

BIO

Sônia Lopes
Sergio Rosso

COMPONENTE
CURRICULAR
BIOLOGIA

2º ANO
ENSINO MÉDIO

MANUAL DO PROFESSOR

2

 Editora
Saraiva

BIO

COMPONENTE
CURRICULAR
BIOLOGIA

2º ANO
ENSINO MÉDIO

Sônia Lopes

Licenciada em Ciências Biológicas e Doutora em Ciências pela Universidade de São Paulo

Professora Doutora do Departamento de Zoologia do Instituto de Biociências da
Universidade de São Paulo

Sergio Rosso

Licenciado em Ciências Biológicas e Doutor em Ciências pela Universidade de São Paulo

Professor Doutor do Departamento de Ecologia do Instituto de Biociências da
Universidade de São Paulo

2

MANUAL DO PROFESSOR

3ª edição – 2016
São Paulo

Direitos desta edição: Saraiva Educação Ltda., São Paulo, 2016
Todos os direitos reservados

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

Lopes, Sônia
Bio, volume 2 / Sônia Lopes, Sergio Rosso. --
3. ed. -- São Paulo : Saraiva, 2016.

Obra em 3 v.
Suplementado pelo manual do professor
Bibliografia.
ISBN 978-85-472-0503-4 (aluno)
ISBN 978-85-472-0504-1 (professor)

1. Biologia (Ensino médio) 2. Biologia (Ensino médio) - Problemas e exercícios etc. I. Rosso, Sergio. II. Título.

16-03576

CDD-574.07

Índices para catálogo sistemático:

1. Biologia : Ensino médio 574.07



Visão parcial de dois espécimes de jacaré-do-pantanal (*Caiman yacare*) fotografados em Poconé (MT), em 2012. Medem 2 m de comprimento.

Diretora editorial	Lidiane Vivaldini Olo
Gerente editorial	Luiz Tonolli
Editor responsável	Isabel Rebelo Roque
Editores	Fabiola Bovo Mendonça, Mayra S. Hatakeyama Sato, Paula Signorini
Assistente editorial	Anderson Tamakoshi
Gerente de produção editorial	Ricardo de Gan Braga
Gerente de revisão	Hélia de Jesus Gonsaga
Coordenador de revisão	Camila Christi Gazzani
Revisores	Cesar G. Sacramento, Patricia Cordeiro, Sueli Bossi
Produtor editorial	Roseli Said
Supervisor de iconografia	Sílvio Klugin
Coordenador de iconografia	Cristina Akisino
Pesquisa iconográfica	Roberto Silva, Enio Rodrigo Lopes
Licenciamento de textos	Erica Brambila, Paula Claro
Coordenador de artes	Aderson Oliveira
Design	Alexandre Santana de Paula
Capa	Simone Zupardo Dias com imagem de Luciano Candisani
Diagramação	Elis Regina de Oliveira
Assistente	Jacqueline Ortolan
Ilustrações	[sic] comunicação, Alex Argozino, Conceitograf, Estúdio Ampla Arena, Felipe Curcio, Ingeborg Asbach, Jurandir Ribeiro, Luis Moura, Mozart Couto, Osni de Oliveira, Paulo Cesar Pereira, Rodval Matias, Sérgio Carreiras, Sonia Vaz, Studio Caparroz, Tania Ricci, Walter Caldeira
Cartografia	Sonia Vaz, Studio Caparroz
Tratamento de imagens	Emerson de Lima
Protótipos	Magali Prado
078151.003.001	Impressão e acabamento

O material de publicidade e propaganda reproduzido nesta obra está sendo utilizado apenas para fins didáticos, não representando qualquer tipo de recomendação de produtos ou empresas por parte do(s) autor(es) e da editora.

Nos livros desta coleção são sugeridos vários experimentos. Foram selecionados experimentos seguros, que não oferecem riscos ao estudante. Ainda assim, recomendamos que professores, pais ou responsáveis acompanhem sua realização atentamente.



**Editora
Saraiva**

SAC

0800-0117875

De 2ª a 6ª, das 8h às 18h

www.editorasaraiva.com.br/contato

Avenida das Nações Unidas, 7221 - 1ª andar - Setor C - Pinheiros - CEP 05425-902

CONVERSANDO COM VOCÊ, ESTUDANTE

É um prazer para nós saber que está usando este livro. Ele foi escrito com muita dedicação e cuidado, visando oferecer a você um bom material de estudo.

Nossa proposta é aproximar o universo biológico das questões cotidianas, abrindo espaços para a reflexão e o desenvolvimento do espírito crítico e de valores voltados para a cidadania.

Procuramos apresentar a Biologia de maneira integrada, interligando diversas de suas subáreas e relacionando-as com outras áreas do saber.

Para que possa aproveitar melhor esta coleção, recomendamos que, primeiro, conheça a estrutura do livro, descrita nas páginas seguintes. Mesmo sendo um livro bem completo, ele não substitui seus professores. São eles que estarão sempre ao seu lado, pessoalmente, contribuindo ainda mais para sua formação. Aproveite essa oportunidade e estude muito. Seu futuro agradecerá!

Esperamos que você, ao estudar Biologia, aprenda a amar e a respeitar cada vez mais a vida.

Com carinho,
Os autores

CONHEÇA SEU LIVRO

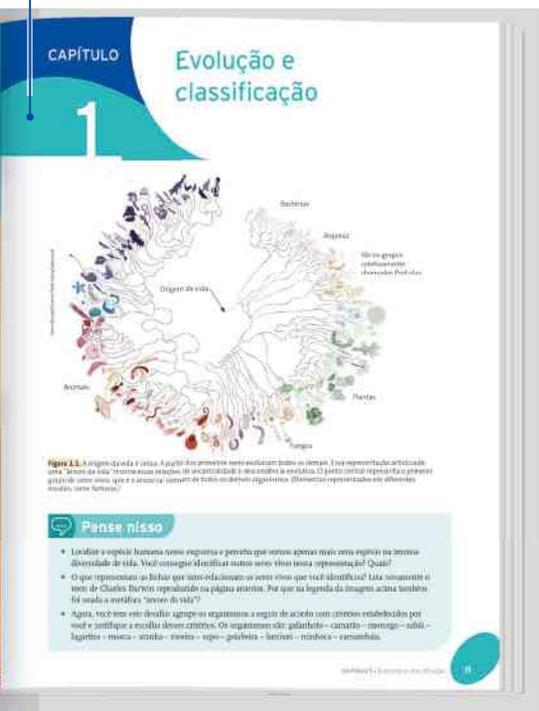
ABERTURA DE UNIDADE

Cada unidade aborda um grande tema da Biologia e inicia-se com destaque para uma fotografia e sua legenda. Uma frase instigante faz pensar sobre o que será estudado.



ABERTURA DE CAPÍTULO

Cada capítulo inicia-se com uma página de abertura que tem dois objetivos principais: despertar seu interesse pelo assunto e abrir espaço para que você diga o que já conhece a respeito do que será discutido.



1. Filo Arthropoda

Os **artropodes** constituem o grupo animal com maior número de espécies conhecidas de cada um dos reinos animais. São os artrópodes. Pertencem a esse filo borboletas, moscas, aranhas, caracóis, escorpiões, centopeias, libélulas, besouros e outros animais.

O nome **Arthropoda** (artrós = articulação) se refere a uma característica marcante de todos os animais desse filo: **presença de pernas articuladas**. Entretanto, os artrópodes não têm pernas articuladas, mas também outros apêndices e peças bucais (Fig. 13.2).

Os artrópodes são tritricéticos, ou seja, possuem três pares de pernas articuladas. Apresentam metamorfose, sendo comum a fase de metamorfose denominada **larva**. Os insetos, por exemplo, têm o corpo dividido em três regiões: cabeça, tórax e abdômen (Fig. 13.3).

Os **artropodes** são animais articulados. O nome **artropode** vem do grego *arthro* (articulação) e *pode* (perna). Eles possuem um esqueleto externo rígido, chamado de **carapaça**.

Periodicamente, os artrópodes mudam o esqueleto e crescem durante o período em que o novo recobrimento de quitina ainda permite certa dilatação.

Em cada muda, o esqueleto antigo se desprende e sempre se em locais determinados, antes o animal abandona o esqueleto antigo e inicia um crescimento rápido, ao mesmo tempo que a epiderme começa a secretar um novo recobrimento.

CONTEÚDO DO CAPÍTULO

Em linguagem clara e objetiva, o capítulo aproxima você dos conceitos básicos da Biologia, relacionando-os, sempre que possível, a outras áreas do saber.

INFOGRÁFICOS

Os infográficos apresentam informações integradas às imagens, de forma dinâmica.

Indivíduo, com metamorfose completa, hábitat distinto do adulto. Essa é a característica marcante de um grupo que ocorre a metamorfose e a larva muda de forma. O mesmo grupo também possui nomes populares distintos, de acordo com o estágio da vida do indivíduo. Analise a seguir o ciclo de vida de uma borboleta.

Ovo: Ocorre o cruzamento entre macho e fêmea. O ovo se desenvolve em uma larva. A larva se transforma em pupa. A pupa se desenvolve em um adulto. O adulto se reproduz e o ciclo se repete.

Larva: A larva se desenvolve em uma pupa. A pupa se desenvolve em um adulto. O adulto se reproduz e o ciclo se repete.

Pupa: A pupa se desenvolve em um adulto. O adulto se reproduz e o ciclo se repete.

Adulto: O adulto se reproduz e o ciclo se repete.

Colocando em foco

DIVERSIDADE DE PORÍFEROS

Os poríferos apresentam grande diversidade de formas, com espécies incrustantes, tubulares (Fig. 10.7), em forma de vaso e, até mesmo, perfuradoras de estruturas calcárias. Sua coloração também varia muito, podendo ser amarelada, avermelhada (Fig. 10.8), associada ou de outras outras cores.

Figura 10.7: Um porífero tubular com uma abertura superior.

Figura 10.8: Um porífero com coloração amarelada.

Figura 10.9: Um porífero com coloração avermelhada.

Colocando em foco

DIVERSIDADE DE PORÍFEROS

Os poríferos apresentam grande diversidade de formas, com espécies incrustantes, tubulares (Fig. 10.7), em forma de vaso e, até mesmo, perfuradoras de estruturas calcárias. Sua coloração também varia muito, podendo ser amarelada, avermelhada (Fig. 10.8), associada ou de outras outras cores.

Despertando ideias

Reconhecimento de fungos

Objetivo
Conhecer um pouco da diversidade de fungos.

Instruções
Como os colegas de classe, sob a coordenação do(a) professor(a), faça uma visita ao pátio ou aos arredores da escola para verificar se encontram fungos. Você também pode ficar atento à ocorrência de fungos nos arredores de sua residência ou no trajeto para a escola.

Questões

1. Usando seus conhecimentos anteriores sobre os fungos, você considera ter fotografado ou desenhado e sempre iniciando na mesma parte do corpo do fungo?
2. Durante os três dias de observação dos fungos, houve alguma mudança nas suas organizações? Explique sua resposta.
3. Se a que você fotografou ou desenhou não foi encontrado ao longo do período de observação, o que isso significa?
4. Traga informações com os demais colegas sobre o que observou. Ao final do capítulo, você poderá reunir suas anotações e as imagens produzidas e classificar os fungos que encontraram nos grandes grupos que estudamos a seguir.

2. Características gerais dos fungos

A ciência que estuda os fungos é chamada **Micologia** (do grego: *mykes* = organismo).

Os fungos, além de ser organismos heterotróficos obrigatórios, também distinguem-se dos demais por não serem fotossintetizantes:

- **parede celular formada principalmente por quitina** (em oposição à parede celular formada por celulose em plantas e por quitina e quitosano em animais);
- **gametogamia com substância de reserva energética de natureza carboidrato** (em oposição à natureza lipídica em plantas, animais e protozoários);
- **reprodução por esporos**, utilizada há bilhões de anos para dispersão e sobrevivência;
- **corpo frutífero por filamentos**, que permitem a grande capacidade de absorção de nutrientes e a sobrevivência em ambientes desfavoráveis.

Os fungos são organismos eucariontes, heterotróficos e unicelulares ou multicelulares. Eles são capazes de produzir compostos orgânicos complexos, como os antibióticos e as drogas psicotrópicas.

TEMA PARA DISCUSSÃO

Apresenta textos que ampliam a visão sobre o assunto do capítulo. As questões orientam a troca de ideias, o debate, a produção e a divulgação dos saberes, valorizando a cidadania.

Tema para discussão

Exemplos práticos da importância dos fungos

Muitos são os exemplos que mostram a importância da sistematização filogenética em situações relacionadas com nossas vidas.

Vamos comentar somente dois desses exemplos e incentivamos você a procurar outros. Ao longo do capítulo, vamos apresentar um caso real de aplicação da filogenética na solução de um processo criminal, juntamente com os colegas e dar a solução.

Exemplos práticos da importância dos fungos

Muitos são os exemplos que mostram a importância da sistematização filogenética em situações relacionadas com nossas vidas.

Vamos comentar somente dois desses exemplos e incentivamos você a procurar outros. Ao longo do capítulo, vamos apresentar um caso real de aplicação da filogenética na solução de um processo criminal, juntamente com os colegas e dar a solução.

O mapa mostra a área de ocorrência da malária no mundo. Considerando sua distribuição na América do Sul, a malária pode ser classificada como:

- a) endêmica, pois se concentra em uma área geográfica restrita das Américas.
- b) geográfica, pois ocorre nos regimes mais quentes do continente.
- c) epidêmica, já que ocorre na maior parte do continente.
- d) hídrica, pois apresenta ocorrência em áreas úmidas.
- e) pandêmica, pois ocorre em todo o mundo.

2. **Fuente 59** Uma pessoa pretende viajar para o Brasil, de onde se originou o vírus da dengue, de onde se originou a transmissão da dengue no Brasil.

- a) não procede, pois a doença não foi introduzida no Brasil por um vetor nativo.
- b) não procede, pois a doença não foi introduzida no Brasil por um vetor introduzido.
- c) procede, pois a doença de Dengue foi introduzida no Brasil por um vetor introduzido.
- d) não procede, pois a doença de Dengue não foi introduzida no Brasil por um vetor introduzido.

COLOCANDO EM FOCO

Destaca aspectos da Biologia ligados a cotidiano, saúde, cidadania, ética e sociedade, entre outros temas.

DESPERTANDO IDEIAS

Antes de um tema ser abordado no capítulo, essa seção, por meio de experimentos e outras atividades práticas, abre espaço para discussões sobre assuntos que serão tratados em seguida.

Retomando

Como você viu, as classificações dos organismos podem ser artificiais ou naturais. Essas últimas refletem o parentesco entre os grupos de seres vivos e nos ajudam a entender como ocorreu a evolução. Retome o agrupamento dos organismos que você propôs no **Pense nisso** e analise-o: ele é artificial ou natural? Compare sua resposta com os cladogramas apresentados neste capítulo e, então, identifique subgrupos dentro de grupos maiores.

Ampliando e integrando conhecimentos

Atividade 1 Sobre classificação

Um comportamento natural de espécies é a defesa. Nesse, por exemplo, em caso de perigo, elas podem se defender por meio de sua pele. Algumas espécies, como o jacaré, possuem um comportamento de defesa que envolve a defesa de seu território. Nesse caso, a defesa é feita por meio de alguns elementos para isso.

Agora, responda às seguintes questões:

- a) Como você reagiria ao ser atacado?
- b) Se as características de organização são semelhantes, como você reagiria ao ser atacado?
- c) Você consideraria que a classificação natural, artificial ou natural? E se não fosse?

Atividade 2 Associação - Nomenclatura binomial

A seguir é apresentada a classificação da espécie *Canis familiaris*, o cão doméstico.

Animalia -> Chordata -> Mammalia -> Carnivora -> Felidae -> Feliformia -> Canidae -> *Canis familiaris*

- a) Associe a cada taxa citada o nome da categoria taxonômica correspondente.
- b) Mencione as regras que devem ser seguidas para se escrever o nome científico das espécies.
- c) Suponha que você esteja fazendo uma busca no internet usando *Canis familiaris* como termo-chave e depois passe a fazer a mesma busca substituindo esse termo por "canídeos". Em cada caso, qual o número de informações que você obtém? Qual o significado de cada uma delas? Explique sua resposta. Se tiver acesso à internet, faça a busca como foi sugerido no início do enunciado e escreva, no caderno, um parágrafo comentando suas observações.
- d) Refaça a pesquisa que você fez no item anterior com o *Canis lupus* em vez de *Canis familiaris*.

AMPLIANDO E INTEGRANDO CONHECIMENTOS

Atividades variadas, pautadas no desenvolvimento de competências e habilidades, como as exigidas pelo Enem. Muitas delas são trabalhadas em grupo.

Ampliando e integrando conhecimentos

Atividade 1 Tamanho populacional em cultura de bactérias

O gráfico a seguir mostra a curva de crescimento em cultura de bactérias em um meio líquido. Para a obtenção desses dados, foram inoculadas em uma placa de Petri, essa cultura foi acompanhada por certo período de tempo.

O gráfico mostra a curva de crescimento de bactérias em cultura líquida. O eixo Y representa o número de células (log escala) e o eixo X representa o tempo em minutos. A curva apresenta as fases de latência, crescimento exponencial, estase e declínio.

Atividade 2

O gráfico a seguir mostra a curva de crescimento em cultura de bactérias em um meio sólido. Para a obtenção desses dados, foram inoculadas em uma placa de Petri, essa cultura foi acompanhada por certo período de tempo.

TESTES

Seleção criteriosa de testes dos principais vestibulares e do Enem, para você estudar e se preparar para os exames de ingresso no Ensino Superior.

1. (Enem)

3. (UFCEC) Considere o quadro abaixo:

Doença	Prevalência	Prevalência
1	Alta	Alta
2	Baixa	Baixa
3	Baixa	Baixa
4	Baixa	Baixa
5	Baixa	Baixa
6	Baixa	Baixa
7	Baixa	Baixa
8	Baixa	Baixa

1. (Enem)

2. (Fuvest) Uma pessoa pretende viajar para o Brasil, de onde se originou o vírus da dengue, de onde se originou a transmissão da dengue no Brasil.

- a) não procede, pois a doença não foi introduzida no Brasil por um vetor nativo.
- b) não procede, pois a doença não foi introduzida no Brasil por um vetor introduzido.
- c) procede, pois a doença de Dengue foi introduzida no Brasil por um vetor introduzido.
- d) não procede, pois a doença de Dengue não foi introduzida no Brasil por um vetor introduzido.

RETOMANDO

Momento de retomar a seção **Pense nisso**, presente na abertura do capítulo. Essa reflexão é fundamental para sua aprendizagem. Pense, reflita, pondere, reveja seus conhecimentos e estruture o que aprendeu.

Ampliando e integrando conhecimentos

Atividade 1 Tamanho populacional em cultura de bactérias

O gráfico a seguir mostra a curva de crescimento em cultura de bactérias em um meio líquido. Para a obtenção desses dados, foram inoculadas em uma placa de Petri, essa cultura foi acompanhada por certo período de tempo.

