Vozes, 2004.

LIMA, Maria Nazaré Mota de (Org.). *Escola Plural: a diversidade está na sala de aula*. Salvador. Cortez: Unicef – Ceafro, 2006.

LOURO, Guacira (Org.). *O corpo educado: pedagogia da sexualidade*. 2. ed. Belo Horizonte: Autêntica, 2004.

\_\_\_\_\_; NECKEL, J. F.; GOELLNER, S. V. *Corpo, gênero e sexualidade: um debate contemporâneo na Educação*. Petrópolis: Vozes, 2013.

MADEIRA, Felícia R. (Org.). *Quem mandou nascer mulher?* Estudos sobre crianças e adolescentes pobres no Brasil. Rio de Janeiro: Record; Rosa dos Tempos, 1997. 402 p.

MAZZEO, Carla Costa da Silva. *Preconceito e discriminação de gênero: conceitos, estigmas e educação para a construção de uma nova conduta social*. Curitiba: Juruá, 2015.

MCLAREN, Peter. *Multiculturalismo crítico*. Instituto Paulo Freire. São Paulo: Cortez, 1997.

MOURA, Glória. O direito à diferença. In: MUNANGA, Kabengele. *Superando o racismo na escola*. Secad/MEC, Brasília, 2005, p. 69-82.

NADUR, Marcelo. *Síndrome de Down: relato de um pai apaixonado*. São Paulo: Global (Edição Digital), 2012.

PAIVA, Luiz Airton de; VIEIRA, Tereza Rodrigues. *Identidade sexual e transexualidade*. São Paulo: Roca, 2009.

PAIXÃO, M. J. P. *Desenvolvimento humano e relações raciais*. Rio de Janeiro: DP&A, 2003. (Políticas da Cor).

PENA, S. D. J. *Humanidade sem raças?*. São Paulo: Publifolha, 2008.

ROSE, M. R. *O espectro de Darwin: a teoria da evolução e suas implicações no mundo*. Rio de Janeiro: Jorge Zahar, 2000.

SELL, Teresa A. *Identidade homossexual e normas sociais*. Florianópolis: Ed. da UFSC, 1987. (Histórias de vida).

SILVA, Otto Marques da. *A epopeia ignorada: a pessoa deficiente na história do mundo de ontem e de hoje*. São Paulo: Cedas, 1986.

TREVISAN, João Silvério. *Devassos no paraíso: a homossexualidade no Brasil, da colônia à atualidade*. 6. ed. rev. e ampl. Rio de Janeiro: Record, 2000.

VIEIRA, Liszt. *Cidadania e globalização*. Rio de Janeiro: Record, 1997.

## Sobre o processo ensino-aprendizagem em geral

BAQUERO, R. *Vygotsky e a aprendizagem escolar*. Porto Alegre: Artmed, 1998.

BUSQUETS, M. D. et al. *Temas transversais em educação: bases para uma formação integral*. 4. ed. São Paulo: Ática, 1999.

CASTORINA, J. A. et al. *Piaget e Vygotsky: novas contribuições para o debate*. São Paulo: Ática, 1995.

CHERVEL, A. História das disciplinas escolares: reflexões sobre um campo de pesquisa. *Teoria e Educação*, n. 2, p. 177-229, 1990.

COLL, César. Contribuições da Psicologia para a Educação: teoria genética e aprendizagem escolar. In: LEITE, Luci B. *Piaget e a Escola de Genebra*. São Paulo: Cortez, 2012, p. 164-197.

\_\_\_\_\_. et al. *O construtivismo na sala de aula*. São Paulo: Ática, 2006.

\_\_\_\_\_. et al. *Os conteúdos na reforma: ensino e aprendizagem de conceitos, procedimentos e atitudes*. Porto Alegre: Artmed, 1998.

DANIELS, H. (Org.). *Vygotsky em foco: pressupostos e desdobramentos*. 2. ed. Campinas: Papirus, 1995.

FREIRE, P. *Pedagogia da autonomia: saberes necessários à prática educativa*. 11. ed. São Paulo: Paz e Terra, 1996.

FREITAG, B. (Org.). *Piaget: 100 anos*. São Paulo: Cortez, 1997.

GEELAN, D. R. Epistemological Anarchy and the Many Forms of Constructivism. *Science & Education*, v. 6, n. 1-2, p. 15-28, 1997.

GIL-PÉREZ, D. Contribución de la historia y de la filosofía de las ciencias al desarrollo de un modelo de enseñanza/aprendizaje como investigación. *Enseñanza de las Ciencias*, v. 11, n. 2, p. 197-212, 1993.

HAYDT, R. C. *Avaliação do processo ensino-aprendizagem*. 6. ed. São Paulo: Ática, 1997.

JANTSCH, A. P.; BIANCHETTI, L. (Org.). *Interdisciplinaridade: para além da filosofia do sujeito*. 7. ed. Petrópolis: Vozes, 2008.

KRASILCHIK, M. *Prática de ensino de Biologia*. 4. ed. São Paulo: Edusp, 2008.

LEITE, L. B. *Piaget e a Escola de Genebra*. São Paulo: Cortez, 2012.

MATTHEWS, M. R. (Ed.). *Constructivism in Science Education: a Philosophical Examination*. Dordrecht: Kluwer, 1998.

MOLL, L. C. *Vygotsky e a Educação: implicações pedagógicas da Psicologia sócio-histórica*. Porto Alegre: Artmed, 1996.

OLIVEIRA, M. K. de. *Vygotsky: aprendizado e desenvolvimento, um processo histórico*. 5. ed. São Paulo: Scipione, 2010.

PERRENOUD, P. *Avaliação: da excelência à regulação das aprendizagens – entre duas lógicas*. Porto Alegre: Artmed, 1999.

\_\_\_\_\_. *Construir as competências desde a escola*. Porto Alegre: Artmed, 1999.

PIMENTA, S. G. Formação de professores: identidade e saberes da docência. In: \_\_\_\_\_. (Org.). *Saberes pedagógicos e atividade docente*. São Paulo: Cortez, 1999, p. 15-34.

SAVIANI, D. Os saberes implicados na formação do educador. In: BICUDO, M. A.; SILVA JUNIOR, C. A. (Org.). *Formação do educador: dever do Estado, tarefa da universidade*. São Paulo: Unesp, 1996, p. 145-155.

SEBER, M. G. *Piaget: o diálogo com a criança e o desenvolvimento do raciocínio*. São Paulo: Scipione, 2006.

TARDIF, M. Saberes profissionais dos professores e conhecimentos universitários – Elementos para uma epistemologia da prática profissional dos professores e suas consequências em relação à formação para o magistério. *Revista Brasileira de Educação*, Anped, São Paulo, n. 13, jan./abr. 2000, p. 5-24.

\_\_\_\_\_.; LESSARD, C.; LAHAYE, L. Os professores face ao saber: esboço de uma problemática do saber docente. *Teoria & Educação*, Porto Alegre, n. 4, p. 215-253, 1991.

VYGOTSKY, L. S. *A formação social da mente*. São Paulo: Martins Fontes, 2007.

\_\_\_\_\_. *Pensamento e linguagem*. São Paulo: Martins Fontes, 2015.

## Aprendizagem significativa

AUSUBEL, D. P. *Educational Psychology: a Cognitive View*. New York: Holt, Rinehart & Winston, 1968.

\_\_\_\_\_. *The Acquisition and Retention of Knowledge: a Cognitive View*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 2000.

\_\_\_\_\_.; NOVAK, J. D.; HANESIAN, H. *Psicologia educacional*. Rio de Janeiro: Interamericana, 1980.

MOREIRA, M. A. *Aprendizagem significativa*. 2. ed. Brasília: Ed. da UnB, 2001.

\_\_\_\_\_; MASINI, E. F. S. *Aprendizagem significativa: a teoria de David Ausubel*. São Paulo: Centauro, 2001.

NOVAK, J. D. *A Theory of Education*. Ithaca: Cornell University Press, 1977.

\_\_\_\_\_; GOWIN, D. B. *Learning How to Learn*. New York: Cambridge University Press, 1984.

## Aprendizagem por mudança conceitual

CAREY, S. Knowledge Acquisition: Enrichment or Conceptual Change? In: \_\_\_\_\_; GELMAN, E. (Ed.). *The Epigenesis of Mind*. Hillsdale: Erlbaum, 1991, p. 257-291.

CHAMPAGNE, A. B.; KLOPFER, L. E.; GUNSTONE, R. F. Cognitive Research and the Design of Science Instruction. *Educational Psychologist*, n. 17, p. 31-53, 1982.

CHI, M. Conceptual Change within and across Ontological Categories: Examples from Learning and Discovery in Science. In: GIERE, R. (Ed.). *Cognitive Models of Science: Minnesota Studies in the Philosophy of Science*. Minneapolis: U. M. P., 1992, p. 129-186.

CHINN, C. A.; BREWER, W. F. The Role of Anomalous Data in Knowledge Acquisition: a Theoretical Framework and Implications for Science Instruction. *Review of Educational Research*, v. 63, n. 1, p. 1-49, 1993.

COBERN, W. W. Worldview Theory and Conceptual Change in Science Education. *Science Education*, v. 80, n. 5, p. 579-610, 1996.

HEWSON, M.; HEWSON, P. W. Effect of Instruction Using Students' prior Knowledge in Learning. *Journal of Research in Science Teaching*, v. 20, n. 8, p. 731-43, 1983.

HEWSON, P. W. A Conceptual Change Approach to Learning Science. *European Journal of Science Education*, v. 3, n. 4, p. 383-96, 1981.

\_\_\_\_\_. The Role of Conceptual Conflict in Conceptual Change and the Design of Science Instruction. *Instructional Science*, n. 13, p. 1-13, 1984.

\_\_\_\_\_; BEETH, M. E.; THORLEY, N. R. Teaching for Conceptual Change. In: TOBIN, K. G.; FRASER, B. J. (Ed.). *International Handbook of Science Education*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 1998, p. 199-218.

\_\_\_\_\_; THORLEY, N. R. The Conditions of Conceptual Change in the Classroom. *Int. J. Sci. Educ.*, n. 11, p. 541-543, 1989. (Special Issue).

LIMÓN, M.; MASON, L. (Ed.). *Reconsidering Conceptual Change: Issues in Theory and Practice*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 2002.

MORTIMER, E. F. Conceptual Change or Conceptual Profile Change? *Science & Education*, v. 4, n. 3, p. 265-287, 1995.

\_\_\_\_\_. Construtivismo, mudança conceitual e ensino de ciências: para onde vamos? In: *Investigações em ensino de Ciências*. UFRGS, Porto Alegre, v. 1, n. 1, p. 20-39, 1996.

NUSSBAUM, J.; NOVICK, N. Alternative Frameworks, Conceptual Conflict, and Accomodation: Toward a Principled Teaching Strategy. *Instructional Science*, n. 11, p. 183-200, 1982.

PFUNDT, H.; DUIT, R. *Bibliography of Students' Alternative Frameworks and Science Education*. 3. ed. Kiel: University of Kiel, Institute for Science Education, 1991.

POSNER, G. J.; STRIKE, K. A.; HEWSON, P. W.; GERTZOG, W. A. Accomodation of a Scientific Conception: Toward a Theory of Conceptual Change. *Science Education*, v. 66, n. 2, p. 211-27, 1982.

STRIKE, K. A. Misconceptions and Conceptual Change: Philosophical Reflection on the Research Program. In: HELM, H.; NOVAK, J. (Ed.). *Proceedings of the International Seminar on Misconceptions in Science and Mathematics*. Ithaca: Cornell University, 1983, p. 67-78.

\_\_\_\_\_; POSNER, G. J. A Revisionist Theory of Conceptual Change. In: DUSCHL, R. A.; HAMILTON, R. J. (Ed.). *Philosophy of Science, Cognitive Psychology and Educational Theory and Practice*. Albany: State University of New York, 1992, p. 147-176.

\_\_\_\_\_. Conceptual Change and Science Teaching. *European Journal of Science Education*, v. 4, n. 3, p. 231-240, 1982.

VILLANI, A. Conceptual Change in Science and Science Education. *Science Education*, v. 76, n. 2, p. 223-237, 1992.

VOSNIADOU, S. Capturing and Modelling the Process of Conceptual Change. *Learning and Instruction*, v. 4, p. 45-69, 1994.

WEST, L.; PINES, A. (Ed.). *Cognitive Structure and Conceptual Change*. New York: Academic Press, 1985.

## Ensino de Ciências e Biologia

AXT, R.; MOREIRA, M. A. (Org.). *Tópicos em ensino de ciências*. Porto Alegre: Sagra, 1991.

BIZZO, N. *Ciências: fácil ou difícil?*. São Paulo: Biruta, 2010.

CARVALHO, A. M. P.; GIL-PÉREZ, D. *Formação de professores de Ciências: tendências e inovações*. 3. ed. São Paulo: Cortez, 2003.

FAGUNDES, S. M. K. *Experimentação nas aulas de ciências: um meio para a formação da autonomia?* In: GALIAZZI, M. C. et al. *Construção curricular em rede na educação em Ciências: uma aposta de pesquisa na sala de aula*. Ijuí: Unijuí, 2007, p. 317-336.

FRANCELIN, M. M. Ciência, senso comum e revoluções científicas: ressonâncias e paradoxos. *Ciência da Informação*, Brasília, v. 33, n. 3, p. 26-34, set./dez. 2004.

KRASILCHIK, M. *Prática de ensino de Biologia*. 4. ed. São Paulo: Edusp, 2008.

MARANDINO, M.; SELLES, S. E.; FERREIRA, M. S.; AMORIM, A. C. (Org.). *Ensino de Biologia: conhecimentos e valores em disputa*. Niterói: Eduff, 2005.

MATTHEWS, M. R. *Science Teaching: the Role of History and Philosophy of Science*. New York: Routledge, 1994.

MOREIRA, M. A.; MASINI, E. F. S. *Aprendizagem significativa: a teoria de David Ausubel*. São Paulo: Moraes, 1982.

NARDI, R. (Org.). *Questões atuais no ensino de Ciências*. São Paulo: Escrituras, 2001.

WEISSMAN, H. (Org.). *Didática das ciências naturais: contribuições e reflexões*. Porto Alegre: Artmed, 1988.

## Biologia em geral

COSTA, V. R. da; COSTA, E. V. da (Org.). *Biologia: Ensino Médio*. Brasília: Ministério da Educação, Secretaria de Educação Básica, 2006. v. 6. (Coleção Explorando o Ensino).

EL-HANI, C. N.; VIDEIRA, A. A. P. (Org.). *O que é vida?: para entender a Biologia do século XXI*. Rio de Janeiro: Relume Dumará, 2000.

RAVEN, P. H. et al. *Biology*. 7. ed. Boston: McGraw-Hill, 2005.

REECE, J. B. et al. *Biologia de Campbell*. 10. ed. Porto Alegre: Artmed, 2015.

SADAVA, David et al. *Vida: a ciência da Biologia. Célula e hereditariedade*. 8. ed. Porto Alegre: Artmed, 2011. v. 1.

\_\_\_\_\_. *Vida: a ciência da Biologia. Evolução, diversidade e Ecologia*. 8. ed. Porto Alegre: Artmed, 2009. v. 2.

\_\_\_\_\_. *Vida: a ciência da Biologia. Plantas e animais*. 8. ed. Porto Alegre: Artmed, 2009. v. 3.

SOLOMON, E. P.; BERG, L. R.; MARTIN, C.; MARTIN, D. W.; BERG, L. R. *Biology*. 10. ed. Belmont: Brooks Cole, 2014.

## Metodologia, História e Filosofia da ciência

ALVES, R. *Filosofia da ciência*. São Paulo: Loyola, 2000.

ALVES-MAZZOTTI, A. J.; GEWANDSZNAJDER, F. *O método nas ciências naturais e sociais: pesquisa quantitativa e qualitativa*. 2. ed. São Paulo: Pioneira, 1999.

ANDERY, M. A. et al. *Para compreender a ciência: uma perspectiva histórica*. 14. ed. São Paulo: Educ, 2003.

CHALMERS, A. *A fabricação da ciência*. São Paulo: Unesp, 1994.

DUTRA, L. H. de A. *Introdução à teoria da ciência*. 2. ed. Florianópolis: Ed. da UFSC, 2009.

HENIG, R. M. *O monge no jardim: o gênio esquecido e redescoberto de Gregor Mendel, o pai da Genética*. Rio de Janeiro: Rocco, 2001.

JACOB, F. *A lógica da vida: uma história da hereditariedade*. Rio de Janeiro: Graal, 2001.

KNELLER, G. F. *A ciência como atividade humana*. Rio de Janeiro: Jorge Zahar; São Paulo: Edusp, 1980.

KUHN, T. *A estrutura das revoluções científicas*. 8. ed. São Paulo: Perspectiva, 2003.

LAUDAN, L. *Science and Relativism: Some Key Controversies in the Philosophy of Science*. Chicago: The University of Chicago Press, 1990.

MAYR, E. *O desenvolvimento do pensamento biológico: diversidade, evolução e herança*. Brasília: Ed. da UnB, 1998.

OLIVA, A. *Filosofia da ciência*. Rio de Janeiro: Jorge Zahar, 2003.

RONAN, C. A. *História ilustrada da ciência*. 2. ed. Rio de Janeiro: Cambridge University-Jorge Zahar, 2002. 4 v.

SAGAN, C. *O mundo assombrado pelos demônios: a ciência como uma vela no escuro*. São Paulo: Companhia das Letras, 1996.

SCHEID, N. M. J.; FERRARI, N.; DELIZOICOV, D. A construção coletiva do conhecimento científico sobre a estrutura do DNA. *Ciência & Educação*, v. 11, n. 2, p. 223-233, 2005.

VIEIRA, S.; HOSSNE, W. S. *Metodologia científica para a área de saúde*. Rio de Janeiro: Campus, 2001.

## Sugestões específicas para o Volume 2

### Microbiologia

MADIGAN, M. T.; MARTINKO, J. M.; CLARK, D. P.; DUNLAP, P. V. *Microbiologia de Brock*. 14. ed. Porto Alegre: Artmed, 2016.

PASSOS, M. R. L. *Atlas de DST e diagnóstico diferencial*. São Paulo: Revinter, 2011.

PFALLER, M. A.; MURRAY, P. R. *Microbiologia médica*. 7. ed. São Paulo: Elsevier, 2014.

TORTORA, Gerard J.; FUNKE, Berdell R.; CASE, Christine L. *Microbiologia*. 10. ed. Porto Alegre: Artmed, 2013.

### Parasitologia

CIMERMAN, B.; CIMERMAN, S. *Parasitologia humana e seus fundamentos gerais*. 2. ed. São Paulo: Atheneu, 2005.

NEVES, D. P.; MELO, A. L. de; LINARDI, P. M.; VITOR, R. W. A. *Parasitologia humana*. 12. ed. São Paulo: Atheneu, 2011.

REY, L. *Parasitologia: parasitas e doenças parasitárias do homem nos trópicos ocidentais*. 4. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2008.

### Zoologia e Sistemática

AMORIM, D. de S. *Fundamentos de sistemática filogenética*. Ribeirão Preto: Holos, 2002.

BRUSCA, R. C.; BRUSCA, G. J. *Invertebrados*. 2. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2007.

CARVALHO, J. C. de Melo (Org.). *Atlas da fauna brasileira*. 2. ed. São Paulo: Melhoramentos, 1995.

HILDEBRAND, M.; GOSLOW JR., G. E. *Análise da estrutura dos vertebrados*. São Paulo: Atheneu, 2013.

MOORE, J. *Uma introdução aos invertebrados*. 2. ed. São Paulo: Santos, 2011.

POUGH, F. H.; JANIS, C. M.; HEISER, J. B. *A vida dos vertebrados*. 4. ed. São Paulo: Atheneu, 2008.

RUPPERT, E.; FOX, R. S. E.; BARNES, R. D. *Zoologia dos invertebrados*. 7. ed. São Paulo: Roca, 2005.

SCHMIDT-NIELSEN, K. *Fisiologia animal: adaptação e meio ambiente*. 5. ed. São Paulo: Santos, 2002.

### Botânica

ATTENBOROUGH, D. *A vida privada das plantas*. Lisboa: Gradiva, 1995.

KERBAUY, G. G. *Fisiologia vegetal*. 2. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2012.

NULTSCH, W. *Botânica geral*. 10. ed. Porto Alegre: Artmed, 2000.

OLIVEIRA, E. C. de. *Introdução à Biologia vegetal*. 2. ed. São Paulo: Edusp, 2008.

RAVEN, P. H.; EVERT, R. F.; EICHHORN, S. E. *Biologia vegetal*. 8. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2014.

### Anatomia e fisiologia humana

CONSTANZO, L. S. *Fisiologia*. 5. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2014.

DAVIES, A. et al. *Anatomia e fisiologia humana*. Porto Alegre: Artmed, 2003.

GUYTON, A. C.; HALL, J. E. *Tratado de fisiologia médica*. 12. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2011.

TORTORA, G. J. *Corpo humano: fundamentos de anatomia e fisiologia*. 8. ed. Porto Alegre: Artmed, 2012.

### Nutrição humana

ESCOTT-STUMP, S. *Nutrição relacionada ao diagnóstico e tratamento*. 5. ed. São Paulo: Manole, 2008.

FRANCO, G. *Tabela de composição química dos alimentos*. 9. ed. São Paulo: Atheneu, 2007.

TIRAPEGUI, J. *Nutrição: fundamentos e aspectos atuais*. 3. ed. São Paulo: Atheneu, 2013.

### Drogas psicotrópicas

ANTON, D. M. *Drogas: conhecer e educar para prevenir*. São Paulo: Scipione, 2000.

AQUINO, J. G. (Org.). *Drogas na escola: alternativas teóricas e práticas*. São Paulo: Summus, 2000.

BRAUN, I. M. *Drogas: perguntas e respostas*. São Paulo: MG, 2007.

CAVALIERI, A. L.; EGYPTO, A. C. *Drogas e prevenção: a cena e a reflexão*. São Paulo: Saraiva, 2013.

COTRIM, B. C. *Drogas: mitos e verdades*. São Paulo: Ática, 2004.



## Sugestões de *sites* de museus e outros espaços de Ciências

A seguir há *sites* de museus, exposições e outros espaços de Ciências que podem ser indicados pelo professor para serem visitados pelos alunos, complementando a visita presencial (acessos em: 27 abr. 2016).

- Associação Brasileira de Centros e Museus de Ciências  
<[www.abcmc.org.br/publique1/cgi/cgilua.exe/sys/start.htm?tpl=home](http://www.abcmc.org.br/publique1/cgi/cgilua.exe/sys/start.htm?tpl=home)>
- Bosque da Ciência – Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA) – Manaus, AM  
<<http://bosque.inpa.gov.br/>>
- Casa da Descoberta – Universidade Federal Fluminense – Niterói, RJ  
<[www.uff.br/casadadescoberta/index.html](http://www.uff.br/casadadescoberta/index.html)>
- Centro de Divulgação Científica e Cultural (CDCC)  
Universidade de São Paulo – São Carlos, SP  
<[www.cdcc.sc.usp.br](http://www.cdcc.sc.usp.br)>
- Espaço Ciência – Secretaria de Ciência, Tecnologia e Inovação (Secti) – Olinda, PE  
<[www.espacociencia.pe.gov.br](http://www.espacociencia.pe.gov.br)>
- Espaço Ciência Viva – Rio de Janeiro, RJ  
<[www.cienciaviva.org.br](http://www.cienciaviva.org.br)>
- Museu Arqueológico do Rio Grande do Sul (Marsul)  
Secretaria do Estado da Cultura – Taquara, RS  
<[www.sedac.rs.gov.br](http://www.sedac.rs.gov.br)>
- Museu de Astronomia e Ciências Afins (Mast)  
Ministério da Ciência e Tecnologia – Rio de Janeiro, RJ  
<[www.mast.br](http://www.mast.br)>
- Museu de Ciência e Tecnologia – Universidade do Estado da Bahia – Salvador, BA  
<[www.uneb.br/mct](http://www.uneb.br/mct)>
- Museu de Ciências da PUC-RS  
<[www.pucrs.br/mct/](http://www.pucrs.br/mct/)>
- Museu de Ciências da Universidade de São Paulo  
<<http://biton.uspnet.usp.br/mc/>>
- Museu de Geologia – Serviço Geológico do Brasil – Porto Alegre, RS  
<[www.cprm.gov.br](http://www.cprm.gov.br)>
- Museu Geológico Valdemar Lefèvre – Instituto Geológico – São Paulo, SP  
<[www.mugeo.sp.gov.br](http://www.mugeo.sp.gov.br)>
- Museu Virtual de Ciências e Tecnologia da Universidade de Brasília – Distrito Federal  
<[www.museuvirtual.unb.br/index.htm](http://www.museuvirtual.unb.br/index.htm)>
- Planetário – Universidade Federal de Goiás – Goiânia, GO  
<[www.planetario.ufg.br](http://www.planetario.ufg.br)>
- Planetário Aristóteles Orsini – Secretaria Municipal do Verde e do Meio Ambiente – São Paulo, SP  
<[www.parqueibirapuera.org/equipamentos-parque-ibirapuera/planetario-ibirapuera-profaristoteles-orsini/](http://www.parqueibirapuera.org/equipamentos-parque-ibirapuera/planetario-ibirapuera-profaristoteles-orsini/)>
- Planetário Espaço Cultural – Espaço Cultural José Lins do Rego – João Pessoa, PB  
<[www.funesc.pb.gov.br](http://www.funesc.pb.gov.br)> (Acesse “Espaço cultural” e, em seguida, “Planetário”)
- Planetário de Londrina – Universidade Estadual de Londrina – Londrina, PR  
<[www.uel.br/planetario](http://www.uel.br/planetario)>
- Projeto Escolas da Ciências – Biologia e História – Vitória, ES  
<[www.vitoria.es.gov.br/semi.php?pagina=escolabiologiahistoria](http://www.vitoria.es.gov.br/semi.php?pagina=escolabiologiahistoria)>
- Seara da Ciência – Universidade Estadual do Ceará – Fortaleza, CE  
<[www.seara.ufc.br/](http://www.seara.ufc.br/)>



## Sugestões de abordagem e comentários

Apresentamos a seguir sugestões de abordagem de cada capítulo, comentando também algumas novidades e controvérsias atuais da Biologia.

### CAPÍTULO 1: Classificação dos seres vivos

O texto de abertura da Unidade chama a atenção do aluno para as razões éticas da preservação da biodiversidade, lembrando ainda a interdependência entre todos os organismos e como todos eles são importantes para a manutenção do equilíbrio no meio ambiente.

Já o texto de abertura do capítulo levanta para o aluno a questão das evidências sobre as relações de parentesco entre grupos de animais; nesse caso, a relação entre as aves e os dinossauros. Aproveite o estranhamento causado pela imagem para lembrar com os alunos os critérios de classificação dos seres vivos. É natural que os alunos relacionem a presença de penas somente ao grupo das aves. Aproveite o momento para explorar recentes descobertas em grupos fósseis. Algumas informações estão disponíveis nas páginas a seguir (acessos em: 28 mar. 2016):

<<http://revistapesquisa.fapesp.br/2012/07/23/encontrado-dinossauro-brasileiro-ancestral-das-aves>>

<[www.cprm.gov.br/publique/cgi/cgilua.exe/sys/start.htm?infoid=1096&sid=129](http://www.cprm.gov.br/publique/cgi/cgilua.exe/sys/start.htm?infoid=1096&sid=129)>

Após solicitar a leitura do texto de abertura, o professor pode perguntar que animal é mais parecido com um cão pastor: uma onça ou um lobo? Depois pode perguntar por que o cão é mais semelhante ao lobo do que à onça. A partir daí, pode explicar que, tradicionalmente, o ser humano classifica os seres vivos de acordo com seus interesses práticos. Por exemplo: se são comestíveis ou não comestíveis; se trazem benefícios ou prejuízos à humanidade; se são domésticos ou selvagens; etc. No entanto, em Biologia, os seres vivos são agrupados de acordo com seu parentesco evolutivo e, para isso, é preciso observar certas semelhanças em seus corpos e em seu funcionamento, no desenvolvimento do organismo, no modo de reprodução e até na semelhança entre seus genes.

A ideia é que o aluno perceba que a classificação biológica ajuda a entender a história evolutiva das espécies. Para isso, os cientistas procuram identificar grupos de organismos que tenham se originado de um antepassado comum exclusivo, isto é, organismos que sejam aparentados. Análises moleculares, por exemplo, indicam que os cães devem ter surgido há cerca de 30 mil anos por domesticação de antepassados dos lobos atuais.

É importante alertar o aluno mais uma vez para um erro comum: da mesma forma que não podemos dizer que os cachorros descendem dos lobos atuais, quando dizemos que o ser humano e os macacos pertencem à ordem dos primatas, isso significa que os dois grupos descendem de um grupo de primatas já extinto. Não é correto, portanto, dizer que o ser humano descende dos macacos. A questão 4 de **Atividades** ajuda a fixar novamente esse ponto, já visitado no Volume 1. Pode-se lembrar também que uma espécie não é mais adaptada que outra. Cada espécie está adaptada a um ambiente, a um modo de vida diferente.

No item 1, “Objetivos da classificação”, o texto indica que a definição de espécie utilizada (conceito biológico de espécie) tem limitações. No entanto, é uma definição importante para compreender o conceito de especiação. O professor pode encontrar outras definições e uma discussão sobre o conceito de espécie nos *sites* a seguir (acessos em: 28 mar. 2016):

<[www.zoo1.ufba.br/especie.htm](http://www.zoo1.ufba.br/especie.htm)>

<[www.ib.usp.br/~delitti/projeto/projeto1/conceito\\_de\\_especie.htm](http://www.ib.usp.br/~delitti/projeto/projeto1/conceito_de_especie.htm)>

<[www.icb.ufmg.br/labs/lbem/aulas/grad/evol/especies](http://www.icb.ufmg.br/labs/lbem/aulas/grad/evol/especies)>

Considerando o conceito de espécie biológica, o professor pode discutir com os alunos o conteúdo do boxe *Biologia e cotidiano* (p. 16), que apresenta o conceito e um exemplo de indivíduos híbridos, originados do cruzamento de duas espécies distintas e que são estéreis.

Um conceito importante é o de que a evolução dos seres vivos pode ser representada como uma “árvore”. Na extremidade de cada ramo estão as espécies atuais; na origem ou base de cada ramo estão as espécies ancestrais, que originaram as atuais, mas não existem mais.

O objetivo da Sistemática filogenética ou Cladística é formar grupos monofiléticos (grupos de seres que evoluíram a partir de uma única espécie, a qual não originou outras espécies em outros grupos). Mas a apresentação detalhada dos critérios e das técnicas dessa Sistemática costuma ser de compreensão muito difícil para os alunos do Ensino Médio. Dessa forma, optamos por evitar certos termos técnicos usados em Sistemática filogenética (homoplasia, plesiomorfia, apomorfia, sinapomorfia, etc.). Em vez disso, os alunos devem ser estimulados a compreender que as árvores filogenéticas ou cladogramas indicam o grau de parentesco evolutivo entre os grupos, correspondendo a hipóteses filogenéticas, que podem ser reformuladas a partir de novos estudos.

O texto a seguir tece alguns comentários sobre as escolas de Sistemática.

### A Sistemática

Ao longo da história da Sistemática, surgiram três escolas de classificação: a Sistemática evolutiva clássica; a Sistemática filogenética ou Cladística; e a Sistemática fenética ou numérica. A taxonomia numérica não se vale da filogenia e procura formar grupos que reúnam o maior número possível de semelhanças entre si. A Sistemática evolutiva e a cladística valem-se da evolução para reconstruir a filogenia dos grupos de seres vivos. Entre outras diferenças, porém, a Sistemática evolutiva, ao contrário da cladística, aceita a formação de grupos não monofiléticos, isto é, de grupos que descendem de um mesmo ancestral, mas que não englobam todos os descendentes desses ancestrais. A Sistemática filogenética aceita apenas grupos monofiléticos e vale-se apenas de caracteres derivados (novidades evolutivas) compartilhados só pelos organismos de determinado grupo. Na Sistemática cladística, hipóteses acerca das possíveis relações filogenéticas entre dois grupos são testadas comparando esses grupos com um grupo externo, isto é, com um grupo que sabemos estar fora do grupo em estudo.

Hoje a Sistemática filogenética é a escola de maior aceitação. O criador dessa abordagem foi o entomologista alemão Willi Hennig

(1913-1976). Sobre esse tema, o professor pode consultar o livro *Fundamentos de Sistemática filogenética*, de Dalton de Souza Amorim (Ribeirão Preto: Holos, 2002). Na internet também há endereços com aulas sobre Sistemática cladística, por exemplo, em português (acessos em: 28 mar. 2016):

<[www.qualibio.ufba.br/welcome.html](http://www.qualibio.ufba.br/welcome.html)>

<[www.virtu.ufjf.br/artigo%20a10.pdf](http://www.virtu.ufjf.br/artigo%20a10.pdf)>

<[www.mzufba.ufba.br/WEB/Ensino\\_Arquivos/Mazzarolo\\_Apostila.pdf](http://www.mzufba.ufba.br/WEB/Ensino_Arquivos/Mazzarolo_Apostila.pdf)>

e, em inglês:

<[www.amnh.org/learn/pd/fish\\_2/pdf/compleat\\_cladist.pdf](http://www.amnh.org/learn/pd/fish_2/pdf/compleat_cladist.pdf)>

<[http://evolution.berkeley.edu/evolibrary/article/0\\_0\\_0/phylogenetics\\_01](http://evolution.berkeley.edu/evolibrary/article/0_0_0/phylogenetics_01)>

<[www.ucmp.berkeley.edu/IB181/VPL/Phylo/PhyloTitle.html](http://www.ucmp.berkeley.edu/IB181/VPL/Phylo/PhyloTitle.html)>

<[www.gwu.edu/~clade/faculty/lipscomb/Cladistics.pdf](http://www.gwu.edu/~clade/faculty/lipscomb/Cladistics.pdf)>

No item 2, “Classificação e evolução”, apresentamos os conceitos de anagênese e cladogênese, que são relevantes para que o aluno compreenda a relação entre classificação e evolução. O professor deve chamar a atenção dos alunos para o fato de que esses conceitos são vistos com mais detalhes no terceiro Volume da Coleção. Deve ficar claro que o livro apresenta a biodiversidade sempre levando em conta o conceito de evolução.

O capítulo apresenta também o sistema de classificação em cinco reinos e o sistema mais recente, em três domínios. O professor pode optar aqui por explicar que, no passado, os seres vivos eram organizados em apenas dois reinos, animal e vegetal, e utilizar como exemplo os cogumelos para mostrar que os sistemas de classificação se modificam com o tempo. Desse modo, pode-se discutir que os sistemas de classificação passam por mudanças, em boa parte devido ao desenvolvimento da Sistemática filogenética e da análise das sequências de DNA e de RNA dos seres vivos.

O texto a seguir trata de algumas mudanças que vêm ocorrendo na classificação dos principais grupos de seres vivos. No entanto, consideramos que as divisões em reinos do grupo dos protistas estão fora do nível do Ensino Médio. Assim, deixamos a critério do professor decidir o que pode ser comentado com o aluno em função de suas condições específicas de ensino-aprendizagem.

## Dos cinco reinos aos três domínios

Em 1969, o cientista Robert Whittaker agrupou os seres vivos em cinco reinos (Monera, Protista, Fungi, Plantae e Animalia), utilizando como critérios, entre outros, o tipo de organização celular e o de nutrição. Essa classificação, porém, foi sendo modificada ao longo do tempo, de modo a refletir melhor a história evolutiva de cada grupo, e passaram a ser levadas em conta também as semelhanças no nível genético e molecular – principalmente as semelhanças no RNA dos ribossomos. Em concordância com os métodos da cladística, o objetivo é sempre buscar grupos monofiléticos.

Em 1988, Lynn Margulis e Karlene Schwartz, no livro *Five Kingdoms* (Cinco reinos, em português), agruparam os protistas no reino Protista. O resgate do termo (já utilizado no passado) pretendia eliminar a conotação de que esse grupo teria apenas representantes unicelulares.

O problema é que as filogenias baseadas em semelhanças moleculares indicam que alguns procariotas diferem tanto entre si quanto diferem dos eucariotas. Do mesmo modo, entre os protistas há grupos mais aparentados com as plantas, por exemplo, do que com outros protistas. Isso significa que moneras e protistas não são grupos monofiléticos.

A proposta mais recente consiste em dividir os seres vivos em três domínios (como se fossem “super-reinos”): Archaea (arqueas), Bacteria (bactérias) e Eukarya (os eucariotes). Esse sistema foi sugerido pelo microbiologista estadunidense Carl Woese (1928-2012).

O domínio Archaea reúne seres unicelulares e procariotas. Inicialmente, associou-se este grupo aos seres encontrados em condições de temperatura, salinidade ou pH desfavoráveis à sobrevivência dos outros organismos; porém estudos mais recentes têm mostrado que as arqueas habitam os mais diversos ambientes: solo, oceanos, pântanos e até o intestino humano.

No domínio Bacteria estão as bactérias, incluindo as cianobactérias.

No domínio Eukarya estão as plantas, animais, fungos e organismos que foram classificados como protistas (ou protoctistas).