O gráfico mostra a curva de crescimento de bactérias em cultura líquida. O eixo Y representa o número de células (log escala) e o eixo X representa o tempo em minutos. A curva apresenta as fases de latência, crescimento exponencial, estase e declínio.

Atividade 2 Ação de antibiótico em cultura de bactérias

O gráfico a seguir mostra o número de bactérias em uma cultura experimental, em laboratório, submetida a um antibiótico no momento X. Analise-o e responda às questões propostas.

- a) O que aconteceu com B?
- b) Uma aluna afirmou que as bactérias presentes na fase E seriam diferentes da maioria das bactérias presentes na fase A. Você concorda com ela? Justifique sua resposta.

SUMÁRIO

Unidade 1

Sistemática, vírus, procariontes, protistas e fungos

Capítulo 1 • Evolução e classificação

Pense nisso, 11

1. Taxonomia e sistemática, 12
2. Noções de sistemática filogenética, 14
 - 2.1. Noções básicas de especiação, 14
 - 2.2. Os cladogramas, 15
 - 2.3. Como ler um cladograma, 17
3. Sistemática: uma área em modificação, 18
 - 3.1. Os cinco reinos, 18
 - 3.2. Os três domínios, 19
 - 3.3. Os grupos de eucariontes, 19

Tema para discussão: Exemplos práticos da importância dos conhecimentos sobre sistemática filogenética, 20

Retomando, 21

Ampliando e integrando conhecimentos, 21

Testes, 22

Capítulo 2 • Vírus

Pense nisso, 24

1. A estrutura dos vírus, 25
2. Vírus de bactérias: os bacteriófagos, 27
3. Vírus de plantas, 28
4. Vírus de animais, 29
5. Os vírus e a saúde humana, 30
 - 5.1. Aids, 32
 - 5.2. Gripe e resfriado, 34
 - 5.3. Outras doenças humanas causadas por vírus, 34

Tema para discussão: Vacinas e soros, 38

Retomando, 39

Ampliando e integrando conhecimentos, 39

Testes, 41

Capítulo 3 • Procariontes

Pense nisso, 43

1. Introdução, 44
2. Diversidade morfológica em procariontes, 45
3. Parede celular, 47
 - 3.1. Coloração de Gram, 47
4. Domínio Bacteria, 48
 - 4.1. Reprodução nas bactérias, 48
 - 4.2. As bactérias e a saúde humana, 50
5. Domínio Archaea, 53

Tema para discussão: As bactérias e o tratamento do esgoto, 55

Retomando, 55

Ampliando e integrando conhecimentos, 56

Testes, 57

Capítulo 4 • Protistas

Pense nisso, 60

1. Introdução, 61
2. Endossimbiose e evolução dos eucariontes, 61
3. Diplomonadidas e parabasalidas, 64
4. Amebozoários, 64
5. Foraminíferos, 65
6. Cinetoplastídeos, 66
7. Euglenófitas, 67
8. Ciliados, 67
9. Apicomplexos, 68
 - 9.1. Malária, 69
 - 9.2. Toxoplasmose, 70
10. Dinoflagelados, 71
11. Diatomáceas, 72
12. Algas pardas, 72

Tema para discussão: Doenças negligenciadas, 73

Retomando, 74

Ampliando e integrando conhecimentos, 75

Testes, 78

Capítulo 5 • Fungos

Pense nisso, 80

1. Os fungos e sua importância, 81
2. Características gerais dos fungos, 82
3. Classificação dos fungos, 85

4. Líquens, 86

Tema para discussão: Tem cacau bom na Bahia. Mas ele luta para sobreviver, 87

Retomando, 87

Ampliando e integrando conhecimentos, 88

Testes, 89

Unidade 2 Plantas

Capítulo 6 • Evolução e classificação das plantas

Pense nisso, 92

1. Origem e classificação das plantas, 93
2. Evolução dos ciclos de vida nas plantas, 95
3. Algas vermelhas, 96
4. Algas verdes, 97
5. Briófitas, 97
 - 5.1. Ciclo de vida dos musgos, 99
6. Pteridófitas, 100
 - 6.1. Ciclos de vida nas pteridófitas, 102
7. Gimnospermas, 102
 - 7.1. Ciclo de vida de pinheiro do gênero *Pinus*, 104
8. Angiospermas, 106
 - 8.1. A flor, 106
 - 8.2. Ciclo de vida de uma angiosperma, 108
 - 8.3. Os grupos de angiospermas, 109
9. Reprodução assexuada das plantas, 111
10. Cultivo de plantas, 112

Tema para discussão: Polinização e o desaparecimento das abelhas, 114

Retomando, 115

Ampliando e integrando conhecimentos, 115

Testes, 117

Capítulo 7 • Histologia e morfologia das angiospermas

Pense nisso, 119

1. A planta em desenvolvimento, 120
2. A planta em crescimento, 121
3. Sistema dérmico ou de proteção, 123
 - 3.1. Epiderme, 123
 - 3.2. Periderme, 124
4. Sistemas de tecidos fundamentais, 124
 - 4.1. Parênquimas, 124
 - 4.2. Colênquima e esclerênquima, 125
5. Tecidos vasculares, 125
6. Disposição dos tecidos nas raízes, 125
7. Disposição dos tecidos nos caules, 126
 - 7.1. Madeira, cerne e alburno, 127
8. Disposição dos tecidos nas folhas, 127
9. Sistemas radiculares, 128
 - 9.1. Adaptações especiais da raiz, 128
10. Sistemas caulinares, 129
 - 10.1. Adaptações especiais do caule, 130
11. Morfologia da folha, 132
 - 11.1. Adaptações especiais das folhas, 132
12. Frutos e sementes, 133
 - 12.1. Classificação dos frutos, 134
13. Dispersão dos frutos e das sementes, 136

Tema para discussão: Plantas medicinais e plantas tóxicas, 136

Retomando, 139

Ampliando e integrando conhecimentos, 140

Testes, 141

Capítulo 8 • Fisiologia das angiospermas

Pense nisso, 143

1. Introdução, 144
2. Transpiração, 144
3. Absorção, 145
4. Condução da seiva do xilema, 146
5. Condução da seiva do floema, 148
6. Fotossíntese × respiração, 150
7. Hormônios vegetais, 150

7.1. Auxinas, 150

7.2. Outros fitormônios, 152

8. Efeitos da luz sobre o desenvolvimento da planta, 152

8.1. Luz e germinação das sementes: fotoblastismo, 152

8.2. Luz e estiolamento, 153

8.3. Luz e floração: fotoperiodismo, 153

Tema para discussão: Um triste exemplo de conhecimento biológico mal utilizado, 154

Retomando, 155

Ampliando e integrando conhecimentos, 155

Testes, 157

Unidade 3 Os animais

Capítulo 9 • Origem, evolução e características gerais dos animais

Pense nisso, 160

1. A classificação dos animais, 161
2. Origem e características gerais dos animais, 162
 - 2.1. Multicelularidade e tecidos, 162
 - 2.2. Desenvolvimento embrionário, 162
 - 2.3. Cavidades corporais, 166
 - 2.4. Simetria, 167
 - 2.5. Metameria, 168

Tema para discussão: O maior bioma do mundo, 168

Retomando, 169

Ampliando e integrando conhecimentos, 170

Testes, 171

Capítulo 10 • Diversidade animal I

Pense nisso, 173

1. Introdução, 174
2. Filo Porifera, 175
 - 2.1. Diversidade de esponjas, 176
 - 2.2. Reprodução nas esponjas, 178
3. Filo Cnidaria, 178
 - 3.1. Diversidade de cnidários, 180
4. Filo Platyhelminthes, 183
 - 4.1. Diversidade de platelmintos, 183
5. Filo Nematoda, 186
 - 5.1. Nematódeos parasitas do ser humano, 187
6. Filo Mollusca, 189
 - 6.1. Diversidade de moluscos, 190
7. Filo Annelida, 194
 - 7.1. Diversidade de anelídeos, 194

Tema para discussão: O escritor e o caipira, 197

Retomando, 197

Ampliando e integrando conhecimentos, 198

Testes, 199

Capítulo 11 • Diversidade animal II

Pense nisso, 201

1. Filo Arthropoda, 202
 - 1.1. Diversidade de artrópodes, 203
2. Filo Echinodermata, 211
 - 2.1. Diversidade de equinodermos, 212

Tema para discussão: Principais aranhas e escorpiões de interesse médico, 213

Retomando, 215

Ampliando e integrando conhecimentos, 215

Testes, 217

Capítulo 12 • Diversidade animal III

Pense nisso, 219

1. Características gerais dos cordados, 220
2. Embriologia dos cordados, 221
3. Cephalochordata, 223
4. Urochordata, 223
5. Craniata e Vertebrata: características gerais, 224
 - 5.1. Saco vitelino, 224
 - 5.2. Âmnion e córion, 224
 - 5.3. Alantoide, 224
6. Classificação e evolução dos Craniata, 225
 - 6.1. Craniata sem maxilas, 226
 - 6.2. Gnatostomados: surgimento das maxilas e das nadadeiras pares, 226
 - 6.3. Diversidade dos gnatostomados, 227
7. Amphibia, 231
 - 7.1. Diversidade de anfíbios, 234

Tema para discussão: Impactos sobre anfíbios, 237

Retomando, 238

Ampliando e integrando conhecimentos, 238

Testes, 239

Capítulo 13 • Diversidade animal IV

Pense nisso, 241

1. Reptilia, 242
 - 1.1. Diversidade de répteis, 245
2. Aves, 250
3. Mammalia, 252
 - 3.1. Diversidade dos mamíferos, 253

Tema para discussão: Serpentes peçonhentas do Brasil: reconhecimento e primeiros socorros, 255

Retomando, 258

Ampliando e integrando conhecimentos, 258

Testes, 260

Capítulo 14 • Forma e função dos animais: um estudo comparado

Pense nisso, 262

1. Sustentação e locomoção, 263
 - 1.1. Sistemas esquelético e muscular nos vertebrados, 264
2. Tamanho do corpo, 265
3. Assimilação de alimentos, 266
4. Trocas gasosas, 269
 - 4.1. Trocas gasosas nos vertebrados, 270
5. Circulação, 273
 - 5.1. Circulação nos vertebrados, 274
6. Excreção e osmorregulação, 277
7. Sistema nervoso, 280

Tema para discussão: Descoberta a menor serpente do mundo, 281

Retomando, 282

Ampliando e integrando conhecimentos, 282

Testes, 284

Sugestões de consulta, 286

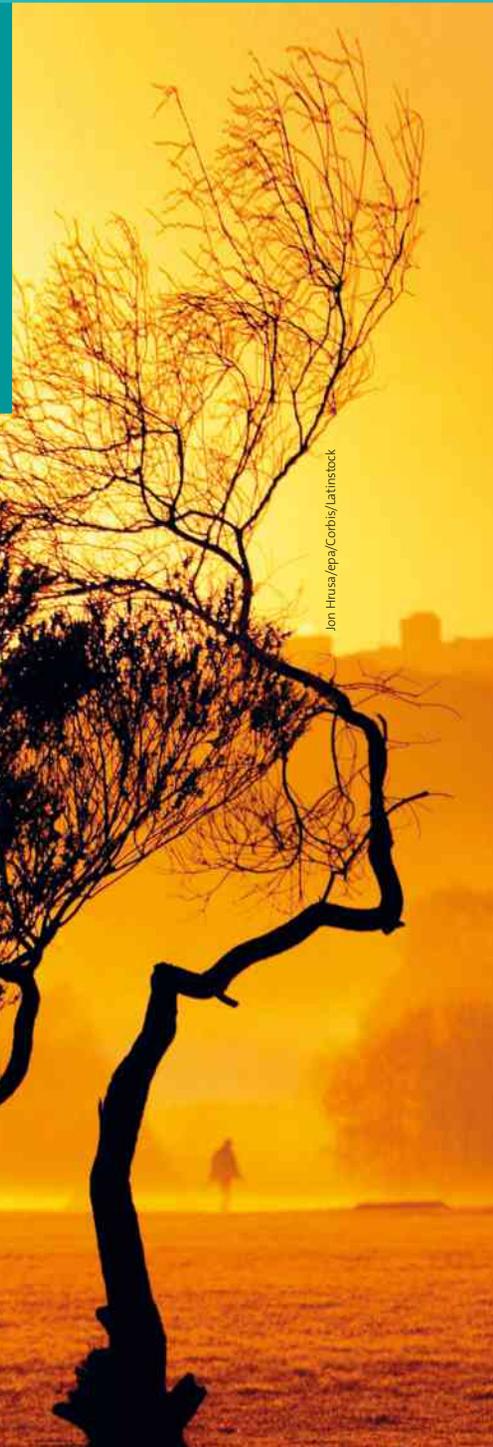
Gabarito, 288

Orientações didáticas, 289

Sistemática, vírus, procariontes, protistas e fungos

“As afinidades entre seres vivos da mesma classe têm sido algumas vezes representadas por uma grande árvore... Do mesmo modo que brotos dão origem por crescimento a novos brotos, e estes, se forem vigorosos, ramificam-se e encobrem por todos os lados os galhos mais fracos, acredito que tenha sido assim também com a grande *árvore da vida*.”

(De Charles Darwin, *A origem das espécies*, 1859. Traduzido pelos autores.)



Jon Hrusa/epa/Corbis/Latinstock

A imagem de uma árvore, com seus ramos inter-relacionados, nos remete à analogia citada por Darwin para explicar as relações evolutivas entre os seres vivos.

Evolução e classificação

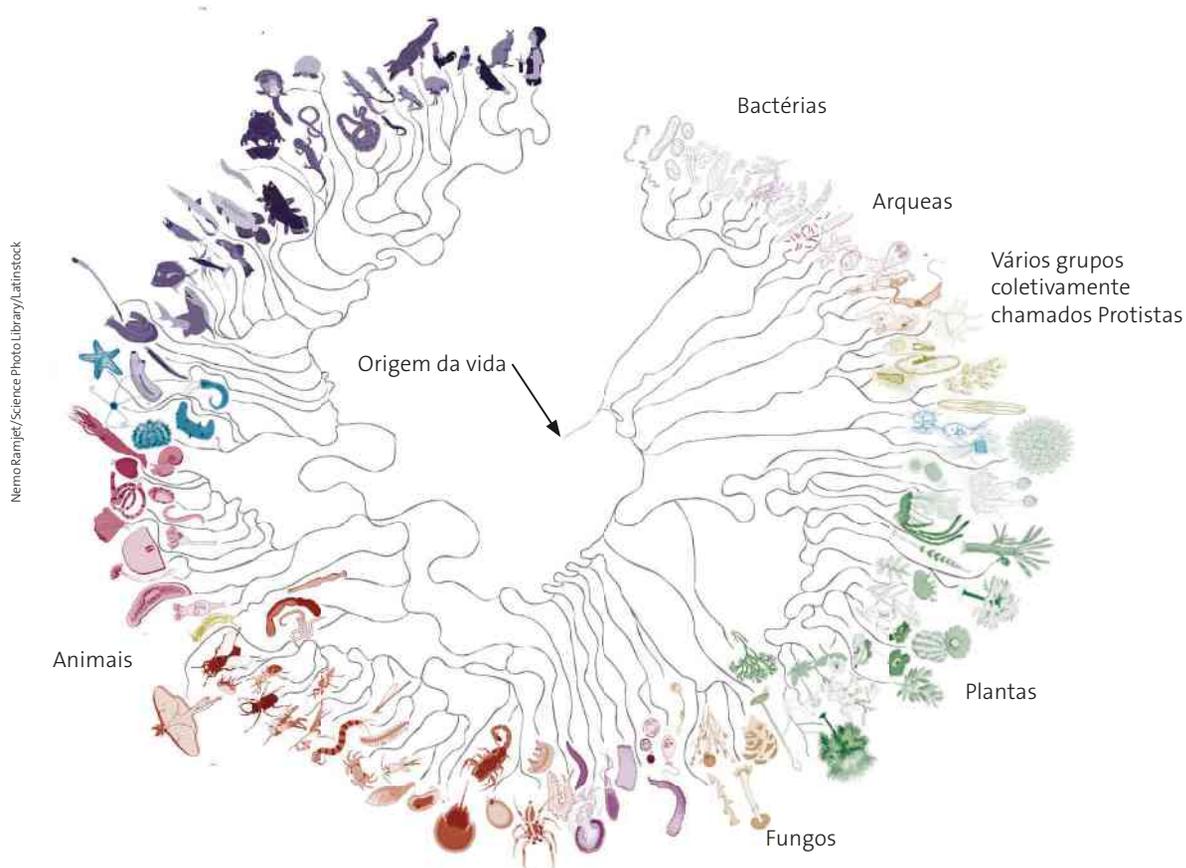


Figura 1.1. A origem da vida é única. A partir dos primeiros seres evoluíram todos os demais. Essa representação artística de uma “árvore da vida” mostra essas relações de ancestralidade e descendência evolutiva. O ponto central representa o primeiro grupo de seres vivos, que é o ancestral comum de todos os demais organismos. (Elementos representados em diferentes escalas; cores fantasia.)



Pense nisso

- Localize a espécie humana nesse esquema e perceba que somos apenas mais uma espécie na imensa diversidade de vida. Você consegue identificar outros seres vivos nessa representação? Quais?
- O que representam as linhas que inter-relacionam os seres vivos que você identificou? Leia novamente o texto de Charles Darwin reproduzido na página anterior. Por que na legenda da imagem acima também foi usada a metáfora “árvore da vida”?
- Agora, você tem este desafio: agrupe os organismos a seguir de acordo com critérios estabelecidos por você e justifique a escolha desses critérios. Os organismos são: gafanhoto – camarão – morcego – sabiá – lagartixa – mosca – aranha – roseira – sapo – goiabeira – lambari – minhoca – samambaia.

Professor(a), caso considere procedente, antes de iniciar este capítulo, realize com os estudantes a sugestão de atividade extra das Orientações didáticas sobre a elaboração de um texto que explique a evolução dos mamíferos marsupiais. Essa proposta permitirá trabalhar diversos conceitos, como o de espécie endêmica.

1. Taxonomia e sistemática

A classificação dos seres vivos feita atualmente está relacionada a processos evolutivos que só começaram a ser mais aceitos a partir de 1959 com a publicação do livro de Charles Darwin (1809-1882) intitulado *A origem das espécies*.

Ainda que muitas vezes os termos **taxonomia** e **sistemática** sejam tratados como sinônimos, há pesquisadores que preferem restringir taxonomia apenas ao trabalho de nomear e descrever espécies ou outras categorias taxonômicas, aplicando o termo sistemática para um campo mais amplo, que inclui a taxonomia e o estudo das relações evolutivas (filogenia) entre os diferentes grupos de seres vivos.

Os sistemas de classificação que não se baseiam em relações de parentesco evolutivo entre os grupos de seres vivos são considerados **artificiais**, enquanto os sistemas que procuram compreender essas relações são chamados **naturais**.