## O domínio Eukarya

A tendência mais recente é dividir o domínio Eukarya em vinte reinos ou mais. No entanto, ainda não há consenso sobre a classificação dos organismos que pertenciam ao grupo Protista, que engloba cerca de 200 mil espécies reconhecidas, formando mais de sessenta tipos de organismo. Veja alguns grupos desse domínio:

- **Diplomonada.** São unicelulares, com dois núcleos e múltiplos flagelos. Possuem ribossomos semelhantes aos dos procariontes e citoesqueleto muito simples. Ex.: *Giardia lamblia*, um parasita, tradicionalmente colocado entre os protozoários flagelados (mastigóforos), que vive no intestino humano e pode causar diarreias.
- **Parabasilida.** O mais conhecido representante é o *Trichomonas vaginalis*, protozoário flagelado causador de infecções na vagina e na uretra.
- **Amoebozoa.** Unicelulares. Locomovem-se por pseudópodes. Ex.: gênero *Amoeba*.
- **Rhizaria.** Possuem pseudópodes longos e finos. Ex.: foraminíferos e radiolários.
- **Euglenozoa.** Possuem mitocôndrias com cristas discoidais e flagelos com um arranjo de microtúbulos característico do grupo. Ex.: gêneros *Euglena* e *Trypanosoma*.
- **Alveolata.** Possuem sistema de sacos compactos (alvéolos) no citoplasma. Incluem os dinoflagelados, os esporozoários e os protozoários ciliados.
- **Stramenopila.** Possuem mitocôndrias com cristas tubulares e flagelos (pelo menos em uma fase da vida) com projeções que lembram pelos. Os representantes autotróficos acumulam laminarina como substância de reserva e possuem clorofila *a* e *c*, além de outros pigmentos. Incluem as diatomáceas, as algas douradas (crisófitas), as feofíceas (algas pardas), os oomicetos (que pertenciam ao reino dos fungos).
- **Rhodophyta.** Rodofíceas (algas vermelhas). Possuem clorofila *a* e *d* e o pigmento ficoeritrina. Armazenam um glicídio especial, o amido das florídeas, e as membranas internas

do cloroplasto não formam pilhas de tilacoides, que estão presentes nas plantas.

- **Plantae.** Possuem clorofila *a* e *b*, armazenam amido, possuem cloroplastos com membrana dupla e parede de celulose. [...] As algas verdes formam o grupo mais aparentado evolutivamente com as plantas terrestres.
- **Fungi.** Reúne os fungos. Corpo geralmente formado por hifas, parede celular com quitina e glicogênio como reserva energética.
- **Animalia.** Eucariontes pluricelulares e heterotróficos por ingestão.

**Fontes de pesquisa:** MARGULIS, L.; SCHWARTZ, K. V. *Five Kingdoms: an Illustrated Guide to the Phyla of Life on Earth*. New York: W. H. Freeman, 1998;

PATTERSON, D. J. The Diversity of Eukaryotes. *American Naturalist*, 154 (suppl.), 1999, p. S96-S124;

REECE, J. B. et al. *Biologia de Campbell*. 10. ed. Porto Alegre: Artmed, 2015;

SADAVA, D. *Life: the science of Biology*. 8. ed. Sunderland: Sinauer, 2008, p. 560-608;

TUDGE, C. *The Variety of Life: a Survey and a Celebration of All the Creatures that Have Ever Lived*. Oxford: Oxford University, 2000.

**Na internet:**

*Tree of Life Project*. Disponível em: <[www.tolweb.org](http://www.tolweb.org)> (acesso em: 28 mar. 2016).

O boxe *Biologia e sociedade* (p. 14) apresenta um resumo de algumas aplicações práticas da Sistemática, ilustrando a interação entre a pesquisa básica e a tecnologia. O professor pode optar por pedir uma pesquisa em grupo que trate de forma mais detalhada essas aplicações da Sistemática. Para esse trabalho, pode ser consultado, entre outros:

FUTUYMA, D. J. *Evolução, ciência e sociedade*. São Paulo: Editora da Sociedade Brasileira de Genética (SBG), 2002. Disponível em (acesso em: 28 mar. 2016): <[www.sbg.org.br/ebook/Novo/ebook\\_evolucao.pdf](http://www.sbg.org.br/ebook/Novo/ebook_evolucao.pdf)>.

## CAPÍTULO 2: Vírus e procariontes

A abertura da Unidade 2 reforça a ideia da célula como unidade da vida e relembra a existência de organismos mais simples, com apenas uma célula, e de seres mais complexos, que são pluricelulares. O texto traz novamente a reflexão sobre os vírus, que são acelulares.

O texto que abre o capítulo faz um breve histórico sobre a gripe espanhola, mencionando que a doença

surgiu na Ásia e se espalhou rapidamente pelo mundo, matando aproximadamente 40 milhões de pessoas, com 300 mil mortes no Brasil. Ao pensar sobre o histórico de algumas viroses, o aluno deve perceber que novos vírus estão sempre surgindo por evolução e que muitos deles constituem um problema sério de saúde pública.

As questões que se seguem à abertura permitem aferir o conhecimento prévio do aluno sobre o tema do capítulo. O professor pode perguntar se eles se lembram de grandes epidemias recentes, como a do zika vírus. Convém também propor uma reflexão sobre como as epidemias podem interferir em alguns de nossos hábitos. Um exemplo é a gripe H1N1, que também ficou conhecida em 2009 como gripe suína. Com o aumento do número de mortes causadas pelo H1N1, tornou-se mais comum a presença de álcool gel em vários tipos de estabelecimento. As pessoas foram incentivadas a utilizar esse antisséptico ou a lavar as mãos com água e sabão várias vezes ao dia para higienizar as mãos como forma de evitar a contaminação pelo vírus. O item 1, “A descoberta dos vírus”, apresenta um breve histórico do tema. O professor pode pedir uma pesquisa em grupo mais detalhada sobre essa história e suas implicações para a ciência e para a saúde.

Depois que os alunos tiverem lido o item 2, “Estrutura e reprodução dos vírus”, o professor pode perguntar se eles acham que o vírus é um ser vivo ou não. As respostas podem variar de acordo com o critério utilizado para definir vida. Alguns livros, como o de Alberts et al., não consideram os vírus seres vivos e comentam, em *Fundamentos da Biologia celular* (Porto Alegre: Artmed, 2006, p. 4), que “se as células são a principal unidade da matéria viva, então, nada menos do que uma célula pode ser verdadeiramente chamada de vida. Os vírus, por exemplo, contêm alguns dos mesmos tipos de moléculas que as células, mas não têm a capacidade de se reproduzir pelos seus próprios esforços; eles só conseguem ser copiados parasitando a maquinaria reprodutiva das células que eles invadem”. No entanto, mencionamos no texto que outros autores consideram que as características de reprodução, hereditariedade e evolução já são suficientes para enquadrar os vírus entre os seres vivos.

O professor pode se valer de perguntas do tipo: “Como contraímos gripes e resfriados?” ou “Por que devemos tomar vacinas?” para introduzir as formas de transmissão dos vírus e a importância da vacinação.

É fundamental mostrar ao aluno a importância da vacinação em termos tanto individuais como sociais, chamando a atenção para as campanhas de vacinação e para o fato de que a varíola e a poliomielite foram erradicadas no Brasil graças à vacinação. A questão 2 de **Atividades** permite que o aluno faça uma conexão entre a vacinação e a capacidade de os vírus sofrerem mutação e evolução.

O professor pode aproveitar o que os alunos viram sobre bacteriófagos para promover uma conexão com a evolução. Ele pode explicar, inicialmente, que a seleção natural, por um lado, favorece os predadores mais rápidos, que têm mais chance de conseguir comida e, portanto, de sobreviver e se reproduzir; por outro, também as presas mais rápidas são favorecidas. O resultado é o fenômeno de coevolução, em que há uma influência recíproca entre a evolução de duas espécies.

Após essa explicação, ele pode perguntar aos alunos se algo parecido ocorre entre bacteriófagos e bactérias e, em seguida, explicar que a coevolução ocorre também entre parasitas e hospedeiros. Mutações em proteínas da membrana de bactérias podem impossibilitar o encaixe com as proteínas de determinado bacteriófago, impedindo seu ataque. Além disso, as bactérias têm enzimas capazes de destruir o DNA dos bacteriófagos. Por outro lado, a seleção natural favorece bacteriófagos mutantes capazes de penetrar na bactéria e resistir à ação das enzimas. Assim, há uma coevolução entre bactérias e bacteriófagos.

Embora o tema da Aids já tenha sido tratado no primeiro Volume desta Coleção, achamos pertinente revisar alguns conceitos e acrescentar novas informações e atividades sobre esse tópico, uma vez que, ao estudar melhor os vírus, alguns aspectos sobre o HIV podem ser mais bem compreendidos pelo aluno.

O primeiro item da atividade 1 de **Trabalho em equipe** deve ajudar o aluno a atualizar os dados estatísticos sobre a Aids e o trabalho de prevenção da doença no Brasil e no mundo, bem como a compreender que a maior parte dos casos de Aids ocorre nos países mais pobres, como certas regiões da África, onde uma pessoa a cada cinco vive com o HIV. O professor deve aproveitar para enfatizar o fato de que a Aids, portanto, se expande justamente nos países onde as pessoas não têm dinheiro para comprar os medicamentos que controlam a doença, e onde também são precários os programas de assistência e prevenção. Em relação ao Brasil, a atividade deve destacar a importância da distribuição

gratuita desses medicamentos, promovida pelo governo. Essas e outras informações podem ser obtidas nos sites a seguir (acessos em: 28 mar. 2016):

<[www.aids.gov.br](http://www.aids.gov.br)>

<[www.unaids.org](http://www.unaids.org)> (em inglês)

<[www.aids.org](http://www.aids.org)> (em inglês).

O segundo item (uma pesquisa histórica sobre a Revolta da Vacina) pode ser feito com auxílio dos professores de História e Sociologia, permitindo uma integração entre essas disciplinas e a Biologia. Para reforçar essa integração, o professor pode pedir ainda uma pesquisa adicional sobre as implicações sociais da gripe espanhola, mencionada na abertura do capítulo.

O terceiro item pede um trabalho de pesquisa sobre algumas viroses. O professor pode acrescentar a essa atividade uma pesquisa sobre outros tipos de viroses não estudados no capítulo. O texto a seguir pode ser apresentado aos alunos e servir como fonte de consulta para essa atividade.

## Mais algumas viroses

### Hepatite viral

É uma inflamação do fígado provocada por cinco tipos de vírus: **A, B, C, D e E**. Os sintomas são parecidos: icterícia (pele e olhos amarelados), febre, náuseas, vômitos, falta de apetite, etc.

Os vírus tipos **A** e **E** são transmitidos por água e alimentos contaminados; o **B**, principalmente por sangue e derivados, e através de relações sexuais. A hepatite **C** é transmitida principalmente por contato com sangue e derivados contaminados, e a hepatite **D**, por sangue e derivados e por relações sexuais.

Para as hepatites **A** e **B** já existem vacinas.

### Sarampo

Acomete principalmente crianças até 10 anos de idade – elas apresentam tosse, febre alta e manchas vermelhas no corpo. Ficam curadas naturalmente em poucos dias. Mas, sobretudo em crianças subnutridas, podem ocorrer complicações, como broncopneumonia, provocadas por bactérias e que exigem pronto atendimento médico.

A transmissão se dá pela eliminação do vírus pelas vias respiratórias. A prevenção é

feita com vacina (vacina tríplice viral, eficaz contra sarampo, rubéola e caxumba).

### Rubéola

Também típica de crianças, seus sintomas são semelhantes aos da gripe, além de aparecerem manchas rosadas na pele, menores que as do sarampo. Sua evolução é benigna, mas, em mulheres grávidas, o vírus pode passar através da placenta e provocar problemas no feto (surdez, doenças cardíacas, etc.). A prevenção é feita por meio de vacina.

### Catapora (varicela)

Acomete principalmente crianças, que apresentam febre, enjoo, vômitos e pequenas bolhas no corpo. O doente melhora sozinho em poucos dias, mas é necessário procurar o médico. As bolhas não devem ser coçadas, pois pode haver contaminação por bactérias. Em alguns casos, o vírus pode permanecer em estado latente e, mais tarde, no adulto, provocar bolhas na pele e febre alta: é o herpes-zóster ou “cobreiro”. A melhor prevenção é a vacinação.

### Caxumba ou parotidite

Trata-se de uma inflamação da parótida (glândula salivar situada à frente da orelha). A cura é espontânea, mas o doente deve ficar em repouso. Em adultos, pode haver complicações em outros órgãos, como os testículos e os ovários (nesse caso, pode causar esterilidade). A vacinação é a melhor medida preventiva.

### Rotavirose

Trata-se de uma doença causada pelo rotavírus. Provoca diarreia abundante – que pode durar de três a oito dias –, febre, dores abdominais e vômitos. É mais comum em crianças com menos de 5 anos. É preciso pronto atendimento médico, pois há risco de desidratação grave, que pode ser fatal.

O vírus é transmitido por água, alimentos e objetos contaminados pelas fezes de pessoas infectadas. A prevenção consiste em medidas de higiene e saneamento básico. Há uma vacina incluída no Programa Nacional de Imunização, do Ministério da Saúde.

### Mononucleose

Na maior parte das vezes essa doença é causada pelo vírus Epstein-Barr (menos comumente pelo citomegalovírus). Há febre, aumento dos linfonodos (íngua) e dor de garganta. A transmissão ocorre pelo contato com a saliva do indivíduo infectado (pelo beijo).

### Febre aftosa

Causada por vários tipos de vírus, ataca bois, porcos, cabras e outros herbívoros de casco fendido, acarretando a morte de animais e prejuízos econômicos para a pecuária – principalmente no Brasil, que possui o maior rebanho bovino do mundo.

O animal tem febre e formam-se feridas na boca e nos cascos, o que faz com que ele tenha dificuldade de se alimentar e se locomover, entre outros sintomas. O vírus passa da saliva do animal para os alimentos, os utensílios e o alojamento do gado. Na suspeita da doença, o veterinário deve ser notificado, e os animais doentes, isolados. Há uma vacina que deve ser aplicada periodicamente.

### Variola

A variola atacou a humanidade por mais de 3 mil anos. Entre 1896 e 1980, provocou a morte de cerca de 300 milhões de pessoas. Essa virose é transmitida pelas gotículas de saliva dos portadores do vírus ou pelo uso de objetos contaminados. Causa febre e lesões com pus na pele que, quando secam, deixam cicatrizes. Essa doença foi erradicada em 1980, graças a campanhas de vacinação, mas alguns vírus foram preservados em laboratório.

Ao desenvolver o item 4, “Bactérias: características gerais”, convém dimensionar o conhecimento prévio dos alunos por meio de questionamentos, como “Onde podemos encontrar bactérias?”; “Por que as pesquisas com bactérias são tão importantes para o ser humano? E para o ambiente como um todo?”, etc. O professor pode aproveitar essa oportunidade para abordar conceitos equivocados, que fazem parte do senso comum, como a ideia de que as bactérias sempre causam doenças. A questão 4 de **Atividades** permite avaliar se os alunos compreenderam esse ponto,

reforçando a ideia de que nem todas as bactérias são patogênicas, mostrando sua importância na decomposição e reciclagem da matéria, na associação com outros seres vivos (com as leguminosas), na produção de iogurtes, queijos e outros produtos, na engenharia genética (produção de insulina, por exemplo) e no controle biológico de insetos pragas, como apresentado no boxe *Biologia e tecnologia* (p. 28).

O professor pode lançar mão também de perguntas mais específicas para iniciar esse item: “Por que devemos guardar alguns alimentos na geladeira?”; “Por que é importante lavar as mãos, principalmente antes de comer?”; “Por que os médicos indicam antibióticos para certos doentes?” e “Por que não devemos comer alimentos acondicionados em latas estufadas?”

É importante alertar os alunos para que eles tomem antibiótico apenas sob orientação médica, uma vez que esse medicamento é eficiente apenas quando usado por certo intervalo de tempo e na dosagem correta – o que apenas o médico pode determinar. Em 2010, a Anvisa determinou a venda de antibiótico apenas com receita médica em duas vias. Esse medicamento pode causar problemas ao organismo e seu uso incorreto pode levar à seleção de bactérias resistentes.

O professor também pode pedir uma pesquisa em grupo sobre as doenças negligenciadas, que poderá contar com o apoio de professores das disciplinas de Sociologia e Filosofia. O texto a seguir detalha um pouco mais essa questão.

### O preço da pesquisa

Pesquisas científicas dependem imensamente de recursos econômicos. E a quantidade de recursos disponíveis para determinada pesquisa muitas vezes depende dos interesses das empresas em investir em um produto e do lucro que ele pode dar. Isso vale bastante para a pesquisa de medicamentos: o desenvolvimento de uma nova droga pode consumir milhões de dólares, mas pode também dar muito lucro para a empresa, pois quem quiser produzir o medicamento tem de pagar à companhia detentora da patente por até vinte anos.

Por isso, há muitas vezes um interesse maior em pesquisar medicamentos que atendam pessoas capazes de comprá-los. Isso pode deixar de lado a pesquisa com doenças que

atingem as pessoas mais pobres dos países em desenvolvimento, como malária, leishmaniose e tuberculose. São as chamadas doenças negligenciadas. Para diminuir esse problema, o governo pode destinar verbas para pesquisa e produção de medicamentos em órgãos públicos de pesquisa e em universidades dos próprios países em desenvolvimento.

**Fontes de pesquisa:** SOUZA, W. de (Coord.). *Doenças negligenciadas*. Rio de Janeiro: Academia Brasileira de Ciências, 2010. Disponível em: <[www.cdts.fiocruz.br/inct-idn/index.php?option=com\\_k2&view=item&layout=item&id=112&Itemid=61](http://www.cdts.fiocruz.br/inct-idn/index.php?option=com_k2&view=item&layout=item&id=112&Itemid=61)>; <<http://portal.saude.pe.gov.br/programa/secretaria-executiva-de-vigilancia-em-saude/programa-sanar-doencas-negligenciadas>> (acessos em: 28 mar. 2016).

O boxe *Biologia e História* (p. 31) aborda o preconceito que durante muito tempo existiu contra as pessoas afetadas pela hanseníase. Atualmente, embora tenha tratamento, a doença ainda afeta muitas pessoas, especialmente as de menor poder aquisitivo. Por isso, é fundamental que o professor refute qualquer forma de preconceito e incentive os alunos a fazer o mesmo.

Não se deve exigir que os alunos memorizem todos os dados do texto sobre as diversas doenças provocadas por bactérias. Mas é importante que eles ganhem familiaridade com as informações, já que esse é um assunto de grande aplicação prática. Várias questões da seção **Atividades** colaboram para esse aprendizado. O professor pode pedir então uma pesquisa sobre outras doenças causadas por bactérias e que não foram estudadas no capítulo, como foi feito em relação à peste negra, por exemplo, na atividade **Trabalho em equipe**. O texto a seguir pode servir como fonte de consulta para essa pesquisa.

### Mais algumas doenças causadas por bactérias

#### Difteria (crupe)

Muitas vezes fatal, é causada pelo bacilo diftérico (*Corynebacterium diphtheriae*) e acomete principalmente crianças. Surge uma membrana branca na garganta, acompanhada de dor, febre, dificuldade de falar e engolir. Essa doença é transmitida por contato direto com pessoas contaminadas, por meio das secreções nasais; ou por contato indireto, ou seja,

por meio de objetos que entraram em contato com secreções.

O tratamento deve ser feito o mais rápido possível. A vacina antidiftérica está associada à antitetânica e à antipertussis (contra a coqueluche) na forma de vacina tríplice bacteriana.

### Coqueluche

Doença típica de crianças, a coqueluche é causada pela *Bordetella pertussis*. O doente apresenta tosse intensa.

É transmitida de pessoa para pessoa por gotículas eliminadas pela tosse, sendo necessário atendimento médico para evitar complicações como a pneumonia. A prevenção é feita pela vacina tríplice bacteriana (contra coqueluche, difteria e tétano).

### Escarlatina

Provocada pelo *Streptococcus pyogenes*, causa dor de garganta, febre, dores musculares, náuseas e vômitos. As tonsilas palatinas ficam inflamadas, com pus, e a língua apresenta pequenas saliências (“língua de framboesa”). Depois, surgem erupções na pele e manchas de cor vermelho-escarlate. Essa doença é transmitida por contato direto com pessoas contaminadas, por meio das secreções nasais ou saliva; ou por contato indireto, por meio de objetos que entraram em contato com secreções.

De modo geral, a evolução é benigna, mas o médico deve ser consultado, pois pode haver complicações causadas pela disseminação da infecção para outros órgãos.

### Pneumonia

A maioria das pneumonias é provocada pela bactéria *Streptococcus pneumoniae* (há também algumas formas de pneumonia causadas por vírus). Começa com febre alta, dor no peito ou nas costas e tosse com expectoração.

O médico deve ser consultado para iniciar o tratamento com antibióticos, e o doente deve ficar em repouso. A pneumonia é mais perigosa para pessoas mais idosas, pois as defesas do organismo, e particularmente as do sistema respiratório, diminuem consideravelmente.

### Febre tifoide

Causada pela *Salmonella typhi*, provoca úlceras no intestino, diarreia, cólica e febre. A transmissão é feita por água ou alimentos contaminados com fezes dos portadores.

O tratamento é feito com antibióticos específicos, indicados pelo médico. A prevenção inclui vacinas e melhoria das condições sanitárias da população, além da higiene no manuseio dos alimentos.

### Tifo

É uma doença provocada por bactérias parasitas do gênero *Rickettsia* (identificadas pelo médico norte-americano Howard T. Ricketts, 1871-1910), que só se reproduzem no interior de células hospedeiras.

O tifo epidêmico é transmitido pelo piolho humano do corpo e causa dor de cabeça e manchas vermelhas no corpo, entre outros sintomas. Já o tifo endêmico tem sintomas parecidos, sendo transmitido pela pulga do rato.

O tratamento é feito com antibióticos e a prevenção pelo saneamento básico (boas condições de habitação) e higiene.

### Antraz

Em 2001, nos Estados Unidos, algumas pessoas receberam correspondência contaminada com esporos da bactéria *Bacillus anthracis*, que causa o antraz ou carbúnculo (esse nome deriva do fato de, em alguns casos, surgir na pele uma lesão preta como carvão). A partir daí, passou-se a discutir a hipótese de essa bactéria ser usada como arma biológica, uma vez que seus esporos podem resistir até centenas de anos no ambiente.

Normalmente, o antraz ataca animais herbívoros (bois, ovelhas, antílopes, etc.) e, mais raramente, pessoas em regiões agrícolas que entram em contato com animais infectados ou que manuseiam produtos desses animais (leite, carne, couro, lã, etc.). A forma mais comum de transmissão é pelo contato do esporo com a pele; surge uma ferida no local que, se tratada com antibióticos, é curada com facilidade.

A doença é mais séria quando o esporo é inalado; os sintomas iniciais se parecem com os da gripe e, quando a pessoa finalmente procura tratamento, já podem ter se desenvolvido problemas respiratórios às vezes fatais.

### Úlcera

A bactéria *Helicobacter pylori* é a única capaz de viver no meio fortemente ácido do estômago (pH de aproximadamente 1,4); ela consegue transformar ureia em amônia, que é usada para neutralizar o ácido.

Essa bactéria é encontrada em muitos pacientes com gastrite crônica (inflamação da mucosa do estômago) e na grande maioria dos pacientes com úlcera. No entanto, nem todas as pessoas portadoras da bactéria têm gastrite e úlcera, e outros fatores genéticos e ambientais (fumo, uso de certos medicamentos, etc.) estão envolvidos nesses problemas. Caso haja bactérias e úlceras, o uso de medicamentos específicos para erradicá-las diminui bastante a chance de se voltar a ter úlcera.

### Febre maculosa

Causada pela bactéria *Rickettsia rickettsii*, transmitida pela picada de carrapatos (o mais comum é o carrapato-estrela), provoca, em geral, febre, dor de cabeça e manchas avermelhadas no corpo (máculas). É preciso pronto atendimento médico, pois, sem tratamento, alguns casos evoluem para um estado grave, com risco de morte.

A febre maculosa é um exemplo de zoonose, isto é, de doença transmitida, em condições naturais, de animais vertebrados para o ser humano. A prevenção é feita: evitando exposição aos lugares infestados por carrapatos; usando roupas claras (que facilitam a visualização do carrapato) e calças compridas e botas nos locais infestados; examinando o corpo em busca de carrapatos a cada três horas (quanto mais rápida for a remoção do carrapato, menores os riscos de contrair a doença; o carrapato deve ser removido por meio de leve torção, sem esmagá-lo, para não liberar bactérias que podem entrar pela lesão); mantendo o gramado aparado e rente ao solo; usando produtos especiais para matar carrapatos de animais domésticos.

Os dois últimos itens da atividade 1 de **Trabalho em equipe** estimulam o aluno e a coletividade a se preocupar com a prevenção das doenças infectocontagiosas, chamando a atenção para a vacinação e a higiene alimentar e para o perigo da diarreia infecciosa. O professor pode complementar essa atividade solicitando aos alunos que, em grupo, elaborem campanhas de prevenção, dirigidas à comunidade local, sobre algumas doenças provocadas por bactérias. Se possível, deve-se organizar também palestras com profissionais da área de saúde sobre essas doenças.

As arqueas são apresentadas nesse capítulo, uma vez que são procariontes. No entanto, como mostra o texto, isso não significa um parentesco maior com as bactérias, já que as propostas mais recentes incluem esses seres em domínios diferentes.

Optamos por não discutir uma árvore filogenética para grupos de arqueas e bactérias, considerando que esse tema é mais apropriado para o nível universitário. Levamos em conta que essa árvore seria bem mais complexa porque, nesses dois grupos, é bastante comum a transferência de material genético de um organismo para outro que não é seu descendente, chamada transferência horizontal (ou lateral) de genes. Para saber mais sobre o tema e suas relações com a evolução, ver (os endereços eletrônicos sugeridos foram acessados em: 28 mar. 2016):

DOOLITTLE, W. F. Uprooting the Tree of Life. *Scientific American*. Feb. v. 282, n. 2. p. 90-5, 2000.

VETSIGIAN, K.; WOESE, C.; GOLDENFELD, N. Collective Evolution and the Genetic Code. *Proc. Natl. Acad. Sci.*, v. 103, n. 28, p. 10696-10701, Jul. 2006. Disponível em: <[www.pnas.org/content/103/28/10696.full.pdf+html](http://www.pnas.org/content/103/28/10696.full.pdf+html)>.

WOESE, C. The Universal Ancestor. *Proc. Natl. Acad. Sci.* v. 95, p. 6854-6859, Jun. 1998. Disponível em: <[www.pnas.org/content/95/12/6854.full.pdf+html](http://www.pnas.org/content/95/12/6854.full.pdf+html)>.

#### Na internet:

<[www.unb.br/ib/cel/microbiologia/genetica/genetica.html](http://www.unb.br/ib/cel/microbiologia/genetica/genetica.html)>.

<[www.ufv.br/petbio/informativos/dezembro2009/artigo01.htm](http://www.ufv.br/petbio/informativos/dezembro2009/artigo01.htm)>.

## CAPÍTULO 3: Protozoários e algas

Para iniciar o estudo dos protistas, o professor pode se valer das questões de abertura do capítulo ou perguntar aos alunos se eles conhecem os agentes causadores e o modo de transmissão da doença de Chagas e da leishmaniose, encontradas em nosso país.

Nesse mesmo capítulo também serão estudadas as algas. O professor deve enfatizar o papel ecológico desses organismos como base das cadeias alimentares.

O capítulo também discutirá algumas endemias brasileiras. É importante que o aluno identifique o modo de transmissão dessas doenças e as medidas que devem ser tomadas para sua prevenção. Várias questões da seção **Atividades** podem ser usadas para avaliar o conhecimento do aluno sobre esses tópicos.

Milhões de pessoas no mundo estão infectadas pelo protozoário causador da doença de Chagas. A maior parte dos infectados vive em países latino-americanos, mas, devido à imigração, a doença já chegou a países desenvolvidos como o Japão e a Austrália. Nesses países, a doença de Chagas passou recentemente a ser um desafio ao setor da saúde. No Brasil, o Ministério da Saúde calcula que há de dois a três milhões de portadores da doença.

Além da forma pelo vetor, a transmissão pode ocorrer quando se ingerem alimentos contaminados pelo protozoário, caso haja falta de higiene no preparo desses alimentos. Surtos de doença de Chagas aguda relacionados à ingestão de alimentos contaminados (caldo de cana, açaí, bacaba, entre outros) vêm ocorrendo especialmente na Amazônia Legal. No período de 2000 a 2011, foram registrados mais de mil e duzentos casos, 70% deles por transmissão oral.

A doença de Chagas é uma doença negligenciada, uma vez que não recebe grandes investimentos de pesquisa, especialmente de países desenvolvidos. Em 2016, portadores da doença criaram uma associação em busca de visibilidade e direitos. Veja mais informações em (acessos em: 20 mar. 2016):

<[www.unasus.gov.br/noticia/aplicativo-identificabarbeiro](http://www.unasus.gov.br/noticia/aplicativo-identificabarbeiro)>

<<http://portal.fiocruz.br/pt-br/content/em-busca-de-visibilidade-e-direitos>>.

O boxe *Biologia e ambiente* (p. 45) apresenta o fenômeno da maré vermelha, provocado pelo aumento da população de certas algas devido a desequilíbrios ambientais. Esse fenômeno pode trazer diversas consequências prejudiciais tanto para a biota do local quanto para o ser humano.

A **Atividade prática** ao final do capítulo demanda o uso do microscópio. O professor deve verificar se os alunos já conhecem as noções básicas de uso do equipamento, os cuidados que devem ter com esse instrumento, as funções de suas principais partes, etc.

A primeira pesquisa proposta na seção **Trabalho em equipe** ajuda o aluno a conhecer melhor a situação das endemias no Brasil, um tema que, devido a sua importância, está também bastante representado nas outras atividades do capítulo. A atividade colabora ainda para o desenvolvimento da criatividade do aluno e propicia a interdisciplinaridade e o contato com a comunidade dentro e fora da escola.

O professor pode pedir ainda uma pesquisa sobre trabalhos recentes feitos no Brasil sobre as doenças endêmicas causadas por protozoários. Uma pesquisa recente, por exemplo, demonstrou que os barbeiros não se alimentam exclusivamente de sangue, como se pensava, mas podem também consumir nutrientes de frutas. Veja em (acesso em: 20 mar. 2016): <<https://agencia.fiocruz.br/vetores-da-doenca-de-chagas-tambem-ingerem-vegetais>>.

A segunda pesquisa amplia o conhecimento sobre importantes cientistas brasileiros, valorizando a produção científica nacional.

Um dos aspectos que mais pode despertar o interesse dos alunos no estudo desse capítulo é a variedade de produtos obtidos a partir das algas, o que, muitas vezes, é desconhecido para muitas pessoas. É importante também chamar a atenção para as algas utilizadas como alimento em certas culturas, o que permite que eles entrem em contato com a pluralidade cultural dos seres humanos. O boxe *Biologia e sociedade* (p. 47) comenta algumas das aplicações do cultivo de algas, mas chama a atenção para o fato de que isso demanda uma série de pesquisas envolvendo Biologia e Química, entre outras áreas de estudo, para analisar a viabilidade econômica e social desses produtos.

## CAPÍTULO 4: Fungos

Após pedir aos alunos para observarem a foto de abertura do capítulo, o professor pode perguntar que diferenças existem entre um cogumelo e uma planta. Ele pode acrescentar a informação que está na questão 1 de **Atividades**, de que os fungos já foram considerados plantas. Finalmente, o professor pode dar a informação de que os fungos podem sobreviver na ausência de luz e então perguntar como um cogumelo se alimenta. A partir daí pode discutir o tipo de nutrição dos fungos e sua importância para a reciclagem da matéria na natureza, um aspecto que é avaliado na questão 3 de **Atividades**. A seguir, pode perguntar se alguém conhece algum alimento, medicamento ou

outros produtos feitos com fungos e a partir daí explicar a importância deles para a produção de álcool, penicilina, alguns tipos de queijos, etc.

O boxe *Biologia e cotidiano* (p. 55) traz algumas aplicações dos fungos para a produção de bebidas e alimentos, as quais remontam à Mesopotâmia.

O texto do tópico “Ascomicetos” menciona que algumas espécies do gênero *Penicillium* produzem a penicilina, um antibiótico. O professor pode pedir aos alunos uma pesquisa sobre a história da penicilina e também sobre as implicações sociais e econômicas da descoberta desse e de outros antibióticos, colaborando assim para um trabalho integrado entre as disciplinas de Sociologia, História e Biologia. O texto a seguir relata alguns detalhes dessa descoberta.

### A descoberta da penicilina

Em 1929, o cientista escocês Alexander Fleming (1881-1955) estava cultivando um tipo de bactéria patogênica em placas de vidro quando observou um fenômeno estranho.

Uma das placas tinha sido contaminada por um fungo e, ao seu redor, havia uma região clara, na qual nenhuma bactéria crescia. Pensou, então, que talvez o fungo produzisse uma substância capaz de impedir o crescimento de bactérias.

O fungo era uma espécie de *Penicillium*, e a substância produzida foi chamada penicilina. Surgiu, assim, o primeiro antibiótico. O problema é que o fungo era difícil de ser cultivado e a quantidade de antibiótico produzido era muito pequena. Somente em meados da década de 1940, com base no trabalho de outros cientistas, é que a penicilina pôde ser fabricada em grande quantidade.

O professor também deve enfatizar que não se deve colher cogumelos para comer, explicando que só uma pessoa que os conhece bem consegue diferenciar os venenosos dos não venenosos.

Pode ser feita uma atividade em grupo para pesquisar os diversos tipos de micose (sapinho, frieira, tinha, etc.) e as medidas preventivas contra essas doenças (um médico pode ser chamado para uma apresentação sobre o tema).

A **Atividade prática** no final do capítulo permite aos alunos observar alguns tipos de fungos ao microscópio

e, do mesmo modo que no capítulo anterior, deve ser feita com auxílio do professor e seguindo as orientações no uso do microscópio vistas no Volume 1 desta Coleção.

## CAPÍTULO 5: Briófitas e pteridófitas

Os ancestrais das briófitas e pteridófitas foram os primeiros representantes das plantas terrestres e o professor pode aproveitar esse capítulo para trabalhar as diversas adaptações ao meio terrestre presentes nessas plantas, como é descrito no tópico “Adaptações à vida terrestre” (p. 62).

Entre as perguntas iniciais que podem ser feitas (além das questões que abrem o capítulo), estão: “Por que as samambaias são, em geral, maiores que os musgos?” e “Por que os musgos são geralmente encontrados em ambientes úmidos?”.

O estudo das briófitas e pteridófitas torna-se mais interessante para os alunos se eles compreenderem as adaptações dessas plantas à vida terrestre – em vez de simplesmente decorarem o nome das estruturas dessas plantas ou os nomes de seus grupos. É fundamental então que os alunos compreendam alguns pontos. Por exemplo, a ausência de vasos condutores de seiva explica por que não encontramos plantas altas entre os musgos (nos quais o transporte de substâncias pelo corpo é feito célula a célula e, por isso, é mais lento que em outras plantas terrestres). O fato de o corpo dos musgos não possuir, em geral, uma cobertura impermeável explica por que essas plantas são mais comuns em locais úmidos. O tamanho pequeno também é importante na reprodução sexuada desses vegetais, uma vez que o gameta masculino sai da planta e nada até o gameta feminino. A avaliação desse tópico é feita pela questão 1 de **Atividades**. A formação de uma planta diferente da inicial, adaptada à produção de esporos, permite que a espécie se espalhe pelo ambiente.

Da mesma forma, em relação às pteridófitas, é importante mostrar que a presença de vasos condutores aumenta a eficiência do transporte de nutrientes e é um dos fatores que permitem a essas plantas atingir maior altura que as briófitas. Além disso, ao contrário do que acontece nos musgos, a planta principal das samambaias produz esporos, e não gametas. O fato de os gametas serem produzidos em outra planta, de menor porte – que, por isso, fica molhada com mais facilidade e propicia o encontro dos gametas –, também contribui para que a planta principal possa atingir tamanho maior do que nos musgos.

Esses temas aparecem nas questões de **Atividades**. Nessa seção, há também várias questões que permitem uma comparação entre os ciclos reprodutivos das briófitas e pteridófitas, como ocorre nas questões 2, 6 e 12. O boxe *Processos evolutivos* (p. 63) trata da formação das reservas de carvão mineral, importante combustível fóssil que se originou de briófitas e pteridófitas que habitavam o planeta durante o período Carbonífero.

Em **Trabalho em equipe**, é solicitado aos alunos que façam uma pesquisa sobre o uso de vasos de xaxim no cultivo de plantas ornamentais. O professor deve destacar que, devido à exploração sem controle, as espécies de pteridófitas destinadas a esta finalidade atualmente constam nas listas oficiais de espécies ameaçadas de extinção. O professor pode aproveitar a oportunidade para reforçar a ideia de que todas as espécies são importantes na manutenção da biodiversidade e do equilíbrio do meio ambiente.

A **Atividade prática** permite aos alunos visualizar o cloroplasto das briófitas, ressaltando que a presença dessa organela é uma característica comum a todos os vegetais. Caso julgue pertinente, o professor pode retomar aspectos da fotossíntese vistos no Volume 1. Alguns desses aspectos também serão discutidos neste Volume, no Capítulo 8.

## CAPÍTULO 6: Gimnospermas e angiospermas

A terceira e a quarta questões na abertura do capítulo permitem avaliar o conhecimento prévio do aluno sobre as principais características das gimnospermas e angiospermas. Como sempre, o professor pode se valer também de outras perguntas, entre as quais: “Qual é a função da semente na planta?”. A partir daí, pode-se mostrar as adaptações que permitiram que as gimnospermas e as angiospermas se espalhassem no ambiente terrestre.

Os alunos devem compreender que a maior independência da água para a reprodução é proporcionada também pelo pequeno tamanho do gametófito masculino (grão de pólen), o que permite que ele seja levado de uma planta para outra pelo vento (ou por animais, no caso de muitas angiospermas), e pela formação de um tubo polínico (tópico abordado na questão 3 de **Atividades**). Dependendo menos da água e de ambientes úmidos para a reprodução, essas plantas puderam colonizar os ambientes mais secos e se espalhar pelo planeta.