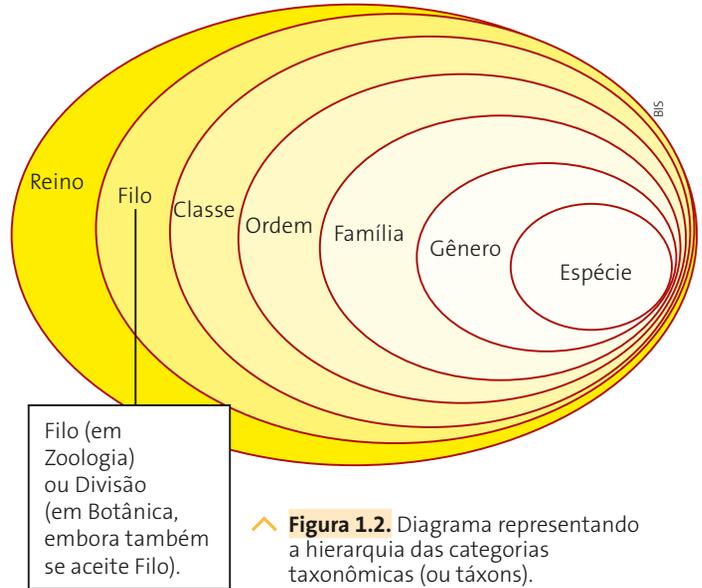
Um grande marco na classificação dos seres vivos foi estabelecido a partir dos trabalhos do médico e professor sueco **Karl von Linné** (1707-1778), cujo nome em português é Lineu.

Apesar de aceitar que as espécies de seres vivos não mudam ao longo do tempo (fixismo ou imutabilidade das espécies), Lineu propôs em seu livro *Systema Naturae*, de 1735, um sistema de classificação dos seres vivos que, embora artificial, é empregado, com algumas modificações, até hoje. Várias outras edições do livro se seguiram, ampliando o conhecimento dos diferentes grupos de seres vivos.

No sistema de Lineu, a unidade básica da classificação é a **espécie**, entendida por ele como um grupo de seres vivos semelhantes a um tipo ideal e imutável. Espécies semelhantes são agrupadas em um mesmo **gênero**. Gêneros semelhantes são agrupados em uma mesma **família**. Famílias são agrupadas em ordens, que são agrupadas em **classes**, que são agrupadas em **filos** ou **divisões**, que são agrupados em **reinos**.

Com a aceitação das ideias evolutivas, as categorias lineanas foram mantidas e até mesmo ampliadas, mas passaram a ser interpretadas de maneira diferente, procurando contar a história evolutiva de cada grupo. Assim, espécies de um mesmo gênero são mais aparentadas entre si do que com espécies de outros gêneros. Gêneros pertencentes a uma mesma família são mais aparentados entre si do que gêneros pertencentes a outras famílias, e assim por diante.

Atualmente, são sete categorias obrigatórias hierárquicas constantes do Código Internacional de Nomenclatura Zoológica (referente aos animais) e do Código Internacional de Nomenclatura Botânica (referente às plantas) (Fig. 1.2): Os processos evolutivos serão discutidos no volume 3 desta coleção.

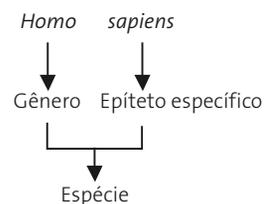


Além dessas, muitas vezes utilizam-se categorias intermediárias e não obrigatórias, como subfilo, infraclasse, superordem, subordem, superfamília, subfamília e subgênero. Outra categoria taxonômica não obrigatória e inferior à espécie é a subespécie.

Lineu também estabeleceu regras de nomenclatura que são utilizadas até hoje.

O nome da **espécie** é sempre **duplo**, formado por duas palavras escritas em *itálico* ou sublinhadas. Usam-se sempre palavras em latim, que era a língua falada pelas pessoas cultas na época de Lineu. A primeira palavra corresponde ao nome do **gênero** e sempre deve ser escrita com letra inicial maiúscula. A segunda palavra corresponde ao **epíteto específico** — palavra que especifica o gênero. Esta deve ser escrita sempre com inicial minúscula.

Como exemplo, vamos escrever o nome científico da espécie humana. O gênero ao qual pertence a espécie humana é denominado *Homo*. O epíteto específico é *sapiens*. Assim, o nome da espécie é *Homo sapiens*:



As regras de nomenclatura facilitam a comunicação entre pessoas de diferentes nacionalidades e idiomas. A espécie humana será *Homo sapiens* em qualquer idioma: português, inglês, alemão, espanhol etc.

Veja, na figura 1.3, a classificação da espécie do cão doméstico, desde a categoria mais geral, a de reino, até a mais específica, a de espécie.

Com a aceitação das ideias evolutivas, as espécies deixaram de ser vistas como grupos estáticos de seres vivos e passaram a ser assim conceituadas:

Conceito biológico de espécie

Grupo de populações naturais real ou potencialmente intercruzantes que é reprodutivamente isolado de outros grupos de organismos.

Essa definição estabelece que o isolamento reprodutivo é fundamental para se considerar populações dentro de uma espécie. Há exemplos, entretanto, de espécies que vivem no mesmo local e que, eventualmente, podem se cruzar, produzindo híbridos férteis. É o caso das espécies de patos de água doce *Anas acuta* e *Anas platyrhynchos* (Fig. 1.4).

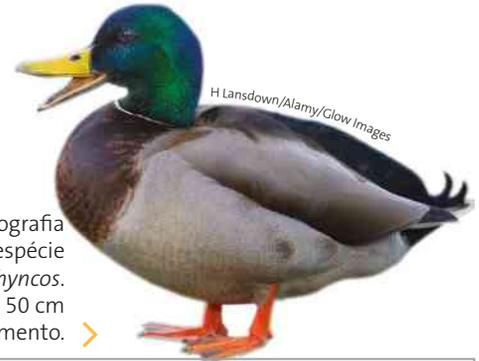


Figura 1.4. Fotografia de pato da espécie *Anas platyrhynchos*. Mede cerca de 50 cm de comprimento.

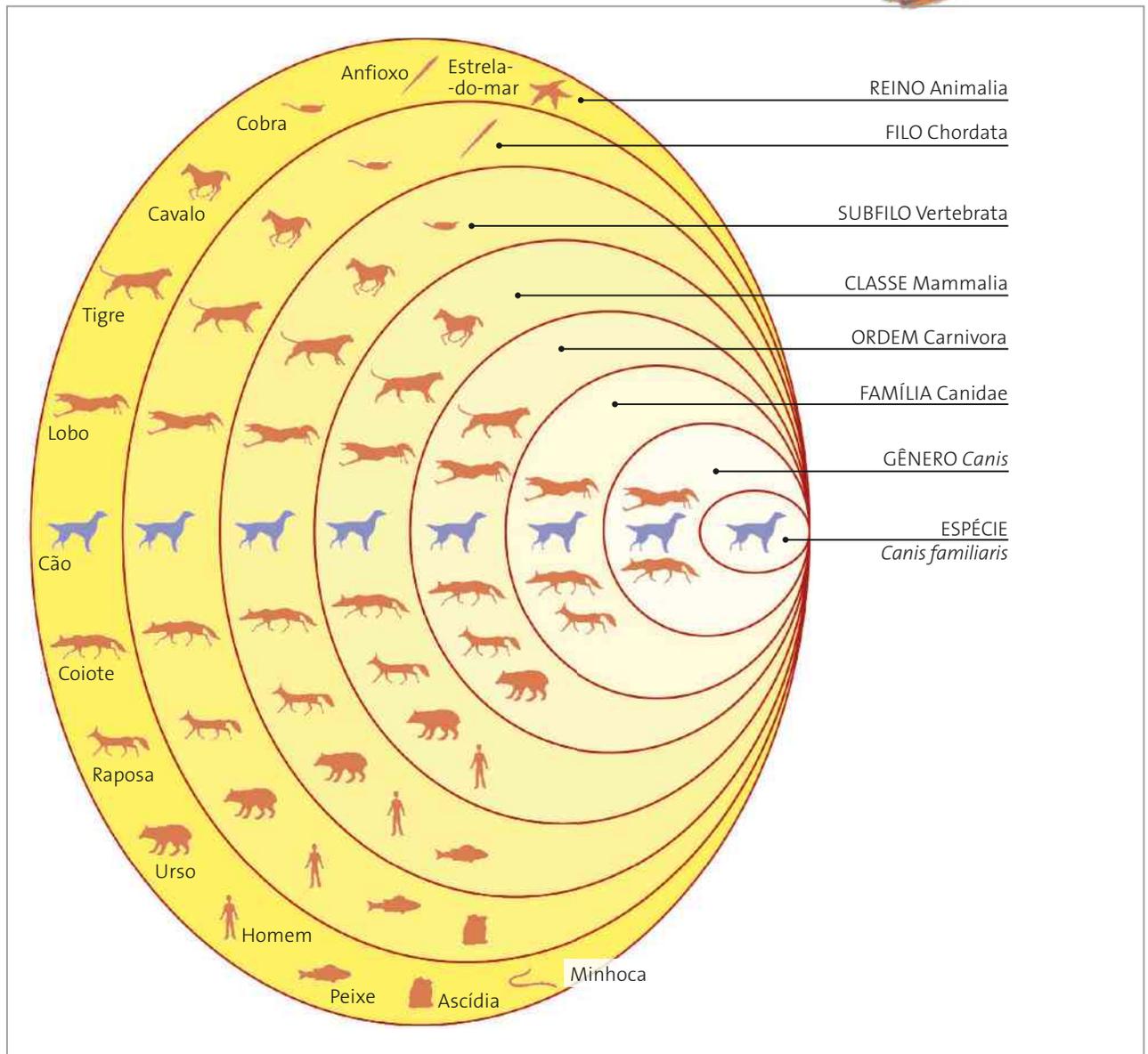


Figura 1.3. Esquema da classificação do cão (*Canis familiaris*). (Elementos representados em diferentes escalas; cores fantasia.)

Na natureza, indivíduos dessas espécies de patos nidificam lado a lado, mas praticamente não há cruzamento entre eles. O cruzamento entre os indivíduos dessas duas espécies é extremamente raro, da ordem de um híbrido para muitos milhares de descendentes. Além disso, os híbridos, apesar de férteis, não se reproduzem por não conseguirem atrair parceiros. A explicação para isso se baseia no comportamento de corte dessas espécies: machos e fêmeas de uma espécie são atraídos por estímulos sensoriais que não têm efeito entre machos e fêmeas de outra espécie.

Professor(a), veja sugestão nas Orientações didáticas. No volume 3 desta coleção, abordaremos a cladogênese e a anagênese, sem usar esses termos, ao discutirmos mais profundamente os mecanismos de especiação.

2. Noções de sistemática filogenética

As duas principais escolas de classificação que se baseiam em princípios evolutivos são: a evolutiva, que é a mais tradicional, e a filogenética ou cladística, que começou a ganhar a preferência dos pesquisadores a partir de 1966, com a divulgação dos trabalhos de **Willi Hennig** (1913-1976), cientista alemão.

A maior crítica que a escola filogenética faz em relação à evolutiva é a falta de metodologia adequada para testar hipóteses. A escola filogenética desenvolveu um método, e por meio dele os cientistas buscam estabelecer melhor as relações evolutivas entre os grupos de seres vivos, com a menor subjetividade possível.

Nesse método, considera-se um grande número de caracteres, que podem ser anatômicos, fisiológicos, comportamentais, moleculares, entre outros. Para analisar essa grande quantidade de informações, muitas vezes os dados são trabalhados por programas especiais de computador, elaborados para se tentar definir as relações evolutivas entre os organismos.

Quando se comparam as informações obtidas pela análise cladística com aquelas que estamos mais acostumados a ver na escola evolutiva, muitas diferenças começam a surgir. Um exemplo disso é o grupo dos peixes, que é aceito como classe válida pela escola evolutiva, porém não é aceito pela cladística, pois, quando se aplica o método desenvolvido por essa escola, verifica-se que os peixes não têm origem em um único grupo ancestral comum e exclusivo, portanto não formam um grupo válido. Nesse caso, podemos usar o termo peixe como coletivo, não associado a uma categoria taxonômica como classe, ordem ou qualquer outra.

Neste livro, optamos por estudar os seres vivos de acordo com os princípios da sistemática filogenética. Para isso, vamos apresentar alguns conceitos básicos importantes para a compreensão desse tema.

O conceito biológico de espécie só é válido para organismos com reprodução sexuada, já que aqueles com reprodução assexuada são agrupados em espécies de acordo com semelhanças entre características morfológicas, fisiológicas e moleculares.

Mesmo para organismos com reprodução sexuada, essa definição apresenta limitações, pois ela não possibilita um modo prático para se identificar uma espécie: não é possível observar a reprodução em todos os seres que existem, e muito menos nos fósseis.

Por conta dessas dificuldades, foram propostas outras definições de espécie. Uma delas será apresentada mais adiante.

2.1. Noções básicas de especiação

Entende-se que a diversidade de seres vivos é resultante de processos evolutivos e que, na formação de novas espécies (**especiação**), é importante a ocorrência de processos de cladogênese e de anagênese.

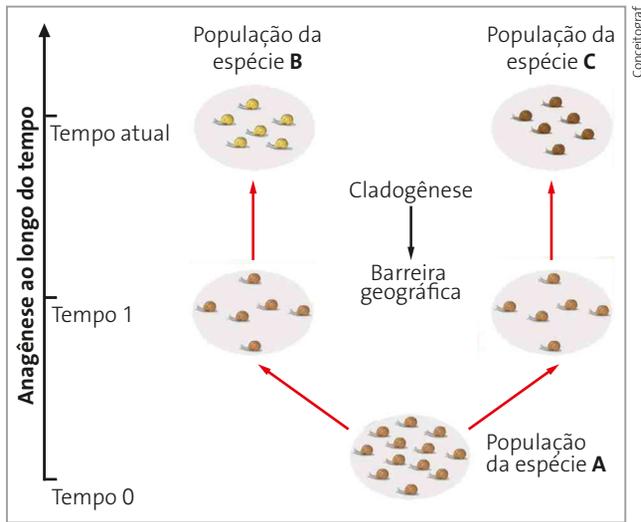
Cladogênese (do grego: *kládos* = ramo; *gênesis* = origem) compreende os processos responsáveis pela ruptura da coesão original em uma população, gerando duas ou mais populações que não trocam mais genes.

Anagênese (do grego: *aná* = para cima) compreende os processos pelos quais um caráter surge ou se modifica em uma população ao longo do tempo, sendo responsáveis pelas “novidades evolutivas” e pela fixação dessas novidades nas populações.

Um exemplo de evento cladogenético é o surgimento de barreiras geográficas separando uma população inicial em duas, que não se comunicam mais. Cada uma dessas populações, agora separadas, passa a ter sua própria história evolutiva. Em função dos eventos anagenéticos, essas populações modificam-se ao longo do tempo e podem originar duas espécies distintas. Características vantajosas que surgem em cada uma das populações podem ser fixadas por seleção natural.

Para entender esses conceitos, vamos usar um exemplo hipotético como o representado na **figura 1.5**. Uma população de caramujos pertencentes à espécie **A** é separada em duas por um evento cladogenético, como o surgimento de uma barreira geográfica. As populações não entram mais em contato, e o que acontece em uma população não interfere no que acontece na outra.

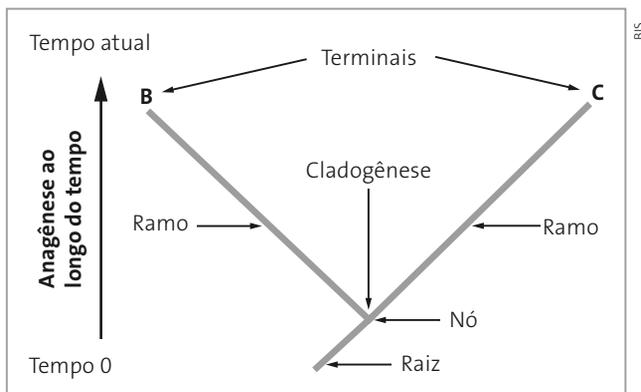
Ao longo do tempo, por processos anagenéticos, essas populações podem acumular diferenças a ponto de cada uma delas passar a ser considerada uma nova espécie (espécie **B** e espécie **C**).



⤴ **Figura 1.5.** Esquema de formação de espécies por cladogênese e anagênese. (Elementos representados em diferentes escalas; cores fantasia.)

2.2. Os cladogramas

A representação esquemática da especiação dos caramujos pode ser feita por meio de um diagrama de ramos, também chamado **cladograma** (Fig. 1.6).



⤴ **Figura 1.6.** Representação de um cladograma com os termos mais empregados para identificar suas partes.

Nos cladogramas, a base de onde partem os ramos é chamada **raiz**, e os pontos de onde partem os ramos são chamados **nós**. Estes representam ancestrais comuns hipotéticos para todos os grupos que estão acima do nó. Os grupos que descendem evolutivamente desse ancestral são colocados no ápice dos ramos, compondo os **terminais**.

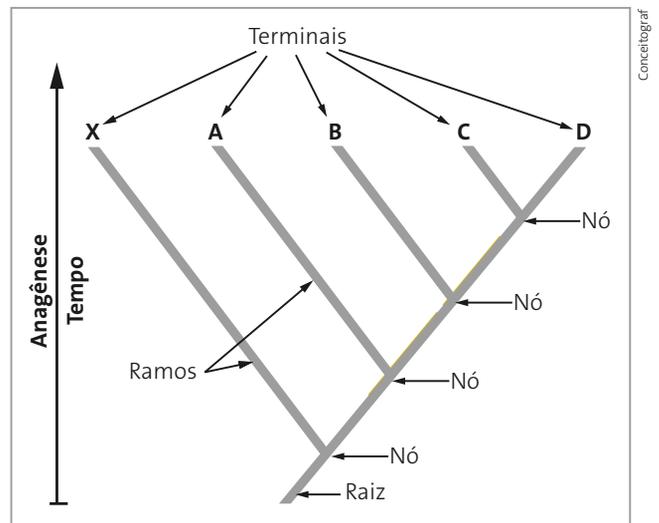
Os nós simbolizam pontos de provável ocorrência de eventos cladogenéticos, ou seja, momentos em que a população ancestral foi separada em duas ou mais

populações e passaram a apresentar características próprias surgidas por anagênese.

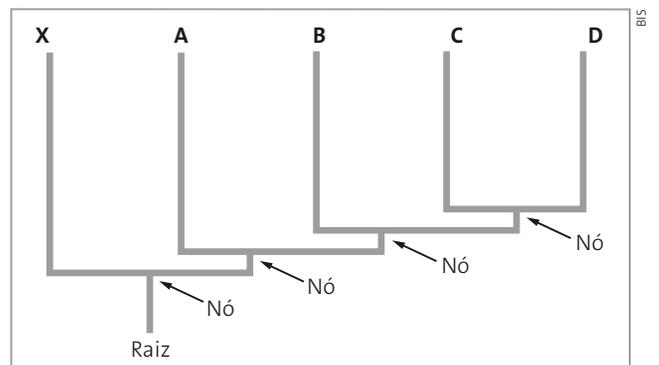
No exemplo dado, foi representado apenas um evento cladogenético. No entanto, podem existir vários desses eventos ao longo da história evolutiva, e também é possível indicá-los no cladograma.