A pergunta: “Por que a aplicação de inseticida no campo pode prejudicar a reprodução de algumas plantas?” e a questão 1 de **Atividades** permitem discutir a polinização das angiospermas. Esse é um capítulo que se presta muito bem para explicações adaptativas – fato que deve ser bem explorado pelo professor. Um recurso que pode ser usado na discussão das adaptações são as questões 1, 3, 4, 7 e 9 de **Atividades**.

A pergunta: “Por que muitos frutos são tão gostosos?” leva à compreensão de que as substâncias nutritivas de muitos frutos atraem animais que os comem e jogam fora as sementes (ou as engolem e as eliminam intactas nas fezes), contribuindo para a dispersão da planta.

É interessante comentar com os alunos o fato de muitos frutos só se tornarem comestíveis quando amadurecem, o que acontece apenas quando a semente está pronta para germinar. A mudança na cor da fruta, de verde para amarela, por exemplo, facilita essa identificação, pois os animais que se alimentam de frutas geralmente são capazes de distinguir cores.

O amadurecimento de frutos será discutido no Capítulo 8, mas as informações do texto a seguir podem iniciar essa conversa.

### Fruto verde e fruto maduro

Muitos frutos mudam de cor e passam, por exemplo, de verde a amarelo ou vermelho. Essa mudança é acompanhada de uma alteração na consistência e na composição química do fruto.

De início, o fruto pode ser duro e de sabor desagradável – e até conter substâncias tóxicas – para alguns animais. Nessa etapa, a semente ainda não está pronta para germinar. Depois, o fruto muda de cor, torna-se mais visível no meio da folhagem verde (muitos animais que se alimentam de frutas têm a capacidade de distinguir essas cores) e passa a ser mais macio e adocicado, acumulando reservas nutritivas (açúcares, por exemplo).

A cor do fruto maduro e suas substâncias nutritivas atraem animais que podem comê-lo, lançando fora as sementes, que podem já estar prontas para germinar. Quando as sementes são engolidas, elas geralmente não são digeridas e saem com as fezes. Em ambos os casos, a dispersão da semente fica facilitada.

A pergunta: “Se a banana não tem sementes, como ela se reproduz?” pode iniciar a discussão sobre a reprodução assexuada nas plantas. Esse questionamento poderá ser esclarecido por meio da leitura do boxe *Biologia e sociedade* (p. 80). O professor pode perguntar também que tipo de reprodução devemos promover para preservar as características de uma planta cultivada.

O texto abaixo apresenta a história da chamada “orquídea de Darwin”. A partir dele, o professor pode discutir o caráter preditivo da teoria da evolução.

### A orquídea de Darwin

Em 1862, Charles Darwin (1809-1882), naturalista britânico que propôs uma teoria para explicar a evolução das espécies e um dos fundadores da teoria da evolução, descobriu, em Madagascar, uma orquídea (*Angraecum sesquipedale*) cujo néctar se encontrava no fundo de um tubo com cerca de 30 cm de comprimento. Então ele supôs que na ilha deveria existir algum inseto capaz de alcançar o néctar da flor e promover a polinização da planta.

Em 1903, foi identificada na região uma mariposa (*Xanthopan morgani praedicta*) que era forte candidata a polinizadora da orquídea, pois tinha uma língua (probóscide) suficientemente longa para recolher o néctar da flor e, ao fazê-lo, deveria ficar com a parte anterior do corpo recoberta de grãos de pólen e poderia transportá-los de uma orquídea a outra, promovendo a polinização da planta.

Em 1907, finalmente, a polinização da orquídea pela mariposa foi observada e, um dia, enfim, registrada em fotografia.

O professor pode pedir uma pesquisa em grupo sobre a gralha-azul (*Cyanocorax caeruleus*), ave símbolo do estado do Paraná, e suas relações com o pinheiro-do-paraná (*Araucaria angustifolia*). Na pesquisa, o aluno poderá compreender que a semente do pinheiro-do-paraná (pinhão) serve de alimento para vários animais: capivaras, macacos, preás, pacas, esquilos, galhas-azuis, papagaios e muitos outros. Por meio da pesquisa, ele também poderá aprender que a gralha-azul contribui para a dispersão das sementes porque costuma enterrar o pinhão como forma de estocar alimento para o inverno. Como nem todas as sementes são desenterradas,

muitas germinam e dão origem a novas árvores. Isso também pode ocorrer se alguma semente cair no chão enquanto é transportada pelas aves.

O aluno pode pesquisar também sobre o desmatamento devido à exploração da madeira ocorrido na mata de Araucária. Embora esse bioma vá ser estudado no terceiro Volume desta Coleção, este também é um bom momento para pesquisar sobre o tema.

O professor pode pedir uma pesquisa sobre as espécies de planta encontradas com frequência no bairro ou na cidade dos alunos. Eles podem preparar então um trabalho sobre essas plantas, analisando sua relação com a história do local, sua origem, nome científico, etc.

O Volume 3 desta Coleção apresenta as diversas formas de poluição, a importância da biodiversidade e outros temas ecológicos. Mas esses temas também devem ser trabalhados pelo professor ao longo de todo o Ensino Médio. Por isso, pode ser solicitada uma pesquisa em grupo sobre a importância das plantas para a vida na Terra, a importância de se preservar essa biodiversidade, a importância das áreas verdes em uma região urbana, etc.

O boxe *Biologia e cotidiano* (p. 73) apresenta informações sobre o cultivo do pinheiro *Pinus ellioti* e os distintos aproveitamentos que a espécie pode ter. Nesse momento, o professor pode abordar com os alunos as consequências que a introdução de espécies exóticas pode causar: o pinheiro atualmente é considerado uma espécie invasora, que compete com espécies nativas do Brasil, causando extinção local de algumas espécies brasileiras e degradando a qualidade dos fragmentos de vegetação nativa existentes.

Finalmente, a questão 2 da seção **Atividades** exige que o aluno use o que aprendeu sobre árvores filogenéticas, associando o conteúdo deste capítulo e o do capítulo anterior.

A **Atividade prática** permite aos alunos visualizar e identificar as principais estruturas presentes nas flores de angiospermas. É importante que se dê preferência às flores indicadas, uma vez que elas apresentam todas as estruturas bastante visíveis e sem grandes modificações.

## CAPÍTULO 7: Morfologia das angiospermas

O texto de abertura do capítulo menciona a diversidade de frutas comestíveis disponíveis no Brasil. Se for possível, é importante que os alunos examinem

alguns exemplares de angiospermas de aspectos variados – com diferentes raízes, caules, folhas, flores e frutos. Desse modo, eles poderão observar nos próprios exemplares as explicações sobre a organografia dessas plantas.

Se houver disponibilidade para o uso de microscópio, os alunos poderão observar tecidos vegetais e a anatomia de várias partes das plantas.

O meristema, por exemplo, pode ser observado em lâminas preparadas pelo professor no ápice da raiz de cebola com o uso de certos corantes, como hematoxilina férrica ou orceína acética.

A epiderme e o parênquima clorofiliano podem ser observados em lâminas de cortes de folhas de trapoeraba, de laranjeira, de figueira ou de pecíolos de aguapés, entre outros. A estrutura primária do caule pode ser observada em lâminas de cortes de caules herbáceos de roseiras ou de aboboreira, usando também corantes que deverão ser preparados pelo professor.

Drusas, ráfides e outros cristais podem ser observados em cortes de folhas de begônia, cana-da-índia ou figueira, entre outras.

As amostras de planta podem ser conservadas colocando-as para secar em meio a folhas de jornal, intercalando-se sempre uma folha de jornal e uma planta, mantendo o conjunto prensado entre livros.

O professor pode aproveitar a apresentação de alguns tipos de raízes ou caules, por exemplo, para perguntar qual deve ser a função daquela raiz e qual a relação entre forma e função. Dessa forma, a batata inglesa (batatinha) pode ilustrar a função de reserva de alimento.

Sugerimos também apresentar o caule de um cacto e, depois de explicar que se trata de uma planta de clima seco e que as folhas estão transformadas em espinhos, perguntar qual é a vantagem adaptativa das características observadas. O mesmo pode ser feito ao se apresentar plantas com gavinhas. Em todos esses casos, os alunos serão levados a formular hipóteses sobre as adaptações específicas dessas estruturas, enquanto o professor oferece informações auxiliares no decorrer da discussão para ajudá-los em suas conclusões. Nesses casos, o nome de cada estrutura pode ficar para o final da atividade, não sendo essencial cobrar a memorização dos nomes de cada adaptação.

No boxe *Biologia e tecnologia* (p. 93) é apresentada a estrutura interna do caule de plantas lenhosas, destacando a dendrocronologia, ramo da Biologia que se dedica ao estudo dos anéis de crescimento existentes nos caules, e suas aplicações.

Com relação às sementes, o professor pode se valer das informações disponíveis no texto a seguir para relacionar o assunto da aula com o cotidiano do aluno.

### O polimento dos cereais

Para melhorar o aspecto de produtos, como o arroz, o pão e a farinha e conservá-los por mais tempo, os grãos passam por um processo de polimento. Com isso, perdem parte das vitaminas, dos sais, das proteínas e das fibras.

No caso do arroz, há processos que fazem com que os nutrientes penetrem na semente antes que a casca seja retirada. No pão branco industrializado, as vitaminas, os sais minerais e as fibras perdidos no polimento podem ser acrescentados na forma sintética.

Há também a opção de consumir produtos feitos com grãos integrais, sem polimento, como o pão integral e o arroz integral.

A **Atividade prática** tem por objetivo permitir que os alunos observem o desenvolvimento das plântulas de diferentes espécies a partir de suas sementes, identificando as mudanças que se processam durante o desenvolvimento do indivíduo.

Os boxes *Biologia e sociedade* (p. 86) e *Biologia e História* (p. 90) abordam como as plantas podem ser importantes para o ser humano, não apenas no que diz respeito à alimentação, mas também cultural e economicamente. A valorização da diversidade cultural também pode ser explorada na questão 7 da seção **Atividades**. A questão também discute diferenças entre a explicação científica e a explicação popular para fenômenos da natureza.

A seção **Trabalho em equipe** propõe três pesquisas com diferentes objetivos. O primeiro item serve como um alerta para a existência de plantas tóxicas; o segundo item auxilia o aluno a compreender como as plantas são usadas pela Medicina; o terceiro item permite a integração da Biologia com outras disciplinas (História, Geografia, etc.).

## CAPÍTULO 8: Fisiologia vegetal

O texto, a foto e as questões de abertura do capítulo podem ser usados para avaliar o conhecimento prévio do aluno sobre o conteúdo que será estudado. Mas o professor pode criar outras questões com esse objetivo, por exemplo: “Como a seiva bruta consegue subir da raiz até as folhas das grandes árvores?”. A **Atividade prática**, ao final do capítulo, também pode ser realizada neste momento com essa finalidade.

O papel dos estômatos no controle da perda de água e na facilitação da fotossíntese pode ser avaliado com as questões de número 2 e 8 de **Atividades**, enquanto as questões 4 e 9 avaliam o conhecimento do aluno sobre os tropismos.

O item 1, “Nutrição”, trabalha com um tema atraente para os alunos, o das plantas carnívoras, e permite que eles façam uma conexão com o fato de haver nitrogênio nas moléculas de proteína (estudado no Volume 1), solos pobres em nitrato e a captura de insetos pelas plantas. Para facilitar a discussão, o professor pode dar pistas aos alunos, lembrando com eles, por exemplo, que proteínas possuem átomos de nitrogênio em sua composição.

O professor pode lembrar aqui um tópico tratado no capítulo sobre fotossíntese, no Volume 1: para haver crescimento é necessário que a planta receba intensidade luminosa acima do ponto de compensação. Dessa forma, a fotossíntese supera a respiração e leva a um excedente de substâncias orgânicas e ao crescimento do vegetal. A partir daí, o professor pode pedir uma pesquisa em grupo sobre plantas de sombra e plantas de sol.

Na pesquisa, o aluno irá descobrir que algumas plantas conseguem viver com baixa intensidade luminosa: são as plantas de sombra, também chamadas umbrófitas ou umbrófilas (do latim *umbra* = sombra; do grego *phytos* = planta; *phylein* = amigo), que crescem, por exemplo, no interior de florestas, onde há pouca luz. Essas plantas precisam de uma quantidade inferior de energia da respiração para se manter. Portanto, precisam de menor intensidade de luz para ultrapassar o ponto de compensação. Algumas espécies de plantas de sombra, quando expostas por longo tempo a altos níveis de luz, podem ter seus cloroplastos danificados, e a planta acaba morrendo.

Outras espécies de plantas estão mais bem adaptadas a ambientes bem iluminados e precisam de muita

luz para crescer: são as plantas de sol, também chamadas heliófitas ou heliófilas (do grego *hélíos* = sol). Essas plantas têm o ponto de compensação luminosa mais alto que o das plantas de sombra, e o consumo de energia da respiração para crescer e manter-se é maior (o que só é possível em ambientes bem iluminados).

É importante abordar a fisiologia de forma adaptativa. Para isso é interessante oferecer aos alunos informações sobre adaptações das plantas, como as apresentadas no boxe *Biologia e ambiente* (p. 104).

Neste capítulo, há várias referências a conceitos que são trabalhados de forma mais aprofundada nas disciplinas de Química e Física. É o caso da ligação de hidrogênio e da osmose, em Química, e da pressão hidrostática, em Física. O professor pode optar por realizar aqui um trabalho em conjunto com professores dessas áreas, facilitando a percepção da interconexão entre a Biologia e outras disciplinas.

A **Atividade prática** ao final do capítulo permite que o aluno observe o fenômeno da transpiração nos vegetais.

Várias experiências foram realizadas desde o final do século XIX para testar o fototropismo. O professor pode pedir aos alunos que, em grupo, pesquisem as experiências de Charles Darwin e seu filho Francis Darwin, de Peter Boysen-Jensen e de Fritz Went. Assim, os alunos poderão perceber alguns aspectos importantes da pesquisa científica, além de compreender que a construção do conhecimento científico é consequência do trabalho de toda uma comunidade científica ao longo do tempo, como indica o texto abaixo.

### Experimentos de fototropismo

Por volta de 1880, Charles Darwin e seu filho Francis Darwin perceberam que plantas de alpiste recém-germinadas cresciam retas se iluminadas com a mesma quantidade de luz em todas as direções; se a luz viesse apenas de um lado, a planta se curvava naquela direção. Então, eles cortaram a ponta do coleóptilo de algumas plantas de alpiste recém-germinadas (o coleóptilo é uma espécie de bainha protetora do caule, que aflora da terra durante a germinação e contém no interior as primeiras folhas) e verificaram que elas não cresciam.

Cobriram a ponta do coleóptilo de outras plantas com uma lâmina de estanho, que bloqueava a luz: a planta crescia, mas não se curvava em direção à luz. Em um terceiro grupo, a ponta do coleóptilo foi coberta com um papel transparente, e eles observaram que as plantas se curvavam em direção à luz. Esse fato se repetiu quando a base do coleóptilo foi coberta com estanho. Com esse conjunto de experiências, eles chegaram à seguinte conclusão: de algum modo, a ponta da planta controla o crescimento do coleóptilo e sua curvatura em direção à luz.

Em 1913, o cientista dinamarquês Peter Boysen-Jensen (1883-1959) cortou a ponta do coleóptilo e colocou um bloco de gelatina entre ela e o resto da planta. Esta se curvou em direção à luz. Mas isso não aconteceu quando pôs uma lâmina de mica entre a planta e a ponta. Pensou, então, na hipótese de que alguma substância química produzida na ponta atravessava a gelatina (mas não a mica) e estimulava o crescimento da planta. Assim, realizou outra experiência, colocando a lâmina de mica apenas de um lado do coleóptilo. Quando a lâmina ficava no lado iluminado da planta, esta se inclinava em direção à luz; se a lâmina estivesse no lado escuro, a curvatura não ocorria. O cientista concluiu que alguma substância produzida na ponta deslocava-se para o lado escuro e aumentava a velocidade de crescimento daquele lado, causando a curvatura no sentido da luz.

Em 1926, o cientista holandês Fritz Went (1903-1990) retirou a ponta de um coleóptilo de aveia e a colocou em uma placa de ágar (gelatina extraída de algas vermelhas) por algumas horas. Em seguida, pegou uma planta sem a ponta do coleóptilo e pôs sobre ela a placa de ágar. O coleóptilo cresceu como se a ponta estivesse presente. Em outra planta sem a ponta do coleóptilo, colocou uma placa de ágar que não tinha recebido a ponta do coleóptilo: não verificou crescimento. Went supôs que alguma substância passava da ponta do coleóptilo para o ágar e deste para os coleóptilos cortados. A conclusão foi que, na

planta normal, a ponta do coleóptilo produz uma substância que migra para os tecidos inferiores. Outro resultado conclusivo foi obtido quando a placa de ágar que recebeu a ponta do coleóptilo foi posta apenas de um lado de coleóptilos cortados: eles se curvaram para o lado oposto. Assim, Went concluiu que o lado com maior concentração da substância crescia mais que o lado oposto. Ele chamou essa substância de auxina.

O boxe *Biologia e cotidiano* (p. 108) apresenta como se pode induzir o amadurecimento de frutos, além de trazer um histórico da descoberta do papel do etileno nesse processo.

## CAPÍTULO 9: Poríferos e cnidários

Ao longo do estudo dos seres vivos, convém lembrar a importância de se preservar a biodiversidade por uma questão ética. Além disso, a biodiversidade é fundamental para a manutenção do equilíbrio dos ecossistemas e para a sobrevivência de diversas espécies, inclusive o ser humano.

A abertura do capítulo apresenta a destruição dos recifes de corais e destaca como o aquecimento global pode agravar esse problema. O aquecimento global é estudado no terceiro Volume desta Coleção, mas, se achar pertinente, o professor pode pedir uma pesquisa em grupo sobre o tema. A questão 9 da seção **Atividades** também trata desse assunto.

Além de abordar a biodiversidade, o estudo dos animais permite exercitar princípios básicos de Sistemática, vistos no Capítulo 1. Como o desenvolvimento embrionário é uma ferramenta importante nesse estudo, o professor pode recapitular com os alunos (por meio de exposição ou de trabalhos de pesquisa) alguns conceitos vistos no Volume 1 desta Coleção (na Unidade sobre reprodução e desenvolvimento embrionário) e que aparecem explicados de forma resumida: a formação dos folhetos embrionários, do celoma, e dos anexos embrionários; os conceitos de diblástico, triblástico, celomado, acelomado, pseudocelomado; a divisão em protostômios, deuterostômios, esquizocelomado e enterocelomado.

Ao longo do estudo dos animais há comentários sobre alterações na classificação de determinado grupo. O professor pode lembrar então o caráter hipotético e em

permanente reconstrução da Sistemática (lembrando que essa é uma característica de todo o conhecimento científico, um tema trabalhado em História e Filosofia da Ciência). O texto a seguir trata desse assunto.

### Novas hipóteses filogenéticas

Com a análise de sequências de trechos do DNA, novas relações filogenéticas têm sido propostas. De acordo com essas análises, os artrópodes são parentes mais próximos dos nematódeos do que dos anelídeos, por exemplo. Artrópodes e nematódeos, juntamente com outros grupos menores, compõem o grupo Ecdysozoa (ecdisozoários): animais com cutículas rígidas, que sofrem mudas ou ecdises (trocam de cutícula ao longo da metamorfose ou do crescimento). Já platelmintos, anelídeos e moluscos, juntamente com outros grupos menores, formam o grupo Lophotrochozoa (lofotrocozoários), nome que tem dupla origem: do fato de anelídeos e moluscos produzirem uma larva ciliada, chamada trocófora, e do fato de alguns representantes de um grupo menor apresentarem um anel de tentáculos ciliados em torno da boca, o lofóforo, usado na filtração da água para obter alimentos.

Não se deve esquecer, porém, de que essas árvores filogenéticas e esses cladogramas são hipóteses que podem ser reformuladas em função de novas análises e descobertas.

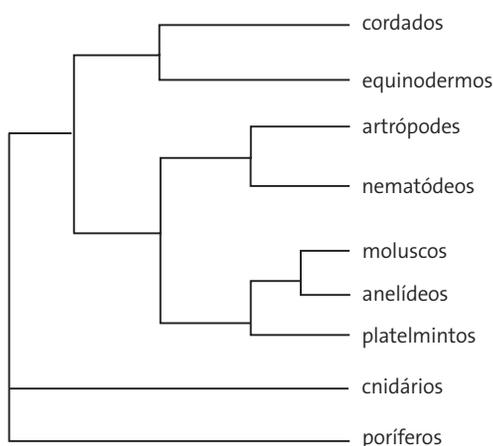


Diagrama obtido a partir de análises moleculares, com hipótese das relações filogenéticas entre os principais grupos de invertebrados.

O estudo das esponjas pode ser introduzido com a questão de como animais aquáticos sésseis con-

seguem alimento. Outro ponto interessante a ser destacado é a importância da formação de larvas móveis em espécies cujos adultos são sésseis.

Muitos estudantes tendem a considerar que esponjas são animais primitivos, no sentido de serem “inferiores” a animais mais complexos. Há nisso a concepção errônea de que evolução significa “progresso”. O professor pode lembrar que, embora a estrutura das esponjas possa ser considerada mais simples do que a de outros animais, elas estão muito bem adaptadas ao seu modo de vida e sobrevivem há milhões de anos.

Para iniciar o estudo dos cnidários, o professor pode mostrar fotos de anêmonas e de águas-vivas e perguntar como esses animais se alimentam ou por que não se deve tocar em seus tentáculos. Para estimular o interesse dos alunos por esses animais, o professor pode também começar a aula comentando que, em certas épocas do ano, nas praias da Austrália, existem avisos alertando sobre o perigo da vespa-do-mar (*Chironex fleckeri*), uma água-viva com veneno potente nos tentáculos, capaz de paralisar um peixe e até provocar parada cardíaca em uma pessoa que nela tocar. Se isso acontecer, a pessoa tem de ser atendida rapidamente (por salva-vidas que carregam um antídoto contra o veneno).

A seção **Trabalho em equipe**, feita em conjunto com a disciplina de Geografia, possibilita que o aluno conheça mais sobre os recifes no Brasil.

O capítulo trata também da destruição dos recifes de corais e explica que o aumento da concentração de gás carbônico reduz o pH dos oceanos, dificultando a formação do esqueleto dos corais. Para que o aluno compreenda esse processo com mais detalhes, pode ser realizado um trabalho em conjunto com a disciplina de Química, em que será explicada a reação química envolvida na reação do ácido carbônico com o carbonato de cálcio do esqueleto do coral.

O professor pode pedir também uma pesquisa em grupo sobre as espécies de cnidários e poríferos encontrados no Brasil e sobre as pesquisas de medicamentos que vêm sendo feitas em nosso país com essas espécies, usando como base o boxe *Biologia e Química* (p. 117) e o texto a seguir.

### Esponjas e medicamentos

As esponjas produzem substâncias tóxicas como forma de defesa contra predadores. A partir desses produtos, têm sido obtidos vários medicamentos.

O AZT, por exemplo, um medicamento contra o vírus da Aids, foi sintetizado a partir de substâncias químicas descobertas em uma esponja típica dos recifes de corais do Caribe.

Recentemente, foram descobertas as substâncias baliclonaciclamina e arenosclerina A, B e C, produzidas por esponjas, que têm ação citotóxica e antibiótica contra bactérias resistentes a antibióticos, como as que causam infecções hospitalares.

Na espécie *Aplysina caissara*, exclusiva do Brasil, foi detectado um alcaloide com propriedades antitumorais, ou seja, que pode ajudar a combater tumores.

Esses exemplos demonstram, mais uma vez, a importância da interação entre a Biologia e a Química (da qual derivam as técnicas usadas na extração e purificação desses produtos), e a importância da preservação da biodiversidade, não apenas porque isso significa preservar um potencial imenso para pesquisa de novos medicamentos, mas também por razões ecológicas e éticas.

Essas pesquisas poderão ser enriquecidas com ilustrações, fotos, vídeos, desenhos, mapas, etc. dos animais e das regiões em que são encontrados. Além disso, os trabalhos poderão ser apresentados para a classe e para a comunidade escolar, contribuindo com a divulgação do conhecimento científico e com a interação entre os alunos e a comunidade.

O professor pode pedir, por fim, que os alunos verifiquem se em sua região existe alguma instituição educacional (por exemplo, um museu, um centro de ciências ou uma universidade) que desenvolva atividades relacionadas aos temas dessas pesquisas e, se possível, organizem uma visita ao local.

## CAPÍTULO 10: Platelminhos e nematódeos

Neste estudo é interessante que o professor pergunte por que as verminoses estudadas neste capítulo são mais frequentes nos países em desenvolvimento e por que essas doenças são consideradas negligenciadas. O aluno deverá compreender que essas doenças não são apenas um problema médico,

mas estão relacionadas às más condições de moradia e à falta de saneamento básico nas regiões mais pobres. Esse ponto é reforçado em muitas das questões da seção **Atividades**.

É interessante também discutir com os alunos as adaptações especiais presentes no organismo de um parasita, lembrando que, apesar de essas adaptações envolverem muitas vezes a perda ou a simplificação de vários sistemas do organismo, isso não torna o parasita inferior ou “menos adaptado” que organismos mais complexos.

Ao longo do texto, são explicadas algumas adaptações dos parasitas, como a presença de ventosas e a grande produção de ovos e larvas (compensando a mortalidade que ocorre durante a passagem do parasita de um hospedeiro para outro). As questões de **Atividades** também tratam desse assunto. Mas o professor pode formular mais algumas questões, como: “Por que a cavidade do intestino é um ambiente propício para vermes parasitas?”; “Por que os ovos dos parasitas costumam ter películas protetoras?”; ou ainda, “Por que a falta de sistema digestório não é um problema para as tênias?”. O texto a seguir fornece mais informações sobre o tema.

### Adaptações dos parasitas

Em muitos parasitas o sistema nervoso, os órgãos dos sentidos e o sistema de locomoção estão atrofiados, o que é uma adaptação encontrada em muitos animais que permanecem em contato com a fonte de alimento (no caso, o hospedeiro). Ao contrário, órgãos de fixação, como ventosas e ganchos, e, algumas vezes, órgãos para a penetração no hospedeiro costumam estar bem desenvolvidos. Nos casos em que o parasita absorve alimento pela superfície de seu corpo, o tubo digestório é reduzido ou até ausente, como na tênia. Em outros, a pele é coberta por uma cutícula protetora grossa e, em outros ainda, o tubo digestório está presente.

O sistema reprodutivo dos parasitas é muito desenvolvido, capaz de produzir grande número de gametas e ovos, o que compensa a alta mortalidade que ocorre quando passam do corpo de um hospedeiro para outro. O

hermafroditismo é outra adaptação que aumenta a capacidade de reprodução, uma vez que todos os indivíduos produzem ovos, além de resolver situações em que haja dificuldade de encontro entre dois parceiros (no caso do esquistossomo, a fêmea aloja-se em um canal no corpo do macho). A reprodução assexuada, pelo menos em alguma fase da vida, também aumenta o potencial reprodutivo.

Os hospedeiros intermediários ampliam a área de ação dos parasitas e possuem características ou hábitos que facilitam sua entrada no hospedeiro definitivo. Alguns parasitas provocam mudanças no comportamento do hospedeiro que acabam facilitando sua transmissão.

Alguns vermes fazem os peixes que lhes servem de hospedeiros intermediários dar saltos fora da água, o que facilita sua captura por pássaros predadores, que funcionam como hospedeiros definitivos. Um parasita de formigas faz com que elas se agarrem às partes altas da grama, o que facilita sua ingestão por bois ou ovelhas (hospedeiros definitivos). Ratos infectados com o protozoário *Toxoplasma gondii*, causador da toxoplasmose, perdem o medo natural de gatos, aumentando a chance de serem ingeridos e facilitando a transmissão do parasita para o hospedeiro definitivo.

No entanto, é preciso sempre lembrar que não há nenhuma “intenção” ou “consciência” do parasita nessas mudanças comportamentais. O que houve foi um processo evolutivo em que parasitas mutantes capazes de alterar certos comportamentos aumentaram sua chance de sobrevivência.

O boxe *Biologia e sociedade* (p. 135) relaciona a ocorrência de verminoses à falta de saneamento básico, apresentando-as, assim, como uma questão de saúde pública.

O **Trabalho em equipe** no final do capítulo complementa e reforça o conhecimento sobre verminoses, além de estimular a criatividade do aluno e a conscientização sobre problemas que afetam a sociedade. Nessa atividade, é possível contar com o apoio de professores de Geografia para propor a confecção de mapas identificando as regiões do Brasil mais atingidas

por determinada verminose. Já a produção de cartazes, textos e letras de música pode ter a participação dos professores de Arte e de Língua Portuguesa.

O professor pode pedir uma pesquisa (na internet, em livros, etc.) sobre outras verminoses causadas por nematódeos. Veja três delas no texto a seguir.

### **Estrongiloidíase, tricuriase, oncocercose**

A estrongiloidíase é causada pelo nematódeo *Strongyloides stercoralis*, que mede cerca de 2 mm e pode apresentar fases de vida livre, independente de qualquer hospedeiro. As larvas aparecem no solo contaminado por ovos que saem com as fezes dos doentes. Essas larvas penetram pela pele dos pés descalços e realizam um ciclo pulmonar idêntico ao realizado pelo ancilóstomo. Pode haver irritações na pele durante a penetração, com manchas vermelhas, coceira e inchaço. Os sintomas mais sérios estão relacionados a alterações no funcionamento do sistema digestório, como diarreias, dores abdominais, vômitos e náuseas. A prevenção consiste em construção de instalações sanitárias adequadas, tratamento da água e uso de calçados. O tratamento da doença é feito com medicamentos que matam os vermes.

A tricuriase, também chamada tricocefalose, é causada por vermes da espécie *Trichuris trichiura*, que medem entre 4 cm e 5 cm de comprimento e localizam-se no intestino grosso. Em pequeno número, principalmente nas pessoas adultas, passam despercebidos e só são descobertos com exame de fezes. Nas infestações intensas, há perda de peso, desconforto abdominal, diarreia e anemia. A transmissão ocorre pela ingestão de ovos presentes em alimentos contaminados (frutas e hortaliças cruas, por exemplo). É comum a presença do *Ascaris lumbricoides* e do *Trichuris* em um mesmo indivíduo. A prevenção é a mesma para os dois vermes.

A oncocercose é causada pelo verme *Onchocerca volvulus*, transmitido na forma de larva por mosquitos do gênero *Simulium* (borrachudos). As larvas formam vermes adultos que se alojam sob a pele, mas podem também causar cegueira, quando invadem tecidos dos olhos.

A doença é encontrada na África e nas Américas, como em algumas regiões do Norte do Brasil. Há medicamentos que destroem as larvas.

## CAPÍTULO 11: Moluscos e anelídeos

O texto de abertura do capítulo trata da sangria terapêutica, uma aplicação milenar das sanguessugas no tratamento e na cura de doenças. Esse tipo de abordagem do tema ajuda na percepção do contexto histórico. A importância dos moluscos, juntamente com a dos crustáceos na alimentação, será trabalhada também na seção **Trabalho em equipe** do Capítulo 12. O professor pode optar também por abordar o problema do consumo de moluscos de água poluída, que podem acumular substâncias tóxicas, como metais pesados, conforme é detalhado no texto a seguir.

### Cuidado com o consumo de moluscos bivalves

Os moluscos bivalves, como as ostras, os mexilhões e as vieiras, são animais filtradores. Se a água estiver poluída, esses animais também reterão os produtos tóxicos, que se acumularão aos poucos em seu corpo. Dependendo da concentração desses produtos, eles podem provocar intoxicações ao serem consumidos.

Esses moluscos podem se contaminar com resíduos tóxicos – metais de indústrias, esgoto não tratado, etc. – lançados na água ou por causa das marés vermelhas (multiplicação exagerada de algas unicelulares produtoras de toxinas). Os órgãos governamentais responsáveis devem estar sempre alertas para interditar as áreas contaminadas.

Em muitos casos, a intoxicação pode ser prevenida pelo cozimento do molusco, mas não se deve tomar o caldo que resta desse cozimento. Outra forma de evitar intoxicações é consumir ostras e mexilhões cultivados, pois eles provêm de lugares onde a água não é poluída. E não podemos esquecer que é preciso fiscalização da vigilância sanitária, entre outras ações governamentais, desses e de outros produtos consumidos pela população.

Uma apresentação com fotos ou com animais mortos ajuda a identificar as partes do corpo de um molusco. Em uma atividade como essa pode-se perguntar também qual a razão do nome do filo. A **Atividade prática**, ao final do capítulo, permite que os alunos se familiarizem com algumas partes do corpo de dois representantes do grupo, o mexilhão e a lula.

O professor pode pedir também uma pesquisa sobre o cultivo de moluscos marinhos no Brasil (malacocultura). Sobre esse tema, e sobre aquicultura em geral, ver os seguintes *sites* (acessos em: 28 mar. 2016):

<[http://portal.mec.gov.br/setec/arquivos/pdf/cartilha\\_aquicultura.pdf](http://portal.mec.gov.br/setec/arquivos/pdf/cartilha_aquicultura.pdf)>

<[www.lmm.ufsc.br/](http://www.lmm.ufsc.br/)>

<[www.urutagua.uem.br//04zoo\\_streit.htm](http://www.urutagua.uem.br//04zoo_streit.htm)>

<[www.sepaq.pa.gov.br/?q=node/55](http://www.sepaq.pa.gov.br/?q=node/55)>.

O **Trabalho em equipe** propõe que os alunos pesquisem sobre a formação de pérolas pelos moluscos bivalves. O texto abaixo explica como ocorre a formação dessas estruturas.

### Pérolas

Algumas espécies de ostras produzem pérolas. A formação da pérola pode ocorrer quando um grão de areia ou a larva de um verme penetra entre a concha e o manto e este fabrica uma série de camadas de nácar ou madre-pérola (substância brilhante da concha dos moluscos, composta de carbonato de cálcio) ao redor do corpo estranho. Trata-se, portanto, de um mecanismo de defesa de alguns bivalves.

As pérolas cultivadas são produzidas inseminando-se, artificialmente, em ostras produtoras de pérolas, entre o manto e a concha, uma pequena esfera de madre-pérola com um pedaço de manto de uma ostra jovem. A pérola demora, no mínimo, três anos para ficar pronta.

Para começar a tratar dos anelídeos, o professor pode perguntar: “Por que minhoca na terra é sinônimo de fertilidade?”. Ou então pode se valer da questão 4 de **Atividades** para isso. A importância da minhoca para a fertilidade do solo é discutida no item “As minhocas e o solo” (p. 148).

É interessante destacar algumas diferenças entre o corpo dos anelídeos e o dos platelmintos e nemató-

deos, como o celoma (cheio de líquido, funciona como um esqueleto hidrostático que aumenta a eficácia dos músculos); a metameria (com blocos de músculos que facilitam o ato de cavar); e o sistema circulatório (que aumenta a velocidade de distribuição de oxigênio e nutrientes para todo o corpo). Essas diferenças são coerentes com um corpo maior e mais complexo e com diferenças no modo de vida entre esses grupos.

O professor deve chamar a atenção dos alunos para a relação entre a presença de um sistema circulatório e o tamanho e a complexidade do corpo de um animal. Convém destacar também que as brânquias aumentam a superfície respiratória do animal.

O professor pode ler o texto a seguir e discutir com os alunos suas informações, reforçando que animais maiores e mais complexos não são mais “adaptados” do que animais menores ou menos complexos.

### Um corpo maior e mais complexo

O celoma, cheio de líquido, funciona como um esqueleto hidrostático, apresentando uma pressão contra a qual os músculos podem atuar, aumentando a eficiência das contrações e movimentos. A presença de um celoma permite também um desenvolvimento maior de vários órgãos que estão localizados no interior dessa cavidade.

Com o celoma separando a superfície do corpo de seu interior, um sistema circulatório fechado, que transporta nutrientes e gases rapidamente entre as duas regiões, passa a ser vantajoso. Já a metameria favorece o surgimento de blocos de músculos que facilitam o ato de cavar o solo.

Portanto, essas novidades estão em acordo com um aumento no tamanho do corpo e de sua complexidade e uma movimentação mais rápida e eficiente.

Isso não quer dizer que animais maiores e mais complexos estejam mais “adaptados” do que animais menores ou menos complexos. Significa apenas que cada animal está adaptado ao próprio modo de vida (ao seu nicho ecológico). A perda ou a atrofia de vários sistemas de órgãos em um parasita, por exemplo, é uma adaptação a um modo de vida diferente daquele de um animal de vida livre; representa, em última análise, uma adaptação ao organismo hospedeiro.

O professor pode aproveitar aqui para lembrar aos alunos que nas árvores filogenéticas as espécies atuais aparecem nas pontas dos ramos terminais desses diagramas e perguntar o que isso significa em termos evolutivos (é importante reforçar que as espécies atuais descendem de espécies ancestrais e não de outras espécies atuais).

Como curiosidade, o professor pode comentar que o poliqueta conhecido como palolo (*Palolo viridis*) passa sua vida nos recifes de corais. Uma vez por ano, porém, em Samoa, no sul do Pacífico, segmentos especializados para a reprodução soltam-se de seu corpo e flutuam na superfície, liberando óvulos e espermatozoides. Os nativos da ilha aproveitam para colher os pedaços do verme, cozinhá-los e comê-los.

Em relação aos hirudíneos, o professor pode retomar o uso das sanguessugas em tratamentos de saúde, como apresentado no texto a seguir, ressaltando a importância de se preservar a biodiversidade. O texto faz também uma conexão com História e Filosofia da Ciência ao comentar o uso da sangria no século XIX.

### O uso das sanguessugas

No século XIX a *Hirudo medicinalis* era usada para fazer sangria (tirar sangue) em doentes, pois acreditava-se que esse procedimento curava muitas doenças. Na realidade, esse procedimento não ajudava em nada o doente, o que demonstra como o conhecimento científico se modifica ao longo do tempo (um tema presente em Filosofia e História da Ciência).

Hoje a substância anticoagulante hirudina, encontrada na saliva dessa sanguessuga, é uma alternativa nos tratamentos contra trombose (formação de coágulos sanguíneos nas veias). Ela é usada também em laboratório, em técnicas para a dosagem de substâncias, como a trombina, que age na coagulação do sangue. A própria sanguessuga pode ser usada em determinadas cirurgias plásticas para retirar o sangue acumulado em certos pontos da pele. Esse é mais um exemplo da importância da interação entre a Biologia e outras áreas da ciência e da tecnologia.

## CAPÍTULO 12: Artrópodes

Convém ao professor explorar com os alunos as informações contidas no texto de abertura do capítulo.

É fundamental que eles entendam como ações não pensadas podem desencadear grandes desastres ambientais, já que nos ecossistemas todos os elementos estão direta ou indiretamente relacionados. A segunda e a terceira questões de abertura ajudam a levantar o conhecimento prévio dos estudantes sobre características de diferentes grupos de artrópodes e o desenvolvimento holometábolo de alguns insetos.

O professor pode pedir aos alunos que identifiquem – à medida que descreve o corpo de um inseto – as características que contribuíram na expansão desses animais pelo ambiente terrestre: exoesqueleto com cutícula impermeável, músculos de contração rápida, pernas dobráveis, respiração traqueal, excreção de ácido úrico, sistema nervoso bem desenvolvido, fecundação interna, ovo coberto por casca, asas, etc. As questões 3 e 12 de **Atividades** abordam algumas dessas adaptações.

Em relação aos insetos, os alunos podem pensar que a respiração traqueal é um sistema lento e ineficiente, já que é independente da circulação sanguínea. O professor pode lembrar então que os insetos formam um grupo muito bem-sucedido no planeta e que a respiração traqueal é um sistema bem eficiente para animais pequenos. Entretanto, esse tipo de respiração poderia não ser eficiente para animais maiores, como os vertebrados. A questão 9 de **Atividades** faz uma conexão entre esse fato e o tamanho de alguns insetos há cerca de 300 milhões de anos.

Outro aspecto importante para ser explorado sobre os insetos são as diferentes formas de desenvolvimento. O professor pode analisar com os alunos as figuras das páginas 158 e 159 para se certificar de que eles compreendem as diferenças entre o desenvolvimento dos hemimetábolos, dos holometábolos e dos ametábolos. Também convém discutir com os estudantes as possíveis vantagens adaptativas do desenvolvimento dos holometábolos.

É importante chamar a atenção dos alunos para o item “Insetos: relações ecológicas” (p. 157), em que se discute que, embora algumas espécies de insetos possam prejudicar o ser humano, outras o beneficiam diretamente, e outras são muito importantes para o equilíbrio ecológico, salientando a importância de se preservar a biodiversidade. As questões 1 e 6 de **Atividades** ilustram esse fato, sendo que a questão 1 faz também uma conexão entre o uso de agrotóxicos e os insetos polinizadores.

Nesse mesmo item são discutidos novamente alguns problemas do mau uso dos agrotóxicos. Esse tema será retomado no Volume 3 desta Coleção, na Unidade sobre Ecologia, quando será discutido também um tipo de interação ecológica: as sociedades formadas por cupins, abelhas e formigas. Sobre as formigas, o boxe *Biologia e sociedade* (p. 157) destaca o uso de certas espécies desses insetos na alimentação humana, um hábito comum entre os indígenas que habitavam o país no início da colonização portuguesa, que pode ser observado até hoje em muitas regiões do Brasil, como o interior de São Paulo.

Ainda em relação a artrópodes que fazem parte da dieta humana, o texto abaixo aborda a problemática do cultivo desses e de outros animais.

### Cultivo de crustáceos

A pesca em escala industrial utiliza grandes navios pesqueiros capazes de localizar os cardumes por satélite ou sonar e de fazer a captura com imensas redes de arrasto. Essas redes, que são puxadas junto ao fundo do mar, acabam arrastando também moluscos, crustáceos e peixes pequenos demais para o comércio, que, em sua maioria, morrem esmagados na própria rede ou no convés dos barcos, muito antes de serem devolvidos ao mar. Com isso, a população dos grandes peixes e também de crustáceos comestíveis, como o camarão e a lagosta, encontra-se ameaçada de extinção.

Uma opção à pesca comercial são as fazendas de criação de crustáceos, como os camarões. A região Nordeste, de clima quente, é um bom lugar para o cultivo de camarões.

O boxe *Biologia e saúde* (p. 163), em que são apresentados alguns aracnídeos perigosos para o ser humano, vai despertar o interesse dos alunos naturalmente. É fundamental que os estudantes se informem sobre como proceder em caso de acidente com animais peçonhentos (pode ser pedida uma pesquisa em grupo sobre o tema). Outras informações complementares podem ser encontradas nos *sites* (acessos em: 28 mar. 2016):

<[http://animais-peconhentos.info/mos/view/Aranhas\\_Pe%C3%A7onhentos/index.html](http://animais-peconhentos.info/mos/view/Aranhas_Pe%C3%A7onhentos/index.html)>

<[www.ivb.rj.gov.br/aranhas.html](http://www.ivb.rj.gov.br/aranhas.html)>

<[www.cpamn.embrapa.br/publicacoes/folders/2004/aranhas.pdf](http://www.cpamn.embrapa.br/publicacoes/folders/2004/aranhas.pdf)>

O texto abaixo pode ser usado para, mais uma vez, demonstrar que preservar a biodiversidade, além de ser fundamental para o equilíbrio ecológico do planeta, é também uma fonte importante de novos conhecimentos e produtos.

### Aracnídeos: promessas de novos produtos

Há pesquisas no sentido de mostrar que uma substância extraída da peçonha da tarântula pode ser usada para evitar a morte durante um ataque cardíaco. Essa substância restabeleceria o ritmo normal do coração, que fica alterado durante o ataque.

Os fios da proteína da teia com que as aranhas capturam suas presas, apesar de bem finos, são mais resistentes que um fio de aço de mesma espessura e, ao mesmo tempo, muito flexíveis e elásticos. Por isso os cientistas têm pesquisado suas propriedades com o objetivo de criar novos materiais para a indústria e o dia a dia. Alguns pesquisadores acham que podem desenvolver com a teia, por exemplo um fio de sutura para cirurgias.

Os artrópodes são o maior filo de animais do planeta, constituindo os principais invertebrados. O texto a seguir pode ser utilizado para apresentar aos alunos como teria se dado a evolução deste grupo de animais.

### A história dos invertebrados

Os primeiros invertebrados surgiram nos mares. Até recentemente, não eram encontrados fósseis de animais de corpo mole (ou seja, sem esqueleto) antes do período Cambriano (542 a 488 milhões de anos atrás, aproximadamente). No entanto, em 2012, fósseis de organismos com espículas, semelhantes às das esponjas, foram encontrados em escavações correspondentes ao período entre 560 e 550 milhões de anos atrás.

Posteriormente, referentes ao período Cambriano, encontramos muitos fósseis de vários tipos de animais com esqueleto, como o dos ani-

mais conhecidos como trilobitas (subfilo Trilobitomorpha), com exoesqueleto, antenas, corpo segmentado e apêndices articulados. Os trilobitas estão, portanto, entre os grupos mais antigos de artrópodes. Eles se extinguíram ao final do Permiano (há cerca de 250 milhões de anos).

Os artrópodes foram os primeiros animais invertebrados a conquistar o ambiente terrestre, no período Siluriano, que começou há cerca de 439 milhões de anos, depois que algumas plantas já estavam estabelecidas. O grupo de artrópodes mais bem-sucedido na conquista da terra firme foi o dos insetos, que surgiu no período Devoniano (416 a 359 milhões de anos atrás).

A primeira atividade da seção **Trabalho em equipe** permite que o aluno conheça mais sobre as ordens de insetos. Na segunda atividade, os alunos conhecerão mais sobre crustáceos e moluscos utilizados como alimento, um tema que aparece também na questão 2 de **Atividades**. A terceira atividade pede uma pesquisa sobre sabaquis e pode ser feita com a participação de professores de História e Geografia. A quarta atividade aborda a entomologia forense, ramo da Biologia que se aplica à investigação criminal por meio da análise de vestígios de insetos encontrados em locais de crime ou em objetos alvo de perícia.

## CAPÍTULO 13: Equinodermos e protocordados

Para chamar a atenção sobre a simetria pentarradiada dos equinodermos, o professor pode perguntar – a partir de uma foto ou desenho – qual é a diferença notável entre o corpo de uma estrela-do-mar e o de um inseto ou de uma planária. Para muitos cientistas, a simetria radial é um legado da evolução dos equinodermos a partir de animais sésseis ou com pouca mobilidade, que coletavam comida de todos os lados.

É interessante chamar a atenção para as evidências que indicam que equinodermos e cordados estão filogeneticamente mais próximos do que os outros invertebrados estudados até aqui. A última questão na abertura do capítulo permite avaliar o conhecimento prévio do aluno a esse respeito.

Na questão 8 de **Atividades**, o aluno poderá relacionar o conhecimento sobre a capacidade de regene-

ração da estrela-do-mar a uma nova situação. Já a questão 5 permite avaliar a aprendizagem do estudante sobre a vantagem da produção de larvas móveis em animais sésseis.

Nesse mesmo capítulo também são estudadas as características gerais dos cordados. O professor deve lembrar que o estudo dos cefalocordados e dos urocordados fornece aos cientistas informações importantes sobre a origem dos vertebrados e sobre as características gerais comuns a todos os cordados. Além disso, o estudo dos equinodermos e protocordados evidencia a importância da embriologia na descoberta de filogenias.

## CAPÍTULO 14: Peixes

À medida que apresenta cada classe de vertebrados (nesse e nos capítulos seguintes), o professor pode perguntar que adaptações ao ambiente são visíveis no corpo dos animais e que características os distinguem do grupo anterior. A questão 1 de **Atividades**, por exemplo, pede que os alunos identifiquem as adaptações dos peixes à vida aquática (forma hidrodinâmica, presença de nadadeiras e brânquias, pele com escamas bem lisas e muco, que diminuem o atrito com a água, etc.).

Durante o estudo dos peixes é importante destacar o valor nutritivo do peixe e a necessidade de consumir um alimento bem conservado, aproximando, assim, o tema do cotidiano do aluno e de preocupações com sua saúde. O texto a seguir contém informações que podem auxiliar nesse trabalho com os alunos.

### Peixes na alimentação

A carne de peixe é rica em proteínas: um filé de 100 g contém cerca de 20 g de proteínas; 100 g de peixe equivalem ao valor proteico de uma coxa de galinha ou três ovos.

Ao comprar peixe em feiras ou mercados, é importante observar estas características: os olhos devem estar brilhantes, as escamas não devem se desprender com facilidade e a carne deve ser firme ao toque. Ao levantar os opérculos, as brânquias devem estar bem vermelhas. O peixe tem uma carne facilmente perecível; portanto, deve ser consumido fresco.

Outra possibilidade é consumir peixes conservados no sal, como o bacalhau. Você lembra

por que o sal impede a proliferação dos microrganismos nos alimentos?

Sempre que houver diferença de concentração entre duas soluções, o solvente se moverá da solução menos concentrada para a mais concentrada. Assim, quando o peixe é salgado, ele sofre desidratação. E também se desidratam as células bacterianas que poderiam se desenvolver no peixe.

A pressão que equilibra a entrada de água é chamada de pressão osmótica e é proporcional à concentração da solução.

Quando uma solução “puxa” água de outra, ou seja, quando sua pressão osmótica é maior, ela é hipertônica (do grego *hyper* = exagerado; *tonos* = tensão) em relação à que perde água, a qual é hipotônica (do grego *hypo* = abaixo) em relação àquela. Quando a pressão osmótica de duas soluções é a mesma, uma é isotônica (do grego *isos* = igual) em relação à outra. Se uma célula bacteriana for colocada em solução hipertônica, ela perderá água, podendo morrer.

Algo parecido acontece na conservação de frutas por meio de cozimento e no fechamento a vácuo de compotas e geleias, por exemplo.

O boxe *Biologia e Química* (p. 182) aborda como o organismo dos peixes lida com a diferença de concentração em relação à água, respondendo à última questão do início do capítulo. O professor pode aproveitar a oportunidade para fazer uma breve revisão sobre a osmose, apresentada no Volume 1.

Na figura 14.12 aparecem alguns peixes com um padrão anatômico que foge um pouco ao usual e que, por isso, despertam a curiosidade do estudante. O professor pode inclusive se valer, entre outras, da pergunta: “Como você classifica o cavalo-marinho?” para abrir o capítulo. Mais algumas informações curiosas sobre os peixes, que despertam a curiosidade dos alunos, podem ser encontradas nos textos a seguir.

### Peixes dormem?

Depende de como se define “dormir”. Esses animais não fecham os olhos como fazem os seres humanos. Como não têm pálpebras, os olhos deles ficam sempre abertos.

Quando uma pessoa dorme, podem-se perceber, com o uso de um aparelho, o eletroencefalograma, as mudanças que ocorrem na atividade do cérebro. Com os peixes, isso não acontece. Então, eles não dormem da mesma maneira que os seres humanos. No entanto, existem períodos em que a atividade física de muitos peixes diminui bastante e eles ficam quase imóveis, na mesma posição, fazendo apenas movimentos bem lentos que mantêm seu equilíbrio. Nesse estado, eles não reagem tão rapidamente a estímulos como em outros momentos. Pode-se dizer então que muitos peixes alternam estados de repouso com estados em que estão mais ativos.

### A piracema

Na época da reprodução, algumas espécies de peixes sobem os rios, nadando contra a corrente em direção à nascente. Lá elas encontram águas mais calmas, mais adequadas ao encontro dos gametas e ao desenvolvimento dos filhotes. Essa migração é chamada piracema.

A reunião de muitos peixes torna bem fácil sua captura, mas a pesca na época da piracema é proibida.

A realização da piracema tem sido dificultada pelo represamento de muitos rios para a construção de usinas hidrelétricas e pela poluição causada por esgotos.

### O baiacu

Quando ameaçado, o baiacu, nome que designa várias espécies de peixes da classe dos tetraodontiformes, encontrados inclusive no Brasil, é capaz de inflar seu corpo com água lançada no interior de uma parte do estômago.

Ele produz uma toxina, conhecida como tetrodoxina, que pode causar a morte por paralisia respiratória; por isso não pode ser ingerido. No entanto, o baiacu encontrado no Japão, conhecido como fugu, é vendido em restaurantes especiais, onde há indivíduos treinados para remover as vísceras (fígado, intestino e órgãos genitais) nas quais há acúmulo do veneno, diminuindo assim o perigo de intoxica-

ção e de morte. Mesmo com os cuidados na preparação, o consumo de fugu no Japão provoca alguns casos fatais todo ano. A importação desse peixe é proibida em alguns países.

O professor pode pedir uma pesquisa em grupo sobre o mecanismo de contracorrente, que aumenta a eficiência respiratória das brânquias: o sangue passa pelas brânquias no sentido oposto ao da água, o que faz com que, em qualquer ponto do trajeto, haja sempre maior concentração de oxigênio na água do que no sangue. Essa diferença de concentração facilita a transferência de oxigênio da água para o sangue. Isso não aconteceria se os dois fluxos ocorressem no mesmo sentido. Nesse caso, a difusão seria interrompida mais cedo e a concentração final de oxigênio no sangue seria menor. Graças ao mecanismo de contracorrente, as brânquias absorvem cerca de 80% do oxigênio dissolvido na água. Sem ele seriam absorvidos apenas cerca de 50% do oxigênio.

É importante que o professor chame a atenção para um problema ecológico e econômico importante: a redução da população de peixes devido à pesca predatória, abordada no texto a seguir.

### Peixes em perigo

A pesca excessiva reduziu em 90% a população dos grandes peixes, como o atum, o arenque, o peixe-espada, o salmão, o hadoque, o esturjão, a cavala e o bacalhau.

Estima-se que cerca de um terço das espécies marinhas encontra-se ameaçado de extinção, principalmente por causa da pesca sem controle.

No Brasil, a pesca é regulamentada pelo Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e Recursos Naturais Renováveis (Ibama), que proíbe a pesca de arrasto, isto é, aquela que utiliza redes para captura de grandes quantidades de animais.

Alguns estudos sugerem que a indústria da pesca, a cada ano, diminui pela metade a quantidade de peixes no mundo. Por isso, além do aumento do número de áreas protegidas, são estudados mecanismos legais para regular a exploração da pesca comercial em águas internacionais.

Entretanto, é fundamental reconhecer que somente essas medidas não são suficientes se não forem aliadas a uma fiscalização efetiva e ações direcionadas de preservação, que contem com a participação conjunta das indústrias, do governo e da população.

Nesse sentido, é fundamental reconhecer a necessidade de preservar os recursos naturais, levando em consideração o equilíbrio ecológico e as necessidades humanas dessa geração e também das gerações futuras – um tema tratado em Sociologia.

A esse respeito, os estudantes podem ter a concepção errônea de que os oceanos são muito vastos, já que cobrem cerca de 70% da superfície da Terra e, por isso, o problema pode não ser tão relevante. O professor pode explicar então que, longe da costa, os sais minerais tendem a se depositar no fundo, onde não há luz. Por isso, a maioria das espécies é encontrada, em geral, perto das regiões costeiras; ou então nas regiões em que correntes marítimas transportam os sais minerais do fundo para a superfície iluminada: é o fenômeno conhecido como ressurgência, que aumenta localmente o número de algas e, em consequência, o de peixes. Esse fenômeno será estudado na Unidade sobre Ecologia, no terceiro Volume desta Coleção.

Com essa explicação, os estudantes poderão compreender que, apesar da imensa área dos oceanos, os seres aquáticos estão concentrados em um número relativamente pequeno de “oásis”. Como a pesca se concentra nessas regiões, o risco de extinção das espécies de peixes aumenta. Sendo assim, é necessário adotarmos medidas para preservar o equilíbrio e a sustentabilidade desses ecossistemas.

O boxe *Biologia e ambiente* (p. 184) aborda a pesca sustentável e sua relação com as comunidades tradicionais, que dependem dos animais pescados para sua subsistência e sofrem com a sobre-exploração dos recursos pesqueiros.

O professor pode lembrar também que o problema não afeta apenas os que vivem da pesca e os seres humanos que consomem peixes, mas toda a cadeia alimentar. Os grandes peixes são predadores que estão no topo das cadeias. Por isso, sua extinção pode provocar desequilíbrios em toda a teia alimentar. A

questão 2 de **Atividades** faz uma conexão entre esse conhecimento e uma situação nova (a proibição de redes com malhas muito finas na pesca).

Finalmente, é conveniente lembrar que nem sempre a criação de peixes é a solução para manter os estoques naturais: isso só acontece se os peixes criados não forem alimentados com produtos do mar. Mas a criação de peixes carnívoros, como o salmão, por exemplo, é feita com ração produzida de peixes e outros seres marinhos.

A questão 3 de **Atividades** faz uma conexão entre recursos não renováveis e recursos renováveis (no caso, a pesca), ajudando o aluno a perceber que estes últimos também podem se esgotar. Já a questão 9 possibilita que o aluno aplique esse conhecimento em uma nova situação.

Na **Atividade prática**, ao final do capítulo, com a orientação e o acompanhamento do professor, os alunos podem observar um peixe morto e fresco, adquirido em mercados municipais ou em feiras livres.

## CAPÍTULO 15: Anfíbios e répteis

Para iniciar o estudo dos anfíbios, o professor pode perguntar qual a razão do nome desse grupo e pedir que os alunos identifiquem as adaptações de um sapo adulto à vida terrestre e as do girino à vida aquática. A questão 1 de **Atividades** pode ser usada para avaliar o conhecimento do aluno sobre esse tópico.

O tema da biodiversidade também é tratado no boxe *Biologia e ambiente* (p. 193), ao abordar a ameaça sofrida pelas espécies venenosas de anfíbios. Além do desequilíbrio ecológico, a extinção dessas espécies reduz também a chance de descoberta de substâncias que podem ser usadas em medicamentos, por exemplo.

Na discussão sobre adaptações ao meio terrestre, é comentado que o ar não fornece tanta sustentação ao corpo como a água e que a maior sustentação na água é devida a uma força, o empuxo, estudada em Física. Essa é uma oportunidade para uma atividade em conjunto com a disciplina de Física, sobre a lei do empuxo (estudada em Hidrostática).

É importante chamar a atenção dos alunos para as relações ecológicas entre esses animais e outros organismos: sapos comem muitos insetos que poderiam atacar plantações, por exemplo. O item “Evolução” (p. 194) ilustra como o estudo dos fósseis ajuda os

cientistas na reconstituição da história evolutiva dos seres vivos. Esse tópico será desenvolvido também no terceiro Volume desta Coleção, na Unidade sobre Evolução. Nesse item é mencionado um famoso fóssil de transição entre os ancestrais de peixes e anfíbios, o *Tiktaalik*. Para saber mais sobre a história da descoberta desse fóssil, professor e alunos podem consultar o livro *A história de quando éramos peixes: uma revolucionária teoria sobre a origem do corpo humano*, de Neil Shubin (Rio de Janeiro: Elsevier, 2008).

Sobre fósseis de transição entre vários grupos de animais, há vários artigos na revista eletrônica *Evolution* (em inglês): *Education and Outreach – Special Issue: Transitional Fossils*. v. 2, n. 2, jun. 2009, disponíveis em (acesso em: 28 mar. 2016): <<http://www.springerlink.com/content/x1r804782707/?sortorder=asc>>.

Por fim, o texto a seguir discute o significado dos termos “sapo”, “rã” e “perereca” e possibilita uma discussão interessante em conexão com as disciplinas de Filosofia e Língua Portuguesa: a relação entre termos de uso cotidiano e os respectivos termos científicos.

### Sapos, rãs e pererecas

Os termos sapo, rã e perereca não têm significado filogenético, ou seja, não estão relacionados a grupos monofiléticos.

Em geral, são chamadas de rãs aqueles anfíbios que apresentam pele mais lisa e úmida e passam a maior parte do tempo na água. As longas pernas posteriores são adaptadas para o salto ou para a natação (possuem membrana entre os dedos).

Os anfíbios conhecidos como sapos têm a pele mais grossa e rugosa, passam mais tempo fora da água e suas pernas posteriores são menores que as das rãs (dão saltos mais curtos).

As pererecas têm discos adesivos na ponta dos dedos, que as ajudam a subir em árvores; passam mais tempo na terra. Na língua indígena tupi-guarani, perereca significa ‘andar aos saltos’.

O uso de termos cotidianos, como sapos, rãs e pererecas, que não correspondem à classificação biológica dos anfíbios, ilustra o fato de que o conhecimento cotidiano nem sempre coincide com o conhecimento científico. Isso não signifi-

ca necessariamente que um esteja errado e outro certo: há situações em que um deles é mais adequado que o outro. Os diferentes tipos de conhecimento e o uso das palavras são discutidos em Filosofia e Língua Portuguesa.

Ao iniciar o estudo dos répteis, é importante identificar as diferenças entre os anfíbios e os répteis e enfatizar as adaptações à vida terrestre destes últimos, como é pedido nas questões de abertura e nas questões 5, 13 e 18 de **Atividades**.

Ainda sobre adaptações, pode ser interessante conversar com os alunos sobre as informações disponíveis no texto a seguir.

### Por que as serpentes não têm pernas?

Uma primeira evidência da origem evolutiva de um grupo pode ser encontrada nos órgãos vestigiais, ou seja, órgãos atrofiados, com nenhuma ou pouca função para o organismo.

Algumas serpentes apresentam internamente ossos vestigiais correspondentes aos membros posteriores, o que pode indicar que esses animais vieram de ancestrais com pernas. Uma hipótese é que as serpentes teriam se originado de répteis aquáticos: a perda das pernas teria facilitado o deslocamento na água. Outra hipótese é que elas teriam evoluído de lagartos que se enterravam no solo para se proteger de predadores ou fugir do aquecimento excessivo provocado pela exposição ao Sol. O corpo alongado e sem pernas seria uma adaptação a esse modo de vida: um mutante com pernas reduzidas ou ausentes poderia se enterrar mais rapidamente do que um réptil com pernas longas. Por seleção natural, os mutantes com pernas curtas ou mesmo sem pernas aumentariam de número ao longo das gerações. Essa característica teria persistido mesmo depois que as serpentes conquistaram outros ambientes.

Essa hipótese recebe apoio do fato de que muitas famílias de lagartos que se enterram no solo têm pernas reduzidas ou ausentes.

Análises recentes de DNA de algumas espécies de lagartos atuais e de serpentes apoiam a hipótese terrestre, reforçada também pelo estudo, feito pelo pesquisador brasileiro Hussam Zaher e pelo argentino Sebastián Apesteguía, de um fóssil de serpente de cerca de 90 milhões de anos de idade (*Najash rionegrina*), mais antigo que o das serpentes marinhas. O fóssil apresenta pernas traseiras em um arranjo semelhante ao dos lagartos.

**Fontes de pesquisa:** VIDAL, N.; HEDGES, S. B. Molecular evidence for a terrestrial origin of snakes. *Proc. R. Soc. Lond. B (Suppl.)*, 271:S226-S229, 2004; APESTEGUÍA, S.; ZAHER, H. A Cretaceous terrestrial snake with robust hindlimbs and a sacrum. *Nature*, v. 440, p. 1037-40, 2006.

O professor também pode fazer uma conexão com filmes de ficção científica em que os dinossauros são recriados em laboratório a partir do DNA de fósseis. Essa é uma questão que desperta a curiosidade do aluno. O texto abaixo discute essa possibilidade.

### Recriando dinossauros

Alguns livros e filmes de ficção científica abordam a possibilidade de recriação dos dinossauros em laboratório por meio do implante do DNA desses répteis na célula-ovo de outro animal.

No entanto, há vários fatores que fazem com que isso seja bastante improvável. Entre eles, o fato de que o DNA começar a se decompor após a morte do organismo e, como os dinossauros se extinguíram há cerca de 65 milhões de anos, seria praticamente impossível conseguir um gene completo. No máximo, restariam apenas pequenos trechos. Se usarmos genes de outro animal para completar os pedaços que estão faltando, não teríamos nenhuma garantia de produzir um dinossauro. Outro problema é que, mesmo que conseguíssemos um conjunto completo de genes, ele teria de ser colocado em uma célula-ovo de dinossauro para que funcionasse corretamente. Isso porque os genes têm de ser ativados e regulados por substâncias do citoplasma da célula-ovo específicas dos dinossauros. Seria pouco provável que genes de dinossauros fun-

cionassem adequadamente quando colocados em ovos de outras espécies.

Além disso, mesmo que fosse possível recriá-los, eles estariam vivendo em um mundo bem diferente.

Os herbívoros não encontrariam as plantas exatas das quais se alimentavam, por exemplo.

**Fonte de pesquisa:** DESALLE, B.; LINDLEY, D. *Jurassic Park e o mundo perdido: ou como fazer um dinossauro*. Rio de Janeiro: Campus, 1998.

Outro ponto interessante é a determinação do sexo em muitos répteis, exigindo a interpretação de um gráfico. O texto a seguir aprofunda esse assunto.

### Temperatura e determinação do sexo nos répteis

Nos crocodilianos, na maioria dos quelônios (tartarugas) e em alguns lagartos, o sexo do filhote é determinado pela temperatura ambiente durante o desenvolvimento do embrião. Uma variação de 2 °C ou 4 °C pode determinar se o embrião se tornará macho ou fêmea. Em algumas tartarugas, por exemplo, ovos incubados em temperaturas iguais ou menores que 26 °C originam machos; ovos com temperatura acima de 31 °C produzem fêmeas. Temperaturas de transição podem produzir tanto machos quanto fêmeas, dependendo de outros fatores, como a taxa de hormônios.

A temperatura age nas etapas iniciais do desenvolvimento. Como há variação diária ou sazonal de temperatura, ambos os sexos são produzidos. Além disso, a temperatura varia também de ninho para ninho, dependendo da luz e da sombra ou se os ovos estão na superfície ou no fundo do ninho.

Se a temperatura do planeta continuar aumentando, por causa do aquecimento global, poderá ocorrer uma desproporção entre os sexos, ou até a produção apenas de tartarugas fêmeas, o que poderá ocasionar a extinção desse grupo.

Com a primeira pesquisa da seção **Trabalho em equipe**, os alunos poderão conhecer melhor alguns répteis brasileiros ameaçados de extinção e as causas dessa ameaça. Ao pesquisar o Projeto Tamar, eles

poderão conhecer também algumas medidas que estão sendo adotadas para a preservação das espécies – no caso, as espécies de tartarugas marinhas. As *Sugestões de Respostas* deste Manual ajudam o professor a orientar essa atividade.

O item “Evolução” (p. 199) menciona brevemente os dinossauros. Essa exposição pode ser complementada pela segunda pesquisa da seção **Trabalho em equipe**. Como atividade adicional em grupo, o professor pode pedir uma pesquisa sobre os dinossauros mais comuns de cada período da era mesozoica (triássico, jurássico e cretáceo). O aluno deverá identificar, para cada animal, o tamanho aproximado, o hábito alimentar (herbívoros ou carnívoros?) e algumas outras características que julgar interessantes. A TV Escola possui alguns vídeos sobre dinossauros. No *site* (acesso em: 28 mar. 2016): <<http://portal.mec.gov.br/seed/arquivos/pdf/vendo2.pdf>> há instruções de como trabalhar esses vídeos com os alunos. Caso haja interesse, também podem ser consultados os seguintes *sites* (acessos em: 28 mar. 2016):

<[www.igc.usp.br/museu/fosseis.htm](http://www.igc.usp.br/museu/fosseis.htm)>

<[www.avph.com.br/](http://www.avph.com.br/)>.

A terceira pesquisa proposta na seção **Trabalho em equipe** aprofunda o tópico de serpentes peçonhentas, tratado neste capítulo, possibilitando que o aluno conheça as principais serpentes peçonhentas do Brasil.

## CAPÍTULO 16: Aves e mamíferos

O texto de abertura do capítulo chama a atenção para a imensa diversidade de aves no Brasil, ao mesmo tempo que alerta para o risco de extinção de várias espécies e para as leis que as protegem da captura ou da morte, o que pode motivar discussões sobre ética e cidadania. O texto a seguir também pode ser usado para que o aluno tenha uma ideia inicial da diversidade de aves no país.

### A biodiversidade brasileira

Há cerca de 10 mil espécies de aves no mundo e o Brasil é um dos países que apresentam a maior biodiversidade desses vertebrados: as florestas tropicais, como a mata Atlântica e a floresta Amazônica, abrigam, juntas, mais de mil espécies de aves. A diver-

sidade também é grande no Pantanal, onde vivem mais de 600 espécies, e no Cerrado, onde já foram registradas mais de 800 espécies desses animais.

Em relação às aves, o Brasil ocupa o primeiro lugar em número de espécies endêmicas, isto é, espécies que só existem no país, e o terceiro lugar em variedade de espécies (depois do Peru e da Colômbia). Somos também os campeões em espécies de psitacídeos (periquitos, papagaios, tuins, maitacas, araras, jandaías, etc.). No entanto, devido à destruição dos diferentes biomas do território nacional, muitas espécies de aves estão ameaçadas de, em pouco tempo, serem extintas do ambiente natural. Outras ameaças à sobrevivência das aves são a caça e o comércio ilegal de espécies, destinadas ao cativeiro.

As perguntas de abertura do capítulo preparam o aluno para conhecer as adaptações das aves ao voo e à endotermia (asas, corpo coberto por penas, ossos leves, etc.). Essas adaptações são os principais diferenciais das aves em relação aos demais grupos de vertebrados e são exploradas em várias questões das atividades.

O professor deve lembrar que mesmo as aves que não voam descendem de aves que voavam e, por isso, têm muitas características comuns com estas últimas.

É importante lembrar que a seleção artificial induzida pelo ser humano também acabou por produzir aves que não voam a partir de aves voadoras, como apresentado no texto abaixo.

### Ovos das aves domésticas

Hoje em dia, das 31 espécies de animais domésticos, 11 são aves e, entre elas, está a galinha doméstica, variedade da subespécie *Gallus gallus domesticus* que o ser humano criou por seleção artificial.

Na maior parte das aves, a postura dos ovos é feita após a fecundação do óvulo. Eles são produzidos nos ovários e, à medida que descem pelo oviduto até saírem pela cloaca, recebem clara e casca. A galinha doméstica também

▶ expele óvulos não fecundados, ou seja, ela produz ovos independentemente da reprodução.

Galinhas selvagens voam distâncias curtas. Já a galinha doméstica é muito pesada para voar. Além disso, como põe ovos com muita frequência (diariamente, às vezes até mais de uma vez por dia), sua massa é ainda maior, reduzindo bastante a possibilidade de voo. As variedades selvagens põem ovos apenas duas vezes por ano, em média.

O item “Evolução” e o boxe *Processos evolutivos* (p. 209) apresentam várias características em comum das aves com alguns dinossauros que indicam o forte grau de parentesco entre esses dois grupos, além de ilustrar como as observações e experimentos colaboram para reforçar ou enfraquecer uma hipótese científica, um tema importante em Filosofia da ciência. O professor deve chamar a atenção dos alunos para o parágrafo final do boxe, que mostra que esse tópico é um bom exemplo de que o conhecimento científico pode ser reformulado à medida que novas observações ou experimentos são realizados. Mais importante, ainda, é que esse exemplo ajuda os alunos a compreenderem que teorias e hipóteses guiam pesquisas científicas, sugerindo novas observações e ampliando nosso conhecimento.

O boxe *Biologia e História* (p. 208) aborda como se deu a introdução do pombo doméstico no Brasil, trazido pelos europeus. O descontrole populacional da espécie tornou esse animal um problema de saúde pública, principalmente devido às doenças a ele associadas.

A anatomia e a fisiologia dos mamíferos poderão ser mais bem compreendidas ao longo da Unidade 5, quando será estudada a Fisiologia humana. Neste capítulo, o aluno deverá ser capaz de reconhecer algumas características exclusivas do grupo. Há também uma discussão sobre o controle de temperatura nos animais endotérmicos, uma comparação entre o metabolismo de animais endotérmicos e ectotérmicos e, no boxe *Biologia e Física* (p. 213), a relação entre a endotermia e a superfície relativa do corpo. A questão 2 da seção **Atividades** permite avaliar o conhecimento dos estudantes sobre esse tópico.

A relação de representantes das diversas ordens de mamíferos deve ser usada apenas como fonte de

consulta pelos alunos, sem exigir a memorização dessa lista.

A atividade **Trabalho em equipe** pede que se pesquise uma lista de mamíferos brasileiros ameaçados de extinção. A importância de se preservar a biodiversidade foi um tema presente em vários capítulos desse Volume e será retomado no Volume 3 desta Coleção, na Unidade sobre Ecologia. No entanto, o professor pode optar por pedir nesse momento uma pesquisa sobre o tema. Pode também compartilhar com o aluno o texto a seguir como parte de um processo progressivo de conscientização.

### A biodiversidade ameaçada

Uma das maiores preocupações ecológicas de nossa época é a destruição da biodiversidade, isto é, da variedade de seres vivos existentes em determinado lugar ou no planeta como um todo.

As razões para se preservar a biodiversidade são bem conhecidas: toda espécie faz parte de uma teia alimentar e sua extinção pode provocar desequilíbrios ecológicos. Ademais, as espécies selvagens funcionam como um “banco genético” para a origem de novas espécies mais produtivas ou mais resistentes. Além disso, com a extinção das espécies, perdemos muitas substâncias químicas que poderiam ser potencialmente usadas na fabricação de medicamentos e de outros produtos importantes para a vida humana.

Analisando as espécies endêmicas, ou seja, as espécies que existem apenas em determinado local, o Brasil ocupa o primeiro lugar em relação ao número de mamíferos, peixes de água doce e plantas. O Brasil é o país com o maior número de espécies ameaçadas no mundo, com 164 espécies de aves globalmente ameaçadas de extinção, representando 12% das aves ameaçadas no mundo. Essa biodiversidade está ameaçada pela destruição de *habitat*, pela caça e pesca sem controle, pela poluição e pelos desequilíbrios ecológicos.

O estudo dos vertebrados pode ser bastante enriquecido caso seja possível visitar um jardim zoológico. Nesse caso, em primeiro lugar, é importante lembrar

aos alunos algumas regras básicas de comportamento, tais como: não irritar os animais com provocações; não atirar objetos nos viveiros; não jogar qualquer tipo de alimento para os animais; não se apoiar nas telas; e outras que o professor julgar importantes.

Para a visita, os alunos deverão levar lápis, borracha, bloco de papel e prancheta. Devem também ficar protegidos do sol, com filtro solar, chapéus, etc. Eles devem ler com atenção as informações que costumam estar em placas junto aos viveiros e anotar o nome comum e o nome científico do animal. Deverão observar, então, o aspecto externo do animal (presença de pelos, penas, escamas, bicos, patas, garras e outras estruturas externas) e se as características observadas podem estar relacionadas com a adaptação desses animais ao ambiente em que vivem.

Eles devem observar também se o animal está sozinho ou se divide o viveiro com outro da mesma espécie ou de espécie diferente, se há filhotes, se o animal está fora ou dentro da água, se ele está exposto ao sol ou se está na sombra, na árvore, etc.

O professor pode pedir a cada aluno que escolha um animal de cada grupo de vertebrado sobre o qual ele gostaria de pesquisar na volta à escola. No relatório deverá constar, para cada animal escolhido, a classificação, o nome científico, o *habitat*, o hábito alimentar, as relações que ele mantém com o ser humano, e outras informações que o aluno julgar interessante.

## CAPÍTULO 17: Nutrição

A abertura desta Unidade relembra o conceito de homeostase, visto no Volume 1 desta Coleção, fundamental para a compreensão de nossa Fisiologia.

O texto de abertura do capítulo aborda a o ciclo de vida das células do intestino e do estômago, que formam nosso sistema digestório. Já a partir desse momento, é importante que o professor destaque a importância desse sistema para o equilíbrio do organismo.