A localização dos pontos de ramificação ao longo do cladograma fornece uma ideia do tempo relativo de origem dos diferentes ramos. O tempo absoluto nem sempre é representado, por isso geralmente as distâncias entre os nós do cladograma são iguais. Essa distância semelhante não significa que o tempo entre um evento cladogenético e o outro seja o mesmo. Há cladogramas, no entanto, em que o tempo absoluto é representado e, nesses casos, as distâncias entre os nós variam em função da escala de tempo.

No cladograma da [figura 1.7](#) são mostrados vários eventos cladogenéticos ao longo do tempo relativo. A anagênese está representada na linha do tempo. Esse mesmo cladograma pode ser representado de outra maneira, como mostra a [figura 1.8](#).



⤴ **Figura 1.7.** Cladograma mostrando eventos de cladogênese ao longo do tempo.



⤴ **Figura 1.8.** Outra representação de cladograma mostrando eventos de cladogênese.

A sequência hierárquica das ramificações no cladograma reflete, de alguma maneira, a sequência de subdivisões de linhagens observadas ao longo do tempo. Grupos que partem de um mesmo nó são chamados **grupos-irmãos** e são mais próximos evolutivamente entre si do que grupos que partem de nós diferentes. Assim, no cladograma representado nas figuras 1.7 e 1.8 (página anterior), **C e D** são grupos-irmãos. Eles são mais aparentados entre si do que em relação ao grupo **B**. Quando analisamos o nó que deu origem a **B, C e D**, podemos dizer que eles são mais aparentados entre si do que em relação ao grupo **A**, e assim por diante.

Os cladogramas podem ser comparados a móveis: os ramos podem girar em cada nó. Assim os cladogramas a seguir (Fig. 1.9) contêm a mesma informação:

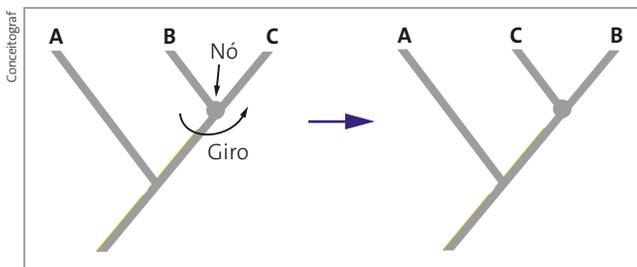


Figura 1.9. Comparação de cladogramas que representam a mesma hipótese de parentesco evolutivo.

Para montar cladogramas e propor hipóteses de parentesco evolutivo, os cientistas utilizam grande número de caracteres e os analisam de modo comparativo. A escolha dos caracteres usados tem de ser bastante criteriosa, pois só podem ser comparados caracteres ou estruturas que sejam **homólogos**. Não devem ser comparadas estruturas **análogas**.

Estruturas homólogas são aquelas que derivam de estruturas já existentes em um mesmo ancestral comum exclusivo, podendo ou não estar modificadas para exercer uma mesma função.

São exemplos de estruturas homólogas entre si: os ossos dos braços dos seres humanos e os ossos dos membros anteriores dos cavalos (Fig. 1.10). Essas estruturas são homólogas porque derivam dos ossos dos membros anteriores presentes no grupo ancestral que deu origem aos mamíferos.

Estruturas análogas são aquelas que se assemelham simplesmente por exercer a mesma função, mas não derivam de modificações de estruturas semelhantes e já existentes em um ancestral comum exclusivo.

São análogas, por exemplo, as asas das aves e as dos insetos: elas desempenham a mesma função, que é o voo, mas não são derivadas das mesmas estruturas presentes em um ancestral comum exclusivo entre aves e insetos (Fig. 1.11).

Para cada estrutura homóloga, procura-se definir qual é a condição que já existia em um grupo ancestral

e qual é a condição nova, que surgiu por anagênese. A condição presente no ancestral é chamada **primitiva**, e a novidade evolutiva é chamada condição **derivada**. Somente as condições derivadas são usadas para definir os agrupamentos. As condições derivadas dos caracteres e que são exclusivas de cada agrupamento podem estar apontadas nos ramos do cladograma.

Os grupos naturais são formados apenas por organismos que compartilham a condição derivada de um ou mais caracteres e que descendem de um ancestral comum exclusivo. Grupos formados desse modo, e que incluem todos os descendentes desse ancestral exclusivo, são chamados **monofiléticos** (*mono* = um, único).

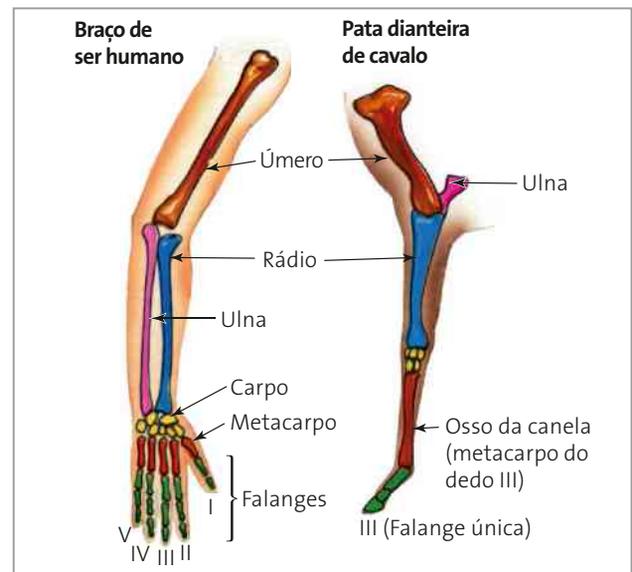


Figura 1.10. Esquema de homologia entre os ossos dos membros anteriores do ser humano e do cavalo. (Elementos representados em diferentes escalas; cores fantasia.)

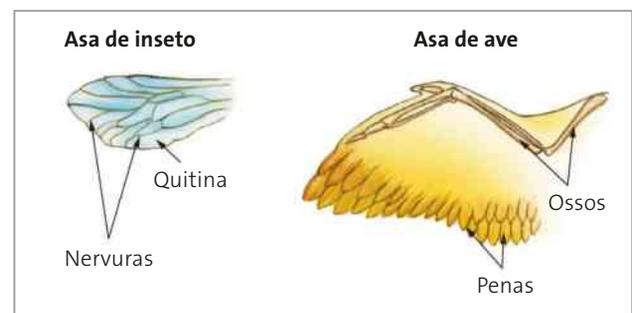


Figura 1.11. Esquemas de estruturas análogas. (Elementos representados em diferentes escalas; cores fantasia.)

A partir dessa interpretação da evolução, outras definições de espécie têm surgido, como a seguinte:

Conceito filogenético de espécie

População ou grupo de populações definidas por uma ou mais condições derivadas, constituindo o menor agrupamento taxonômico reconhecível.

O conceito filogenético de espécie pode ser aplicado para organismos com reprodução assexuada ou para organismos com reprodução sexuada e pode ser empregado tanto para espécies recentes como para fósseis, pois ele não depende de se saber se há ou não reprodução e descendentes férteis.

2.3. Como ler um cladograma

Professor(a), se considerar conveniente, realize com os estudantes a sugestão de atividade extra “Construindo um cladograma”, indicada nas Orientações didáticas.

Vamos usar um cladograma hipotético que apresenta as relações filogenéticas entre cinco grupos de organismos: **A, B, C, D e E** (Fig. 1.12).

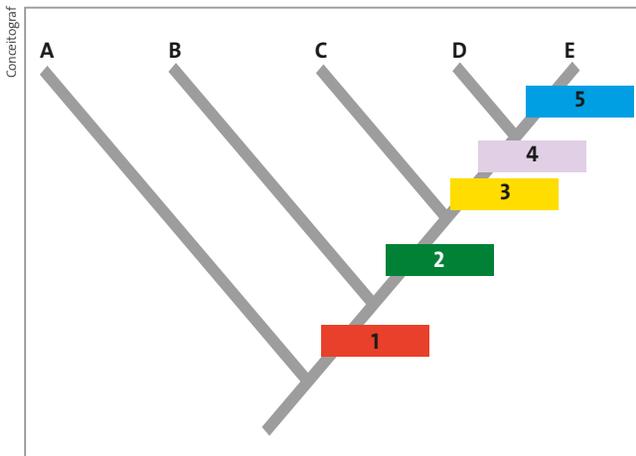


Figura 1.12. Cladograma hipotético representando o parentesco evolutivo entre cinco grupos de organismos.

Neste cladograma foram indicadas por cores as condições derivadas de cinco características. A con-

dição derivada do caráter 1 (cor vermelha) ocorre nos grupos **B, C, D e E**.

A condição derivada do caráter 2 (cor verde) ocorre nos grupos **C, D e E**. Os caracteres 3 (cor amarela) e 4 (cor roxa) aparecem na condição derivada apenas em **D e E**.

A condição derivada do caráter 5 (cor azul) aparece apenas no grupo **E**, que o separa, portanto, do grupo **D**.

Empregando o conceito de grupo monofilético (aquele que compartilha um ancestral comum exclusivo), pode-se notar que todo grupo formado por (**A + B + C + D + E**) é monofilético. Por sua vez, o outro agrupamento formado por (**B + C + D + E**) também é monofilético, o mesmo acontecendo com (**C + D + E**) e com (**D + E**). Assim, existe uma hierarquia em que um grupo monofilético maior abriga outro grupo menor, que abriga outro grupo monofilético menor ainda.

Nos cladogramas, os terminais nem sempre representam espécies. Eles podem corresponder a famílias, ordens ou várias outras categorias taxonômicas.

Quando as relações filogenéticas de grupos de seres vivos estão bem resolvidas, são apresentadas em cladogramas formados apenas por **dicotomias** (*dico* = dois; *tómos* = divisão). Quando vários ramos partem de um único ponto do cladograma, isso significa que as relações filogenéticas entre esses grupos não estão completamente resolvidas, formando **politomias** (*poli* = muitos).

Mesmo quando as dicotomias já são estabelecidas, o estudo mais detalhado dos seres vivos pode trazer à tona caracteres antes não considerados e que podem provocar mudanças nessas dicotomias.

Colocando em foco

O PHYLOCODE

O *PhyloCode*, termo em inglês para o Código Internacional de Nomenclatura Filogenética, surgiu em 1988 durante um encontro de cientistas na Universidade de Harvard, nos Estados Unidos (Fig. 1.13). Esse novo código baseia-se nos fatos de que a nomenclatura e as categorias taxonômicas que usamos vêm da época de Lineu e de que, embora tenham ocorrido modificações, elas não acompanharam os enormes avanços na área da sistemática filogenética.

O *PhyloCode* ainda está em discussão e a cada dia vem ganhando a simpatia de mais cientistas. Ele propõe que os nomes para as partes da árvore da vida sejam dados considerando-se a leitura de um cladograma em vez de os grupos de organismos serem organizados em reinos, filos, classes, ordens etc. A única categoria válida seria a de espécie.



Figura 1.13. Logomarca do *PhyloCode*.

Assim, os grupos seriam listados como um grupo monofilético dentro de outro grupo monofilético. Compare, por exemplo, a classificação dos animais indicados nos terminais do seguinte cladograma conforme a classificação tradicional, lineana, e o *Phylocode* (Fig. 1.14).

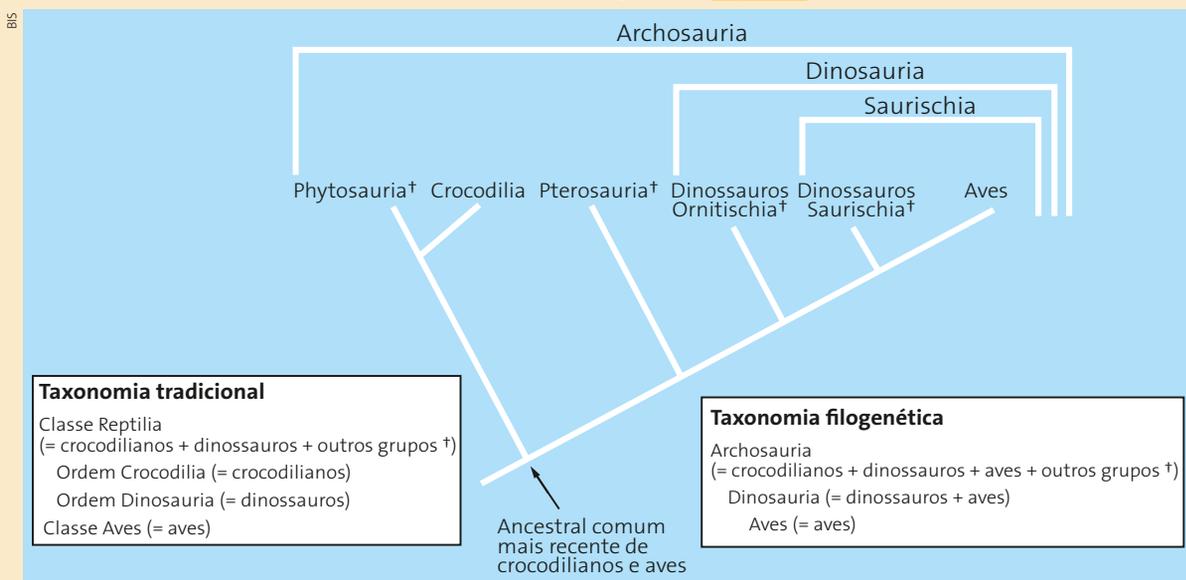


Figura 1.14. Representação da relação filogenética entre alguns grupos de animais. Nos quadros em branco, está a comparação entre a classificação tradicional (lineana) e o *Phylocode*. O símbolo † indica os grupos extintos.

Neste livro, manteremos as categorias taxonômicas de acordo com os códigos vigentes de nomenclatura zoológica e botânica até que se estabeleça um consenso sobre esse assunto.

3. Sistemática: uma área em modificação

Os conhecimentos biológicos vêm aumentando muito graças a uma série de fatores, entre eles o aperfeiçoamento dos microscópios, que melhoraram em qualidade e definição, propiciando um melhor estudo das células, e as técnicas de biologia molecular, que se tornaram mais aprimoradas. Apesar desses avanços, ainda existem dúvidas na compreensão das relações filogenéticas entre vários grupos de seres vivos. Com isso, novas propostas de classificação têm surgido, fazendo da sistemática uma das áreas da Biologia que mais crescem e sofrem mudanças hoje em dia.

Em função disso, têm sido muito frequentes divergências no que se refere à classificação dos seres vivos.

Vamos citar aqui apenas algumas das classificações mais recentes e apresentar a proposta que será adotada nesta obra.

3.1. Os cinco reinos

O sistema de cinco reinos foi proposto por Robert Whittaker (1924-1980), em 1969, e depois modificado por Lynn Margulis (1938-2011) e Karlene Schwartz (1936-) em 1982.

Essas autoras propuseram que os cinco reinos de seres vivos são assim definidos:

- **Monera:** reino que agrupa todos os seres procariontes. Ex.: bactérias e arqueas.
- **Protoctistas:** eucariontes unicelulares ou multicelulares, sem tecidos. Ex.: amebas, algas verdes, algas vermelhas e algas pardas.
- **Fungos:** eucariontes heterótrofos que se alimentam por absorção de substâncias do meio. Ex.: leveduras e cogumelos.
- **Plantas:** eucariontes multicelulares fotossintetizantes com corpo formado por tecidos. Ex.: musgos, samambaias, pinheiros e jaticabeira.
- **Animais:** eucariontes multicelulares heterótrofos que se alimentam por ingestão de alimentos do meio. Ex.: peixes, sapos, urubus e seres humanos.

O termo Protoctista, embora tenha sido bastante utilizado, acabou sendo substituído pelo termo **Protista**, forma adotada por Whittaker em 1969.

O sistema de classificação em cinco reinos está atualmente em desuso, tendo sido substituído pelo sistema de três domínios.

3.2. Os três domínios

O microbiologista Carl R. **Woese** (1938-2012) e sua equipe analisaram de modo comparativo o RNAr de muitos organismos. Essa molécula foi escolhida por estar presente em todos os seres vivos. Com base nesses estudos, Woese propôs, em 1977, a separação dos procariontes em dois grupos distintos, o das **arqueobactérias** e o das **eubactérias**, e a reunião dos eucariontes em um outro grande agrupamento. Em 1990, ele e seus colaboradores propuseram formalmente uma categoria taxonômica superior a reino, dividindo os seres vivos em três **Domínios: Archaea, Bacteria e Eucarya** (Fig. 1.15). Eles assumiram que as Archaea não são bactérias e abandonaram a denominação anterior de arqueobactérias. Segundo essa proposta, os procariontes são muito diferentes entre si e formam dois domínios distintos. Por outro lado, todos os eucariontes são muito semelhantes entre si e compõem um domínio único. Além disso, as Archaea estão mais intimamente relacionadas aos eucariontes do que às bactérias.

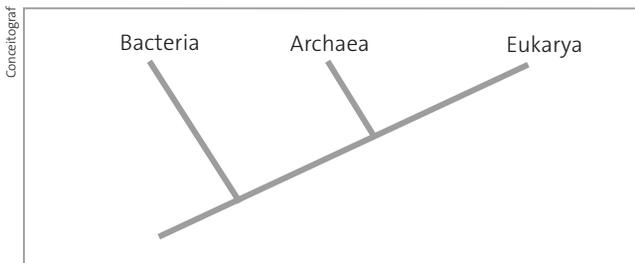
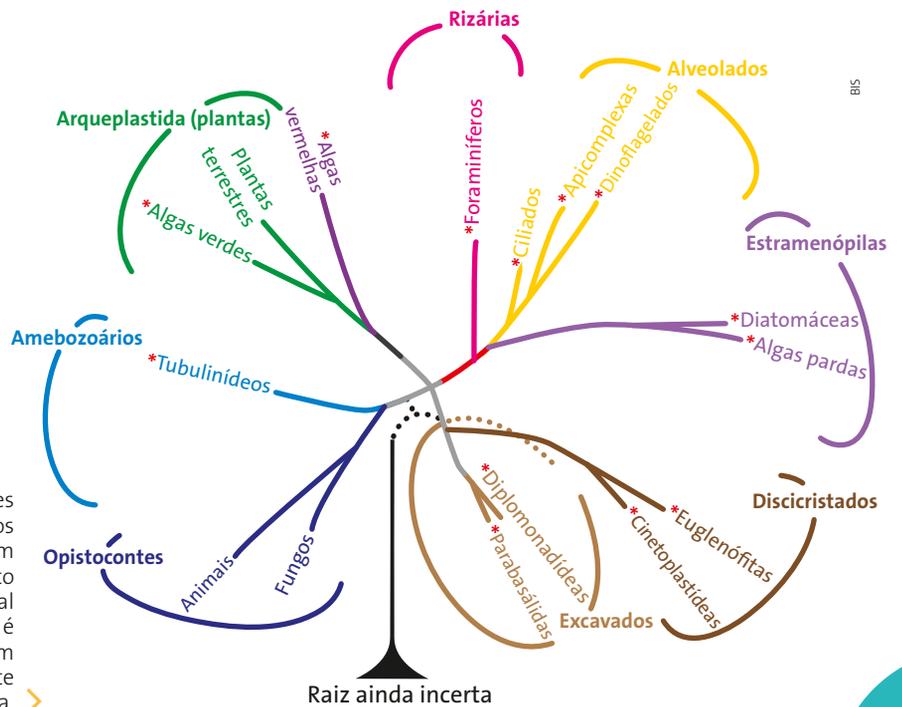


Figura 1.15. Cladograma mostrando as prováveis relações de parentesco entre os Domínios Bacteria, Archaea e Eucarya.