As questões de abertura do capítulo permitem avaliar o conhecimento prévio dos alunos sobre a digestão. É importante verificar se o aluno compreende que esse processo transforma macromoléculas em moléculas suficientemente pequenas para passar pela membrana das células e serem absorvidas pelo organismo. O professor deve se certificar também que o aluno está de posse dos conceitos básicos sobre a na-

tureza de glicídios, lipídios e proteínas, estudados no Volume 1 desta Coleção.

O professor pode optar por pedir logo no início do capítulo a segunda pesquisa do **Trabalho em equipe**, com o objetivo de recapitular, de forma resumida, as estruturas que promovem a digestão em alguns grupos de invertebrados e vertebrados. Com isso, ele poderá ter uma visão comparada e integrada desse processo.

A ênfase de toda essa Unidade, no entanto, será sobre os sistemas do corpo humano. O estudo da digestão humana permite que o aluno compreenda algumas adaptações importantes, como o aumento da superfície de contato com os alimentos, proporcionado pelas dobras e vilosidades do intestino, e o controle hormonal e nervoso da secreção dos sucos digestivos, o que faz com que essa secreção aconteça apenas quando há alimentos no tubo digestório.

No Volume 1 desta Coleção foi discutida a obesidade e pedida uma pesquisa em grupo sobre o tema. O professor pode pedir agora uma pesquisa sobre outros dois problemas ligados à alimentação: a anorexia nervosa e a bulimia, e, se achar oportuno, pode também retomar o tema da obesidade, pedindo uma nova pesquisa. Temas como esse podem ser muito relevantes para os alunos, especialmente na idade em que eles estão. Os adolescentes parecem estar um pouco mais suscetíveis à mídia e aos padrões de beleza do que as crianças e os adultos. Discutir esses distúrbios como problemas de saúde é fundamental para que os estudantes entendam que distúrbios alimentares podem exigir tratamento médico. O texto a seguir contém algumas informações sobre os temas abordados.

### Problemas nutricionais

#### Obesidade

Se uma pessoa come mais do que precisa, o excesso é armazenado na forma de gordura. Em outras palavras, quando o número de calorias que entra no corpo é maior que o de calorias que sai, ela engorda. Na raiz desse desequilíbrio podem estar fatores hereditários, pouca atividade física, problemas glandulares, maus hábitos alimentares adquiridos na infância, etc.

Uma das maneiras de se calcular aproximadamente se um adulto está obeso é dividir o peso da pessoa (em quilogramas) pela altura (em metros) elevada ao quadrado. O resultado, chamado de índice de massa corpórea (IMC), deve ficar entre 18,5 e 24,9.

Índices menores que 18,5 podem indicar baixo peso e possíveis riscos à saúde. Entre 25 e 29,9, a pessoa pode estar com excesso de peso, embora só um médico possa dar um diagnóstico preciso. A obesidade leve corresponde a um índice entre 30 e 34,9. A moderada corresponde ao índice de 35 a 39,9. Índices superiores a 39,9 indicam obesidade mórbida, com risco grave para a saúde.

Entretanto, esses valores são relativos: um atleta pode apresentar valores mais altos sem ser obeso, pois os músculos pesam mais que a gordura. E uma pessoa sedentária pode estar na faixa normal, mas ter mais gordura no corpo do que deveria. O IMC, portanto, é apenas um indicador inicial. Para confirmar se o peso está ou não dentro de uma faixa considerada saudável, é preciso consultar um médico especialista.

Em crianças e adolescentes, a avaliação do peso é feita de outros modos, por exemplo, usando tabelas que estabelecem a relação entre a idade, o peso e a altura.

Quanto mais obesa for uma pessoa, maior o risco de ela ter problemas cardiovasculares, de sofrer ataques cardíacos e também de desenvolver diabetes, cálculos biliares, problemas nos rins, na coluna, nas articulações e até certos tipos de câncer.

Pessoas obesas precisam consultar um médico, que poderá indicar uma reeducação alimentar, isto é, uma mudança de hábitos alimentares, como diminuir o consumo de alimentos muito calóricos (refrigerantes, doces, chocolates, etc.), e a prática de atividades físicas ou algum esporte, com a orientação de profissionais especializados.

Não se deve seguir dietas ou usar produtos para perder peso anunciados nos meios de comunicação sem orientação médica. Muitas vezes eles fazem apenas a pessoa perder água

pela urina, em vez de gordura. Com isso, a pessoa até perde peso rapidamente, mas é provável que ela vá engordar de novo quando retomar os antigos hábitos alimentares e o corpo se reidratar. Há ainda o risco de perda de sais minerais e de desidratação – entre muitas outras complicações.

Outro problema é que ninguém consegue passar o resto da vida comendo apenas um tipo de alimento ou ingerindo apenas um preparado em pó que contém os nutrientes necessários, como algumas dietas recomendam. Após a interrupção de dietas como essas, a pessoa volta a ganhar peso.

### **Anorexia nervosa e bulimia**

A anorexia nervosa é uma doença que faz com que a pessoa, mesmo sendo magra ou tendo peso normal, passe a se considerar muito gorda e comece a comer cada vez menos. Mesmo perdendo muito peso, ela continua a ingerir pouquíssima comida – a ponto de pôr em risco a saúde e ter de ser hospitalizada.

Já as pessoas que têm bulimia ingerem, no mínimo duas vezes por semana, grande quantidade de alimentos, mas logo depois provocam o vômito ou usam laxantes. As consequências são parecidas com as da anorexia. Em ambos os casos, é necessário que a pessoa receba logo assistência médica, pois há risco de morte.

O boxe *Biologia e saúde* (p. 227) retoma um problema importante, que foi objeto de atividade em grupo no Volume 1 desta Coleção: a desnutrição.

Nas atividades ao final do capítulo há várias questões que tratam da fisiologia do sistema digestório, principalmente da ação das enzimas digestivas. É importante verificar se o aluno compreende o conceito de especificidade enzimática, também presente em várias questões e estudado no Volume 1 desta Coleção. O professor pode pedir aqui uma atividade adicional: o estudante deverá elaborar um quadro, dividido em colunas, com as glândulas, enzimas e outros produtos, locação de ação, nutriente e produtos da digestão. O quadro terá um aspecto semelhante ao quadro a seguir.

Glândulas	Enzimas e outros produtos	Local de ação	Nutriente	Produtos da digestão
salivares	amilase salivar	boca	amido	maltose
gástricas	ácido clorídrico e pepsina	estômago	proteínas	polipeptídios
fígado	bile	intestino delgado	lipídios	emulsão de lipídios
pâncreas	amilase pancreática	intestino delgado	amido	maltose
	tripsina, quimiotripsina e peptidases		proteínas e polipeptídios	peptídios e aminoácidos
	lipase pancreática		lipídios	ácidos graxos e glicerol
do intestino delgado	sacarase	intestino delgado	sacarose	glicose e frutose
	peptidases		peptídios	aminoácidos
	lactase		lactose	glicose e galactose
	maltase		maltose	glicose

O texto menciona que algumas bactérias que vivem no intestino grosso produzem vitaminas, o que ajuda o aluno a perceber que nem todos os microrganismos são patogênicos.

A ação da bile é comparada à de um detergente (p. 224). Aqui pode ser feita uma conexão com a disciplina de Química, trabalhando os conceitos de moléculas polares, como a água, e apolares, como as gorduras, entre outros.

O professor pode pedir também uma pesquisa sobre a prevalência da cárie e de problemas bucais na população brasileira e que fatores sociais colaboram para essa situação.

O professor pode optar por realizar uma **Atividade prática** adicional, sobre a atividade de uma enzima. Para realizar esse experimento, são necessários os seguintes materiais: uma estante para tubos de ensaio, dois tubos de ensaio e duas rolhas ou chumaços de algodão para tampá-los, clara de ovo cozida (o ovo cozido deve ter sido preparado minutos antes pelo professor ou assistente de laboratório), suco de abacaxi recém-preparado (pelo professor ou assistente de laboratório) a partir da própria fruta e peneirado.

O professor deverá cortar dois pequenos pedaços da clara de ovo cozida, que caibam no fundo dos tubos de ensaio. Podem ter a forma aproximada de pequenos cubos, com cerca de 3 mm a 4 mm de aresta.

Depois de identificar os dois tubos com números, o professor colocará água até a metade de um deles e suco de abacaxi até a metade do outro e um pedaço de clara cozida em cada um, tampando-os em seguida.

Os alunos deverão desenhar os tubos com os pedaços de clara. Os tubos serão observados diariamente até que se perceba uma diminuição do pedaço de clara que está no tubo com suco de abacaxi (o que pode levar de três a cinco dias, aproximadamente).

Em seguida, os estudantes poderão relatar e explicar o que aconteceu; para isso, podem pesquisar na internet e tentar descobrir que enzima do abacaxi digere proteínas (os pedaços de clara em contato com o abacaxi devem diminuir de tamanho, já que uma parte da proteína da clara de ovo foi digerida pela bromelina, uma enzima do abacaxi).

A primeira pesquisa do **Trabalho em equipe** ajuda o aluno a conhecer as técnicas de conservação dos alimentos e permite que ele se familiarize com as informações contidas nas embalagens, favorecendo um consumo consciente.

Pode-se propor ainda outro tema para pesquisa: a comparação entre a dentição de alguns mamíferos de diferentes hábitos alimentares e a dentição humana. Esse tema possibilita o aprofundamento da noção de adaptação por evolução e oferece ao aluno a chance de perceber que os seres humanos têm uma dentição compatível com os hábitos onívoros.

O professor pode pedir ainda uma pesquisa adicional sobre a opinião dos estudantes com relação à proibição, em alguns estados do Brasil, da venda de alimentos muito ricos em açúcar e gordura nas cantinas das escolas. O aluno deverá compreender que, se por um lado a proibição pode causar a insatisfação dos colegas aficionados por guloseimas, por outro ela contribui para a manutenção da saúde. Podem

ser feitas aqui perguntas do tipo: “Você acha mais saudáveis frutas, refrescos de frutas e sanduíches feitos em casa ou salgados e biscoitos industrializados, chocolates e refrigerantes?”. O professor pode perguntar ainda se o aluno não anda exagerando no consumo de *fast food*, em detrimento de uma refeição mais equilibrada.

Nesse e nos próximos capítulos, estão presentes algumas informações sobre problemas que podem ocorrer nos sistemas do organismo. O professor deve aproveitar essa oportunidade para advertir os alunos de que é preciso cuidado ao consultar *sites* de saúde. Primeiro, porque nem todos os *sites* trazem informações corretas. Segundo, porque a pessoa pode achar que os conselhos do *site* substituem o diagnóstico ou o tratamento médico, o que pode ter sérias consequências para a saúde.

Por isso, é preciso deixar claro que as informações dos *sites* de saúde, assim como as dos livros didáticos, têm o objetivo de ajudar as pessoas a conhecer melhor alguns problemas ligados à saúde, mas não substituem a consulta ao médico, nem podem ser usadas para diagnóstico, tratamento ou prevenção de doenças (esse aviso está presente nos capítulos dos livros desta Coleção que falam de doenças).

Entre os *sites* mais confiáveis para conseguir informações sobre saúde estão os do Ministério da Saúde e os das diversas Sociedades Brasileiras de Medicina. Veja alguns desses *sites* (acessos em: 28 mar. 2016): Sociedade Brasileira de Endocrinologia e Metabologia: <[www.endocrino.org.br](http://www.endocrino.org.br)>

Sociedade Brasileira de Dermatologia: <[www.sbd.org.br](http://www.sbd.org.br)>

Sociedade Brasileira de Cardiologia: <[www.cardiol.br](http://www.cardiol.br)>

Sociedade Brasileira de Urologia: <[www.sbu.org.br](http://www.sbu.org.br)>

## CAPÍTULO 18: Respiração

As perguntas que abrem o capítulo ajudam a reunir os conhecimentos prévios dos alunos sobre o sistema respiratório humano. As questões estão relacionadas ao cotidiano e ajudam a trazer o conhecimento adquirido no dia a dia para a sala de aula.

A foto de abertura mostra uma imagem obtida por raios X, uma tecnologia já antiga, mas que ainda é usada nos dias de hoje para detectar alguns problemas no sistema respiratório. Esse é mais um exemplo da relação entre ciência e tecnologia e também do

trabalho em conjunto de várias áreas da ciência (a Física com o uso dos raios X e a Medicina). A segunda atividade da seção **Trabalho em equipe** reforça essa interação com a Física, ao propor um estudo sobre a natureza dos raios X e a história de sua descoberta.

A relação entre a Biologia e outras ciências aparece em outros momentos ao longo do capítulo. No boxe *Biologia e Física* (p. 232), por exemplo, é explicado que a Física nos ajuda a compreender a relação entre o tipo de pregação vocal de uma pessoa e a altura de sua voz. O estudo em conjunto com o professor de Física pode auxiliar na compreensão do estudante, apresentando a ele como se dá a geração de ondas sonoras e as características dessas ondas (altura, intensidade, timbre).

A Física está presente também nos mecanismos de entrada e saída de ar nos pulmões. Pode ser feito então um trabalho em conjunto com o professor dessa disciplina, propondo-se uma pesquisa sobre a natureza da pressão atmosférica e a relação entre a pressão de um gás e o volume do recipiente em que ele está contido. A questão 8 de **Atividades** cobra do aluno o conhecimento sobre essas relações. Esse trabalho, complementado pela **Atividade prática** ao final do capítulo, ajuda o aluno a compreender melhor a ventilação pulmonar.

A Química também está presente na explicação do transporte de gases pelo sangue (quando é explicado o transporte do gás carbônico na forma de íon bicarbonato) e no controle da respiração (a diminuição do pH com o aumento da concentração de gás carbônico). As questões 9 e 10 de **Atividades** exigem o conhecimento dessa última relação.

Ao abordar os vários problemas no sistema respiratório, particular atenção deve ser dada aos problemas causados pelo fumo, um tópico que será visto também no Capítulo 22 deste livro.

O texto abaixo aborda os fenômenos do ronco e do bocejo, cujos sons característicos relacionam-se diretamente à Física. A questão 2 de **Atividades** também discute problemas no sistema respiratório.

### Ronco e bocejo

Algumas pessoas roncam enquanto dormem. Isso pode acontecer quando dormem de boca aberta e respiram por ela. A passagem de ar faz vibrar o palato mole, que é a parte mole do céu da boca.

O ronco pode acontecer também devido à hipertrofia das adenoides, um tecido linfático na parte superior da faringe, que acaba obstruindo as vias nasais e impede a respiração normal. Esses e outros problemas podem causar pequenas paradas respiratórias durante o sono (apneia do sono) e deve-se consultar um otorrinolaringologista (médico especialista em orelha, nariz e garganta) para diagnosticar e tratar o problema.

O bocejo é uma inspiração mais forte, que suga mais oxigênio para os pulmões. Ele pode ajudar a manter uma pessoa acordada quando ela está sonolenta.

Na discussão sobre o efeito do monóxido de carbono no transporte do gás oxigênio (p. 234), além do fumo, é mencionado também o lançamento do monóxido por automóveis e outras combustões. Esse tema será tratado no tópico sobre poluição do ar, no Volume 3 desta Coleção, na Unidade sobre Ecologia. O professor pode optar, porém, por pedir nesse momento uma pesquisa sobre alguns efeitos dos poluentes do ar no sistema respiratório. O texto a seguir acrescenta algumas informações sobre esse tema.

### A poluição do ar e o sistema respiratório

Veículos motorizados e chaminés de indústrias eliminam no ambiente fumaça contendo uma série de produtos químicos prejudiciais à saúde – assim se origina a poluição do ar. Além do monóxido de carbono, são lançados no ambiente óxidos de enxofre e de nitrogênio e outros poluentes, que entram no organismo pela inspiração e podem causar irritação das mucosas do nariz, traqueia e brônquios.

Se a quantidade inspirada de produtos irritantes ultrapassa certo limite, o sistema respiratório reage aumentando a produção de muco (pelas células das mucosas) e contraindo a musculatura dos brônquios, o que diminui a eficiência da respiração. Dependendo do grau de poluição e do tempo de exposição de uma pessoa às substâncias poluentes, ela pode desenvolver bronquite crônica e enfisema.

Para controlar a poluição do ar, é preciso, entre outras medidas, instalar filtros e equipamentos antipoluentes em escapamentos de veículos e chaminés de fábricas, além de investir em transportes coletivos (um ônibus transporta, em média, trinta vezes mais pessoas que um automóvel particular).

Da mesma forma que no capítulo anterior, o professor pode optar por pedir logo no início do capítulo a primeira pesquisa do **Trabalho em equipe**, com o objetivo de recapitular, de forma resumida, as estruturas que promovem a respiração em alguns grupos de invertebrados e vertebrados, possibilitando uma visão comparada e integrada desse processo.

## CAPÍTULO 19: Circulação

O texto de abertura do capítulo, sobre desfibrilação, apresenta novamente uma aplicação tecnológica da pesquisa científica, a interação entre disciplinas e o crescimento do conhecimento sobre nosso organismo a partir dessas pesquisas.

Além de avaliar o conhecimento prévio do aluno sobre o tema, a última questão de abertura ajuda o aluno a compreender a interação entre os sistemas circulatório, digestório e respiratório, contribuindo para que ele construa uma visão integrada do organismo.

A circulação humana é um tema complexo e o professor pode achar conveniente trabalhá-lo em etapas. Inicialmente, pode-se apresentar a ideia de que há um sangue rico em oxigênio, circulando pelo organismo. Depois, usando-se um esquema simplificado, sem a indicação de nomes de partes do coração, vasos, etc., pode-se apontar um vaso (a artéria aorta) saindo do ventrículo esquerdo e perguntar: “Aonde este sangue deve ser levado?”. E por último: “Será que o sangue vai sofrer alguma transformação? Qual?”. Quando o professor notar que os alunos já compreenderam o que é a circulação sistêmica, como é o seu funcionamento e também os conceitos de artéria e veia, poderá perguntar: “Para onde vai o sangue que retornou ao coração?”; “O sangue vai sofrer alguma transformação? Qual?”. Aqui é importante reforçar a distinção entre os conceitos de artéria e veia, para evitar a confusão, comum entre estudantes, de considerar que o sangue transportado pelas artérias é sempre rico em oxigênio

e o sangue transportado pelas veias é pobre em oxigênio. Ao trabalhar a circulação pulmonar, o professor deve ficar atento a esse equívoco, comum entre os alunos. Várias questões da seção **Atividades**, como a 1, a 2 e a 3, ajudam na compreensão desses conceitos.

No capítulo são feitas várias conexões com o cotidiano e a saúde, como a medida de pressão arterial, a contagem do número de batidas do coração por minuto, o uso do estetoscópio (abordado no box *Biologia e tecnologia* da p. 241), etc.

Os problemas cardiovasculares apresentados no capítulo podem ser propostos, a critério do professor, como trabalhos de pesquisa, de forma a aprofundar o texto do livro, a exemplo do que já é feito na primeira pesquisa do **Trabalho em equipe** com outros problemas relacionados ao sistema circulatório. É interessante também convidar profissionais da área de saúde para ministrar palestras sobre o tema para a classe e para a comunidade escolar. Muito importante nesse aspecto é a leitura e discussão do box *Biologia e saúde* (p. 247), que fala sobre as formas de prevenção das doenças cardiovasculares.

A última atividade do **Trabalho em equipe** promove uma conexão com a Física, ao pedir um aprofundamento do conceito de pressão, de forma a facilitar a compreensão da pressão arterial.

Na **Atividade prática**, ao final do capítulo, é possível conhecer melhor a anatomia do coração e, com isso, compreender também o funcionamento desse órgão.

Aqui também o professor pode optar por trabalhar o sistema circulatório humano de forma comparativa com os demais animais estudados ao longo do Volume 2, como é pedido na segunda atividade do **Trabalho em equipe**.

## CAPÍTULO 20: Sistema urinário

Neste capítulo, é fundamental que o aluno compreenda a função do sistema urinário na homeostase. O texto de abertura ilustra isso, ao explicar, entre outros fatos, que a perda de água pelo suor, com a função de manter constante a temperatura corporal, pode ser compensada pela retenção de água pelo sistema urinário. Essa importante relação entre sistema urinário e homeostase aparece também também nas questões 3, 6 e 12 de **Atividades**.

Além das questões dessa seção, o professor pode propor outras para avaliar a aprendizagem sobre esse tema. Por exemplo, ele pode perguntar: “Quando be-

bemos mais água, a reabsorção nos túbulos e ductos coletores dos rins aumenta ou diminui? Em que sentido isso colabora para o equilíbrio do corpo?”. Pode perguntar também o que ocorre com a produção de urina quando um adulto toma cerveja ou outra bebida alcoólica e depois perguntar por que não é recomendado consumir bebida alcoólica depois de fazer muito exercício, principalmente em dias quentes. Os malefícios do álcool serão discutidos no Capítulo 22.

Também neste capítulo o professor pode optar por trabalhar a excreção de forma comparada, valendo-se da primeira atividade do **Trabalho em equipe**. Nesse caso, é importante chamar a atenção do aluno para a relação entre o tipo principal de excreta eliminado (amônia, ureia, ácido úrico) e a adaptação ao meio terrestre.

Ao estudar o funcionamento do néfron, o professor deve chamar a atenção para o fato de o rim humano reabsorver quase 99% do líquido filtrado, concentrando toda a ureia e outros produtos não utilizados ou tóxicos produzidos em um dia em apenas 1 a 1,5 L de urina. Esse fato pode ser usado então para mostrar a grande capacidade de economizar água desse sistema, o que é uma adaptação à vida terrestre. O professor pode lançar mão aqui de mais uma pergunta: “O que aconteceria se fossem reabsorvidos, por exemplo, apenas 70% do líquido filtrado, em vez dos quase 99%?”. O aluno poderia ser levado a concluir que teríamos de ingerir uma quantidade muito maior de água, o que traria problemas para a maioria dos mamíferos que, como nós, vivem no ambiente terrestre.

Os textos a seguir tratam da ingestão de água e da regulação de eliminação de líquidos pelo corpo, abordando os efeitos da ingestão de água do mar e de substâncias diuréticas no organismo.

### Por que a água do mar não mata a sede?

A água do mar é cerca de três vezes mais salgada que o sangue humano. Nosso rim produz uma urina com concentração menor de sais do que a da água do mar. Assim, se ingerirmos água do mar, o corpo precisa eliminar o excesso de sal e, para isso, tem de eliminar pela urina mais água do que a que ingerimos do mar, o que faz com que nossas células percam água para o sangue e fiquem progressivamente desidratadas, com risco de parada cardíaca e morte.

Assim, quanto mais água do mar bebermos, com mais sede ficaremos. Além disso, alguns sais minerais dessa água têm efeito laxante, causando diarreia e aumentando a desidratação.

Outro fato interessante é que, das inúmeras bactérias encontradas na água do mar, muitas podem causar doenças: em determinado estudo foram encontradas mais de 20 mil espécies de bactérias em 1 L de água do mar, muito além do esperado.

### Diuréticos naturais e sintéticos

Os diuréticos são substâncias que diminuem a reabsorção de água pelos rins e, com isso, um maior volume de água é eliminado na urina. A eliminação de urina é chamada diurese.

Algumas bebidas, como o café, o chá e alguns refrigerantes, também têm ação diurética. A cafeína, presente no café e no chá, inibe a reabsorção de sódio e aumenta a taxa de filtração glomerular, aumentando a produção de urina. O álcool da cerveja, do vinho e de outras bebidas alcoólicas também inibe o hormônio antidiurético, aumentando a diurese.

Os medicamentos que possuem efeito diurético são indicados pelos médicos (e, é claro, só devem ser tomados com prescrição médica) para pessoas com problemas cardiovasculares, renais e outros.

Os problemas renais podem ser propostos à classe como tema de pesquisa, para aprofundar o texto do livro. Nesse caso, é interessante que profissionais da área de saúde sejam convidados para dar palestras sobre o tema.

## CAPÍTULO 21: Sistema endócrino

O estudo dos hormônios, juntamente com o do sistema nervoso, ajuda a compreender a interdependência entre os diversos sistemas do organismo. Assim, o professor pode relacionar a quantidade de água eliminada pela urina (como consequência do trabalho dos rins) com a ação do hormônio antidiurético, produzido pela hipófise. Também pode pedir aos alunos que descrevam algumas mudanças características da puberdade e perguntar o que controla essas mudanças. A glândula suprarrenal é particularmente interessante de ser explorada, já que a adrenalina promove uma

série de mudanças em vários órgãos e um de seus efeitos foi explorado na abertura do capítulo. A questão 2 de **Atividades** explora algumas dessas mudanças.

No boxe *Biologia e saúde* (p. 264) discutimos os tipos de diabetes. Esse é um tópico particularmente importante nos dias de hoje, em que há um aumento de diabetes em função da obesidade e do sedentarismo, a ponto de ter sido criado um termo para essa associação: a diabetes tipo 2, que costumava aparecer a partir dos 40 anos, está aumentando em pessoas mais jovens e até mesmo em adolescentes. Para trabalhar esse problema, o professor pode convidar endocrinologistas que se disponham a ministrar palestras sobre o tema para a comunidade escolar. O mesmo pode ser feito com a atividade do **Trabalho em equipe**, que pede uma pesquisa sobre o uso indevido de esteroides anabolizantes. O texto abaixo apresenta mais informações sobre essas substâncias.

### Esteroides anabolizantes

Os esteroides anabolizantes são produtos sintéticos semelhantes à testosterona (um hormônio masculino), usados pelos médicos em doses controladas para tratar certas doenças. No entanto, por aumentarem a síntese de proteínas no músculo, são também consumidos, sem acompanhamento médico, por pessoas que querem aumentar sua musculatura rapidamente.

O perigo é que esse uso sem controle médico pode interromper o crescimento do adolescente, causar hepatite, danos aos rins, câncer de fígado, problemas de comportamento (depressão, aumento da agressividade e irritabilidade), aumento do colesterol do tipo LDL, diminuição da libido, aumento da pressão arterial e maior risco de ataque cardíaco. No homem pode causar desenvolvimento das mamas, provocar impotência, reduzir a produção de esperma, provocando esterilidade e atrofia dos testículos. Na mulher, pode desequilibrar o ciclo menstrual e causar o desenvolvimento de características masculinas, como a presença de pelos na face, crescimento excessivo de pelos no corpo, perda de cabelo e diminuição dos seios.

Por tudo isso, além de serem proibidos nas competições esportivas, os esteroides anabolizantes nunca devem ser usados sem indicação médica.

Outro tema que pode ser explorado em pesquisa em grupo e em palestras com profissionais de saúde são os problemas causados pelo estresse e as formas de se lidar com isso, tema do boxe *Biologia e cotidiano* (p. 267).

Ao trabalhar de forma resumida os hormônios produzidos nas gônadas, o capítulo retoma alguns aspectos da reprodução humana vistos no Volume 1 desta Coleção, como o ciclo menstrual. O professor pode optar por fazer uma recapitulação desse processo ou pedir uma atividade em grupo sobre o tema.

O corpo humano produz outros hormônios além dos apresentados para o aluno, alguns deles abordados no texto a seguir.

### Outros hormônios

As prostaglandinas (o nome vem do fato de terem sido descobertas nas secreções da próstata, glândula do sistema reprodutor masculino) são derivadas de ácidos graxos que parecem ser produzidos por todas ou quase todas as células do corpo. Algumas promovem a contração de artérias, agindo, por exemplo, no estancamento da hemorragia do cordão umbilical no recém-nascido. Outras podem estimular respostas inflamatórias e aumentar a sensibilidade dos receptores da dor (a aspirina inibe a síntese de prostaglandinas, diminuindo a dor).

Nos últimos anos, têm sido descobertos hormônios que regulam nosso apetite. Por exemplo, a leptina (do grego *léptos* = fino) é uma proteína produzida pelas células adiposas, pelos folículos ovarianos e pela placenta. Esse hormônio atua no sistema nervoso central e diminui o apetite, reduzindo a ingestão de alimentos, além de aumentar o gasto energético. Quando ocorre uma perda de gordura pelo corpo, o nível da leptina no sangue cai e o apetite aumenta.

A grelina é produzida no estômago e seus níveis no sangue aumentam à medida que o estômago se esvazia e antes das refeições. Ela estimula o centro regulador da fome no hipotálamo, desencadeando a sensação de fome e aumentando o apetite.

O peptídeo YY3-36, produzido no intestino grosso em resposta à presença de alimento,

também atua no centro da fome no hipotálamo, mas seu efeito é oposto ao da grelina, diminuindo a sensação de fome depois de uma alimentação excessiva.

Se as células não estiverem recebendo oxigênio em quantidade suficiente, os rins produzem o hormônio eritropoetina (ou eritropoietina), que acelera a produção de hemácias pela medula óssea. O uso desse hormônio para melhorar o desempenho em competições desportivas é considerado *doping* e é perigoso, pois aumenta a viscosidade do sangue, o que eleva o esforço do coração e o risco de formação de coágulos sanguíneos.

## CAPÍTULO 22: Sistema nervoso e sensorial

É interessante que o professor auxilie os alunos a interpretar a imagem de abertura do capítulo. Nela, são apresentados exames de tomografia de uma pessoa que não é usuária de drogas (as três imagens na parte superior) e de um usuário frequente de cocaína após quatro meses sem consumir a droga (as três da parte inferior). A imagem sugere que, mesmo após esse período, a atividade cerebral do ex-usuário pode ser considerada baixa, o que provavelmente foi causado pelo abuso da cocaína.

No início do capítulo o neurônio e a transmissão do impulso nervoso são mencionados brevemente. Esses assuntos foram estudados com mais detalhes no primeiro Volume desta Coleção e serão importantes para a compreensão do funcionamento do sistema nervoso. Também é importante chamar a atenção para o fato de que a Física e a Química colaboram para compreendermos o mecanismo do impulso nervoso e lembrar que aplicações tecnológicas que colaboram para o diagnóstico e tratamento do sistema nervoso também se valem dessas ciências, ajudando o aluno a compreender a conexão entre as várias ciências para o estudo do corpo humano.

As perguntas “Como as informações chegam ao cérebro?” e “Por que lesões na coluna podem fazer uma pessoa ficar parálitica?” podem ser utilizadas para introduzir o estudo do sistema nervoso humano. Pode-se também pedir aos alunos que descrevam as mudanças que acontecem no corpo de uma pessoa em situação

de perigo, para mostrar uma interação entre os sistemas endócrino e nervoso.

Nesse capítulo e no capítulo anterior, há referências sobre o estresse e a importância do lazer. Nesse momento, o professor pode pedir uma atividade em grupo: os alunos deverão escrever uma lista de atividades de lazer que gostariam de fazer. Entre elas, poderão mencionar: praticar um esporte, passear a pé ou de bicicleta, cantar num coral, tocar um instrumento, desenhar, pintar, costurar, fotografar, fazer artesanato, participar de grupos de teatro, promover campanhas ou gincanas com finalidades sociais, participar de jornais de estudantes, visitar museus, parques, o jardim botânico e o jardim zoológico. Depois, cada aluno poderá ler sua lista para a turma. Poderão então descobrir que vários colegas têm interesses parecidos, o que também pode contribuir para aumentar o círculo de amigos.

Essa atividade é interessante porque é muito frequente o estudante passar boa parte de seu tempo de lazer de forma passiva – vendo televisão, por exemplo. Diversos estudos em Psicologia mostram a importância de um lazer com atividades criativas, que envolvam algum desafio, o aprendizado de novas habilidades, o contato com outras pessoas ou com a natureza. Essa atividade pretende, então, estimular o aluno a empregar de forma ativa e criativa seu tempo de lazer. Visa também estimular o desenvolvimento de novos contatos sociais dentro da turma.

No fim do capítulo (p. 281 e 282), há um boxe *Biologia e saúde*, sobre drogas. Esse boxe trata de um problema muito importante, sobretudo entre os adolescentes, que ainda estão em processo de formação e afirmação. Devido à complexidade desse tema e às múltiplas relações que estabelece com outros campos do conhecimento e com a sociedade, é importante o professor se valer de uma abordagem interdisciplinar ao discuti-lo. Para isso, seria interessante providenciar, por exemplo, palestras com médicos, psicólogos e profissionais especializados nessa área. Seria interessante também promover palestras para a comunidade escolar sobre o tema. A primeira atividade de **Trabalho em equipe** complementa esse estudo.

O professor também pode propor outras questões para debate entre os alunos: “Já existem computadores capazes de ganhar algumas partidas de um

campeão mundial de xadrez. Existem também computadores que fazem diagnósticos de certas doenças. Vocês acham que um dia será possível construir um computador que seja capaz de fazer tudo o que o cérebro humano faz? Que tenha emoções e consciência?”. Nesse caso, não há respostas certas ou erradas, mas apenas temas para estimular a imaginação, a capacidade de argumentação e o debate.

Ao discutir os órgãos dos sentidos, o professor pode começar pedindo para que os alunos observem o que acontece com a pupila quando os olhos de uma pessoa que está em um ambiente com pouca luz são iluminados por uma lanterna pequena. Ele pode perguntar então: “Por que a pupila diminui com a luz?”. A interação entre os sistemas nervoso e sensorial pode ser reforçada com questões como: “Uma pessoa cujos olhos estejam em perfeitas condições pode, mesmo assim, não enxergar. Qual é a possível explicação para esse fenômeno?”. Pode-se perguntar também: “Se a imagem formada na retina é invertida, como percebemos o objeto na posição correta?”. A resposta terá de envolver a ideia de que é o cérebro que interpreta as mensagens que chegam pelo nervo óptico e de que é nesse órgão, efetivamente, que ocorrem as percepções visuais (e outras).

Para dar início ao estudo de problemas de visão (miopia, hipermetropia, etc.), o professor pode perguntar aos alunos se já fizeram alguma consulta com o oftalmologista.

A discussão sobre alguns problemas de visão e suas correções (miopia, hipermetropia, etc.) envolve conhecimentos de Física (refração e formação de imagens nas lentes). O boxe a seguir retoma alguns problemas de visão que exigem muita atenção, particularmente, o glaucoma.

### Glaucoma: fique de olho

Segundo a Organização Mundial da Saúde (OMS), 80% da cegueira do mundo pode ser curada ou evitada. Em conjunto com a Agência Internacional para a Prevenção da Cegueira, a OMS é responsável pelo Projeto Visão 2020, que tem o objetivo de evitar que 100 milhões de pessoas fiquem cegas até esse ano.

São várias as causas da cegueira. Na terceira idade, principalmente, uma das causas é a catarata, doença mais comum após os 50 anos,

em que o cristalino perde parte da transparência, o que dificulta a visão. Felizmente, esse problema pode quase sempre ser corrigido com uma cirurgia na qual se retira o núcleo do cristalino e se coloca em seu lugar uma lente artificial. Esse procedimento tem sido bastante eficaz.

A degeneração macular relacionada à idade também costuma acontecer em pessoas idosas. A mácula é a região central da retina onde a imagem se forma com mais nitidez (a visão periférica não é afetada nesse caso). Dependendo do tipo de degeneração, um tratamento com *laser* pode retardar a evolução da doença. Outro recurso é o uso de aparelhos que auxiliam a visão, como lupas.

Nas pessoas diabéticas, o problema são as retinopatias. Nesse caso, é fundamental o controle da taxa de açúcar no sangue e a ida periódica ao oftalmologista para um exame de fundo de olho, de modo a prevenir as alterações mais severas, que, ocorrendo, deverão ser tratadas com *laser* ou cirurgia.

Uma das causas de cegueira em crianças nos países pobres é a deficiência de vitamina A. Nesse caso, melhores condições de alimentação, com bom suprimento de alimentos ricos nessa vitamina, preveniriam a doença.

Mas é o glaucoma, causa importante de cegueira, que merece atenção especial, pois na maioria das vezes as pessoas não conseguem perceber esse problema em sua fase inicial. Ele é mais frequente depois dos 40 anos, mas pode surgir em qualquer idade. Pessoas com casos de glaucoma na família também têm mais chance de desenvolver a doença.

O principal fator de risco para o glaucoma é o aumento da pressão interna do olho, chamada pressão intraocular (essa pressão é diferente da pressão do sangue). No interior do olho é produzido constantemente um líquido, o humor aquoso. Esse líquido é escoado por uma região denominada malha trabecular. No glaucoma, há diminuição no escoamento desse líquido, o que faz com que ele se acumule no olho e provoque um aumento da pressão intraocular; com isso, aos poucos, o nervo óp-

tico é destruído. Assim, se a doença não for diagnosticada e tratada a tempo pode levar à cegueira, uma vez que a lesão do nervo óptico é irreversível.

Na maioria dos casos, a pessoa com glaucoma não sente dor nos olhos ou nenhum outro sintoma. Por isso, ela geralmente não percebe que sofre dessa doença. Além disso, a perda da visão costuma ser lenta e acontece na parte periférica do campo visual. Quando alguma dificuldade de visão se manifesta, boa parte do nervo óptico já foi destruída, e sem ele os impulsos nervosos não chegam ao cérebro e a percepção visual fica comprometida.

Somente o oftalmologista pode avaliar corretamente a doença e indicar o tratamento adequado. Para isso, além de verificar a pressão intraocular, ele poderá solicitar outros exames, como o campo visual, que avalia a perda da visão periférica, e a fotografia do nervo óptico, que avalia a quantidade de fibras nervosas perdidas. Esses exames são necessários porque há casos de glaucoma em que a pressão não está muito elevada e casos em que a pressão está acima do usual, mas não há lesão do nervo.

O tratamento pode ser feito com medicamentos (em geral colírios) que diminuem a pressão intraocular. Em determinadas situações, são feitas aplicações de *laser* ou cirurgia.

O glaucoma não tem cura, mas pode ser controlado de modo a preservar a visão. Apenas com tratamento correto, a perda de visão pode ser interrompida. Quanto mais rápido se descobrir e tratar a doença, menor será a perda de visão e maior a chance de sucesso do tratamento.