Com o passar dos anos, vários estudos analisando maior número de caracteres, especialmente moleculares, têm reforçado a proposta inicial de Woese, hoje bem aceita. Assim, nas propostas mais recentes, os reinos Monera e Protista deixam de existir, pois não são monofiléticos. Nesses casos, empregam-se os termos monera e protista como coletivos, mas sem valor taxonômico. Para os demais reinos — Fungi, Plantae e Animalia —, ainda há problemas a ser resolvidos.

Figura 1.16. Neste cladograma dos eucariontes que serão tratados neste livro, os trechos em cinza ou em pontilhado apresentam dúvidas ainda por esclarecer. O exato ponto em que a raiz se insere, isto é, o ancestral comum de todos os eucariontes, ainda é tema de discussões. Os grupos marcados com asterisco vermelho eram os tradicionalmente considerados no Reino Protista.



Levando-se em conta o atual *status* da classificação dos seres vivos, vamos adotar a classificação em três domínios e, para o complexo caso dos eucariontes, consideraremos a proposta que será apresentada no próximo item.

Para complementar esse tema, retome o que foi discutido sobre origem da célula no volume 1 desta coleção.

3.3. Os grupos de eucariontes

Entre as atuais propostas, vamos adotar, com algumas modificações e simplificações, a da pesquisadora Sandra L. **Baldauf** (1938-), feita em 2008, por ser uma das mais bem aceitas no momento. Veja na Figura 1.16 a árvore simplificada, que mostra apenas as prováveis relações de parentesco entre os eucariontes que estudaremos neste livro. É importante saber, no entanto, que a diversidade é muito maior que a aqui apresentada.

Como se pode notar, a diversificação dentro dos eucariontes é grande, mudando nossa visão da classificação em reinos: Animal, Planta, Fungo e Protista.

Hoje, por meio de evidências moleculares, se entende que os fungos são mais aparentados com os animais do que com as plantas e estão colocados em um grande agrupamento chamado Opistoconte. As amebas e outros organismos semelhantes são agrupados nos Amebozoários; as algas verdes, as plantas terrestres e as algas vermelhas são consideradas no grande grupo dos Arqueplastida; e os demais organismos, em outros cinco grandes grupos. Note que os organismos tradicionalmente considerados dentro do Reino Protista estão identificados com asteriscos vermelhos e pertencem a grupos muito distintos, não formando um grupo monofilético.



Exemplos práticos da importância dos conhecimentos sobre sistemática filogenética

Muitos são os exemplos que mostram a importância da sistemática filogenética em situações relacionadas com nossas vidas.

Vamos comentar somente dois desses exemplos e incentivamos você a procurar outros. Ao final, propomos um caso real de aplicação da filogenética na solução de um processo criminal para você discutir com os colegas e dar a solução.

Exemplo 1

Nas florestas tropicais da América Central e da América do Sul vivem várias espécies aparentadas de anfíbios coloridos, popularmente conhecidos por sapinhos-ponta-de-flexa. O nome se deve ao fato de os indígenas nativos dessas regiões usarem substâncias presentes na pele desses animais para envenenar a ponta de suas flechas e com elas caçar outros animais.

Atualmente se sabe que as substâncias produzidas por três espécies de sapinhos-ponta-de-flexa têm propriedades medicinais:



▲ Fotografia de *Phylllobates terribilis* (à esquerda), *Epipedobates tricolor* (no centro) e *Dendrobates pumilio* (à direita). Esses anfíbios têm, em média, de 2 cm a 5 cm de comprimento.

- *Phylllobates terribilis* produz uma batracotoxina que tem efeitos anestésicos locais e propriedades anticonvulsivas;
- *Epipedobates tricolor* produz epibatidina, que é um analgésico 200 vezes mais potente que a morfina;
- *Dendrobates pumilio* produz pumiliotoxinas que têm atividade cardiotônica (estimulante do coração).

Com base nessas informações e sabendo que há correlação entre a presença de compostos semelhantes em espécies aparentadas, pode-se aplicar a filogenética no direcionamento de pesquisas a fim de saber quais são as espécies mais aparentadas das que já se tem a informação sobre a presença no corpo de compostos potencialmente importantes na medicina.

Professor(a), veja nas Orientações didáticas os comentários e as respostas das questões dissertativas.

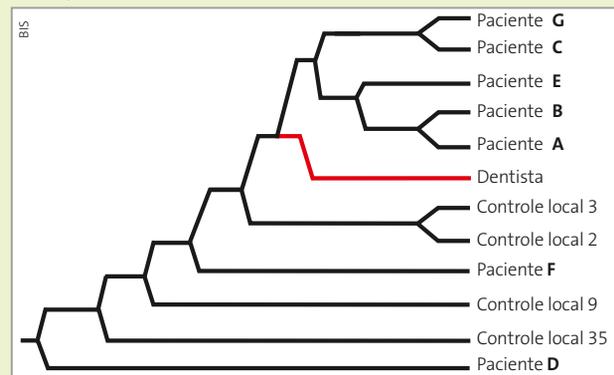
- Analise esse cladograma e discuta-o com os colegas. Qual seria o veredicto de vocês sobre a culpa do dentista na contaminação de seus pacientes pelo HIV? Justifique a resposta.

Exemplo 2

A Austrália é o país onde existe a maior diversidade de serpentes peçonhentas. Como não há antídotos para os venenos de cada uma das espécies, muitas pessoas acabam morrendo quando são mordidas por esses animais. Nesses casos, a filogenética está ajudando, pois há forte correlação entre as propriedades dos diferentes venenos e o parentesco evolutivo dessas espécies. Assim, se uma pessoa for mordida por uma serpente para cujo veneno não há o antídoto, pode-se olhar a posição filogenética dessa serpente no cladograma e verificar se já há o antídoto para o veneno de espécies próximas. Se existir, ele pode ser aplicado na vítima, com chance de sucesso.

Agora que você já conhece aplicações dos conhecimentos em filogenética, analise a questão criminal que ocorreu na década de 1990 na Flórida. Uma jovem contraiu Aids e não fazia parte de nenhum grupo de risco. Supôs-se que a transmissão do vírus tenha ocorrido durante uma cirurgia odontológica realizada alguns anos antes, por seu dentista sabidamente portador do HIV. Foram feitas análises genéticas comparativas dos vírus presentes no dentista, nessa paciente (A) e em outros pacientes desse dentista sabidamente portadores do HIV. Além disso, foram analisados indivíduos da comunidade local que eram HIV-positivos e que não tiveram contato com o dentista (considerados controles). Com base nesses dados, foi possível montar o cladograma abaixo.

Quando uma pessoa é infectada por outra, logo no início há grande semelhança entre os vírus dessas duas pessoas, mas com o tempo essa semelhança se reduz.



▲ Relação entre os vírus HIV das pessoas analisadas na solução da questão criminal.



Retomando

Como você viu, as classificações dos organismos podem ser artificiais ou naturais. Essas últimas refletem o parentesco entre os grupos de seres vivos e nos ajudam a entender como ocorreu a evolução. Retome o agrupamento dos organismos que você propôs no **Pense nisso** e avalie-o: ele é artificial ou natural? Compare sua resposta com os cladogramas apresentados neste capítulo e, então, identifique subgrupos dentro de grupos maiores.

Professor(a), veja nas Orientações didáticas os comentários e as respostas das questões dissertativas.



Ampliando e integrando conhecimentos

REGISTRE
NO CADERNO

Atividade 1 Sobre classificação Habilidades do Enem: H3, H16, H28.

Um comportamento natural da espécie humana refere-se à organização das informações adquiridas no dia a dia. Pense, por exemplo, em como você organiza as anotações que faz durante as aulas. Você utiliza um caderno por matéria ou tem um fichário e estabelece separações entre as matérias? Independentemente da forma como você faz isso, o importante é que ela permita a localização das informações obtidas durante as aulas. Atitude semelhante acontece na organização de seus livros, que também pode ser feita usando diferentes critérios, como por título ou por matéria. Pergunte aos colegas como eles organizam anotações e livros. Eles têm algum critério para isso?

Agora, responda às seguintes questões:

- Como você organiza suas anotações de aula? E seus livros?
- Seus critérios de organização aplicados nesses casos coincidem com os usados por todos os colegas de sua classe? **Orientar os estudantes a compartilhar a resposta dada à questão com os colegas.**

Agora, vamos transpor essa discussão para a organização dos seres vivos em grupos.

Neste capítulo, comentamos que, antigamente, a classificação dos seres vivos era artificial e que essa forma de organizar a diversidade não é mais aceita. Compare a classificação atual dos seres vivos e o modo como você organiza suas anotações de aula e seus livros.

- Você considera que a classificação natural dos seres vivos corresponde à classificação que você fez de suas anotações e seus livros? E no caso de a classificação dos seres vivos ser artificial?

Atividade 2 Taxonomia – Nomenclatura binomial Habilidades do Enem: H15, H16.

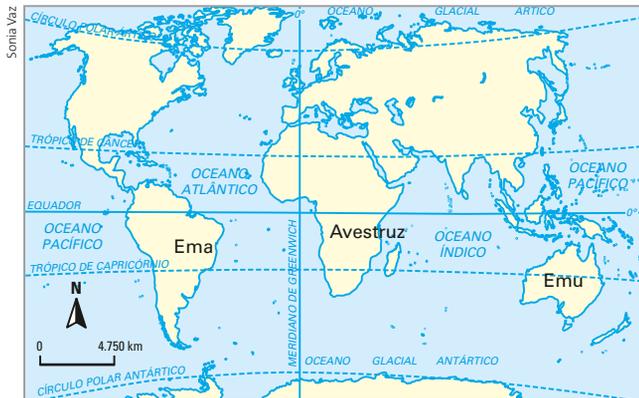
A seguir é apresentada a classificação da onça-pintada. Os nomes dos táxons são colocados em ordem decrescente de abrangência.

Animalia → Chordata → Mammalia → Carnivora → Felidae → *Panthera* → *Panthera onca*

- Associe a cada táxon citado o nome da categoria taxonômica correspondente.
- Mencione as regras que devem ser seguidas para se escrever o nome científico das espécies.
- Suponha que você esteja fazendo uma busca na internet usando *Panthera onca* como termo-chave e depois passe a fazer a mesma busca substituindo esse termo por “onça-pintada”. Em cada caso, você obterá informações em qual(is) idioma(s)? Um estudante que mora na Inglaterra ou em qualquer outro país, mas que não fala português, utilizaria qual desses dois termos-chave em sua busca? Explique sua resposta. Se tiver acesso à internet, faça a busca como foi sugerido no início do enunciado e escreva, no caderno, um parágrafo comentando suas observações.
- Relacione a resposta que você deu ao item anterior com a vantagem de se adotar uma nomenclatura universal.



1. (Enem) No mapa, é apresentada a distribuição geográfica de aves de grande porte e que não voam.

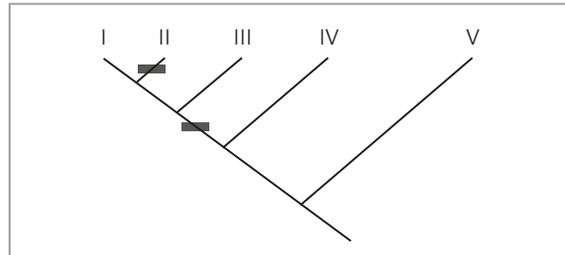


Há evidências mostrando que essas aves, que podem ser originárias de um mesmo ancestral, sejam, portanto, parentes. Considerando que, de fato, tal parentesco ocorra, uma explicação possível para a separação geográfica dessas aves, como mostrada no mapa, poderia ser:

- a) a grande atividade vulcânica, ocorrida há milhões de anos, eliminou essas aves do Hemisfério Norte.
- b) na origem da vida, essas aves eram capazes de voar, o que permitiu que atravessassem as águas oceânicas, ocupando vários continentes.
- c) o ser humano, em seus deslocamentos, transportou essas aves, assim que elas surgiram na Terra, distribuindo-as pelos diferentes continentes.
- d) o afastamento das massas continentais, formadas pela ruptura de um continente único, dispersou essas aves que habitavam ambientes adjacentes.
- e) a existência de períodos glaciais muito rigorosos, no Hemisfério Norte, provocou um gradativo deslocamento dessas aves para o Sul, mais quente.

2. (Fuvest-SP) Um determinado tipo de proteína, presente em praticamente todos os animais, ocorre em três formas diferentes: a forma P, a forma PX, resultante de mutação no gene que codifica P, e a forma PY, resultante de mutação no gene que codifica PX.

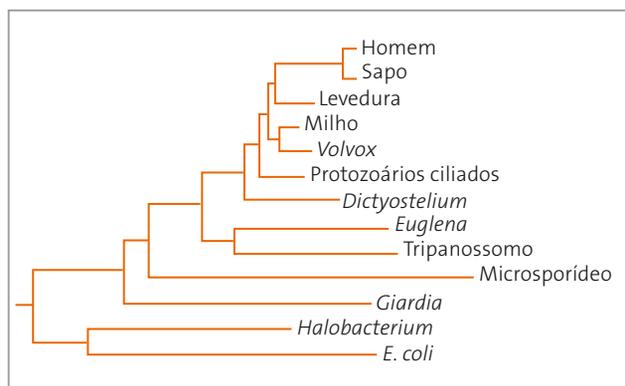
A ocorrência dessas mutações pode ser localizada nos pontos indicados pelos retângulos escuros na árvore filogenética, com base na forma da proteína presente nos grupos de animais I, II, III, IV e V.



Indique a alternativa que mostra as proteínas encontradas nos grupos de animais I a V.

	Proteína P	Proteína PX	Proteína PY
a)	I, IV e V	III	II
<input checked="" type="checkbox"/> b)	IV e V	I e III	II
c)	IV e V	II	I e III
d)	I e II	III	IV e V
e)	I e III	II	IV e V

3. (Ufes) A figura a seguir representa a possível relação evolucionária de diferentes organismos, deduzida a partir de análises bioquímicas usadas para a comparação das sequências nucleotídicas dos genes do RNA ribossômico (subunidade menor) desses organismos.



A partir da análise da figura foram feitas as seguintes afirmativas:

- I. Durante o processo evolutivo desses organismos, os genes responsáveis pelo RNA ribossômico apresentam sequências altamente conservadas, o que torna possível o estabelecimento das relações filogenéticas.

- II. Quanto maior a distância entre esses organismos, maior o número de mutações ocorridas na sequência nucleotídica estudada.
- III. Os vertebrados e os procariontes apresentam um ancestral comum, apesar das diferenças marcantes quanto à sua organização celular.
- IV. As plantas, animais e linhagens de fungos divergem a partir de um ancestral comum, relativamente tarde na evolução das células eucariotes.
- V. O homem e o sapo apresentam entre si um menor grau de homologia da sequência nucleotídica em questão, em comparação àquela existente entre o milho e a levedura.

Considerando as proposições, conclui-se que estão **corretas**:

- a) I, II, III, IV e V.
 - b) apenas I, II, III e IV.
 - c) apenas I, II e IV.
 - d) apenas I e II.
 - e) apenas III e V.
4. (UFPEL-RS) Carl von Linné (1707-1778), denominado Lineu, em português, através de sua obra *Systema Naturae*, propôs uma forma de denominar os seres vivos por intermédio do que chamou de “unidade básica de classificação” ou *espécie*. Como exemplo, a ave conhecida popularmente como quero-quero é classificada, segundo o modelo de Lineu, como *Vanellus chilensis*.



Fabio Colombini

De acordo com esses conceitos, analise as afirmativas a seguir.

- I. O nome específico de um organismo é sempre composto de duas palavras: a primeira designa o gênero e a segunda, a espécie.
- II. O nome específico do quero-quero é *chilensis* e o nome genérico é *Vanellus*.

- III. O nome específico do quero-quero é binominal, e *Vanellus* é seu epíteto específico.
- IV. O nome específico do quero-quero é binominal, e *Chilensis*, assim escrito, é seu epíteto específico.
- V. A espécie *Vanellus chilensis* inclui o gênero seguido de seu epíteto específico: *chilensis*.

Estão corretas apenas as afirmativas:

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

5. (Ueap) “A sistemática é a ciência dedicada a inventariar e descrever a **biodiversidade** e compreender as **relações filogenéticas** entre os organismos. Inclui a **taxonomia** (ciência da descoberta, descrição e classificação das espécies e grupo de espécies, com suas normas e princípios) e também a **filogenia** (relações evolutivas entre os organismos). Em geral, diz-se que compreende a classificação dos diversos organismos vivos. Em biologia, os sistematas são os cientistas que classificam as espécies em outros táxons a fim de definir o modo como eles se relacionam **evolutivamente**.”

Fundamentos Práticos de Taxonomia Zoológica, 1994.
Autor: Papavero, Nelson.

Entre as afirmativas abaixo, qual é a que **não** se adéqua às teorias preconizadas sobre a classificação dos seres vivos?

- a) A classificação natural não se baseia apenas na morfologia ou na fisiologia, mas também no desenvolvimento embrionário dos indivíduos, no estudo do cariótipo da espécie, na evolução e distribuição das espécies, no estudo do material genético.
- b) Reino: é um grupo de filos; filos: é um grupo de classes; classes: é um grupo de ordens; ordem: é um grupo de famílias; família: é um grupo de gêneros; gênero: é um grupo de espécies; espécie: é um grupo de indivíduos semelhantes que se reproduzem entre si, gerando descendentes férteis.
- c) A unidade de classificação dos seres vivos é a espécie, termo que designa um conjunto de indivíduos semelhantes entre si e que se cruzam, não produzindo descendentes férteis.
- d) A taxonomia agrupa os animais e vegetais de acordo com seu grau de parentesco.
- e) O termo binomial sugere que o nome científico de uma espécie é formado pela combinação de dois termos: o nome do gênero e o descritor específico.

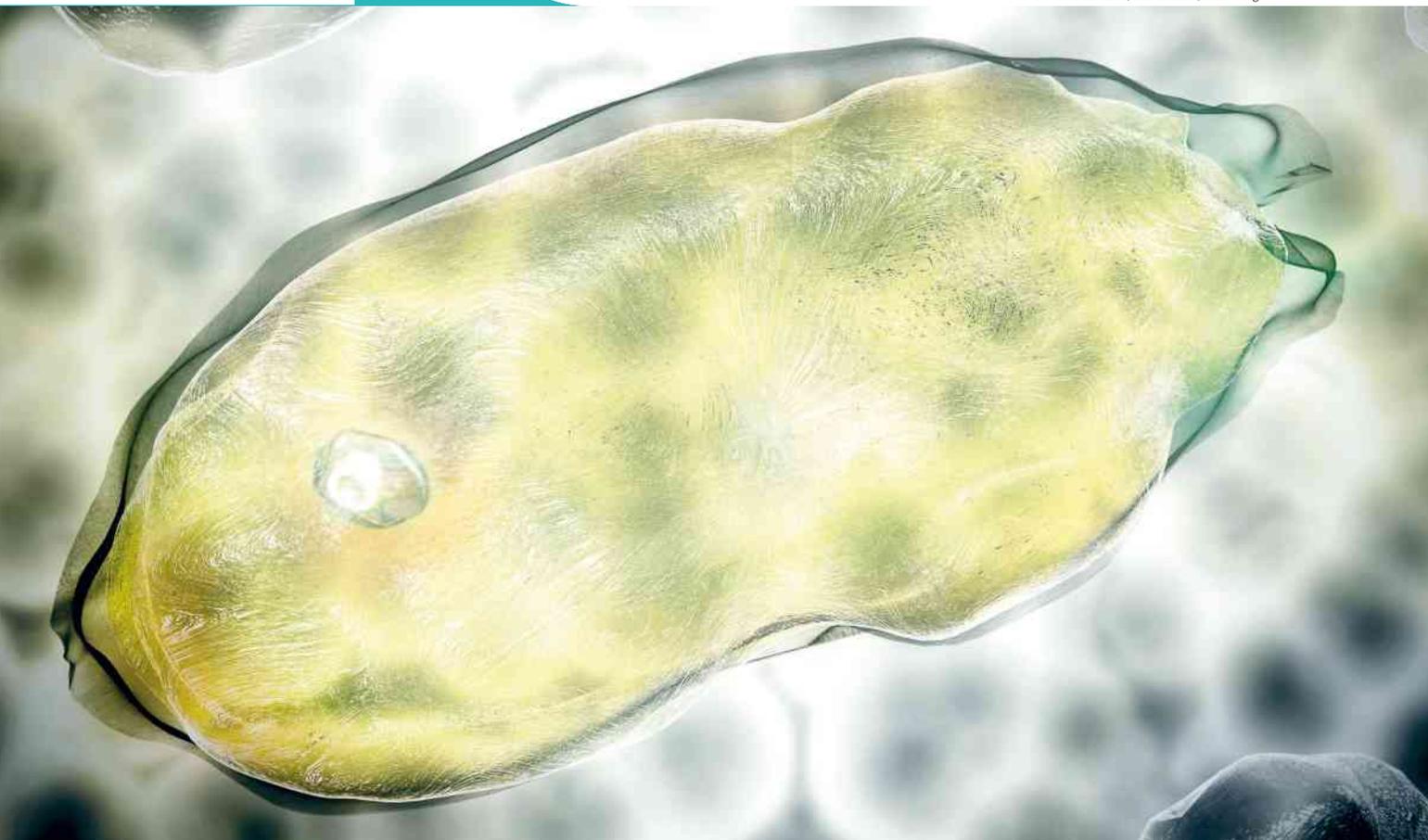


Figura 2.1. Em julho de 2013, cientistas divulgaram a descoberta de um vírus que, além de ser muito grande, com 1 micrometro de comprimento, tem genoma mais complexo em relação a todos os demais vírus e muitos dos procariontes conhecidos. Ele recebe o nome de *Pandoravirus* (*Pan* = todos; *dora* = presente), pois deve nos trazer muitas surpresas à medida que pesquisas futuras sobre ele progredirem. Ao que tudo indica, ele faz parte de um novo ramo, completamente desconhecido da ciência, e não se encaixa em outros grupos de vírus já conhecidos. Esse vírus e outros considerados gigantes pelo tamanho e pela complexidade do genoma têm sido alvo de estudos que propõem sua inclusão na árvore da vida.



Pense nisso

- A palavra vírus deriva do latim e significa “veneno”. A ideia que você faz dos vírus tem alguma relação com essa informação? Justifique sua resposta.
- Pense nas doenças que já teve. Quais delas foram causadas por vírus?
- Procure saber para quais doenças você já tomou vacina. Quais delas eram para prevenir doenças virais?
- O *Pandoravirus*, fotografado e comentado acima, vive como parasita de amebas. Você sabe dizer quais outros grupos de seres vivos, além das amebas e dos humanos, podem ser infectados por vírus?

1. A estrutura dos vírus

Antes de aprofundar o estudo sobre os vírus, é importante lembrar que existe uma discussão sobre considerá-los ou não seres vivos e se eles realmente fazem parte dos sistemas de classificação.

Embora esse debate seja polêmico, vamos definir os vírus como formas particulares de vida. Eles são parasitas intracelulares obrigatórios, pois só se reproduzem no interior de uma célula hospedeira.

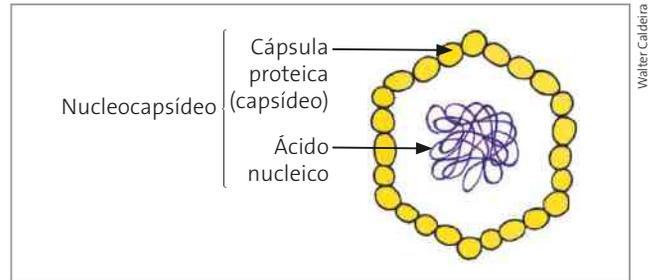
Dependendo do tipo de vírus, o material genético pode ser o DNA ou o RNA. Os vírus agem sobre tipos celulares específicos: os que infectam bactérias são chamados **bacteriófagos** ou simplesmente **fagos**. Há também os que infectam protistas, fungos, plantas ou animais. Os mais estudados são os bacteriófagos, os vírus de plantas e os de animais, nos quais deteremos nossa atenção.

Os vírus são, em geral, visíveis apenas com o uso de microscópios eletrônicos e são menores do que as menores células conhecidas. No entanto, há exceções, como o vírus mostrado na abertura deste capítulo e os vírus da família Filoviridae, formada por vírus delgados e alongados que são maiores do que algumas bactérias. Entre os Filoviridae está o *Filovirus*, chamado também de ebolavírus (Fig. 2.2). Ele causa febre hemorrágica, doença de grande letalidade e com registros de ocorrência na África. Outra exceção quanto ao

A discussão sobre a inclusão dos vírus entre os seres vivos foi feita no volume 1 desta coleção.

tamanho é o vírus que causa a varíola, cuja dimensão equivale ao diâmetro das menores bactérias conhecidas — as clamídias, os micoplasmas e as riquetsias.

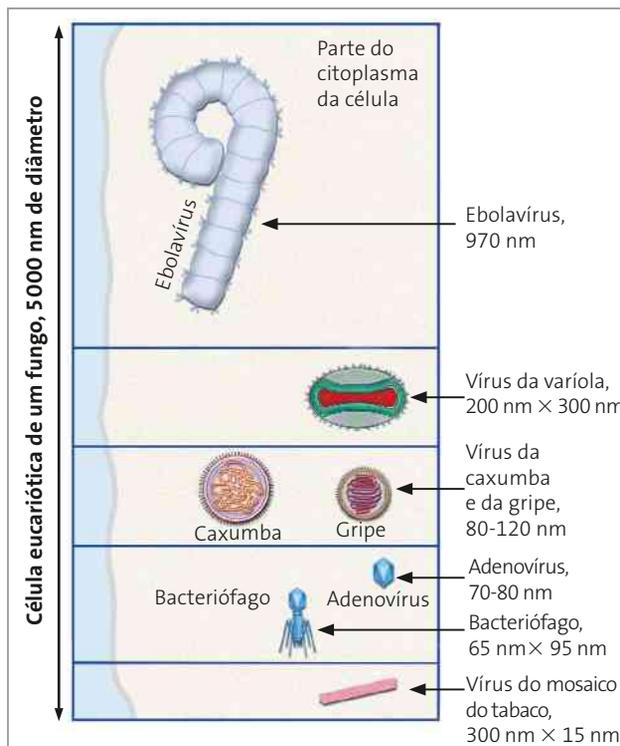
Os vírus de estrutura mais simples apresentam basicamente uma cápsula proteica (**capsídeo**) envolvendo o material genético (Fig. 2.3). O conjunto capsídeo mais material genético forma o **nucleocapsídeo**.



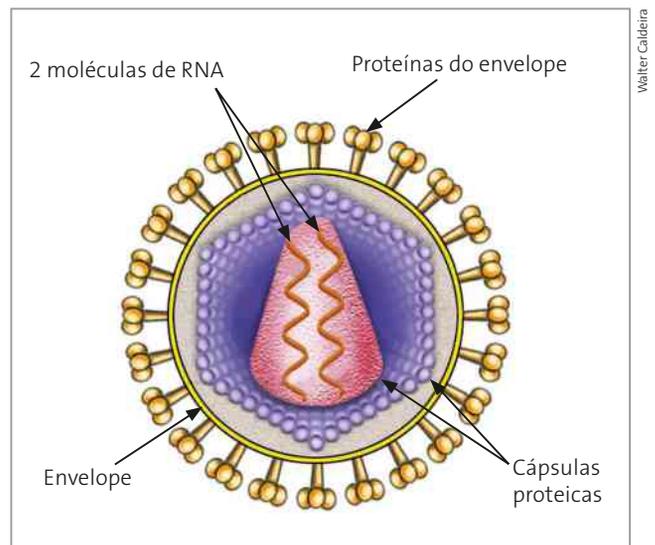
▲ **Figura 2.3.** Esquema de um adenovírus, mostrando o aspecto em corte mediano. Mede de 70 nm a 80 nm. (Cores fantasia.)

Alguns vírus são chamados **envelopados** porque apresentam um envelope lipoproteico que envolve o nucleocapsídeo. Esse envelope tem dupla origem: uma parte lipídica que corresponde à bicamada de fosfolípidios da membrana plasmática da célula hospedeira, e uma parte proteica composta de proteínas virais. Estas são sintetizadas sob o comando do material genético do vírus quando ele está dentro da célula hospedeira e se alojam na sua membrana plasmática. Quando o vírus sai da célula, o conjunto se desprende e envolve o nucleocapsídeo, formando o envelope. Um exemplo de vírus envelopado é o **HIV** (vírus da imunodeficiência humana), causador da **Aids** (síndrome da imunodeficiência adquirida) (Fig. 2.4).

Conceitograf/Studio Caparroz



▲ **Figura 2.2.** Esquema mostrando dimensões comparativas entre alguns vírus. Ao fundo, está representada a parte de uma célula eucariótica de um fungo. (Cores fantasia.) O nanometro (nm) é um submúltiplo do metro, equivalendo a 10^{-9} m (1 metro dividido por 1.000.000.000).



▲ **Figura 2.4.** Esquema da organização do vírus HIV, visto em corte mediano. Seu tamanho médio é 100 nm. (Cores fantasia.)



A DESCOBERTA DOS VÍRUS

Em 1886, o químico alemão Adolf Mayer (1866-1950), ao estudar uma doença chamada **mosaico do tabaco**, que afeta as folhas dessa planta, provou que a transmissão da doença ocorria quando uma planta doente entrava em contato com uma sadia.

Em 1892, o bacteriologista russo Dmitri Ivanovski (1864-1920) realizou um experimento em que passou um extrato de folhas de tabaco por um filtro fino de porcelana empregado para filtrar bactérias. Ele verificou que esse filtro não retinha o agente causador da doença. Para ele, ou seu filtro estava com defeito, ou esse agente deveria ser uma bactéria menor que as demais bactérias conhecidas.

Mais tarde, em 1898, o botânico alemão Martinus Beijerinck (1851-1931) repetiu os experimentos de Ivanovski e comprovou que realmente o agente infeccioso passava pelo filtro de porcelana. No início da década de 1900, foi feita a distinção entre bactérias e esses agentes que passam por finos filtros: os **vírus**, termo que significa “veneno” em latim.

Em 1935, o químico estadunidense Wendell M. Stanley (1904-1971) conseguiu isolar pela primeira vez o vírus do mosaico do tabaco (TMV), tornando possível estudar as propriedades químicas dos agentes virais. Stanley descobriu que o TMV pode ser cristalizado e que esses cristais inanimados, ao entrarem em contato com plantas de tabaco saudáveis, causam infecções. Com esse trabalho, Stanley recebeu o prêmio Nobel de Química em 1946, dando uma grande contribuição à virologia, ciência que estuda os vírus.

Na mesma época, surgiu o microscópio eletrônico, tornando possível a visualização dos vírus pela primeira vez. Constatou-se que o vírus do mosaico do tabaco é formado por proteínas dispostas de modo helicoidal ao redor de uma molécula de RNA (Fig. 2.5).

Hoje se sabe que os vírus infectam não apenas plantas, mas todos os seres vivos. A infecção viral começa com a adesão da proteína presente no envoltório do vírus à proteína receptora na membrana plasmática da célula hospedeira. São as moléculas de proteínas virais dos envoltórios que determinam qual tipo de célula o vírus vai infectar.

A origem dos vírus*

A hipótese atual propõe que os vírus surgiram de forma independente em múltiplas ocasiões e, apesar de haver alguns grupos de vírus que são monofiléticos, eles não se encaixam na metáfora da árvore da vida.

Três hipóteses principais tentam explicar a origem dos vírus, e elas podem não ser mutuamente exclusivas:

- os vírus teriam surgido de moléculas de RNA, logo no início da vida, assim como as células, de forma independente, e teriam evoluído com elas, parasitando-as;
- os vírus teriam derivado de trechos de RNA ou de DNA de células, e esses trechos adquiriram a habilidade de replicação e formação de um envoltório proteico protetor; assim organizados, teriam escapado da célula hospedeira;
- os vírus teriam derivado de células que sofreram regressão, perdendo suas partes características e ficando apenas com o material genético e uma estrutura protetora ao redor; esta é, das três hipóteses descritas, a considerada menos possível.

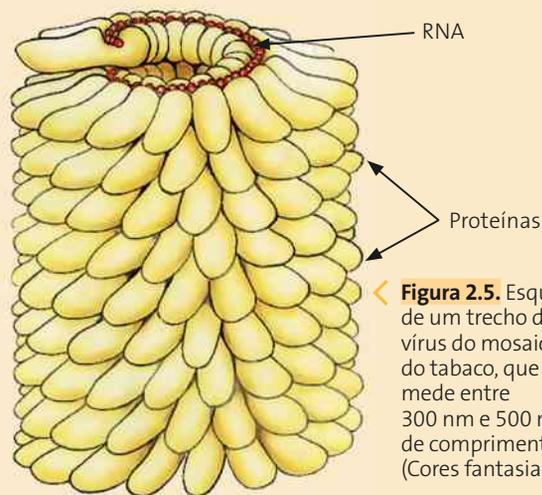


Figura 2.5. Esquema de um trecho do vírus do mosaico do tabaco, que mede entre 300 nm e 500 nm de comprimento. (Cores fantasia.)

Walter Caldera

*Dados obtidos em: *Viruses and the tree of life*, Mindell e colaboradores, no livro *Assembling the tree of life*, editado por Cracraft e Donoghue, 2004.

2. Vírus de bactérias: os bacteriófagos

Os bacteriófagos são vírus que infectam bactérias. Os mais estudados são conhecidos como **fagos T4** (Fig. 2.6), vírus que infectam a bactéria intestinal *Escherichia coli*. O T4 possui cápsula proteica complexa, com uma região poligonal denominada cabeça e uma região cilíndrica denominada cauda, formada por uma bainha cilíndrica contrátil associada a fibras proteicas. Na região da cabeça, encontra-se uma molécula de DNA (Fig. 2.7).

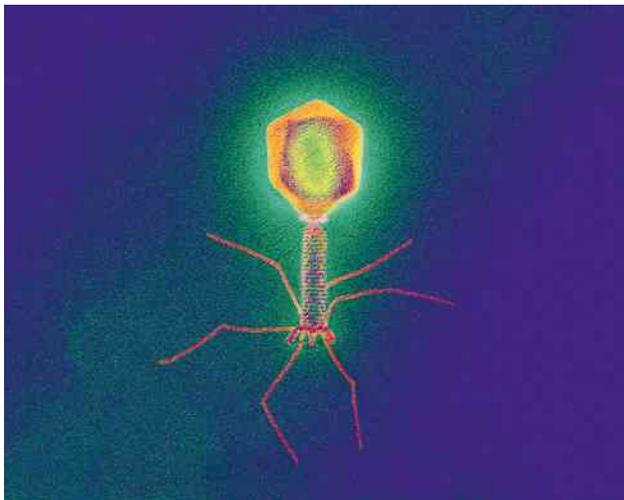


Figura 2.6. Eletromicrografia de transmissão de um bacteriófago T4. Mede cerca de 95 nm de comprimento. (Cores artificiais.)

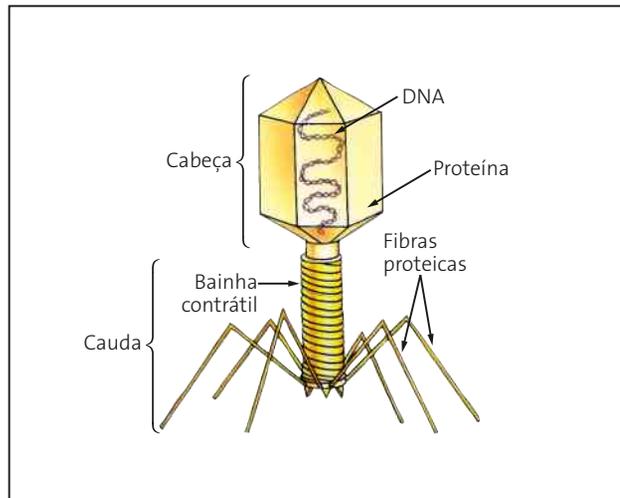


Figura 2.7. Esquema de um bacteriófago T4. (Cores fantasia.)



Despertando ideias

Professor(a), veja nas Orientações didáticas os comentários e as respostas das questões dissertativas.

REGISTRE NO CADERNO



Interferência de bacteriófagos no desenvolvimento de bactérias

Objetivo

Analisar um experimento visando testar a interferência de bacteriófagos em culturas de bactérias.

Experimento

Um cientista produziu em laboratório culturas da bactéria *Escherichia coli*. Após obter várias placas de Petri com essas culturas, inoculou em uma região de cada placa uma solução contendo bacteriófagos.

Veja uma representação de uma das placas de Petri utilizadas nesse experimento, com colônias de bactérias bem desenvolvidas, antes e depois da inoculação da solução com bacteriófagos (Fig. 2.8).

Questões

1. Como você explicaria os resultados obtidos?
2. Suponha agora que, após a inoculação de uma cultura de bactérias com uma solução de bacteriófagos, as colônias continuassem a aumentar de tamanho, ou seja, as bactérias continuariam a se reproduzir. Como você poderia explicar esses resultados?