É extremamente importante que o portador de glaucoma use os medicamentos sem interrupção, sempre orientado pelo médico. Além disso, é preciso ir ao oftalmologista periodicamente para verificar se o problema está controlado.

O exame periódico dos olhos deve fazer parte dos cuidados gerais de saúde, de modo a detectar problemas antes que se tornem sérios. No caso do glaucoma, o diagnóstico

precoce é fundamental. Por isso, depois dos 40 anos de idade, ou mesmo antes, se houver casos de glaucoma na família, deve-se fazer uma consulta ao oftalmologista pelo menos uma vez por ano.

Não podemos esquecer também que boa parte dos casos de cegueira ocorre nos países mais pobres, onde faltam serviços básicos de prevenção e tratamento ligados à saúde ocular.

Essas informações têm o objetivo de ajudar as pessoas a entender o que é o glaucoma, mas não substituem a consulta ao médico, nem podem ser usadas para diagnóstico, tratamento ou prevenção de doenças. Consulte sempre seu médico – somente esse profissional está capacitado a avaliar seu problema de saúde.

Fontes de pesquisa: SCHOR, Paulo. *Oftalmologia*. Barueri: Manole, 2004.

Na internet (em inglês; acessos em: 28 mar. 2016):  
<[www.glaucoma.org/](http://www.glaucoma.org/)>; <[www.glaucomafoundation.org/](http://www.glaucomafoundation.org/)>;  
<[www.glaucoma.org.au/](http://www.glaucoma.org.au/)>.

A segunda questão de **Atividades** e o boxe *Biologia e Física* (p. 276) fazem uma conexão entre o olho e as câmeras fotográficas, permitindo também uma interação com a Física. No entanto, o professor deve deixar claro para os alunos que, como qualquer analogia, essa comparação é imperfeita: há vários aspectos em que o olho não se assemelha a uma câmera fotográfica.

A questão 3 de **Atividades** exige um raciocínio que pode ser difícil para alguns alunos. O professor pode se valer da estratégia de lançar perguntas acessórias, que facilitem a resolução da questão. Por exemplo, pode-se perguntar inicialmente o que ocorre com a pupila quando usamos óculos escuros. Uma vez respondida essa questão, os alunos poderão perceber que com a pupila dilatada mais raios de luz – e também de ultravioleta – vão atingir a retina se os óculos escuros não forem de boa qualidade. Nesse caso, essa situação será pior do que se a pessoa não estivesse usando óculos escuros, já que sua pupila ficaria contraída. O professor pode concluir então que com óculos de boa qualidade esse problema não existiria.

Da mesma forma que a visão, o estudo da audição também envolve conhecimentos de Física (geração, características e propagação de ondas sono-

ras). A esse respeito, o professor pode perguntar aos alunos o que há de errado com filmes de ficção científica em que depois de explosões no espaço ouvimos um grande estrondo. Questões desse tipo permitem fazer uma conexão com a Física, que estuda a propagação da luz e do som. A partir dessa discussão, o aluno poderá compreender que as estruturas responsáveis por captar a luz são diferentes daquelas que captam ondas sonoras, já que esses dois tipos de ondas têm características diferentes (ondas eletromagnéticas que se propagam no vácuo, no caso da luz, e ondas de compressão e rarefação em um meio material).

Ao explicar a audição, o professor deve chamar a atenção para o fato de que a membrana timpânica vibra com determinadas ondas sonoras, mostrando então que essa vibração é transmitida aos pequenos ossos conectados a ela e, depois, ao líquido da orelha interna. Novamente, deve ser reforçada a explicação de que, da mesma forma que na visão e em outros órgãos sensoriais, o estímulo é convertido em impulsos nervosos.

O texto a seguir, sobre poluição sonora, estabelece uma conexão entre o conteúdo do capítulo e a poluição sonora, tema que será abordado no Volume 3 desta Coleção, na Unidade sobre Ecologia. O professor pode usar o texto para enfatizar os problemas causados por essa forma de poluição e as medidas de prevenção que devem ser adotadas, como o uso de protetores de ouvido por pessoas que trabalham em ambientes com ruído excessivo e a limitação do número de horas de exposição ao ruído. Caso julgue pertinente, o professor pode solicitar pesquisa sobre a legislação específica para esses casos. O texto trata ainda de um problema particularmente importante entre os jovens: o hábito de ouvir música alta em fones de ouvido. O professor pode complementar essas informações pedindo uma pesquisa dos alunos no *site* da “Campanha Nacional da Saúde Auditiva”, disponível em (acesso em: 28 mar. 2016): <[www.saudeauditiva.org.br/](http://www.saudeauditiva.org.br/)>.

### Poluição sonora

Os efeitos da poluição sonora dependem da intensidade do som, do tempo de exposição e da sensibilidade da pessoa, e podem variar de zumbidos e perda passageira da audição até a redução irreversível da capaci-

▶ dade auditiva. Mas a poluição sonora não afeta apenas a audição. Ela também é estressante, pois estimula a produção de adrenalina e colesterol e pode provocar problemas cardíacos (hipertensão e infarto) e distúrbios emocionais. Quanto mais uma pessoa estiver incomodada com um ruído, maiores serão seus efeitos negativos.

A intensidade do som pode ser medida por meio da unidade decibel (dB). Em tom normal, a voz humana produz um som da ordem de 60 dB. Uma buzina muito alta, uma britadeira ou um ônibus podem produzir um barulho de 100 dB.

Para minimizar o problema, é preciso medidas de planejamento urbano para desviar o trânsito pesado de zonas residenciais, conservar e ampliar áreas verdes, construir aeroportos longe de locais populosos, leis e fiscalização para obrigar o uso de tampões nas orelhas para aqueles que trabalham em lugares muito barulhentos, além de limitar o tempo de

▶ exposição do trabalhador em função do número de decibéis: quanto maior o número de decibéis, menor o tempo de exposição tolerável. Finalmente, devemos evitar locais em que haja muito barulho ou música com o som muito alto.

O hábito de ouvir música com volume alto em fones de ouvido (por exemplo, em tocadores de MP3) pode causar sérios problemas de audição. Os equipamentos com fones de ouvido costumam trazer um aviso quanto ao volume. O problema é que nem sempre as pessoas o leem ou respeitam os limites aconselhados. Algumas recomendações: procure deixar o volume do aparelho na metade do volume máximo; se o som que sai dos fones puder ser ouvido também pelas pessoas ao seu redor, significa que o volume de som está muito alto; evite ficar muitas horas seguidas ouvindo música no fone de ouvido; procure ajuda médica tão logo perceba qualquer alteração em sua audição.

Ainda sobre os órgãos dos sentidos, embora alguns livros didáticos apresentem um “mapa” com a localização das regiões mais sensíveis da língua a certos sabores, tal representação não está correta. No artigo “Making Sense of Taste”, de David V. Smith e Robert F. Margolskee, publicado na edição de março de 2001 da revista *Scientific American*, os autores afirmam que esses esquemas surgiram como resultado de más interpretações de pesquisas que datam do século XIX, que os diversos sabores podem ser

percebidos em todas as regiões da língua que contenham papilas gustativas e que, atualmente, não há nenhuma evidência de uma distinção espacial relativa a esses sabores.

A atividade de número 3 do **Trabalho em equipe**, que pede uma pesquisa sobre os recursos que facilitam a integração à vida em sociedade de pessoas com algum tipo de deficiência física, é extremamente relevante por contribuir para a vida harmoniosa em sociedade e para o exercício da cidadania.

## Respostas das atividades

### Unidade 1

#### CAPÍTULO 1

1. Há maior heterogeneidade em um filo do que em uma família. Porque há maior distância evolutiva entre classes diferentes de um mesmo filo do que entre gêneros de uma família.
2. É mais próximo do urso-cinzento porque ambos pertencem ao mesmo gênero.

3. a) As angiospermas são mais próximas das gimnospermas, pois compartilham um ancestral comum mais recente, que deu origem aos vegetais com semente.

b) Presença de vasos condutores de seiva.

c) Presença de fruto.

4. 1º) Gorila: 97,7%; 2º) Homem: 98,6%.

5. d

7. c

6. d

8. a

## Unidade 2

### CAPÍTULO 2

1. Porque os vírus são parasitas intracelulares obrigatórios: eles só se reproduzem no interior de células vivas, ausentes no meio de cultura.
2. O fato de ambos os vírus (o HIV e o vírus da gripe) sofrerem mutações muito rapidamente faz com que, no primeiro caso, seja difícil a produção de uma vacina efetiva e, no segundo, as pessoas sejam obrigadas a renovar a proteção contra o vírus por meio da vacina.
3. *Respostas pessoais.* Os pesquisadores que consideram os vírus seres vivos argumentam que esses organismos apresentam capacidade de replicação e hereditariedade e estão sujeitos à evolução. Para outros cientistas, os vírus não são considerados vivos, pois não possuem metabolismo próprio. Esses pesquisadores definem os vírus como agentes patogênicos.
4. A afirmação não está correta. Embora algumas bactérias sejam, de fato, patogênicas, muitas delas acabam por beneficiar o ser humano. Por exemplo: algumas bactérias promovem a decomposição da matéria e, conseqüentemente, a reciclagem de nutrientes; outras fixam o nitrogênio do ar, aumentando a fertilidade do solo.
5. a) No meio do bolo, porque essa parte fica mais distante do oxigênio, o que facilita a sobrevivência da bactéria.  
b) Porque nos fermentos profundos a bactéria fica longe do oxigênio do ar e consegue sobreviver.
6. A bactéria resistente à penicilina pode ter passado o gene responsável pela resistência para a bactéria sensível por conjugação.
7. a) Os coliformes fecais chegam até a água por meio do despejo de esgoto que não foi adequadamente tratado.  
b) Quanto maior for o volume de coliformes fecais, mais contaminada por detritos e por microrganismos causadores de doenças deve ser a água.
8. a) A espécie *Streptococcus pneumoniae*.  
b) O número aumenta. Isso pode ser explicado pelo aumento da suscetibilidade à infecção com o avanço da idade, devido à diminuição das defesas do corpo.

9. a) e b) A cápsula e o DNA do fago T4, pois o DNA desse fago penetra na célula e comanda a síntese de uma cápsula idêntica à do T4.
10. Não, porque os vírus só se reproduzem no interior de células vivas, ausentes no meio de cultura esterilizado.
11. Porque o vírus HIV se reproduz no interior de linfócitos T4, responsáveis pela defesa do organismo. Com o passar do tempo, há diminuição da quantidade dessas células, o que compromete todo o sistema imunitário: o organismo fica sem defesa contra diversos microrganismos, e o doente pode morrer vítima de uma série de infecções.
12. d
13. c
14. c
15. d
16. e
17. e
18. c
19. b

#### Trabalho em equipe

1. a) A atividade pretende aumentar o conhecimento do aluno sobre a situação da Aids no Brasil e no mundo e sobre a participação dos governos nessa questão.  
b) O estudante deverá levantar dados acerca da revolta ocorrida em 1904, no Rio de Janeiro, contra a vacinação obrigatória no combate à epidemia de varíola. Entre outros fatores, deverá ser mencionado que, na época, a falta de saneamento básico facilitava a disseminação de diversas doenças, principalmente entre a população mais pobre; que a vacinação foi imposta juntamente com outras medidas sanitárias, e a população, que não compreendia o significado delas, estimulada por setores políticos, se opôs fortemente às reformas; que o médico Oswaldo Cruz chefiava a campanha de vacinação, contando com o apoio do presidente Rodrigues Alves.
- c) *Respostas pessoais.* Sugestões:
  - A gripe aviária é provocada pelo vírus *influenza A* subtipo H5N1, um subtipo do vírus *influenza* das aves. A letra "A" indica que o vírus é encontrado

também em aves e outros animais. “H5” e “N1” indicam tipos de proteína do vírus, respectivamente a hemaglutinina e a neuraminidase. O vírus da gripe espanhola era o H1N1; o da gripe asiática, o H2N2; o da gripe Hong Kong, o H3N2. O vírus da gripe aviária causa doença entre as aves e pode ser transmitido delas para os seres humanos pelo contato com a carne de animais contaminados ou de objetos contaminados com as fezes desses animais. O calor destrói o vírus, que, por isso, não é transmitido por carne e ovos cozidos. As pessoas que adquiriram a doença viviam em contato com aves vivas e infectadas.

Pode provocar pneumonia e afetar rins e fígado, levando o paciente à morte. As proteínas desse vírus se ligam apenas aos receptores das células dos pulmões e não aos das vias respiratórias superiores, como ocorre com o vírus da gripe. Por isso, sua transmissão é mais difícil; ela seria mais fácil se um vírus mutante passasse a infectar o nariz e a garganta. Nesse caso, porém, talvez a sua agressividade fosse menor, visto que uma infecção das vias respiratórias superiores seria, em princípio, menos grave que a dos pulmões.

Se o vírus sofrer mutações (ou recombinar seu material genético com o vírus da gripe humana) que lhe permitam passar de um ser humano para outro, pode provocar uma epidemia mundial.

- A pneumonia asiática ou Sars (sigla, em inglês, para síndrome respiratória aguda grave) é causada por um vírus e surgiu em 2002 na China, atingindo outras partes do mundo em 2003. Atualmente, essa forma de pneumonia (a forma mais comum de pneumonia é causada por bactéria) está sob controle e não há novos casos de transmissão. Isso não quer dizer que ela não possa retornar, passando a ser o que se chama de doença ressurgente ou reemergente. O agente etiológico ou patogênico (organismo capaz de causar uma infecção) é transmitido por gotículas liberadas por espirro ou tosse dos portadores do vírus.

Provoca febre alta, tosse, falta de ar, dores no corpo e na cabeça, entre outros sintomas, e pode levar à morte.

- A gripe A (H1N1), conhecida como gripe suína, é uma doença respiratória causada pelo vírus *influenza* tipo A subtipo H1N1, que se espalhou a partir do México, em abril de 2009. O vírus contém material genético dos vírus humanos, de aves e de suínos.

Ele é transmitido de pessoa para pessoa da mesma forma que a gripe comum: a tosse ou espirro de pessoas contaminadas eliminam o vírus, que pode ser inalado por outra pessoa. A contaminação também ocorre quando se leva a mão ao nariz ou à boca depois de ter tocado em uma superfície com o vírus. Os sintomas são semelhantes aos da gripe comum, porém mais agudos, com febre alta repentina, tosse, espirro, coriza, dor de cabeça e garganta, dor nos músculos e nas articulações, moleza.

Pode haver diarreia, náuseas, vômitos e dificuldade na respiração. Deve-se evitar o contato direto com pessoas doentes, lavar as mãos com frequência, procurar logo atendimento médico. Os medicamentos contra o vírus só devem ser tomados com prescrição médica.

- A varíola é uma virose transmitida por gotículas de saliva dos portadores do vírus ou pelo uso de objetos contaminados. Causa febre e lesões com pus na pele, que secam e deixam cicatrizes.

Essa doença atacou a humanidade por mais de 3 mil anos. Entre 1896 e 1980 causou cerca de 300 milhões de mortos. Ela foi erradicada em 1980, mas alguns vírus foram preservados em laboratório.

- Assim como a dengue, a *chikungunya* e a *zika* são doenças causadas por vírus que podem ser transmitidos pela picada do mosquito *Aedes aegypti*. A *chikungunya* provoca febre alta, dor muscular e nas articulações, dor de cabeça e erupções na pele que duram, em média, de 3 a 10 dias. A *zika* provoca manchas na pele, vermelhidão nos olhos, dor muscular e nas articulações e dor de cabeça, podendo ou não causar febre baixa. Se contraída durante a gravidez, pode provocar, dentre outras alterações, microcefalia nos fetos. Normalmente os sintomas desaparecem entre 3 e 7 dias.

- O herpes simples é causado pelo vírus do herpes simples humano (HSV), e pode provocar feridas na região oral ou genital da pessoa contaminada. A contaminação ocorre pelo contato da pele e das mucosas com uma pessoa infectada. O vírus pode permanecer em estado de latência, ou seja, sem apresentar nenhum sintoma, podendo ser reativado, causando as lesões, em caso de redução na imunidade da pessoa infectada. O tratamento pode ser feito por meio de antivirais orais ou tópicos (pomadas).
- O condiloma acuminado é uma doença sexualmente transmissível causada pelo papilomavírus humano (HPV), que se caracteriza pela presença de verrugas de tamanho variável no pênis e ânus no homem, e na vagina, na vulva, no ânus e no colo do útero na mulher. Alguns tipos de HPV podem causar câncer no colo do útero e no ânus. O HPV pode permanecer sem produzir sintomas durante tempo indeterminado, sendo indicada a realização de exames periódicos, como o papanicolau, para sua detecção. Atualmente existem duas vacinas contra os tipos de HPV que causam câncer de colo de útero com maior frequência, cuja transmissão também pode ser evitada pelo uso de camisinha durante as relações sexuais.

d) O resumo vai depender do calendário de vacinação conseguido pelo aluno.

e) Algumas medidas práticas que ajudam a conservar os alimentos e garantir sua higiene:

- Não comprar produtos com embalagens amassadas, enferrujadas ou estufadas. O estufamento pode ser causado pela produção de gases devido à fermentação realizada por microrganismos. Uma lata amassada ou enferrujada tem mais chance de apresentar pequenos furos, o que expõe seu conteúdo à contaminação. Não deixe de verificar também se o produto está dentro do prazo de validade registrado na embalagem. As latas devem ser lavadas antes de serem abertas.
- Lavar bem frutas, verduras e legumes. As hortaliças devem ser guardadas em sacos plásticos ou em recipientes com tampas, nas partes de baixo (menos frias) da geladeira.

- Carnes e ovos cozidos são mais seguros do que crus, já que o cozimento destrói a maioria das bactérias. Os ovos também devem ser guardados na geladeira. Verifique sempre o período de validade estampado na caixa. Evite o consumo de ovos crus e não use ovos com a casca rachada.
- Guardar na geladeira os alimentos cozidos assim que esfriarem. Quando for comê-los, aqueça-os novamente em alta temperatura, porque restam sempre algumas bactérias nos alimentos que não são inativadas pelas baixas temperaturas da geladeira.

2. a) Essa doença é causada pela bactéria *Yersinia pestis*, encontrada em vários mamíferos, principalmente roedores, como o rato, e transmitida ao ser humano pela picada de pulgas infectadas, provocando febre e dores no corpo, entre outros sintomas.

Atualmente, há focos isolados da doença em várias partes do mundo. Para evitar a contaminação, é fundamental morar em condições de higiene e saneamento adequadas e garantir o controle da população de pulgas e ratos. O tratamento com antibióticos é eficaz, mas deve ser feito de forma rápida. No Brasil não houve registro de mortes por peste nos últimos anos.

b) Durante o século XIV, milhões de pessoas morreram na Europa e em outras regiões do mundo acometidas pela peste, conhecida na época como peste negra. A forma mais comum da doença é a peste bubônica. Essa doença é causada pela bactéria *Yersinia pestis*, encontrada em vários mamíferos, principalmente roedores, como o rato, e transmitida ao ser humano pela picada de pulgas infectadas, provocando febre e dores no corpo, entre outros sintomas. Atualmente, há focos isolados da doença em várias partes do mundo. Para evitar a contaminação, é fundamental haver condições de higiene e saneamento adequadas, além de controle da população de pulgas e ratos. A atividade, além de expandir o repertório cultural dos alunos, permite uma conexão com as disciplinas de História e Arte.

## CAPÍTULO 3

1. a) A malária é causada pelo protozoário plasmódio.  
b) O plasmódio penetra no organismo humano pela picada de mosquitos do gênero *Anopheles*.  
c) Provoca destruição de hemácias e febre a intervalos regulares, além de problemas no fígado.  
d) O número de casos vem diminuindo.  
e) A doença pode ser combatida eliminando-se o mosquito, usando-se telas em portas e janelas e mosquiteiros nas camas e redes. As larvas do mosquito também devem ser eliminadas por produtos químicos ou pelo uso de peixes que se alimentam delas.
2. A leishmaniose e a malária, por exemplo, porque as agulhas podem passar de um indivíduo para outro o sangue contaminado pelo protozoário e, assim, transmitir essas doenças, que, em geral, são transmitidas pela picada de certas espécies de mosquito.
3. Não, ele está enganado. A doença de Chagas não é transmitida por água e esgoto contaminados. Se a doença foi erradicada da região, isso provavelmente aconteceu porque, com a urbanização, casas de pau a pique, que abrigam o barbeiro em suas paredes, devem ter sido substituídas por casas de alvenaria, e também podem ter sido usados inseticidas contra o barbeiro, inseto transmissor do protozoário causador da doença.
4. a) Espera-se que o aluno não concorde. Porque a malária é transmitida pela picada de certos mosquitos contaminados com o parasita (plasmódio) causador da doença e não por objetos contaminados por secreções de alguém que teve malária.  
b) As curvas do gráfico mostram que a temperatura do doente subiu bastante a cada 48 horas, indicando febre a intervalos regulares, que é uma das características da malária.
5. São as algas, principalmente as que fazem parte do fitoplâncton, como as diatomáceas. A comparação se justifica porque tanto as plantas, nos ambientes terrestres, como as algas, no ambiente aquático, fazem fotossíntese, contribuindo para a renovação do gás oxigênio do ambiente e atuando como organismos produtores da cadeia alimentar.
6. a) O tratamento de água e esgoto é uma medida profilática eficiente, pois destina as fezes (portadoras de cistos do protozoário) a um lugar

seguro e evita que a população utilize água de poços ou corpos de água contaminados.

- b) Cistos são liberados nas fezes de uma pessoa contaminada. Sem tratamento de esgoto, esses cistos atingem um corpo de água que é usado para irrigar uma plantação. Ao ingerir alimentos ou água contendo esses cistos, outra pessoa se contamina. Ao chegar ao intestino grosso, o cisto se rompe e libera quatro amebas. Em um dado momento elas encistam (entram em repouso metabólico) e são liberadas através das fezes.

7. a

8. c

9. d

10. c

11.  $01 + 04 + 16 = 21$

12. c

13. d

### Trabalho em equipe

1. A atividade pretende estimular a capacidade de pesquisa, a criatividade do aluno e sua preocupação com questões sociais. Também ajuda o aluno a exercitar a expressão oral, escrita e gráfica e a conhecer melhor algumas doenças endêmicas do Brasil.
2. A pesquisa sobre Carlos Chagas e Oswaldo Cruz deverá expor o trabalho desses cientistas na descoberta de uma doença nova, a doença de Chagas, mencionando os sintomas, a causa e a forma de transmissão da doença. Deve mostrar também que eles identificaram várias espécies de insetos e ajudaram a criar serviços de combate à tuberculose e à lepra. O termo *cruzi*, em *Trypanosoma cruzi*, é uma homenagem a Oswaldo Cruz (1872-1917), um dos pioneiros no estudo das doenças tropicais no Brasil e responsável por campanhas de erradicação da peste bubônica, da febre amarela e da varíola.

### Atividade prática

Espera-se que o aluno consiga identificar alguns tipos de seres vivos presentes na cultura, como protozoários e algas unicelulares.

## CAPÍTULO 4

1. Assim como as plantas, os fungos vivem presos ao substrato, ou seja, não têm capacidade de locomoção, mas, ao contrário delas, os fungos são heterotróficos.
2. O fungo *Saccharomyces cerevisiae* é usado na produção de pães e de bebidas alcoólicas.
3. Esses fungos promovem a decomposição da matéria orgânica, contribuindo para a reciclagem de nutrientes no ecossistema.
4. O fungicida pode ter eliminado também os fungos que formam micorrizas, prejudicando assim a absorção de nutrientes do solo pelas árvores.
5. a) Por meio de esporos.  
b) Porque o fungo produziu um antibiótico, que inibe o crescimento das bactérias.
6. O inseto facilita a dispersão do fungo.
7. Líquens são associações mutualísticas entre uma alga unicelular (reino Protista) ou uma cianobactéria (reino Monera) e um fungo (reino Fungi). Nessa relação os fungos fornecem proteção e absorvem água e minerais para as algas ou cianobactérias, enquanto estas produzem compostos orgânicos, oxigênio e nitrogênio para os fungos.

8. a

9.  $02 + 04 + 08 + 16 + 32 = 62$

10. c

### Atividade prática

- a) Desenho do aluno baseado na observação em microscópio.
- b) Porque o fungo precisa de água para se reproduzir e na laranja a água já está presente em abundância.

## Unidade 3

### CAPÍTULO 5

1. O estudante baseou-se no fato de que a fecundação só ocorre com o anterozoide nadando até o arquegônio e de que essas plantas não estão completamente protegidas contra a perda de água.
2. Porque ambos os grupos apresentam alternância de gerações, mas a fase dominante nas briófitas é o gametófito, enquanto a fase dominante nas pteridófitas é o esporófito.

3. *Respostas pessoais.* É importante, porém, que o aluno siga a sequência: planta – produção de esporos – formação do prótalo – produção de gametas – fecundação.

4. O deslocamento é uma adaptação à nutrição heterotrófica dos animais, que precisam buscar seu alimento. Já nas plantas, organismos autotróficos fotossintéticos, a grande superfície relativa do corpo aumenta a superfície de absorção da luz, necessária a esse tipo de nutrição.

5. a) Briófitas.

b) Ausência de vasos condutores de seiva.

c) Esporófito.

6. a

7. a) Nas samambaias, a fase esporofítica corresponde à fase duradoura do ciclo de vida. Geralmente apenas as folhas são visíveis e apresentam formato de pena. Nas folhas se localizam os esporângios.

O gametófito reduzido, chamado prótalo, é independente do esporófito e se desenvolve rente ao solo. O prótalo se origina dos esporos e dá origem a um novo esporófito.

b) A letra **A** corresponde aos esporos e a letra **B**, aos gametas.

8. b

9. c

10. d

11. c

12. c

13. c

### Trabalho em equipe

O xaxim, um material utilizado na produção de vasos para plantas ornamentais, é produzido a partir do caule da pteridófito conhecida como samambaiacu (*Dicksonia sellowiana*), uma planta típica da mata Atlântica que está ameaçada de extinção por causa da intensa exploração comercial. Por isso, a extração do xaxim é proibida por lei. Já existem no mercado vasos fabricados com fibra de coco similares ao xaxim, o que contribui para a preservação dessa espécie. Caso deseje saber mais sobre o assunto, o professor pode consultar o seguinte *site*:

<<http://www.al.sp.gov.br/noticia/?id=359335>> (acesso em: 23 maio 2016).

### Atividade prática

Devem ser observados vários grãos verdes no interior das células: são os cloroplastos, organelas da célula onde acontece a fotossíntese, importantes, portanto, para a nutrição da planta.

## CAPÍTULO 6

1. As pétalas coloridas e perfumadas facilitam a localização da flor pelos animais polinizadores. O néctar serve de atrativo dado que é uma substância altamente energética, que serve de alimento a muitos polinizadores.
2. a) **1:** briófitas; **2:** pteridófitas; **3:** gimnospermas; **4:** angiospermas.  
b) Em todos.  
c) Nos grupos **3** e **4**, respectivamente gimnospermas e angiospermas. Porque nesses grupos a reprodução é independente da água, uma vez que o gametófito masculino é transportado dentro de estruturas resistentes à perda de água.
3. Tanto em gimnospermas quanto em angiospermas a fecundação não depende da água, como acontece em briófitas e pteridófitas. Isso acontece porque, nas plantas que produzem sementes, os gametas masculinos são levados até o gameta feminino no interior de um tubo polínico, por isso dizemos que essas plantas são reprodutivamente independentes em relação à água.  
Já nas briófitas e pteridófitas, o gameta masculino precisa nadar sobre uma película de água para atingir o gameta feminino e fecundá-lo.
4. a) O transporte dos grãos de pólen até o estigma das flores denomina-se polinização. A polinização pode ser através do vento (anemófila), dos pássaros (ornitófila) e dos insetos (entomófila).  
b) O grão de pólen, após alcançar o estigma da flor, forma o tubo polínico. O crescimento do tubo polínico é orientado pelo núcleo vegetativo do grão de pólen. No tubo polínico formam-se os dois núcleos espermáticos ou gaméticos, a partir do núcleo generativo ou reprodutivo do grão de pólen. Os núcleos espermáticos são os gametas masculinos dos vegetais. O tubo polínico lança os dois núcleos espermáticos dentro do saco embrionário do óvulo vegetal. O primeiro núcleo espermático fecunda a oosfera, formando o ovo ou zigoto. O segundo núcleo espermá-

tico fecunda os dois núcleos polares formando o endosperma ou albúmen, estrutura  $3n$ , que armazena substâncias de reserva.

5. As células do albúmen do arroz têm 36 cromossomos. As angiospermas possuem dupla fecundação onde um gameta masculino (núcleo espermático) fecunda a oosfera (gameta feminino), dando origem ao embrião diploide ( $2n$  cromossomos, no caso do arroz), e o outro núcleo espermático fecunda a célula central, com dois núcleos polares ( $n + n$ ), do saco embrionário, formando o endosperma, que é um tecido triploide ( $3n$ ).
6. e
7. d
8. c
9. e
10.  $02 + 04 + 08 + 16 + 32 = 62$
11. c
12. b
13. a

### Atividade prática

Nessa observação, espera-se que o aluno aprenda a identificar as partes de uma flor e possa se familiarizar com vários tipos de flores.

## CAPÍTULO 7

1. a) raízes: cenoura, beterraba, mandioca e batata-doce.  
b) caules: batata comum (purê) e cebola.  
c) folhas: alface.  
d) frutos: tomate, pimentão, pepino, azeitona (azeite de oliva), mamão e laranja; pseudofrutos: caju e figo.
2. Ao sistema circulatório (cardiovascular), porque, como os vasos condutores de seiva da planta, ele tem a função de transporte de nutrientes e outras substâncias.
3. a) Os pelos urticantes.  
b) Na epiderme das folhas, um tecido de revestimento.
4. As orquídeas são plantas epífitas (vivem sobre outras árvores) e têm raízes aéreas (raízes que ficam expostas), o que explica o fato de elas serem clorofiladas; a vantagem para a planta é o aumento

da sua superfície relativa, o que amplia sua capacidade de fotossíntese.

5. O formato pouco espesso contribui muito para a fotossíntese, pois, além de facilitar a absorção de gás carbônico, permite que um grande número de cloroplastos fique exposto à luz.
6. O fruto corresponde ao ovário desenvolvido: a abóbora, o chuchu, a berinjela, por exemplo, são frutos. O termo fruta indica alguns frutos comestíveis, de sabor agradável, adocicado, ou partes que não se desenvolvem a partir do ovário. Essas partes têm origem em outras partes da flor, as quais se tornam carnosas e suculentas depois da fecundação.
7. a) *Resposta pessoal.* Há várias mensagens que podem ser extraídas da história, além da mensagem literal, sobre a origem da mandioca: a aceitação de que algumas pessoas são diferentes das outras, que essas pessoas merecem ser tratadas com respeito (como o cacique fez com sua neta de pele branca) e que elas podem vir a ser muito importantes para a comunidade (como a mandioca vinda do corpo de Mandi).  
b) A história procura explicar a origem de um alimento muito importante nas culturas indígenas, a mandioca, e porque ela é tão branca. Espera-se que o aluno entenda que, embora a ciência explique os fenômenos naturais, existem mitos e lendas de culturas distintas que trazem seus próprios entendimentos para esses fenômenos. Essa questão permite enfatizar o trabalho envolvendo o respeito à cultura indígena e a valorização da pluralidade cultural brasileira.
8. c
9. b
10. b
11. d
12. b

### Trabalho em equipe

a) Muitas plantas produzem diversas substâncias tóxicas que as protegem contra animais herbívoros e podem ser bastante venenosas para o ser humano, como a comigo-ninguém-pode. A ingestão de qualquer parte dessa planta ou o simples ato de mastigá-la provoca irritações na boca, inchaço dos lábios e da língua, cólicas, náuseas e vômitos. Outra planta tóxica é a mandio-

ca-brava, cuja ingestão provoca náuseas, vômitos e cólicas, pode atacar os sistemas nervoso e respiratório e levar à morte por asfixia. A mastigação ou a ingestão de espirradeira provoca náuseas, cólicas, vômitos, diarreia e problemas cardíacos que podem levar à morte. A ingestão de semente de mamona também é muito perigosa e provoca vômitos, diarreias (com risco de desidratação), cólicas e problemas no sistema nervoso e nos rins. O contato com a urtiga provoca sensação de queimadura, bolhas e manchas avermelhadas na pele ou nas mucosas.

- b) Cerca de 25% dos medicamentos contêm uma ou mais substâncias extraídas de plantas. A aspirina é feita do ácido salicílico, descoberto na ulmária. A vimblastina e a vincristina, usadas no tratamento de certos tipos de câncer, são encontradas na pervinca rósea. A quinina, droga contra a malária, vem da cinchona. A digitalina, que aumenta a força de contração do coração, origina-se da dedaleira. A pilocarpina, com a qual se faz um colírio que abaixa a pressão intraocular nos casos de glaucoma, é extraída do jaborandi. É importante estudar as plantas medicinais utilizadas pela população, de modo a conseguir novos medicamentos, a preços mais baixos: das mais de 240 mil espécies de plantas com flores, conhecemos o valor medicinal de apenas cerca de 5 mil delas. A maioria dessas plantas é encontrada nas florestas tropicais, localizadas em grande parte nos países em desenvolvimento. Com a progressiva devastação dessas florestas, comprometemos não apenas a biodiversidade e o equilíbrio desse ambiente, como também um grande potencial de medicamentos.
- c) Entre muitos outros fatos, o aluno poderá relatar que, na ocasião da chegada dos primeiros portugueses ao continente americano, o pau-brasil (*Caesalpinia echinata*) era abundante na área original correspondente à mata Atlântica, mas que hoje a espécie está seriamente ameaçada de extinção. Seu quase desaparecimento ocorreu por causa da exploração intensiva, que começou ainda no período pré-colonial (entre 1500 e 1530 foi praticamente o único recurso explorado pelos colonizadores). Segundo alguns autores, essa seria a origem do nome atual de nosso país (substituindo outros nomes, como

Ilha de Vera Cruz e Terra de Santa Cruz). Cálculos indicam que nos primeiros cem anos de colonização foram derrubados cerca de 2 milhões de árvores de pau-brasil e foi destruída boa parte da mata Atlântica, um dos ecossistemas de maior biodiversidade do mundo e também um dos mais ameaçados do planeta. A árvore atinge até cerca de 30 metros de altura, e sua madeira tem cor fortemente avermelhada. Sua exploração excessiva na época da colonização se devia ao fato de que era usada na produção de um corante para roupas (não existiam corantes artificiais, e a cor vermelha era muito valorizada). Atualmente, a madeira da árvore é muito valorizada para a confecção de arcos de violino. O *Manifesto da poesia pau-brasil*, publicado por Oswald de Andrade, em 1924, defendia a produção de uma literatura ligada à realidade brasileira e foi muito importante para a primeira fase do movimento modernista no Brasil.

### Atividade prática

Nesta atividade, o aluno poderá observar o desenvolvimento das plantas e visualizar as diferenças entre sementes de monocotiledôneas e dicotiledôneas.

## CAPÍTULO 8

1. a) No floema, que contém os vasos liberianos, já que os pulgões precisam de substâncias orgânicas para se nutrir.  
b) A erva-de-passarinho retira seiva bruta, já que realiza fotossíntese, produzindo açúcares, e deles retira suas substâncias orgânicas. O cipó-chumbo retira seiva elaborada, já que não é capaz de realizar fotossíntese, dependendo das substâncias orgânicas produzidas pela árvore.
2. O esmalte deve ter impedido a entrada de gás carbônico pela cutícula e pelos estômatos, impedindo assim a fotossíntese.
3. a) O jornal ou o saco plástico concentram o gás etileno, que provoca o amadurecimento do fruto.  
b) As bananas maduras produzem etileno, que provoca o amadurecimento de um fruto que estiver próximo.  
c) Os furos dos sacos permitem que o etileno se espalhe de modo a não ficar concentrado perto

dos frutos, o que aceleraria o amadurecimento e dificultaria o armazenamento do produto.

4. O caule vai se curvar para o lado direito, uma vez que a auxina vai se acumular do lado oposto ao da luz, fazendo o lado oposto crescer mais do que o lado iluminado.
5. a) Estômatos.  
b) Na epiderme da planta, principalmente nas folhas.  
c) *Respostas pessoais*. A primeira figura representa um estômato fechado e a segunda, um estômato aberto. Quando as células estomáticas perdem água, o estômato se fecha, e quando elas ganham água, o estômato se abre.
6. Apenas nas regiões abaixo do anel; a retirada do anel provoca o rompimento dos vasos liberianos.
7. d
8. c
9. a
10. b
11. d
12. d
13. c

### Atividade prática

- a) Os alunos deverão observar que aparecem gotas de água na superfície interna do saco que envolve o ramo com folhas. Essas gotas surgem da condensação do vapor de água originado da transpiração das folhas.
- b) O saco vazio serve de controle: se aparecessem gotas de água na superfície interna desse saco, o fenômeno não poderia ser atribuído à condensação do vapor de água eliminado pela planta.
- c) Os resultados poderiam ser diferentes porque no ramo com muitas folhas a transpiração deveria ser, em princípio, maior, formando-se gotas de água.

## Unidade 4

### CAPÍTULO 9

1. É através dos poros que circula a corrente de água que traz o alimento para a esponja e essa corrente de água

é provocada pelo batimento dos flagelos dos coanócitos, adaptações muito importantes para um animal sésil, que não pode sair em busca de alimento.