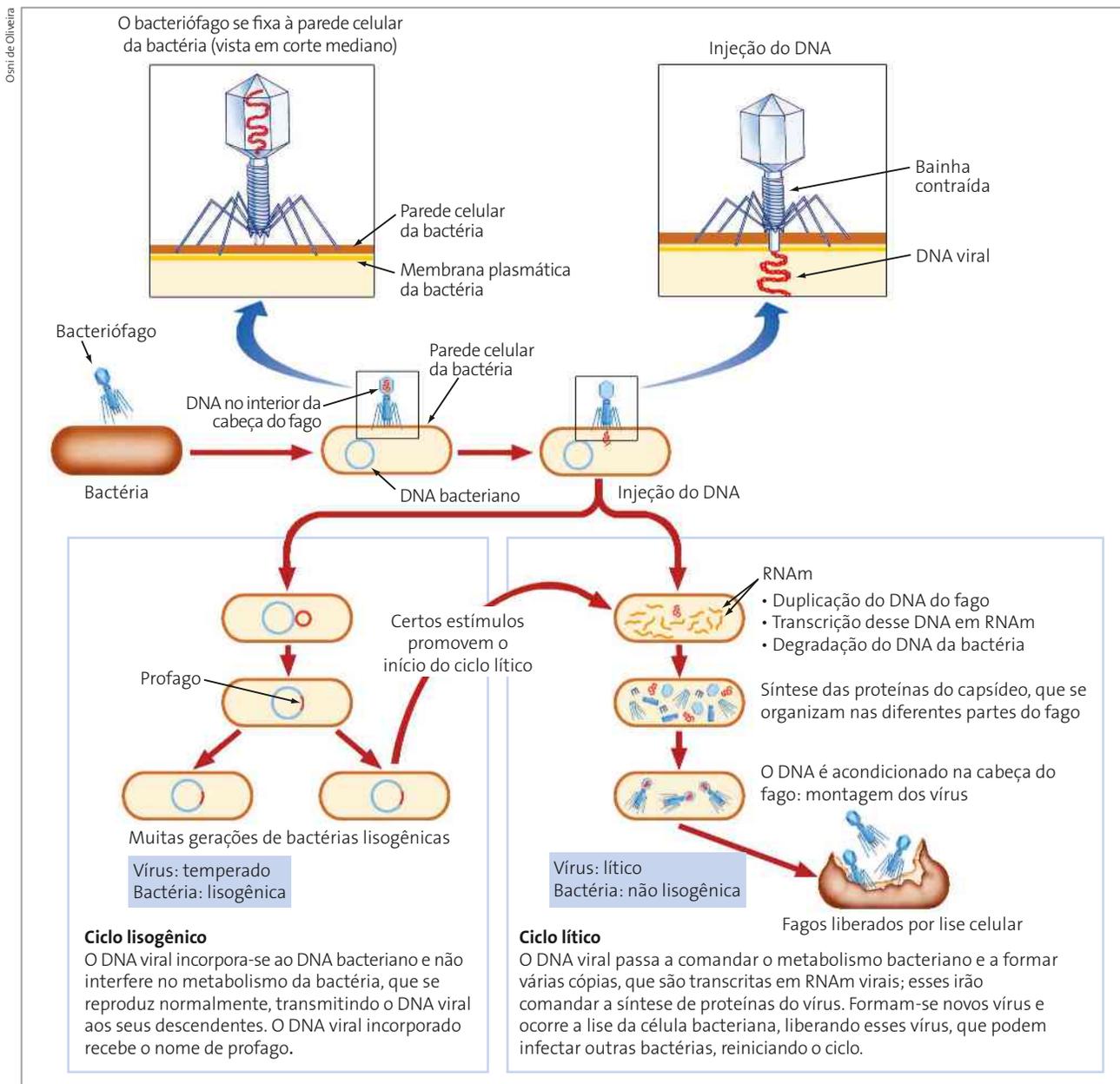


Figura 2.8. Representação do experimento utilizando placas de Petri com colônias de bactérias antes da inoculação e após a inoculação com bacteriófagos. (Elementos representados em diferentes escalas; cores fantasia.)

Assim como acontece com os demais vírus, a reprodução ou replicação dos bacteriófagos ocorre somente no interior de uma célula hospedeira.

Existem basicamente dois tipos de ciclo de replicação nos bacteriófagos: o **ciclo lítico** e o **ciclo lisogênico**. Esses ciclos começam quando o fago adere à superfície da célula bacteriana por meio das fibras proteicas. A bainha contrátil da cauda se contrai, introduzindo a parte central e tubular na célula, à semelhança de uma microseringa. O DNA do vírus é então injetado no interior da bactéria e a cápsula proteica, agora vazia, fica fora da célula.

A **figura 2.9** mostra esquematicamente a reprodução de um bacteriófago T. Acompanhe a descrição dos ciclos pelo esquema.



▲ **Figura 2.9.** Esquema simplificado dos ciclos lisogênico e lítico em bacteriófagos. (Elementos representados em diferentes escalas; cores fantasia.)

3. Vírus de plantas

Quase todos os vírus de plantas são vírus de RNA sem envelope; há também os de RNA envelopados e os de DNA sem envelope que parasitam plantas, mas esses são mais raros.

Os efeitos mais comuns das infecções virais nas plantas são o surgimento de manchas em folhas, flores e frutos e o declínio na taxa de crescimento.

A transmissão dos vírus das plantas pode ser feita por um vetor (agente que inocula um parasita), como um inseto, um fungo ou um verme nematódeo. Alguns vírus, no entanto, são transmitidos pelo pólen, pelas sementes e mesmo por um mecanismo denominado **difusão me-**

cânica. Nesse último caso, a transmissão ocorre quando uma pessoa manipula uma planta infectada e, em seguida, manipula outra sadia, ou quando os vírus permanecem cristalizados sobre equipamentos agrícolas, que os introduzem nas plantações ao serem utilizados. O vírus do mosaico do tabaco, por exemplo, é transmitido por difusão mecânica; o vírus da batata é transmitido por várias espécies de pulgões.

4. Vírus de animais

Esses vírus podem ser de DNA ou de RNA, envelopados ou não.

A penetração do vírus na célula animal pode ocorrer de várias maneiras, dependendo do tipo de vírus.

Alguns dos vírus envelopados fundem seus envelopes com a membrana plasmática da célula hospedeira e apenas o nucleocapsídeo penetra na célula. É o que acontece, por exemplo, com o vírus causador da Aids, cujo ciclo reprodutivo será detalhado na página 33.

Outros vírus envelopados e todos os não envelopados penetram inteiros na célula por endocitose. É o que acontece com o vírus envelopado que causa o sarampo, com o que causa a gripe e com o vírus não envelopado causador de infecções no trato respiratório (adenovírus).

Em todos os casos, ao longo do processo de infecção da célula hospedeira, capsídeos e envoltórios rompem-se e são degradados. As moléculas de ácido nucleico são liberadas e passam a comandar o metabolismo celular.

As seguintes situações podem ocorrer, dependendo do tipo de ácido nucleico do vírus:

- 1ª) Quando o ácido nucleico é o DNA, o processo de transcrição e tradução é o tradicional. É o caso do adenovírus e dos vírus da varíola, do herpes (Fig. 2.10) e da hepatite.



Figura 2.10. Esquema de vírus do herpes: vírus envelopado de DNA (150-200 nm). (Cores fantasia.)

- 2ª) Quando o ácido nucleico é o RNA, duas situações podem ocorrer, dependendo do tipo de vírus:

- a) o RNA é transcrito em várias outras moléculas de RNA, que passarão a atuar sobre a síntese proteica. É o caso dos vírus da gripe (Fig. 2.11), da raiva, da encefalite e da poliomielite.

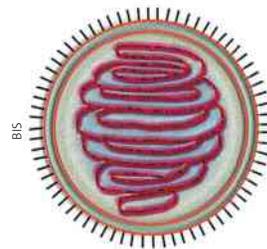


Figura 2.11. Esquema de vírus da gripe: vírus de RNA envelopado (80-200 nm). (Cores fantasia.)

- b) o RNA é inicialmente transcrito em DNA por meio de uma enzima denominada **transcriptase reversa**; esta enzima encontra-se inativa no vírus, mas, assim que penetra na célula hospedeira, torna-se ativa. As moléculas de DNA recém-formadas incorporam-se ao DNA da célula e podem ser transcritas em moléculas de RNA, que passarão a atuar sobre a síntese proteica. Esses são os **retrovírus**, como é o caso do vírus da Aids.



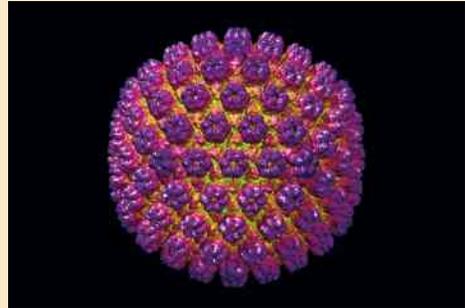
Desde o início do século XX, vários tipos de retrovírus que causam diversas formas de infecção, e mesmo câncer em animais, já foram identificados. Somente em 1980, porém, foi isolado o primeiro retrovírus na espécie humana: o HTLV-I, um retrovírus que infecta linfócitos T e causa um tipo de leucemia (câncer do sangue). Dois anos mais tarde, foi descoberto outro retrovírus, o HTLV-II, que causa outro tipo de leucemia.

O primeiro caso de Aids foi diagnosticado em 1981, mas foi somente em 1983 que se conseguiu demonstrar que essa síndrome é causada por um retrovírus, que recebeu a denominação **vírus da imunodeficiência humana**, ou **HIV** (sigla que deriva do inglês *human immunodeficiency virus*).



CITOMEGALOVÍRUS: DNA E RNA NO MESMO VÍRUS?

Os citomegalovírus (Fig. 2.12) pertencem à família dos agentes causadores do herpes. Em 2000, pesquisadores descobriram que esses vírus apresentam DNA e RNA protegidos pelo mesmo capsídeo, contrariando tudo o que se sabia sobre o material genético dos vírus até então. Estudos posteriores, no entanto, verificaram que esses vírus são, na realidade, vírus de DNA, pois este é o seu material genético, e que as moléculas de RNA presentes no nucleocapsídeo são incorporadas no momento em que o vírus sai da célula hospedeira. Essas moléculas de RNA garantem ao citomegalovírus uma infecção mais rápida, pois, assim que o vírus penetra em outra célula hospedeira, o RNA já inicia a síntese de proteínas antes mesmo que o DNA viral passe a atuar sobre esse processo.



Louise Hughes/SPL/latinstock

Figura 2.12. Esquema feito em computador com base em imagens obtidas em eletromicrografias de citomegalovírus. A figura mostra a estrutura do capsídeo. O citomegalovírus tem cerca de 100 nm. (Cores fantasia.)

5. Os vírus e a saúde humana

Os mecanismos de defesa do corpo humano serão estudados no volume 3 desta coleção.

Vírus, bactérias, protozoários e fungos são os causadores da maioria das doenças infecciosas humanas. Por conta disso, neste livro, nos capítulos referentes a cada um desses grupos de seres vivos, há uma seção relacionada a essas doenças.

Uma infecção acontece quando três fatores estão presentes: o agente etiológico, a transmissão (que pode ocorrer de diferentes formas) e o hospedeiro.

- **Agente etiológico** (patógeno ou agente patogênico): qualquer organismo capaz de causar uma infecção. Assim, o vírus da gripe é o agente etiológico da gripe. Cada patógeno tem certa virulência, isto é, determinada capacidade de infectar um organismo. Quanto maior for a virulência de um agente patogênico, maior a gravidade da doença e maiores os índices de mortalidade associados a ela. Ao contrário do que possa parecer, o termo **virulência** não é aplicado somente aos vírus, mas também às bactérias, aos fungos e aos protozoários patogênicos.
- **Transmissão**: meio de propagação do agente etiológico. As quatro principais vias de transmissão são: por contato, por meio de um veículo (como objetos contaminados), pelo ar ou por um vetor (por exemplo, um inseto). No caso da transmissão pelo ar, os microrganismos não estão “livres”, mas presentes em gotículas quase imperceptíveis de saliva ou de secreções lançadas no meio pelo espirro e pela tosse, que podem viajar pelo ar e atingir as mucosas do nariz e/ou da boca de outras pessoas.

- **Hospedeiro**: organismo no qual o patógeno se instala e se reproduz, caso um dos seus mecanismos de defesa falhe. Os mecanismos de defesa do corpo humano podem ser não específicos, como a barreira da pele e das membranas mucosas, a secreção de lágrimas e de muco, a resposta inflamatória e muitos outros; ou específicos, pela ação de anticorpos produzidos por células do sistema imunitário. A produção de anticorpos pode ser estimulada naturalmente pela presença do agente etiológico no hospedeiro ou pela administração de vacinas.

Os sistemas de defesa do nosso corpo são desafiados constantemente, pois novos agentes patogênicos vão aparecendo e patógenos já conhecidos podem se tornar resistentes aos tratamentos prescritos tradicionalmente. Os microrganismos, em especial os vírus e as bactérias, apresentam três características que resultam nessa rápida evolução:

- velocidade de reprodução muito elevada;
- maior ocorrência de mutações no material genético do patógeno;
- exposição dos microrganismos mutantes à ação do sistema imunitário humano e aos medicamentos, o que acaba selecionando os mais resistentes.

Vamos abordar a seguir algumas das principais doenças provocadas por vírus, com ênfase no ciclo reprodutivo do vírus da Aids.



DOENÇAS EMERGENTES E RESSURGENTES

Cientistas e especialistas em saúde pública chamam de **doenças emergentes** aquelas cuja existência não era conhecida no planeta ou pelo menos na região em que apareceram, e de **doenças ressurgentes** (ou reemergentes) as que retornam com força após muito tempo sob controle. Essas doenças podem ser causadas por vírus ou bactérias. Vamos comentar as que são causadas por vírus.

Doenças emergentes causadas por vírus: alguns exemplos

No início do século XX surgiu a **gripe espanhola**, que é considerada a maior pandemia já registrada, matando, em pouco tempo, milhões de pessoas no mundo todo (Fig. 2.13). O vírus da gripe espanhola derivou da recombinação do material genético do vírus causador de uma gripe aviária com o vírus da gripe humana.

Em 2002, outra doença emergente surgiu: a pneumonia asiática ou síndrome respiratória aguda grave (**SARS**). O primeiro caso foi registrado na Ásia e em seguida a doença já atingia a América do Norte e a Europa.

A principal forma de transmissão do vírus causador da SARS é por meio de gotículas liberadas pela tosse ou pelo espirro de pessoas contaminadas. Graças a um grande esforço internacional, essa doença está hoje controlada.

Em 2005 foi a vez da **gripe aviária**, ou **gripe do frango**, na Ásia, atingindo a Europa pouco tempo depois. Essa doença é causada pelo vírus **H5N1**, que afeta aves, mas que pode ser transmitido a humanos pelo contato direto com as aves infectadas ou por meio de secreções liberadas por elas. A contaminação pode ocorrer inclusive durante a limpeza e a manutenção dos aviários ou criadouros sem os cuidados necessários de proteção, ou durante o abate ou o manuseio de aves infectadas.

O vírus H5N1 penetra no corpo com o ar inspirado ou pelas mucosas (boca, nariz e olhos). Os primeiros sintomas são semelhantes aos da gripe: febre e dores na cabeça e no corpo. O vírus aloja-se nos pulmões e gera uma infecção. Em seguida, age nos rins (podendo causar falência renal), provoca a inflamação do fígado (hepatite) e diarreia severa.

Outros exemplos de doenças emergentes são a Aids, a febre chikungunya, a febre zika e a gripe A (H1N1) (as quais analisaremos a seguir).

Doenças ressurgentes causadas por vírus

A **dengue** é considerada uma doença ressurgente, pois até a reintrodução do *Aedes aegypti* no Brasil, em 1967, ela foi considerada erradicada.

Outro exemplo de doença ressurgente é a **febre amarela**. Embora tenha sido considerada erradicada do Brasil desde 1942, ainda hoje são registrados casos dessa doença. A derrubada maciça de árvores pode levar ao aumento de casos de febre amarela, pois os mosquitos transmissores da forma silvestre podem picar o ser humano.



Figura 2.13. Ginásio de escola nos Estados Unidos, que foi transformado em uma enfermaria para tratar pacientes com gripe espanhola, de 1918 a 1919.

Dados obtidos em: OMS (Organização Mundial da Saúde); Instituto de Ciências Biomédicas da USP (Universidade de São Paulo) e Departamento de Geriatria da Unifesp (Universidade Federal de São Paulo).

5.1. Aids

A Aids é causada pelo HIV, que é um retrovírus envelopado.

Essa síndrome caracteriza-se por um conjunto de infecções oportunistas que surgem por causa da queda da imunidade, ocasionada principalmente pela redução no número de um tipo de linfócito do sangue, chamado **linfócito T auxiliador**, que é destruído pelo HIV. Como esse tipo de célula faz parte do sistema imunitário humano, estimulando outras células desse sistema de defesa a combater invasores do nosso corpo, a redução do número de linfócitos **T** traz como consequência menor eficiência no combate a infecções. Assim, até mesmo infecções mais simples, que seriam facilmente combatidas no organismo de pessoas que têm sistema imunitário normal, passam a se manifestar de forma grave.

Usualmente, o HIV não manifesta sintomas de sua presença logo que se instala no organismo. Pessoas infectadas por esse vírus podem ficar sem sintomas por até cerca de 10 anos, às vezes mais. Essas pessoas, manifestando ou não a síndrome, transmitem o vírus. Assim, o diagnóstico precoce da infecção permite ao paciente o início do tratamento antes mesmo do surgimento dos primeiros sintomas, aumentando sua expectativa de vida, e possibilita que se esclareça ao portador do HIV que ele deve tomar certos cuidados para não transmitir o vírus para pessoas saudáveis.

Quando o HIV se manifesta, surgem vários sintomas iniciais, tais como fadiga, febre, inchaço crônico dos gânglios linfáticos, surgimento de pequenos pontos vermelhos na pele e distúrbios do sistema nervoso central (desde fortes dores de cabeça até encefalite).

Em estágios mais avançados da síndrome, diversas doenças oportunistas podem acabar levando o indivíduo à morte. Algumas das mais comuns são infecções pelo vírus do herpes (causa ulcerações na boca e/ou órgãos genitais), infecção pelo fungo *Candida albicans* (provoca a doença popularmente conhecida por sapinho), tuberculose, câncer dos gânglios linfáticos, pneumonia, encefalite, meningite, infecção do fígado e da medula óssea. É comum também ocorrer grande perda de peso e perda gradual da precisão do raciocínio e da locomoção, além do surgimento de um tipo de câncer de pele denominado sarcoma de Kaposi.

O vírus HIV pode ser transmitido das seguintes maneiras:

- por contato sexual sem preservativo com pessoa portadora do HIV;
- por transfusão de sangue ou transplante de órgãos contaminados pelo HIV;
- pelo uso de seringa ou outro material cirúrgico ou cortante não esterilizado contaminados pelo HIV;

- de mãe para filho, no caso de mulheres grávidas contaminadas pelo HIV, que podem transmitir o vírus para o filho através da placenta, no momento do parto ou na amamentação;
- por inseminação artificial com sêmen contaminado pelo HIV.