2. O segundo estudante está correto, pois há outros animais sésseis além das esponjas, como as amêmonas. O que diferencia as esponjas dos outros animais é a ausência de tecidos verdadeiros, além da presença de coanócitos.
3. Cnidócito ou cnidoblasto. Essa célula possui uma bolsa com líquido urticante para ataque e defesa do animal.
4. Simetria radial.
5. A camada de células queratinizadas protege o predador dos cnidócitos, células urticantes exclusivas dos cnidários, grupo ao qual pertencem as águas-vivas.
6. Nos tentáculos dos cnidários existem células chamadas cnidoblastos, que são envolvidas em uma cápsula; quando esta célula entra em contato com outra superfície ela se rompe e o arpão com uma toxina é liberado.
7. a) Pólipos de cnidários pertencentes à classe Antozoários.  
b) A formação das colônias de corais ocorre assexuadamente por brotamento e também pela colonização de organismos resultantes de reprodução sexuada.
8. Os corais são a principal fonte de alimento para peixes, crustáceos e moluscos, além de servir-lhes de abrigo.
9. d
10. d
11. a
12. c
13.  $01 + 04 + 08 + 16 + 64 = 93$
14. e
15. c

#### Trabalho em equipe

a) A alternância de gerações nos cnidários ocorre da seguinte maneira: as medusas (vida livre) liberam gametas, os quais, após a fecundação, formam larvas que se fixam ao substrato e dão origem a pólipos (sésseis). Os pólipos, por sua vez, podem produzir de maneira assexuada pequenos discos que, liberados, originam medusas. A alter-

nância de gerações dos cnidários difere-se daquela dos vegetais por apresentar, em cada fase (sexuada e assexuada), indivíduos distintos e bem desenvolvidos. Além disso, a formação das medusas não se dá a partir de esporos, mas de divisões e modificações de células dos pólipos.

b) O litoral nordestino apresenta vários pontos de formação de recifes. Contudo, em geral essas estruturas são constituídas de camadas compactadas de areia, conchas e argila. Trata-se de recifes de pedra (arenito) que, depois de formados, são colonizados por organismos, inclusive corais. Os recifes biológicos são feitos do calcário de corais e algas. Em Recife (Pernambuco) há formações de recifes de arenito e de coral.

Os atóis são ilhas de coral com uma laguna pouco profunda no centro. Pertencente ao estado do Rio Grande do Norte, a 266 km do litoral, o atol das Rocas é uma reserva biológica formada por um conjunto de rochas calcárias e argila e um anel de recifes de coral com cerca de 1,6 km de diâmetro, ocupando uma área de 7,2 km<sup>2</sup>. Abriga uma grande variedade de peixes tropicais, algas, esponjas, caramujos, caranguejos, siris, estrelas-do-mar e ouriços-do-mar. Há também muitas aves (atobás, mergulhões, fragatas), tartarugas marinhas e golfinhos.

No Brasil, os maiores recifes estão no arquipélago de Abrolhos, a 80 km da costa sul do estado da Bahia. Além de apresentar grande variedade de peixes, é uma região de acasalamento de baleias jubartes, entre julho e novembro. A região abriga várias espécies endêmicas, como o coral-cérebro, e espécies ameaçadas de extinção.

## CAPÍTULO 10

1. Parcialmente. A carne de porco malcozida transmite apenas a teníase. A cisticercose é causada pela ingestão dos ovos da tênia, quando, por exemplo, consomem-se água ou vegetais contaminados; mas uma pessoa com teníase pode contrair cisticercose se ingerir acidentalmente os ovos da tênia liberados com suas fezes.
2. Essa expressão se refere à esquistossomose, porque o verme passa parte de seu ciclo vital na água, na forma de larva, provocando coceira ao penetrar na pele do hospedeiro humano.

3. As planárias têm vida livre e os órgãos sensoriais são importantes para detectar alimento e ameaças no ambiente. Já a tênia, animal parasita, vive dentro do tubo digestório de outros seres vivos, absorvendo alimento já digerido, e não precisam de boca nem órgãos capazes de detectar luz; para elas, é mais vantajoso ter órgãos de fixação.
4. Apesar de longas, as tênias são muito pouco espessas, o que permite que nutrientes e gases facilmente se difundam pelo corpo do animal, chegando a todas as células, eliminando a necessidade de sistema circulatório; já a ausência de tubo digestório é compensada pelo fato de esses animais estarem adaptados à absorção do alimento já digerido pelo hospedeiro.
5. A produção de uma grande quantidade de ovos é uma adaptação que compensa a perda de grande parte dos ovos (e das larvas) que inevitavelmente ocorre na passagem do hospedeiro definitivo (ser humano) para o intermediário (porco, no caso da tênia, e caramujo, no caso da esquistossomose).
6. A inspeção pode ter descoberto cisticercos na carne, que aparecem como pequenas esferas brancas, indicando que ela estava contaminada por larvas de tênia.
7. Ancilostomíase, porque as larvas do verme, que saem de ovos depositados no solo (por exemplo, com as fezes de uma pessoa doente), penetram no organismo pela pele do pé descalço.
8. O dinheiro investido em saneamento básico faz com que um número menor de pessoas contraia verminoses e outras doenças transmitidas pela água. Com isso, o governo gasta menos em tratamento médico.
9. a) O *Ascaris lumbricoides* é um endoparasita que apresenta apenas um hospedeiro durante seu ciclo vital.  
 b) O *Ascaris lumbricoides* é adquirido através da ingestão de ovos embrionados presentes, geralmente, em alimentos ingeridos crus e mal lavados ou em água não tratada.  
 c) O *Ascaris lumbricoides* se reproduz no intestino delgado humano.  
 d) Saneamento básico e tratamento dos doentes evitam a contaminação ambiental pelos ovos dos vermes eliminados com as fezes humanas.

10. e
11. a
12. e
13. b
14. a
15. b
16. d
17. a
18. c
19. a
20. d
21. b
22. a
23. e
24. a

### Trabalho em equipe

A atividade pretende estimular a capacidade de pesquisa, a criatividade do aluno e sua preocupação com questões sociais. Também o ajuda a exercitar as expressões oral, escrita e gráfica e a conhecer melhor algumas doenças endêmicas do Brasil.

## CAPÍTULO 11

1. Porque é mais rápida e permite, portanto, um metabolismo mais acelerado, necessário para animais de grande porte, que se locomovem rapidamente.
2. a) Concha. Proteção.  
 b) Bivalves. Ostra e mexilhão.
3. Esses moluscos possuem partes duras (conchas), que são mais resistentes à decomposição do que os tecidos moles de platelmintos e anelídeos, por isso têm maior probabilidade de dar origem a fósseis.
4. Um agricultor provavelmente adquire minhocas para adicionar ao solo porque, ao escavar seus túneis, elas fazem com que ele fique mais arejado e promovem a circulação de nutrientes. Além disso, ao eliminar fezes no ambiente, promovem o aumento da fertilidade do solo.
5. Viver embaixo da terra durante o dia e sair somente à noite são características importantes para a sobrevivência das minhocas porque, uma vez que a pele desses animais não é impermeabilizada, se ficarem muito tempo expostas ao sol, elas

podem perder muita água corporal e morrer por desidratação.

6. A hirudina impede que o sangue coagule enquanto o animal estiver se alimentando.

7. a) Indicação de duas das seguintes características: animais vermiformes; metamerizados; simetria bilateral; triploblásticos; celomados; tubo digestório completo; sistema circulatório fechado; trocas gasosas pela superfície corporal; excreção por nefrídeos; cordão nervoso ventral.

b) As minhocas são importantes no processo de decomposição e na aeração e adubação do solo.

8. e

9. d

10. a

11. e

12. b

13.  $01 + 02 + 16 + 32 = 51$

14. e

15. e

16. d

### Trabalho em equipe

A formação das pérolas é um mecanismo de defesa dos moluscos bivalves, que envolvem em camadas de nácar ou madrepérola corpos estranhos que eventualmente penetrem entre a concha e o manto.

### Atividade prática

Nessas observações, o aluno aprenderá a identificar as partes de alguns moluscos, familiarizando-se com esses animais.

## CAPÍTULO 12

1. O inseticida deve ter eliminado os insetos polinizadores.

2. a) Dois filos: artrópodes e moluscos.

b) Os artrópodes estão representados pelos crustáceos (caranguejo, camarão e lagosta), animais que têm o corpo revestido por uma resistente carapaça de quitina, dividido em cefalotórax e abdome, dois pares de antenas e vários pares de pernas. Os moluscos (mexilhão, um bivalve; e polvo e lula, cefalópodes) têm o corpo mole, dividido em cabeça, massa visceral e pé. O corpo

está protegido por uma concha (bivalves), que pode estar ausente (cefalópodes).

3. A fecundação interna evita a desidratação dos gametas e permitiu aos insetos conquistar o ambiente terrestre e espalhar-se por praticamente todo o planeta.

4. Sim, porque a lagarta sofre metamorfose e se transforma em borboleta.

5. Porque enquanto o novo exoesqueleto não endurece, eles ficam mais susceptíveis a predadores e outras agressões ambientais.

6. Porque as formigas são presas de várias outras espécies, que poderiam ser extintas se ficassem sem alimento.

7. A maioria dos crustáceos é aquática e, na água, o peso do corpo é contrabalançado pela força de empuxo.

8. a) Aranhas.

b) Com os fios, as aranhas tecem teias com as quais capturam animais que lhes servem de alimento.

9. A traqueia só é eficiente a curtas distâncias, pois o oxigênio é levado diretamente para as células, sem passar pelo sangue. Uma taxa maior de oxigênio possibilitaria o transporte desse gás por distâncias maiores, o que permitiria que insetos com tamanho maior sobrevivessem.

10. a) O brasinosterol pode ser utilizado na agricultura para controle biológico de insetos em substituição a inseticidas que podem causar poluição e desequilíbrios ecológicos.

b) Os insetos ametábolos não passam pelo processo de muda. Portanto, o brasinosterol não exerceria efeito sobre esse tipo de inseto.

11. a) O animal pertence ao filo dos artrópodes, os quais substituem periodicamente seu exoesqueleto com a finalidade de aumentar de tamanho.

b) As setas apontam o momento da muda ou ecdise. Após a eliminação do exoesqueleto antigo, o animal cresce, amadurece sexualmente e pode também sofrer metamorfose.

12. a) Exoesqueleto quitinoso: impermeável, impede a desidratação no meio terrestre; resistente, protege contra predadores. Traqueia: com a respiração traqueal utilizam diretamente o  $O_2$  atmosférico.

b) Importância ecológica: são polinizadores (besouros, abelhas e borboletas). Importância econômica: polinizam angiospermas, produzem mel, fertilizam o solo, podem ser pragas de lavouras e transmitir doenças ao ser humano, a outros animais e às plantas.

13. c

14. a

15. b

16. c

17. e

18. a

19. e

### Trabalho em equipe

1. Entre outras informações, os alunos deverão encontrar:

a) Ordem Thysanura (do grego *thúsanos* = franja; *oura* = cauda) – traças; não possuem asas nem sofrem metamorfose. Causam danos ao ser humano, roendo livros e tecidos. Possuem três filamentos na ponta do abdome.

Ordem Phthiraptera (subordem Anoplura) – piolhos; alimentam-se do sangue de mamíferos (ectoparasitas) e podem estar localizados na cabeça (piolho), no púbis (piolho pubiano ou chato), no corpo e na roupa (muquirana).

Ordem Odonata (do grego *odón* = dentes; *gnathos* = mandíbula) – libélulas; voando rapidamente sobre a água, as libélulas capturam pequenos insetos. Elas estão entre os insetos de maior tamanho.

Ordem Orthoptera (do grego *orthos* = reto; *pteros* = asa) – gafanhoto, grilo, esperança; possuem as pernas posteriores alongadas e com fêmures desenvolvidos, adaptadas, portanto, para o salto. O “canto” dos machos de algumas espécies (que serve para atrair as fêmeas) é produzido pela fricção das asas ou por movimentos das pernas contra os élitros. Os gafanhotos podem atacar lavouras e causar prejuízos ao ser humano.

Ordem Mantodea (do grego *mantis* = profeta; *eidós* = forma) – louva-a-deus; o inseto recebe esse nome por causa de sua postura quando espreita uma presa (pode ser outro inseto), assemelhando-se a uma pessoa rezando de mãos postas. O primeiro par de pernas é dobrável e denteado, o que permite que se feche em torno da presa.

b) Ordem Blattodea (do grego *blatta* = barata) – baratas; apresentam o corpo achatado dorsoventralmente e algumas espécies infestam as residências.

Ordem Siphonaptera (do grego *siphon* = tubo; *a* = sem; *pteros* = asa) – pulgas; alimentam-se do sangue de mamíferos e aves e transmitem organismos patogênicos para o ser humano, como o que causa a peste bubônica.

Ordem Phasmida (do grego *phasma* = espectro) – bicho-pau; muitos têm corpo semelhante a gravetos ou folhas, o que possibilita uma defesa por camuflagem.

Ordem Isoptera (do grego *iso* = igual; *pteros* = asa) – cupins ou térmitas; possuem asas membranosas e de mesmo tamanho. Formam sociedades divididas em castas: o macho (rei) e a fêmea (rainha); as operárias e os soldados, que são estéreis. Podem se transformar em verdadeiras pragas na cidade, destruindo objetos de madeira.

Ordem Hemiptera (do grego *hemi* = metade; *pteros* = asa) – cigarras, cigarrinhas, percevejos e pulgões; muitos representantes têm tanto asas membranosas como asas endurecidas ou coriáceas (às vezes só na base). Enquanto alguns são fitófagos (comem apenas plantas), outros sugam o sangue humano e o de outros animais, como o barbeiro ou chupança, transmissor do protozoário que causa a doença de Chagas. As cigarras passam a maior parte da vida (que varia de um a dezessete anos) na forma de larva, no interior do solo, onde se alimentam das raízes das árvores. Os adultos vivem poucas semanas, tempo necessário para a reprodução. Para atrair as fêmeas, os machos emitem sons pelo abdome (“canto” das cigarras). Os pulgões e as cochonilhas destroem lavouras, sugando a seiva da planta.

c) Ordem Dermaptera (do grego *derma* = pele; *pteros* = asa) – tesourinha; as asas anteriores, coriáceas, protegem as asas posteriores, membranosas. No final do abdome, há uma estrutura em forma de pinça.

Ordem Coleoptera (do grego *koléos* = estojo; *pteros* = asa) – besouros, vaga-lumes e joaninhas; as asas anteriores são rígidas (élitros). Formam a ordem com o maior número de espécies descritas entre todos os animais.

Alguns grupos, como os vaga-lumes, emitem luminescência. Muitos destroem lavouras. Outros, como a joaninha, são úteis à agricultura, pois atacam os pulgões.

Ordem Hymenoptera (do grego *humén* = membrana; *pteros* = asa) – formigas, vespas e abelhas; muitos formam sociedades. Alguns, como a formiga saúva, podem se transformar em pragas para a agricultura. Outros, como a abelha, contribuem para a polinização das plantas, além de produzir mel.

Ordem Diptera (do grego *di* = dois; *pteros* = asa) – moscas e mosquitos; possuem um par de asas membranosas e outro par transformado em balancins ou halteres, que ajudam no equilíbrio do corpo. Há inúmeros transmissores de agentes patogênicos, como o *Anopheles* (que transmite o *Plasmodium*, causador da malária), o *Aedes* (que transmite o vírus causador da febre amarela) e o *Culex* (que transmite o nematódeo causador da elefantíase).

Ordem Lepidoptera (do grego *lepis* = escama; *pteros* = asa) – borboletas e mariposas; suas asas são revestidas de escamas, e a maioria das espécies possui uma tromba para retirar o néctar ou pólen das plantas. As borboletas têm hábitos diurnos e as mariposas, noturnos. A larva da mariposa *Bombyx mori* produz a seda.

2. As diversas receitas encontradas permitem que o estudante entre em contato com o uso que o ser humano faz de alguns crustáceos e moluscos, utilizando-os como alimento, além de permitir uma maior interação com a comunidade escolar.
3. A palavra sambaqui é de origem guarani: *tambá* significa “concha”, e *qui*, “morro, amontoado”. Os sambaquis são morros de conchas que podem atingir até 30 metros de altura. Eles foram formados entre 5 mil e mil anos atrás por grupos humanos que habitavam várias áreas do litoral brasileiro. Esses grupos alimentavam-se de moluscos e formavam montes com as cascas. Os maiores sambaquis são encontrados no estado de Santa Catarina. Os sambaquis permitem aos arqueólogos e etnólogos estudar o modo de vida desses povos, já que neles encontramos várias ferramentas, instrumentos de cozinha, ossos de animais consumidos, adornos, etc.

4. A entomologia forense é o ramo da Biologia que se aplica à investigação criminal, permitindo determinar o local e tempo decorrido dos fatos por meio da análise de vestígios e do estágio de desenvolvimento de insetos encontrados em locais de crime ou em objetos alvo de perícia.

## CAPÍTULO 13

1. a) Simetria radial.
  - b) Cnidários são diblásticos e equinodermos são triblásticos.
2. Larva: simetria bilateral; adulto: simetria radial. Esta é uma adaptação à vida sedentária.
3. As lontras se alimentam dos ouriços-do-mar. Quando o número de lontras diminui, menos ouriços-do-mar são predados (a população deles aumenta). Como os ouriços-do-mar se alimentam de algas, o crescimento da população de ouriços faz com que o número de algas diminua. Portanto, a proibição da caça às lontras leva à diminuição da população de ouriços e aumenta a de algas.
4. Tanto a estrela-do-mar quanto os vertebrados apresentam deuterostomia e possuem um esqueleto derivado da mesoderme. Já os insetos são protostômios e o esqueleto deriva da ectoderme.
5. Ao contrário da ascídia adulta, que é sésbil, a larva é móvel (natante), o que contribui para a dispersão do animal.
6. a) Geralmente os organismos na fase adulta apresentam simetria bilateral. No caso dos equinodermos, essa simetria bilateral é observada na fase de larva, pois na fase adulta eles possuem simetria radial.
  - b) Artrópodes apresentam exoesqueleto quitinoso enquanto os equinodermos apresentam endoesqueleto formado por placas calcárias.
7. a) Enterocelomados, isto é, celoma originado do tubo digestório, e deuterostomados, ou seja, ânus com origem no blastóporo.
  - b) A definição sobre o parentesco se baseia na simetria das formas imaturas (larvas dos equinodermos e embriões de cordados) de ambos os filos, que é bilateral.
8. e
9. a
10. d

## CAPÍTULO 14

1. Forma alongada e hidrodinâmica do corpo, da maioria dos peixes, capaz de vencer a maior resistência ao movimento do meio aquático; presença de uma cauda que impulsiona o corpo e de nadadeiras flexíveis, que permitem manobras rápidas; escamas e muco, que deixam a pele bem lisa, o que diminui o atrito com a água.
2. Com malhas muito finas são capturados também filhotes, que ainda não procriaram. Isso impede a reposição natural da população de peixes e até ameaça a espécie de extinção.
3. Não. Se esses peixes forem consumidos em uma velocidade maior do que a de sua reposição natural, seus estoques deverão diminuir gradativamente, até chegar ao fim.
4. a) O grupo dos ágnatos. O exemplo atual é a lampreia.  
b) Possibilita a alimentação por predação e fornece uma defesa mais eficiente.
5. a) Isso não ocorre porque esses animais eliminam urina em grande quantidade e muito diluída através de muitos glomérulos bem desenvolvidos. A perda de sais por causa da grande produção de urina (a reabsorção no túbulo renal não compensa essa perda) e da difusão pelas brânquias é compensada pela absorção por transporte ativo (com gasto de energia) de sais minerais do ambiente pelas próprias brânquias. Além disso, o animal repõe parte dos sais perdidos no alimento que ingere.  
b) A pressão da água do mar, rica em sais, é superior à do sangue dos peixes de água salgada, que perdem água por osmose e ganham sais por difusão através das brânquias. Os rins (com glomérulos reduzidos), embora eliminem pouca urina, não reabsorvem água em quantidade suficiente. Para compensar a perda de água, esse peixes bebem muita água do mar, que é absorvida, com os sais, pelo tubo digestório. O excesso de sais, adquiridos também por meio das brânquias, é eliminado por transporte ativo nas brânquias.
6. a) Em alguns peixes, a bexiga natatória assume função de pulmão. Normalmente esse órgão serve de flutuador, tendo função hidrostática.

b) O pirarucu seria o mais afetado, pois tem que subir à superfície para respirar, e a película de petróleo atua como barreira à entrada de ar no organismo do animal.

7. Peixes cartilagosos têm esqueleto de cartilagem, boca ventral, válvula espiral e não têm bexiga natatória. Peixes ósseos têm esqueleto ósseo, boca anterior ou terminal, não têm válvula espiral e possuem bexiga natatória.

8. e

9. b

10. b

11. d

12. c

13. e

14. a

15. c

### Trabalho em equipe

- a) Entre os peixes marinhos podem ser citados vários tipos de tubarão (tubarão-tigre, cabeça-chata, tubarão-martelo, etc.) e de raias (raia-sapo, treme-treme, viola), sardinha, bagre-do-mar, congro, peixe-agulha, cavalo-marinho, merluza, robalo, badejo, garoupa, linguado, corvina, vermelho, pescada, namorado, cherne, baiacu, etc.
- b) Entre os peixes de água doce podem ser citados: pirarucu, dourado, lambari, piranha, jaú, tambaqui, traíra, bagre, poraquê, pintado, acará, tucunaré, pacu, piramboia, etc.
- c) A resposta vai depender dos resultados das pesquisas. A pesquisa de receitas aproxima os alunos da comunidade e ajuda na valorização da diversidade cultural.

### Atividade prática

A atividade permite que os alunos conheçam melhor as partes dos peixes, aprendendo a identificá-las num peixe fresco (olhos brilhantes e transparentes, pele firme e elástica – que não se desmancha quando tocada –, cheiro normal de peixe, isto é, não muito forte ou desagradável, e brânquias vermelho-vivo são características indicadoras de que o peixe ainda não está em processo avançado de decomposição, o que é fundamental quando o destino do animal for o consumo). Permite também que eles

compreendam melhor como são as brânquias (a cor vermelha deve-se à grande quantidade de sangue que passa por elas), que têm função respiratória (troca de gases). Com o lápis, os alunos podem perceber que a abertura dos opérculos, sob o qual estão as brânquias, se comunica com a boca do peixe: a água com o oxigênio, que será absorvido pelo sangue, entra pela boca e, depois de banhar as brânquias, sai pelos opérculos.

## CAPÍTULO 15

1. Tanto anfíbios como musgos dependem da água para a reprodução e, por isso, geralmente, são encontrados em ambientes úmidos.
2. A pele dos anfíbios é fina e rica em vasos sanguíneos, sendo capaz de absorver oxigênio e, no caso, também água.
3. Anfíbios têm respiração cutânea e, por isso, a pele desses animais não apresenta muita proteção contra a perda de água, o que justifica o comportamento citado: enterrados no solo eles podem reduzir a perda de água pela pele e evitar, assim, o risco de desidratação.
4. Como, ao contrário dos peixes, os anfíbios vivem em ambiente terrestre, eles necessitam de glândulas lacrimais para manter os olhos úmidos; já as pálpebras são importantes para espalhar as lágrimas, ajudando a evitar o ressecamento dos olhos.
5. O pulmão apresenta maior superfície para as trocas gasosas, tornando dispensável a respiração cutânea, o que permite que a pele seja queratinizada. Uma vez que a queratina impede a perda de água para o ambiente, isso representa uma adaptação do animal ao ambiente mais seco. Além disso, répteis não dependem da água para a reprodução, porque apresentam fecundação interna e o embrião se desenvolve no interior de um ovo com casca e âmnio, ficando menos exposto à desidratação.
6. Os lagartos pertencem ao grupo dos répteis e seu corpo é coberto por escamas. As salamandras pertencem ao grupo dos anfíbios e sua pele é lisa, sem escamas.
7. A contração muscular produz calor e, desse modo, ajuda no desenvolvimento dos ovos.

8. A posição dos olhos e das narinas em elevações no alto da cabeça permite a permanência dos crocodilos e jacarés na água, sem que a respiração e a capacidade de detectar presas e predadores fiquem prejudicadas.
9. Porque eles têm pulmões e precisam ir para a superfície para respirar.
10. a) Por ser ectotérmico, o sapo aumenta seu metabolismo em temperaturas mais altas; nesse caso a respiração pulmonar deve incrementar a quantidade de oxigênio, favorecendo o aumento do metabolismo.  
b) Água. Porque o oxigênio radioativo participa da respiração aeróbia como acceptor final de elétrons e hidrogênios, formando água.
11. O tratamento imediato a ser feito no caso de picada de serpente peçonhenta é a aplicação do soro antiofídico. O soro contém anticorpos que neutralizam o efeito do veneno no corpo humano. O conhecimento da espécie de serpente peçonhenta que provocou o acidente é importante porque, nesse caso, é administrado o soro específico, com efeito mais rápido e mais intenso. Os soros específicos são: o anticrotálico, contra o veneno de cascavéis; antibotrópico contra o veneno de jararacas; antielapídico contra o veneno de corais verdadeiras; antilaquético, contra o veneno da surucucu; entre outros.
12. a) A lâmpada na caixa aumenta a temperatura ambiental e intensifica a taxa metabólica do lagarto, que é um animal ectotérmico. Em seu *habitat* natural esse réptil fica exposto algumas horas do dia à radiação solar.  
b) Se a caixa fosse deixada na vitrine diretamente sob a luz solar intensa durante todo o dia, o lagarto poderia ser prejudicado, pois com a elevação da temperatura poderia ocorrer a desnaturação enzimática, o que prejudica o metabolismo. O animal não conseguiria dissipar o excesso de calor por mecanismos fisiológicos. Essa situação poderia levá-lo à morte.
13. A grande superfície pulmonar faz com que o animal tenha apenas esse tipo de respiração, não dependendo da pele, a qual pode ser seca e impermeável, impedindo a desidratação. Tais condições favorecem a vida em ambiente terrestre, como ocorre em répteis, aves e mamíferos. Nos anfíbios, que têm

pulmões com menor superfície, apenas esse tipo de respiração é insuficiente para satisfazer as necessidades de oxigênio de suas células. São obrigados a realizar também a respiração cutânea, devendo para isso manter a pele sempre úmida, o que facilita a difusão de gases. Isso pode levar à desidratação em ambientes mais secos.

- 14. e
- 15. a
- 16. d
- 17. e
- 18. d
- 19. b
- 20. e

### Trabalho em equipe

a) Alguns répteis brasileiros ameaçados de extinção: jiboia-de-cropan, tartaruga-meio-pente, tartaruga-verde, tartaruga-de-couro, cobra-de-vidro, lagartinho-do-cipó, lagartixa-da-areia, jararaca-ilhoa, cágado-de-Hoge, entre outros da lista nacional de espécies da fauna brasileira ameaçadas de extinção divulgada pelo Ibama. Algumas tartarugas marinhas estão ameaçadas de extinção pela pesca, que é proibida por lei, pela coleta de seus ovos e pela destruição do seu ambiente natural (por exemplo, pela poluição das praias em que costumavam desovar). Antes das atividades do Projeto Tamar, era comum apanhar e matar tartarugas marinhas que subiam à praia para desovar. A carne e os ovos eram consumidos e o casco era usado para fazer armações de óculos, pentes, pulseiras, colares, etc. Como resultado do trabalho de educação ambiental desenvolvido pelo Tamar, essas práticas foram proibidas por lei e, ao menos nas áreas de atuação do projeto, foram erradicadas. A luz elétrica à beira-mar afugenta as tartarugas que vêm à praia para desovar e desorientam os filhotes, que, atraídos pela luz, afastam-se do mar. Por isso o Tamar conseguiu aprovar leis que impedem a instalação de pontos de luz em áreas de desova, promovendo campanhas para substituição de luminárias convencionais por outras que não deixam a luz incidir diretamente sobre a praia. Embora a pesca de tartarugas seja proibida por lei federal, muitas vezes elas ficam

presas, acidentalmente, nas redes de pesca e acabam morrendo afogadas. Os técnicos do Tamar também dão monitoria nesses casos. O Projeto Tamar patrulha o período da desova nas áreas de proteção. Cada tartaruga é marcada nas nadadeiras com um número individual e o endereço do Tamar, com uma solicitação de notificação. Isso permite que entidades estudem o comportamento das tartarugas e façam um controle da população.

- b) Os fósseis mais antigos de dinossauros, como o do estauricossauro, um dos dinossauros mais antigos do mundo, com mais de 230 milhões de anos, estão no Rio Grande do Sul. Em Minas Gerais e em São Paulo são encontradas formas mais recentes, com cerca de 70 milhões de anos. No Nordeste (Paraíba, Maranhão e Ceará), podem ser encontrados fósseis com idade entre 90 e 110 milhões de anos. No grupo dos dinossauros herbívoros, havia os titanossauros (“lagartos titânicos”), com cerca de 12 m de comprimento e 4 m de altura. Fósseis desses animais foram encontrados em São Paulo e em Peirópolis, Minas Gerais.
- c) Os acidentes ofídicos mais comuns no país e de maior importância epidemiológica são causados por jararacas (gênero *Bothrops*), vindo depois os causados pelas cascavéis (gênero *Crotalus*). Em menor proporção aparecem os acidentes causados pelas surucucus e corais verdadeiras. As peçonhas das jararacas têm efeito proteolítico e hemorrágico, provocando dor, inchaço, sangramento e necrose local, entre outros sintomas. As peçonhas das cascavéis são hemolíticas e neurotóxicas, causando dores musculares, insuficiência renal, problemas respiratórios, entre outros. As peçonhas de surucucus têm efeito neurotóxico e hemorrágico e as das corais verdadeiras, efeitos neurotóxicos.

Entre as medidas que se deve tomar em caso de acidente ofídico, estão: manter o paciente em repouso, limpar com cuidado o local com água e sabão; conduzir o paciente com a maior rapidez possível a um centro médico, não fazer torniquete ou garrote no membro afetado; não fazer incisões em torno da picada para retirar parte do veneno; não colocar substâncias no local da picada; não oferecer ao acidentado

drogas que deprimem o sistema nervoso central (calmantes, bebidas alcoólicas, querosene, etc.).

As recomendações para o atendimento devem seguir as diretrizes do Instituto Butantan.

Fundado em 23 de fevereiro de 1901, como Instituto Serumtherapico, o Instituto Butantan é um centro de pesquisa biomédica vinculado à Secretaria de Estado da Saúde de São Paulo, responsável pela produção de mais de 80% do total de soros e vacinas consumidos no Brasil. Sua missão é desenvolver estudos e pesquisa básica na área de Biologia e de Biomedicina, relacionados, direta ou indiretamente, com a saúde pública. Um dos pontos turísticos mais visitados de São Paulo, o Butantan mantém três museus (Biológico, Histórico e Microbiológico) e um parque belíssimo. Em 1898, a cidade de Santos foi atingida por um surto de peste bubônica. Vital Brasil foi chamado a participar da produção do soro contra a doença na então Fazenda Butantan (local onde se originou o instituto). Vital Brasil fez uma grande contribuição para a saúde pública ao demonstrar que a única arma contra o envenenamento ofídico era o soro específico.

d) A população de anfíbios está em declínio no mundo inteiro e cerca de um terço dessas espécies está ameaçado de extinção. Entre as possíveis causas estão a destruição dos *habitat* e a poluição. A alta permeabilidade da pele torna o animal bastante sensível aos poluentes. Também existe um fungo (*Batrachochytrium dendrobatidis*) que vem atacando essas espécies e, associado a outras causas, parece ser um dos fatores que ameaça a população de anfíbios no mundo.

## CAPÍTULO 16

1. As penas. Várias características que se pensava serem exclusivas das aves foram descobertas nos fósseis de dinossauros. Além das penas, foi descrito o osso largo do peito e a estrutura cristalina da casca dos ovos.
2. Porque as aves são animais endotérmicos, mantendo constante sua temperatura corporal e seu metabolismo à custa do calor produzido no corpo, mesmo quando a temperatura ambiente é baixa.
3. O ovo. Porque a galinha é uma ave, que, de acordo com a história evolutiva desse grupo, teria se ori-

ginado de dinossauros ou outros répteis que põem ovos.

4. Espera-se que os alunos discordem da crença apresentada, considerando que as diferentes espécies existentes estão adaptadas aos seus respectivos *habitat* e modos de vida.
5. Porque ela funciona como um isolante térmico, o que é vantajoso para animais que vivem na água fria ou gelada.
6. Parcialmente correto, pois todas as aves são mesmo ovíparas. Ele se enganou em relação aos mamíferos: há mamíferos que põem ovos, como o ornitorrinco e a equidna.
7. Porque ele sabe que a onça, sendo carnívora, tem uma dentição adaptada para o consumo desse tipo de alimento, isto é, dentes pontiagudos, especialmente os caninos, ideais para perfurar e dilacerar a presa, enquanto o boi, sendo herbívoro, tem uma dentição adaptada para cortar e macerar vegetais.
8. a) I. Tecidos verdadeiros e órgãos especializados.  
II. Triblastícos, com mesoderme.  
III. Deuterostômios (ânus formado a partir do blastóporo).  
IV. Metameria (corpo segmentado).  
b) 1º: cérebro, 2º: coluna vertebral, 3º: pulmões, 4º: ovo amniótico, 5º: endotermia.
9. d
10. a
11. b
12. b
13. d
14. e

### Trabalho em equipe

1. a) Agarrar-se aos ramos de árvores: papagaio, arara, periquito; caminhar ou correr no solo: avestruz, ema; nadar: pato, biguá; segurar presas: coruja, águia, gavião.  
b) Quebrar sementes: papagaio, arara, periquito, cardeal; recolher o néctar das flores: beija-flor; perfurar a casca das árvores e pegar larvas de insetos: pica-pau; capturar peixes: pelicano.

2. A lista vai depender da época em que se fizer a pesquisa e pode incluir, entre outras, as espécies: Onça-pintada, Tamanduá-bandeira, Tatu-canastra, Anta, Lobo-guará, Toninha, Peixe-boi-marinho, Baleia-franca-do-sul, Sagui-da-serra-escuro, etc.

“Espécies Extintas” são aquelas que desapareceram, tendo falhado as tentativas de encontrar indivíduos no *habitat* natural ou em cativeiro. Já as “Extintas na Natureza” ainda sobrevivem em cativeiro. Espécies “ criticamente em Perigo ” são encontradas na natureza, mas têm o mais alto risco de ameaça de extinção, enquanto as “ Em perigo ” e “ Vulnerável ” têm um risco progressivamente menor. Entre os fatores responsáveis pela extinção podem ser citados a destruição dos *habitat*, a introdução de espécies invasoras, o tráfico de animais silvestres e a caça.

3. Na canção há um grande número de aves encontradas no Brasil. O professor pode dividir a turma em grupos, propondo que cada grupo pesquise sobre uma ave e apresente o resultado para a turma. Veja alguns resultados da pesquisa como exemplo:

- Pintassilgo (*Corduelis magellanica*): é encontrado em muitos países da América do Sul, sendo também conhecido como pintassilva. Habita campos, matas, áreas de agricultura, pinhais, etc.
- Pintaroxo: é um nome popular, que não corresponde a nenhum grupo taxonômico, abrangendo vários gêneros.
- Melro ou melro-preto (*Turdus merula*): é onívoro, tem uma grande variedade de cantos, faz ninhos em bosques e jardins, e pode ser encontrado tanto em florestas como em campo aberto e zonas urbanas.
- Uirapuru (*Cyphorhinus aradus*): é um pássaro da Amazônia, que atrai bandos de aves com seu longo e melodioso canto. Dizem também que quando ele canta, os outros animais se calam, num ato de reverência.

O canto longo e melodioso do uirapuru é, na verdade, uma forma de cortejar e atrair a fêmea para o acasalamento. O canto dura cerca de quinze minutos no nascer e pôr do sol, na época de construção do ninho.

O uirapuru também encanta os artistas. Em 1907, o compositor brasileiro Heitor Villa-Lobos (1887-1959) compôs o poema sinfônico “Uirapuru”, baseado em material coletado em suas viagens pelo Brasil.

## Unidade 5

### CAPÍTULO 17

1. Lipase.
2. O tubo onde ocorreu digestão é o tubo III. No tubo I, a fervura da saliva destrói a amilase, que poderia digerir o amido da farinha. No tubo II, a amilase não digere a gordura da manteiga. No IV, a amilase não digere a carne.
3. a) A coloração azulada deve ter aparecido nos tubos I, II e III, que contêm amido (farinha de trigo e milho contêm amido).  
b) Apenas no tubo I a coloração deve ter desaparecido após algum tempo, porque, à medida que a amilase salivar digere o amido, a cor azul desaparece. No tubo II, a amilase foi inutilizada (o aquecimento da saliva provoca a desnaturação da enzima, que é uma proteína). No tubo III, a coloração não desapareceu porque a enzima não foi adicionada ao conteúdo do tubo.
4. Não, pois a parte não digerida do amido pode ser digerida no intestino delgado, pela ação da amilase pancreática.
5. Porque todos os alimentos mencionados, embora aparentemente diversos, possuem a mesma constituição básica: o amido, substância de atuação específica da amilase.
6. A pepsina atua sobre proteínas e sua produção na forma inativa pode ser um mecanismo que impede que a enzima danifique as estruturas da célula em que é produzida. No caso da amilase, como não existe amido no interior da célula, a produção da enzima na forma inativa não seria vantajosa, ao contrário, representaria desperdício de energia.
7. Porque essas vilosidades aumentam a área de contato do alimento com o intestino, aumentando a velocidade de absorção do alimento.
8. A água com bicarbonato de sódio (básico) neutraliza parte do suco gástrico (ácido) no estômago. Normalmente, a acidez do suco gástrico seria suficiente para matar uma fração dos vibriões; porém, na presença de bicarbonato, mais vibriões sobrevivem.
9. a) A enzima A está atuando no estômago. Nesse órgão, a atividade enzimática é influenciada

pelo pH ácido, determinado pela intensa secreção de ácido clorídrico.

- b) Tripsina, amilase pancreática e lipase pancreática são enzimas que atuam no duodeno em pH básico.
- c) A temperatura ótima para as atividades enzimáticas no corpo humano se situa em torno de 37 °C. O aumento gradual da temperatura até 60 °C causaria, em princípio, uma estabilização da atividade enzimática, seguida de declínio, até sua cessação completa, devido à total desnaturação proteica causada pela elevação térmica.

10. b

11. b

12. a

### Trabalho em equipe

1. Uma das maneiras de proteger o alimento contra a proliferação de bactérias é mantê-lo refrigerado ou congelado, o que diminui ou interrompe a velocidade de reprodução de muitos microrganismos. Ferver os alimentos é uma das formas mais usadas para matar microrganismos. No processo chamado pasteurização, o leite é aquecido a uma temperatura entre 72 °C e 75 °C por 15 a 20 segundos em equipamento especial e depois resfriado rapidamente. No processo de pasteurização, um pequeno número de bactérias, que geralmente não são prejudiciais à saúde, pode permanecer vivo no leite. Por isso esse leite deve ser mantido na geladeira mesmo quando fechado, para não estragar por fermentação. Depois de aberto, ele pode ser conservado na geladeira por, no máximo, três dias. Deve-se também ferver o leite antes de tomá-lo.  
O leite longa vida é submetido, de dois a quatro segundos, a uma temperatura entre 130 °C e 150 °C. Com isso, todos os microrganismos são eliminados e ele pode ser conservado, quando ainda fechado, fora da geladeira e bebido sem ferver. Depois de aberto, porém, deve ficar na geladeira e ser consumido em até três ou quatro dias. Mas, em ambos os tipos de leite, devemos sempre observar a data de validade do produto escrita na embalagem.  
Além de conservar, os aditivos químicos servem para dar cor, aroma, sabor ou consistência a um produto. Eles são identificados por letras e núme-

ros em algarismos romanos. P.I, por exemplo, é o conservante ácido benzoico, que impede que o alimento estrague; E.P.I é o ágar-ágar, um espessante retirado de algas marinhas e usado para dar consistência a pudins, sorvetes e outros alimentos.

A desidratação também ajuda a conservar o alimento: sem água, muitos microrganismos morrem. Do mesmo modo, altas concentrações de sal retiram água dos germes, impedindo sua sobrevivência ou reprodução: é a técnica do salgamento. O mesmo resultado é obtido com altas concentrações de açúcar acrescentadas a compotas e geleias depois da fervura.

Na liofilização, o alimento é desidratado rapidamente sob baixas temperaturas. Esse processo é utilizado para fabricar o leite em pó e o café solúvel.

Já a defumação é uma técnica antiga: consiste em expor o alimento à fumaça, que contém substâncias capazes de matar muitos microrganismos ou impedir seu desenvolvimento. É usada para conservar certas carnes.

O rótulo indica a quantidade de nutrientes em uma porção. A Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Anvisa) define porção como “a quantidade média do alimento que deveria ser consumida por pessoas saudáveis, maiores de 36 meses de idade, em cada ocasião de consumo, com a finalidade de promover uma alimentação saudável”.

O valor energético (ou valor calórico) indica a quantidade de quilocalorias (kcal) ou de quilojoules (kJ) na porção. Quilocalorias e quilojoules são unidades usadas para medir a energia.

A expressão “% VD” indica a porcentagem de valores diários, ou seja, quanto o alimento representa dos valores médios que uma pessoa deve ingerir todos os dias.

Entre os nutrientes, as gorduras totais indicam a quantidade de todos os tipos de gorduras: saturadas, insaturadas, colesterol e gordura *trans*. Se em um produto a quantidade de gorduras é considerada zero, isso não significa necessariamente que ela esteja ausente, mas que a quantidade é muito pequena. É preciso tomar cuidado com a quantidade de gordura *trans*, porque ela é prejudicial à saúde.

2. Nas esponjas, a digestão é intracelular. Nos outros animais, extracelular e pode ser realizada em um

tubo digestório incompleto (sem ânus) ou completo (com boca e ânus). Muitas aves possuem papo, estômago químico (proventrículo) e estômago mecânico (moela). Os ruminantes possuem quatro estômagos: pança, barrete, folhoso e coagulador. Nos peixes ósseos e nos mamíferos, o tubo digestório apresenta uma abertura separada no corpo, o ânus. Nos demais vertebrados o sistema digestório se abre com os sistemas urinário e reprodutor na cloaca.

- Essa atividade interdisciplinar permite que os alunos compreendam melhor o conceito de pH, ajudando-os também a perceber a interação entre a Química e a Biologia.
- A cirrose hepática acomete o fígado e é uma doença crônica caracterizada pela formação de nódulos que impedem a circulação do sangue. Com isso, as células hepáticas saudáveis morrem e o fígado deixa de funcionar adequadamente. A cirrose pode ser causada pelo consumo excessivo de bebida alcoólica, por infecções ou inflamações e, em casos mais graves, pode levar à morte.

A doença celíaca é desencadeada pela ingestão de glúten, substância presente em alimentos que contêm trigo e aveia, por exemplo. Com essa doença, que pode surgir em qualquer idade, o corpo do paciente passa a atacar seu próprio intestino, causando uma inflamação crônica que pode levar ao mau funcionamento do intestino. Os sintomas mais comuns são diarreia crônica ou prisão de ventre e anemia, entre outros. O tratamento inclui alimentação sem glúten por toda a vida.

A anorexia nervosa é uma doença psicológica caracterizada por uma obsessão por emagrecer, fazendo com que a pessoa deixe de se alimentar e pratique exercícios físicos em excesso. Dessa maneira, a perda de peso é excessiva, comprometendo a saúde da pessoa. Sem tratamento adequado, o qual deve incluir acompanhamento psicológico, pode levar à morte por desnutrição.

A bulimia, assim como a anorexia nervosa, é uma doença psicológica caracterizada por uma obsessão por emagrecer. Nesse caso, porém, a pessoa ingere alimentos em grandes quantidades e, em seguida, busca maneiras de não engordar, seja induzindo o vômito, seja ingerindo laxantes ou praticando exercícios físicos excessivamente. A longo

prazo, pode causar esofagite, lesões nos dentes, dores musculares e câimbras. O tratamento deve ser realizado por uma equipe multidisciplinar.

## CAPÍTULO 18

- X** é o gás oxigênio e **Y**, o gás carbônico. A concentração de oxigênio no ar exalado é menor do que no inalado porque uma parte do oxigênio do ar passa para os alvéolos. No caso do gás carbônico, ocorre o contrário, porque esse gás está em maior concentração no sangue do que no ar dos alvéolos e faz o caminho inverso, isto é, passa do sangue para o ar a ser exalado.
- Porque em indivíduos com doenças respiratórias há diminuição do aporte de oxigênio ao organismo, o que torna difícil manter um nível elevado de atividade física. No enfisema, por exemplo, isso ocorre porque há destruição parcial dos alvéolos.
- Quanto mais intensa a atividade física, maior a necessidade de produção de energia, o que leva a um maior consumo de oxigênio e aumento da necessidade de eliminação do gás carbônico produzido nas células. O aumento do ritmo respiratório faz com que mais oxigênio chegue aos músculos e mais gás carbônico seja eliminado do corpo.
- Porque, ao se combinar com o monóxido de carbono, a hemoglobina deixa de transportar o oxigênio para as células, o que pode provocar a morte por asfixia.
- Cavidades nasais, faringe, laringe, traqueia, brônquios, bronquíolos, alvéolos. Pregas vocais: na laringe. Parte comum ao sistema digestório e respiratório: faringe. A hematose ocorre nos alvéolos.
- Durante uma atividade física, o centro respiratório envia impulsos nervosos que aumentam a frequência e a intensidade dos movimentos respiratórios. Com isso, acelera-se a eliminação de gás carbônico e a entrada de oxigênio.
- e
- e
- b
- d
- d
- c
- d

## Trabalho em equipe

1. Os animais com grande superfície relativa (poríferos, cnidários, platelmintos e nematódeos) realizam respiração cutânea direta; nas minhocas (anelídeos) existem capilares para o transporte de gases (respiração cutânea indireta).

Certos invertebrados aquáticos (moluscos, crustáceos e poliquetas) respiram por brânquias. Nos insetos, a respiração é por meio de traqueia.

Nos peixes e nas larvas de anfíbios, a respiração realiza-se por brânquias, originadas da faringe. Nos anfíbios adultos, nos répteis, nas aves e nos mamíferos, é feita por pulmões. Nos anfíbios, a respiração cutânea também é importante. Nas aves, os pulmões possuem sacos aéreos, que aumentam a eficiência respiratória.

Os mamíferos possuem diafragma, que bombeia o ar para dentro e para fora dos pulmões e dos alvéolos (pequenos sacos nos quais ocorre a hematose, ou seja, a troca de gás carbônico por oxigênio).

2. Os raios X são ondas eletromagnéticas com comprimentos de onda entre 0,001 e 10 nanômetros.

Os raios X foram descobertos em 1895 pelo físico alemão Wilhelm Conrad Röntgen (1845-1923). Röntgen estudava um tubo de vidro, chamado tubo de raios catódicos, dentro do qual um condutor metálico aquecido emitia elétrons. Ele percebeu que uma placa de material fluorescente colocada perto do tubo brilhava quando este emitia elétrons. Ele supôs que algo invisível saía do tubo e atravessava a placa. Outros experimentos demonstraram que esses raios invisíveis, chamados raios X, atravessavam vários objetos e impressionavam uma chapa fotográfica.

Observou também que esses raios atravessavam músculos e outras partes moles do corpo e eram barrados pelos ossos. Röntgen descobriu que os raios X eram parecidos com a luz, ou seja, que se tratava de ondas eletromagnéticas.

Os médicos logo passaram a usar os raios para ver fraturas e órgãos do corpo humano e os raios X eram usados até para ver como um calçado ficava no pé, ignorando-se o risco da radiação. O resultado é que várias pessoas tiveram câncer e outras lesões provocadas por excessiva exposição à radiação.

Os raios X são absorvidos pelos ossos, mas atravessam tecidos menos densos. Então, se uma parte do corpo for exposta aos raios X e estes forem captados em um filme fotográfico, os ossos aparecem como regiões mais claras (que não foram atravessadas pelos raios) em fundo escuro (as regiões que foram atravessadas). Essa imagem chamada de radiografia é usada para detectar fraturas e outros problemas.

Além de serem usados nas radiografias comuns, eles são usados também na tomografia computadorizada, que fornece imagens bem mais detalhadas, em três dimensões, de partes do organismo. Os raios X são usados para destruir tumores. Uma técnica chamada difração dos raios X permite determinar a estrutura de cristais e de moléculas (a técnica foi usada para ajudar a determinar a estrutura do material químico do gene, o DNA). Servem ainda para analisar pinturas antigas, permitindo descobrir desenhos feitos pelo artista abaixo da camada definitiva de tinta e descobrir fraudes nessas obras. Os raios X também permitem estudar o interior de fósseis sem danificá-los. Na indústria são usados para detectar falhas em alguns materiais. Ao detectar os raios X emitidos por estrelas, os astrônomos podem descobrir informações sobre esses corpos celestes.

A exposição frequente aos raios X é perigosa. As pessoas que trabalham com essa radiação devem se proteger com aventais de chumbo ou ficar atrás de paredes especiais durante a radiografia.

3. Os alunos podem realizar a pesquisa no *site* do Ministério da Saúde (<[http://dab.saude.gov.br/docs/eventos/2a\\_mostra/programa\\_nacional\\_controle\\_tabagismo.pdf](http://dab.saude.gov.br/docs/eventos/2a_mostra/programa_nacional_controle_tabagismo.pdf)>; acesso em: 18 abr. 2016) e do Instituto Nacional do Câncer – Inca (<[www2.inca.gov.br/wps/wcm/connect/acoes\\_programas/site/home/nobrasil/programa-nacional-controle-tabagismo](http://www2.inca.gov.br/wps/wcm/connect/acoes_programas/site/home/nobrasil/programa-nacional-controle-tabagismo)>; acesso em: 18 abr. 2016).

## Atividade prática

- a) Quando se puxa a borracha, a bexiga menor se enche de ar. Ao soltar a borracha na parte inferior da garrafa, o ar sai da bexiga menor e ela se esvazia.

A bexiga menor se encheu de ar porque a pressão no interior da garrafa ficou menor do que a pressão atmosférica e o ar de fora entrou. A bexiga

menor se esvaziou porque a pressão no interior da garrafa ficou maior que a pressão atmosférica, fazendo o ar sair.

- b) Garrafa – caixa torácica; gargalo da garrafa – vias aéreas; bexiga menor – pulmão; bexiga maior (na parte inferior da garrafa) – diafragma.
- c) Inspiração (quando a borracha é puxada) e expiração (quando a borracha é solta).
- d) Os músculos intercostais.

## CAPÍTULO 19

- 1. a) **1**: para os pulmões. **2**: para o corpo.  
b) **3**: do corpo; **4**: dos pulmões.  
c) **2 e 4**.  
d) Circulação sistêmica: **2 e 3**; circulação pulmonar: **1 e 4**.  
e) Porque, a cada contração do coração, enquanto o lado direito impulsiona sangue pobre em oxigênio para os pulmões, o lado esquerdo impulsiona sangue rico em oxigênio para o restante do corpo.
- 2. Isso acontece porque, de modo geral, o sangue das artérias está sob maior pressão que o sangue das veias.
- 3. a) **X** é o oxigênio e **Y**, o gás carbônico.  
b) O sangue com pouco oxigênio e rico em gás carbônico é levado pelas artérias pulmonares para os pulmões, onde recebe oxigênio e perde gás carbônico; agora rico em oxigênio e pobre em gás carbônico, ele retorna ao coração pelas veias pulmonares.  
c) Hematose.
- 4. As hemácias. Como a cidade de Quito se localiza em uma altitude elevada, onde o ar é rarefeito, os atletas equatorianos teriam maior número de hemácias, garantindo o transporte adequado de oxigênio.
- 5. Porque nessa criança há uma mistura de sangue entre os dois lados do coração, o que faz com que a concentração de oxigênio no sangue que vai para o corpo seja menor do que a concentração normal; a “falta de ar” é um sinal de insuficiência de oxigênio no organismo.
- 6. a) O cateter seguiu este caminho: átrio direito, ventrículo direito e pulmões através das artérias pulmonares.  
b) Sístole do ventrículo direito ou sístole ventricular. O sangue presente é desoxigenado (sangue venoso).

- 7. a
- 8. b
- 9. c
- 10. d
- 11. a
- 12. b
- 13. b
- 14.  $02 + 04 + 08 + 16 = 30$
- 15. a

### Trabalho em equipe

- 1. A febre reumática é causada por um tipo de bactéria que provoca infecção na garganta e em outras partes do corpo e pode, em alguns casos, quando a infecção não é tratada ou o é de forma errada, atacar articulações do corpo e as valvas do coração. Por isso, é preciso procurar o médico se algumas semanas depois de uma dor de garganta aparecer algum destes sintomas: febre; articulações doloridas, inchadas, avermelhadas e quentes; cansaço frequente; palpitação; dor no peito; palidez e desânimo; falta de coordenação dos movimentos do corpo.

Na insuficiência cardíaca o coração não consegue bombear sangue suficiente para os tecidos por causa de lesões provocadas por infarto, hipertensão ou outras doenças.

A arritmia cardíaca é uma anormalidade no ritmo do coração que ocorre quando o tecido que conduz os impulsos elétricos do coração é afetado por infarto, lesões nas valvas ou outros problemas cardíacos. Deve ser tratada com medicamentos, mas às vezes é necessário implantar no tórax, abaixo da pele, um marca-passo, pequeno aparelho composto de um circuito eletrônico gerador de impulsos elétricos, que funciona com pilhas especiais. Através de um condutor elétrico, esse aparelho envia impulsos para o coração e passa a controlar seu ritmo.

- 2. O sistema circulatório ou cardiovascular é indispensável para os animais de grande porte, nos quais as substâncias devem percorrer grandes distâncias.

Nos anelídeos e em alguns moluscos (cefalópodes), o sistema cardiovascular é fechado. Nos artrópodes e em outros moluscos, a circulação é

aberta, com os órgãos mergulhados em lacunas cheias de sangue.

A circulação dos vertebrados é fechada. No coração dos peixes há um átrio e um ventrículo; a circulação é simples e completa. Nos anfíbios e na maioria dos répteis, o coração apresenta dois átrios e um ventrículo; a circulação é dupla e incompleta. Nos crocodilianos há dois ventrículos e uma comunicação entre as aortas. Nas aves e nos mamíferos o coração apresenta dois átrios e dois ventrículos e a circulação é dupla e completa.

3. Essa atividade interdisciplinar permite que os alunos compreendam melhor o conceito de pressão, ajudando-os também a perceber a interação entre a Física e a Biologia.

### Atividade prática

Essa atividade complementa o que os alunos já aprenderam sobre as partes do coração. A massa amarelada ao redor do coração é de tecido adiposo. As membranas são as valvas. A musculatura mais desenvolvida é a do ventrículo esquerdo. Isso acontece porque o ventrículo esquerdo tem de bombear sangue para todo o corpo, enquanto o ventrículo direito bombeia sangue apenas para o pulmão.

## CAPÍTULO 20

1. Com a prática de exercícios físicos, nossa transpiração aumenta como forma de reduzir o calor gerado internamente. É importante repor a água perdida com a transpiração, particularmente nos dias quentes, em que o volume de transpiração é maior e, portanto, perde-se mais água.
2. Algumas substâncias cancerígenas do fumo caem na circulação, sendo levadas a vários órgãos e eliminadas pelos rins. Uma vez na urina, entram em contato com a bexiga.
3. Quando bebemos mais água, a reabsorção diminui, o que ajuda a manter constante a taxa de água do organismo.
4. Quando ela ingere muitas proteínas, porque as moléculas dessas substâncias contêm nitrogênio, cujo excesso, após o metabolismo das proteínas, é eliminado do organismo humano principalmente na forma de ureia.
5. No tubo contorcido proximal ocorre transporte ativo, à custa da energia fornecida pela mitocôndria.

No ramo descendente da alça néfrica, ocorre reabsorção de água por osmose, o que não exige energia.

6. Quando a temperatura está baixa, em geral, transpiramos menos e por isso perdemos pouca água pela pele (suor) e, assim, maior quantidade de água acaba sendo excretada pela urina. Havendo maior quantidade relativa de água na urina, ela se torna mais clara, pois está mais diluída. No verão, em geral, perdemos mais água pelo suor e menos água pela urina, o que a torna mais concentrada e, conseqüentemente, mais escura.
7. Na primeira etapa ocorrerá a filtração do sangue nos filtros microscópicos (glomérulo). Na segunda etapa acontecerá a reabsorção de glicose, aminoácidos, vitaminas e parte da água nas células tubulares (túbulos renais).
8. a) No glomérulo localizado na cápsula de Bowman ocorre a filtração do sangue. No túbulo do néfron ocorre reabsorção de alguns elementos contidos no filtrado renal, como glicose, água e certos íons.  
b) A substância orgânica filtrada e reabsorvida pelo sangue é a glicose. A principal substância tóxica presente no filtrado e posteriormente eliminada pela urina é a ureia.

9. d

10. d

11. a

12. e

13. a

14. a

15. e

### Trabalho em equipe

1. O principal produto nitrogenado da excreção dos animais é a amônia, proveniente do metabolismo dos aminoácidos. Nos animais aquáticos, ela é eliminada diretamente na água. Os anfíbios adultos e os mamíferos eliminam ureia. Os répteis e as aves eliminam ácido úrico.

Nos invertebrados, as principais estruturas excretoras são: células-flama (platelmintos); nefrídios (anelídeos e moluscos); túbulos de Malpighi (insetos).

Nos vertebrados, os principais órgãos excretores são os rins, formados por unidades chamadas nefros, nefrônios ou néfrons.

2. No século XVIII, considerava-se que os compostos orgânicos eram aqueles presentes apenas no corpo dos seres vivos. Esses compostos eram estudados pela Química Orgânica. Mesmo em 1807, o químico Jons Jakob Berzelius defendia a teoria da força vital, afirmando que apenas os seres vivos seriam capazes de produzir substâncias orgânicas. Em 1828, o químico alemão Fredrich Wöhler conseguiu sintetizar a ureia, presente na urina de alguns animais, a partir do aquecimento do composto inorgânico cianeto de amônio (síntese de Wöhler). A partir daí, novos compostos orgânicos foram sintetizados, demonstrando que esses compostos não eram sintetizados apenas pelos organismos e abalando a teoria da força vital. A Química orgânica passou a ser definida então como a química dos compostos de carbono.

3. O principal problema da maioria dos transplantes é a rejeição pelo sistema imunitário do órgão transplantado. O único caso em que não há risco de rejeição é o transplante entre os gêmeos univitelinos, que são geneticamente idênticos. Como segunda opção, estão os parentes próximos. São feitos testes para determinar o grau de compatibilidade entre doador e receptor. Além disso, hoje há vários medicamentos que diminuem a chance de rejeição. De um doador vivo podem ser utilizados um dos rins e parte do fígado, da medula óssea e do pulmão. De uma pessoa recém-falecida, comprovada a morte encefálica, podem ser utilizados rins, córneas, coração, pâncreas, pulmões, ossos, intestino, fígado, músculo, tendão, pele e vasos. Em ambos os casos, é necessária uma série de procedimentos legais e médicos, e a família tem de autorizar a doação.

No caso de morte encefálica de um paciente, os parentes mais próximos terão de informar se o paciente deixou claro para alguém se gostaria de ser um potencial doador porque somente eles poderão autorizar as cirurgias.

O prazo máximo para que a cirurgia seja feita após a retirada do órgão varia de acordo com cada órgão. A cirurgia de coração e a de pulmão, por exemplo, devem ser feitas no prazo de até 4 horas.

Para impedir a comercialização de órgãos, a legislação brasileira não permite a doação entre vivos sem vínculo familiar. Pela lei, os parentes até quar-

to grau e cônjuges podem ser doadores; os não parentes, somente com autorização judicial.

Para verificar as leis em vigência na época dessa atividade, podem ser consultados os *sites* (acessos em: 22 abr. 2016):

Associação Brasileira de Transplantes de Órgãos:  
<[www.abto.org.br](http://www.abto.org.br)>

Sistema Nacional de Transplantes:  
<<http://portalsaude.saude.gov.br/index.php/o-ministerio/principal/secretarias/sas/transplantes/sistema-nacional-de-transplantes>>

## CAPÍTULO 21

1. a) Diabetes *mellitus*. Pâncreas.  
b) Nas diabetes, a concentração de glicose (um açúcar) na urina aumenta, o que atrai as moscas.
2. a) Suprarrenal (medula), que se localiza sobre os rins.  
b) A força e a velocidade dos batimentos cardíacos crescem, aumentando, com isso, a disponibilidade de oxigênio e glicose para o organismo. O fígado converte glicogênio em glicose, lançando-a no sangue. Ambos os efeitos aceleram a liberação de energia para o corpo, necessária para a luta ou a fuga.
3. Pâncreas, porque produz enzimas digestivas e os hormônios insulina e glucagon, que controlam a taxa de açúcar no sangue.
4. Hipófise, porque, assim como o maestro coordena os músicos de uma orquestra, ela coordena a atividade das outras glândulas do corpo.
5. a) A curva **A** representa um indivíduo diabético porque ocorreu uma hiperglicemia acentuada, ou seja, o nível de glicose sanguíneo ficou muito elevado após a refeição.  
b) Na curva normal **B**, de 1 a 3 horas foi o tempo utilizado para que a glicemia voltasse ao normal, devido ao hormônio insulina. Após 3 horas a glicemia ficou normal por causa do hormônio glucagon.
6. a) Ao consumir o sorvete, rico em glicose, o pâncreas de Magali secretou a insulina, hormônio hipoglicemiante.  
b) Na greve de fome haverá secreção do glucagon pelas células alfa do pâncreas. Esse hormônio estimula a quebra do glicogênio hepático, ou seja, apresenta função hiperglicemiante.

- 7. b
- 8. c
- 9. b
- 10. a
- 11. e

### Trabalho em equipe

A resposta vai depender do resultado da pesquisa. Espera-se que o aluno perceba que muitas vezes há uma valorização exacerbada da aparência física. Essa valorização excessiva se sobrepõe à saúde, sujeitando crianças e adolescentes, que geralmente têm maior necessidade de autoafirmação, a colocar em risco a saúde de seu corpo. Os alunos devem entender que o compromisso com a saúde deve ser sempre prioridade. A atividade propicia também o desenvolvimento da criatividade e o exercício da expressão oral, escrita e gráfica.

## CAPÍTULO 22

1. Além de coordenar as diversas funções do organismo, contribuindo para o seu equilíbrio, o sistema nervoso permite que os seres vivos reajam de modo rápido a estímulos externos (vindos do meio ambiente ou de outros seres vivos).
2. A íris corresponderia ao diafragma; a lente à objetiva, e a retina ao filme ou ao sensor eletrônico.
3. Os óculos escuros fazem a pupila ficar mais dilatada, já que menos luz está chegando aos olhos. Mas, se esses óculos não possuírem filtros para raios ultravioleta, mais raios vão penetrar no olho com a pupila dilatada, o que pode causar problemas como a catarata.
4. Nesse caso, a percepção é dada à pessoa pelo labirinto, situado na orelha interna.
5. O álcool, entre outros efeitos no organismo, deixa a pessoa mais sonolenta, diminui seus reflexos e sua coordenação motora, o que explica o aumento do risco de acidentes com a elevação da concentração de álcool no sangue.
6. O sistema nervoso simpático estimula os órgãos do organismo para reações de luta e fuga. Essas ações demandam maior gasto energético, daí vêm o aumento da frequência respiratória (maior disponibilidade de oxigênio) e a liberação de glicose do fígado para o sangue.

7. A leitura, a fala, a escrita e a compreensão das palavras.
8. Porque, em caso de dano à coluna, a imobilização nessa posição impede o surgimento (ou agravamento) de lesões na medula espinal, que poderia levar, por exemplo, à paralisia de algum membro.
9. Ela pode ter sofrido uma lesão na área do cérebro responsável pelo sentido da visão, mas também pode ter havido uma lesão em algum ponto do nervo óptico.
10. Audição: mecanorreceptores. Gustação: quimiorreceptores. Visão: fotorreceptores. Equilíbrio: mecanorreceptores. Calor: termorreceptores.
11. a) Sistema nervoso autônomo.  
b) Estômago, coração, olho (pupila).
12. a) Ao aumento da pressão atmosférica.  
b) Membrana timpânica (tímpano).
13. c
14. b
15. c
16. d
17. b
18. e
19. d
20.  $V - F - V - V - V$
21. c

### Trabalho em equipe

1. O resultado dessa atividade vai depender das leis que estiverem em vigor na época da pesquisa. Em 19 de junho de 2008, por exemplo, foi sancionada uma lei, apelidada de “Lei Seca”. Uma pessoa em cujo sangue exista uma concentração de álcool maior do que dois decigramas por litro de sangue (correspondente a 0,1 mg de álcool por litro de ar expelido, em testes realizados no aparelho conhecido popularmente como bafômetro) está proibida de dirigir veículos automotores. Se a concentração alcoólica no sangue do motorista for superior a seis decigramas (ou 0,3 mg/L de ar, no bafômetro), ele pode ser detido e perde o direito de dirigir.

No dia 21 de dezembro de 2012 foi publicada no Diário Oficial da União a Lei n. 12.760, sancionada pela presidente Dilma Rousseff, que tornou mais

rígida a chamada “Lei Seca”. A reformulação da lei autoriza agora o uso de testemunhos, exame clínico, imagens e vídeos como meios de prova para confirmar a embriaguez do motorista.

O motorista que for flagrado dirigindo sob influência de álcool ou de outra substância psicoativa terá a carteira de habilitação recolhida e o veículo, retido. O motorista estará sujeito, ainda, à multa e à suspensão do direito de dirigir por doze meses.

A pesquisa ajuda a conscientizar os alunos sobre os danos causados pelo álcool, principalmente os riscos para a direção de veículos.

2. Os poríferos não apresentam sistema nervoso. Os cnidários possuem sistema nervoso difuso. Nos outros invertebrados há centralização do sistema nervoso (com gânglios nervosos), que é, em geral, ventral, duplo e maciço. Nos vertebrados, o sistema nervoso é dorsal, simples e oco.

Alguns invertebrados possuem ocelos, capazes de indicar a direção da fonte luminosa. Em muitos artrópodes e crustáceos há olhos compostos, que formam imagens. Nos vertebrados, a luz entra pela pupila, no centro da íris, e sofre refração ao passar, sucessivamente, pela córnea, pelo humor aquoso, cristalino e corpo vítreo, que funcionam como um sistema de lentes convergentes, formando a imagem na retina.

Diversos invertebrados possuem estatocistos com grãos de calcário (estatólitos), que estimulam células sensoriais quando há mudanças na posição do corpo, garantindo o equilíbrio. Os peixes possuem a linha lateral, que acusa vibrações na água, e uma orelha interna, semelhante à dos outros vertebrados.

Nos mamíferos o som faz vibrar o tímpano. Essa vibração é transmitida pelo martelo, estribo e bigorna para a janela oval, que a transmite para o líquido dentro do labirinto, formado pelos canais semicirculares, pelo utrículo e sáculo. O líquido dos canais e os cristais do utrículo e do sáculo informam sobre os movimentos do corpo, contribuindo para o equilíbrio. No labirinto há também a cóclea, na qual está a membrana basilar, que contém células sensitivas (órgão espiral), capazes de perceber as vibrações causadas no líquido pela janela oval.

3. O alfabeto braille foi inventado pelo francês Louis Braille (1809-1852), que perdeu a visão aos 4 anos de idade. Ele permite a leitura de textos, números e notas musicais com os dedos (graças à grande concentração de receptores de tato na ponta dos dedos) e a sua escrita.

O sistema é formado por pequenos pontos em relevo no papel que, combinados, representam diferentes letras e números.

A língua de sinais substitui, na comunicação, os sons por gestos e sinais, sendo usada como forma de comunicação entre pessoas com problemas auditivos. Cada país tem a sua própria língua de sinais (no Brasil, temos a Língua Brasileira de Sinais, ou Libras). Ao ter acesso à língua de sinais e à sua língua materna, a pessoa com deficiência auditiva aumenta seus recursos de comunicação com outras pessoas e, com isso, consegue uma melhor qualidade de vida.

Com 1 ano e 7 meses de idade, a menina Helen Keller, nascida no estado do Alabama (Estados Unidos) em 1880, perdeu a visão e a audição. Como consequência, também não conseguiu falar. Aos 6 anos, Helen conheceu a educadora Anne Sullivan e, sob sua orientação, aprendeu a usar um alfabeto manual, em que cada letra é indicada por um contato com a mão. Em dado instante, por exemplo, Anne despejou um pouco de água nas mãos de Helen e depois indicou os símbolos para cada letra da palavra “água”.

Helen aprendeu, mais tarde, o método braille e passou também a ler os lábios das pessoas pressionando-os com a ponta dos dedos.

Com o tempo, ela aprendeu a falar, frequentou escolas, completou a faculdade e se tornou bacharel em artes. Escreveu livros, deu conferências e dedicou-se a melhorar as condições de pessoas com algum tipo de deficiência física. Após sua morte, em 1968, criou-se uma fundação batizada com o seu nome, que tem entre seus principais objetivos a educação de pessoas com deficiência visual e auditiva e a pesquisa para a prevenção desses problemas.

A história de Helen Keller mostra que mesmo sem a visão e a audição, o ser humano é capaz de superar suas limitações. Mas, além do próprio esforço, é necessário que haja iniciativas de inclusão e respeito da sociedade.

Além de estimular a pesquisa, essa atividade tem por objetivo despertar a preocupação e estimular o espírito de solidariedade dos alunos para com as pessoas com deficiência.

4. • Técnico em agente comunitário de saúde: curso técnico de nível médio para trabalhar em conjunto com outros profissionais no acompanhamento de famílias e grupos em domicílios e coletividades, desenvolver ações de cuidado e proteção à saúde, encaminhar as pessoas aos serviços de saúde, realizar pesquisas e analisar as informações obtidas.
- Técnico em enfermagem: curso técnico de nível médio que atua na promoção, prevenção e recuperação de pessoas com problemas de saúde. Ajuda no preparo dos pacientes para exames e de cuidados de enfermagem. Pode atuar em hospitais, postos de saúde, empresas e domicílios.
- Técnico em farmácia: curso técnico de nível médio. Atua sob supervisão do farmacêutico, auxiliando na manipulação de medicamentos e cosméticos, conferindo fórmulas, efetuando manutenção de rotina em equipamentos, controlando estoques, atendendo os clientes. Pode atuar em drogarias, hospitais, postos de saúde, farmácias de manipulação, etc.
- Técnico em radiologia: curso técnico de nível médio. Realiza exames radiográficos, prepara o paciente para a realização de exames, prepara soluções químicas, auxilia em diversos procedimentos de diagnóstico por imagem. Atua em serviços

de radiologia e diagnóstico por imagem em hospitais e clínicas de saúde.

- Fisioterapeuta: curso de nível universitário. Ajuda um paciente a prevenir, tratar e recuperar disfunções causadas por acidentes, malformações genéticas, vícios de postura, distúrbios neurológicos, etc. Atua em hospitais, clínicas de ortopedia, centros de reabilitação, empresas, etc.
- Bacharel ou licenciado em Educação Física: curso de nível universitário. Organiza, executa e supervisiona programas de atividades físicas, preparando crianças e adultos para diversas modalidades de esporte. Pode trabalhar em escolas, clubes e academias de ginástica. Para lecionar, é necessário o diploma de licenciatura.
- Fonoaudiólogo: curso de nível universitário. Cuida da pesquisa, diagnóstico, prevenção e reabilitação da voz, da audição. Auxilia profissionais que utilizam a voz. Pode trabalhar em clínicas, consultórios, escolas, hospitais, etc.
- Enfermeiro: curso de nível universitário. Coleta dados sobre o estado do doente para ajudar no diagnóstico e é responsável pela segurança, higiene, alimentação e orientação do paciente, administração de medicamentos e aplicação de curativos. Atua em hospitais, clínicas, consultórios, escolas, etc.
- Farmacêutico: curso de nível universitário. Prepara medicamentos e cosméticos, examina e testa substâncias e princípios ativos que entram em sua composição. Atua em laboratórios, hospitais, farmácias, drogarias, etc.



## Significado das siglas de vestibulares

- Cefet-MG: Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais
- Cefet-SP: Centro Federal de Educação Tecnológica de São Paulo
- Cesgranrio-RJ: Centro de Seleção de Candidatos ao Ensino Superior do Grande Rio (Rio de Janeiro)
- Enem: Exame Nacional do Ensino Médio
- Faap-SP: Fundação Armando Álvares Penteado (São Paulo)
- Fatec-SP: Faculdade de Tecnologia (São Paulo)
- FGV-SP: Fundação Getúlio Vargas (São Paulo)
- FMTM-MG: Faculdade de Medicina do Triângulo Mineiro (Minas Gerais)
- FURRN: Fundação Universidade Regional do Rio Grande do Norte
- Fuvest-SP: Fundação Universitária para o Vestibular (São Paulo)
- IFCE: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará
- IFPE: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco

- IFSC: Instituto Federal de Santa Catarina
- IFSP: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo
- Imed-RS: Faculdade Meridional (Rio Grande do Sul)
- Mack-SP: Universidade Presbiteriana Mackenzie (São Paulo)
- PUCC-SP: Pontifícia Universidade Católica de Campinas (São Paulo)
- PUC-PR: Pontifícia Universidade Católica do Paraná
- PUC-RJ: Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro
- PUC-RS: Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul
- PUC-SP: Pontifícia Universidade Católica de São Paulo
- UCS-RS: Universidade de Caxias do Sul (Rio Grande do Sul)
- Udesc: Universidade do Estado de Santa Catarina
- Uece: Universidade Estadual do Ceará
- UEG-GO: Universidade Estadual de Goiás
- UEL-PR: Universidade Estadual de Londrina (Paraná)
- Uema: Universidade Estadual do Maranhão
- UEMG: Universidade do Estado de Minas Gerais
- Uepa: Universidade do Estado do Pará
- UEPB: Universidade Estadual da Paraíba
- Uerj: Universidade do Estado do Rio de Janeiro
- Ufal: Universidade Federal de Alagoas
- UFBA: Universidade Federal da Bahia
- UFC-CE: Universidade Federal do Ceará
- Ufes: Universidade Federal do Espírito Santo
- UFG-GO: Universidade Federal de Goiás
- UFJF-MG: Universidade Federal de Juiz de Fora (Minas Gerais)
- Ufla-MG: Universidade Federal de Lavras (Minas Gerais)
- UFMG: Universidade Federal de Minas Gerais
- UFMS: Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
- UFMT: Universidade Federal de Mato Grosso
- Ufop-MG: Universidade Federal de Ouro Preto (Minas Gerais)
- UFPA: Universidade Federal do Pará
- UFPE: Universidade Federal de Pernambuco
- UFPR: Universidade Federal do Paraná
- UFRGS-RS: Universidade Federal do Rio Grande do Sul
- UFRJ: Universidade Federal do Rio de Janeiro
- UFRN: Universidade Federal do Rio Grande do Norte
- UFRRJ: Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro
- UFSC: Universidade Federal de Santa Catarina
- UFT-TO: Universidade Federal do Tocantins
- UFU-MG: Universidade Federal de Uberlândia (Minas Gerais)
- UFV-MG: Universidade Federal de Viçosa (Minas Gerais)
- Unemat-MT: Universidade do Estado de Mato Grosso
- Unicamp-SP: Universidade Estadual de Campinas (São Paulo)
- Unifesp: Universidade Federal de São Paulo
- Unifor-CE: Fundação Edson Queiroz — Universidade de Fortaleza (Ceará)
- Unirio-RJ: Universidade Federal do Rio de Janeiro
- UPE: Universidade de Pernambuco
- UPF-RS: Universidade de Passo Fundo (Rio Grande do Sul)
- Vunesp-SP: Fundação para o Vestibular da Unesp (São Paulo)