A transmissão do vírus da Aids **não** ocorre pelo contato social com pessoas portadoras do HIV, por picadas de mosquitos ou durante atividades esportivas, desde que não ocorram ferimentos e contato com o sangue contaminado.

As principais medidas preventivas contra a contaminação pelo HIV são:

- implantar controles rígidos em bancos de sangue, de sêmen, de leite e de órgãos, para que não sejam disponibilizados materiais contaminados pelo HIV;
- usar apenas seringas descartáveis e materiais cirúrgicos esterilizados;
- conscientizar mulheres portadoras do HIV sobre os riscos da contaminação do filho durante a gravidez, o parto e a amamentação e a procurar orientação médica visando à adoção de medidas que possam evitar a transmissão dos vírus ao bebê;
- usar preservativo nas relações sexuais;
- evitar contato direto com o sangue de outras pessoas, mesmo quando se tratar de ferimentos na pele ou sangramento pelo nariz; nesses casos, o uso de luvas descartáveis é essencial.

O vírus da Aids tem duas moléculas de RNA, protegidas por várias cápsulas proteicas, formando o nucleocapsídeo. Este é envolto pelo envelope no qual estão imersas várias moléculas proteicas de origem viral.

No interior do vírus, existem moléculas inativas das enzimas **transcriptase reversa**, de uma **integrase** (que promove a integração do DNA viral ao DNA do cromossomo humano) e de uma **protease** (que atua principalmente na fase de organização final das proteínas virais).

O primeiro estágio de qualquer infecção viral é a união do vírus com proteínas específicas presentes na membrana plasmática da célula que será invadida. Sabe-se que os diferentes tipos de vírus têm afinidades com células específicas. No caso do HIV, as moléculas proteicas de seu envelope têm grande afinidade com uma proteína denominada **CD4**, presente na membrana plasmática de alguns tipos de célula do corpo humano. As principais são os linfócitos T auxiliares, que, em função da presença dessa proteína na membrana plasmática, também são chamados de linfócitos CD4.

A principal característica de um indivíduo com Aids é a redução no número de linfócitos CD4, o que o deixa suscetível a infecções.

O ciclo reprodutivo do vírus da Aids está esquematizado na **figura 2.14**. Analise-a e acompanhe a descrição pelo texto.

A infecção pelo HIV começa quando proteínas do envelope desse vírus se unem às proteínas receptoras CD4 das células humanas.

A seguir, o envelope incorpora-se à membrana da célula e o nucleocapsídeo penetra no citoplasma.

O capsídeo é degradado e as moléculas de RNA e de enzimas virais são liberadas. A transcriptase reversa transcreve o RNA viral em moléculas de DNA viral denominadas **provírus**.

O DNA viral migra para o núcleo e é incorporado ao DNA da célula hospedeira, por ação da enzima viral integrase. Uma vez incorporado, o DNA viral sofrerá duplicação, juntamente com o DNA da célula hospedeira, todas as vezes que a célula se dividir. Desse modo, uma vez que o vírus esteja instalado, a infecção é permanente.

O DNA viral incorporado ao DNA celular pode permanecer por algum tempo em estado latente, sem dar sinal de sua existência.

Entretanto, ele pode sair desse estado de latência, passar a comandar os mecanismos celulares e copiar seus

genes em RNA. Algumas das moléculas de RNA assim produzidas comporão o material genético de novos vírus, enquanto outras atuarão como RNAm, conduzindo a maquinaria celular, no sentido de produzir as proteínas virais.

Depois de produzidas, essas proteínas são quebradas em moléculas de proteínas menores, por ação das proteases virais. Formam-se assim as proteínas do envelope, as proteínas do capsídeo e as enzimas virais.

As proteínas do envelope migram para a membrana plasmática da célula hospedeira, associando-se à bicamada fosfolipídica. Para esses locais migram também as proteínas do capsídeo, as enzimas e o RNA.

O vírus se organiza e se desprende da célula, levando parte da bicamada lipídica da célula hospedeira.

Em alguns casos, a produção de novos vírus em cada célula ocorre lentamente, sendo produzidos poucos vírus por vez. São casos em que a célula não é destruída, falando-se em reprodução controlada do vírus. Em outros casos, no entanto, a produção de novos vírus é muito rápida, formando-se muitos de uma só vez. São casos em que a célula sofre ruptura, sendo destruída e liberando muitos vírus: a essa ruptura dá-se o nome de lise celular.

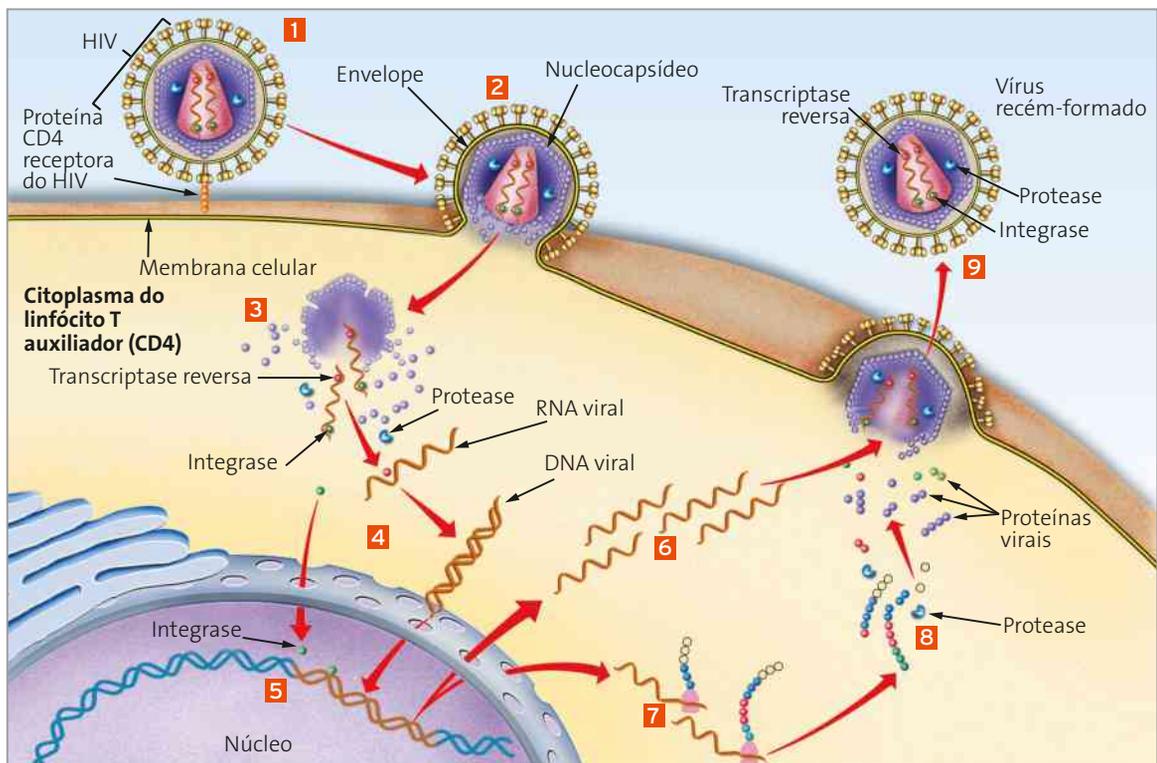


Figura 2.14. Esquema de ciclo reprodutivo do vírus HIV. Estruturas representadas em corte. (Elementos representados em diferentes escalas; cores fantasia.)

- 1 — União do vírus ao linfócito T (ligação à proteína CD4).
- 2 — Fusão do envelope do vírus com a membrana da célula.
- 3 — Liberação do RNA viral e das enzimas.
- 4 — Transcrição reversa.
- 5 — Integração do DNA viral ao DNA celular por ação da enzima integrase.
- 6 — Transcrição do RNA viral no núcleo: a célula usa o DNA viral como molde para a produção de RNA viral, que passa para o citoplasma.
- 7 — Síntese de proteínas.
- 8 — Quebra da cadeia polipeptídica por ação da protease, dando origem às diferentes proteínas virais.
- 9 — Montagem e liberação do vírus.



VACINA ANTI-HIV E TRATAMENTO DE PESSOAS INFECTADAS

Conhecer o ciclo de vida de parasitas é fundamental para estabelecer medidas profiláticas e para desenvolver medicamentos que possam combater a parasitose. No combate ao HIV, muito se tem investido no esclarecimento das pessoas para adoção de medidas profiláticas e no desenvolvimento de vacinas e medicamentos.

Hoje em dia já existem protótipos de vacinas anti-HIV em fase de testes clínicos. Infelizmente, um fator que tem ameaçado o sucesso da vacina é a alta taxa de mutação que o vírus apresenta.

Muitos são os medicamentos empregados atualmente contra o HIV, como as drogas que atuam em diferentes etapas do seu ciclo de vida. Essas drogas têm possibilitado aumentar a expectativa de vida de pessoas portadoras do vírus, mas já existem relatos de mutações responsáveis pelo surgimento de vírus resistentes a elas.

Assim, na tentativa de impedir o aparecimento desses vírus resistentes, o tratamento clínico atual utiliza a associação de antivirais, que constituem o coquetel de drogas indicado no tratamento das pessoas infectadas.

O combate ao HIV tem sido feito de forma intensiva, pois esse vírus já provocou a morte de milhões de pessoas no mundo.

5.2. Gripe e resfriado

A gripe é uma doença causada por variedades do vírus *Influenzavirus* que são transmitidas de uma pessoa para outra por gotículas de secreções, como a saliva, espalhadas pelo ar. Esses vírus afetam o trato respiratório, provocando diferentes sintomas, como coriza, tosse, dificuldade para respirar, febre, dor de cabeça, dores musculares e fraqueza.

A gripe H1N1, que voltou a ter aumento significativo de casos em 2016, é causada pelo vírus H1N1, um subtipo do *Influenzavirus A*.

Os vírus da gripe são altamente mutagênicos e, por isso, não se consegue produzir uma vacina que confira imunidade permanente. As vacinas contra a gripe devem ser tomadas todos os anos, especialmente por crianças, gestantes e idosos.

Entre as medidas de prevenção da gripe, estão:

- lavar frequentemente as mãos com água e sabão ou desinfetá-las com produtos à base de álcool;
- proteger o nariz e a boca, cubrindo-os enquanto espirra ou tosse, e usar lenços descartáveis;
- evitar aglomerações e manter os ambientes arejados;
- não levar as mãos aos olhos, boca ou nariz depois de ter tocado em objetos de uso coletivo;
- não compartilhar copos, talheres ou objetos de uso pessoal.

Os resfriados são causados pelos rinovírus, um tipo diferente do vírus que provoca a gripe. Existem cerca de

duzentos tipos de rinovírus. Os sintomas dos resfriados são semelhantes aos da gripe, mas menos intensos. O contágio também é feito por gotículas de saliva espalhadas no ar por pessoas contaminadas.

Professor(a), veja nas Orientações didáticas mais informações a respeito das doenças causadas por vírus em seres humanos.

5.3. Outras doenças humanas causadas por vírus

Catapora ou varicela

- **Modo de transmissão:** saliva ou contato com objetos contaminados pelas lesões da pele.
- **Características da infecção:** pequenas e numerosas feridas no corpo, que geralmente não deixam cicatrizes.
- **Medidas profiláticas:** vacinação, tratamento dos doentes e evitar contato direto com eles.

Caxumba

- **Modo de transmissão:** saliva; uso comum de copos, garfos ou outros objetos contaminados sem higienização adequada.
- **Características da infecção:** inflamação das glândulas salivares, principalmente as parótidas. Pode haver infecção em testículos e ovários.
- **Medidas profiláticas:** vacinação, tratamento dos doentes e evitar contato com objetos contaminados com a saliva dos doentes.

Dengue

- **Modo de transmissão:** picada do mosquito *Aedes aegypti* (Fig. 2.15), lembrando que somente as fêmeas são hematófagas (alimentam-se de sangue), portanto somente elas transmitem o vírus. Esses insetos são os vetores da doença.
- **Características da infecção:** na dengue clássica (cerca de 95% dos casos), geralmente o doente apresenta febre alta, dor de cabeça, dores nas juntas, fraqueza, falta de apetite, manchas vermelhas na pele e pequenos sangramentos. Raramente é fatal. Na dengue hemorrágica os sintomas iniciais são semelhantes aos da dengue clássica, porém, depois que a febre começa a ceder, a pessoa passa a apresentar queda acentuada de pressão arterial devido a hemorragias, que podem causar a morte. É importante não ingerir remédios à base de ácido acetilsalicílico (aspirina), pois esse componente pode provocar sangramentos.
- **Medidas profiláticas:** combate ao *Aedes aegypti*, não deixando caixas-d'água ou reservatórios sem tampa e água parada em vasos, pneus, latas ou qualquer outro recipiente, pois as fêmeas desse mosquito colocam seus ovos na água, onde as larvas se desenvolvem; usar larvicidas e inseticidas para combater as larvas e os adultos desses insetos. Tratar os doentes.

Febre amarela

- **Modo de transmissão urbana:** picada das fêmeas do mosquito *Aedes aegypti* (Fig. 2.15).



Figura 2.15. Fotografia de *Aedes aegypti* fêmea se alimentando de sangue humano. Mede cerca de 5 mm de comprimento.

- **Modo de transmissão silvestre:** picada de fêmeas de várias espécies de mosquitos do gênero *Haemagogus* e *Sabethes*. Os macacos são os principais hospedeiros desses vírus.

- **Características da infecção:** pode ser desde inaparente até fulminante; o vírus afeta principalmente o fígado, o que dá aspecto amarelado à pele do doente. Afeta também baço, rins, medula óssea e linfonodos (gânglios linfáticos), podendo levar o indivíduo à morte.
- **Medidas profiláticas:** erradicação dos insetos vetores; tratamento do doente; vacinação. A vacina é disponibilizada gratuitamente nos postos de saúde, com validade de 10 anos. A vacina deve ser tomada cerca de 10 dias antes de viagens para locais de risco de transmissão.

Hepatite (tipos mais comuns: A, B e C)

- **Modo de transmissão da hepatite A:** ingestão de água ou de alimentos contaminados pelo vírus (moscas e baratas podem carregar em seus corpos fezes de pessoas que tenham hepatite e transportar esses vírus para alimentos). Fezes de pessoas com hepatite podem contaminar a água de rios e mares.
- **Modo de transmissão das hepatites B e C:** relações sexuais sem preservativo com parceiro(a) contaminado(a); tatuagens feitas com instrumentos contaminados não esterilizados; transfusões de sangue contaminado; uso de seringas contaminadas.
- **Características da infecção:** o vírus afeta o fígado.
- **Medidas profiláticas contra a hepatite A:** saneamento básico; tratamento da água; higienização das mãos antes das refeições; fiscalização dos processos de manipulação de alimentos; higienização adequada de sanitários; tratamento dos doentes.
- **Medidas profiláticas contra as hepatites B e C:** uso de preservativo nas relações sexuais; vacinação (contra a hepatite B); uso de seringas descartáveis; atenção à qualidade do sangue usado em transfusões; tratamento dos doentes.

Herpes simples

- **Modo de transmissão:** contato direto ou indireto com objetos usados por pessoas infectadas quando as feridas estão na fase de manifestação da doença.
- **Características do herpes tipo I:** pequenas bolhas que se tornam feridas, na pele ou na boca.
- **Características do herpes tipo II (herpes genital):** feridas na região genital e anal; o herpes II é uma doença sexualmente transmissível.
- **Medidas profiláticas:** evitar contato direto ou indireto com as feridas que surgem nas manifestações herpéticas; tratamento dos doentes.

Poliomielite

- **Modo de transmissão:** provavelmente por gotículas de saliva de pessoas contaminadas ou ingestão de água ou alimentos contaminados por fezes de doentes.
- **Características da infecção:** afeta o sistema nervoso e a musculatura. A doença pode ser inaparente ou grave, com casos de paralisia severa, que pode levar até mesmo à morte. A forma mais conhecida é a paralisia infantil.
- **Medidas profiláticas:** vacinação com a vacina Salk (injetável, com vírus inativado) e a vacina Sabin (oral, com vírus atenuado). No Brasil, a vacinação contra a poliomielite é feita com doses injetáveis aos dois, quatro e seis meses de vida. Como reforço, a vacinação oral (Fig. 2.16) é administrada aos 15 meses, quatro anos e anualmente durante a campanha nacional, para crianças até quatro anos.



^ Figura 2.16. Vacinação oral contra a poliomielite.

Raiva

- **Modo de transmissão:** por meio da mordida de animal infectado, principalmente cachorro.
- **Características da infecção:** alterações respiratórias; aumento da frequência cardíaca (taquicardia); afeta o sistema nervoso central, causando sérios danos, podendo levar à morte. Quando ocorrer a mordida, deve-se lavar o ferimento com água limpa e sabão e procurar rapidamente serviço médico. Existem soro e vacina antirrábicos, de grande eficácia, se aplicados o mais brevemente possível após a mordida.

- **Medidas profiláticas:** vacinação de cães (Fig. 2.17).



^ Figura 2.17. A vacinação de cães é uma importante medida profilática contra a raiva.

Rubéola

- **Modo de transmissão:** contato direto com pessoas contaminadas ou contato com gotículas de saliva disseminadas no ar por essas pessoas.
- **Características da infecção:** febre baixa, aumento dos linfonodos do pescoço e pequenas manchas vermelhas no corpo. Geralmente não é grave, mas quando se manifesta em gestantes, especialmente nos primeiros meses de gravidez, pode acarretar a morte do feto ou complicações como surdez e catarata no bebê.
- **Medidas profiláticas:** vacinação; mulheres que não tomaram a vacina nem tiveram rubéola precisam ser vacinadas pelo menos 6 meses antes de engravidar; evitar contato com doentes; tratamento dos doentes.

Sarampo

- **Modo de transmissão:** gotículas de saliva eliminadas por pessoas contaminadas. O vírus penetra pela mucosa das vias respiratórias, disseminando-se pelo corpo via corrente sanguínea.
- **Características da infecção:** febre e manchas vermelhas na pele, tosse, coriza e manchas brancas na face interna das bochechas. Geralmente não é grave, mas pode evoluir para complicações graves e até mesmo fatais, especialmente em crianças desnutridas.
- **Medidas profiláticas:** vacinação; tratamento dos doentes e o mínimo contato direto possível com pessoas contaminadas pelo vírus.

Varíola

- **Modo de transmissão:** gotículas de saliva e uso de objetos, como talheres e copos, contaminados pelo vírus, além de contato com secreções e crostas das lesões. O vírus penetra pela mucosa das vias respiratórias e dissemina-se no corpo pela corrente sanguínea, instalando-se preferencialmente na pele.
- **Características da infecção:** feridas grandes e numerosas na pele, que deixam cicatrizes. Hoje é considerada erradicada, mas causou numerosas mortes e deixou sequelas em muitas pessoas em todo o mundo na década de 1950. No Brasil, os últimos casos registrados ocorreram em 1971.
- **Medidas profiláticas:** vacinação; tratamento dos doentes.



Colocando em foco

FEBRE CHIKUNGUNYA E FEBRE ZIKA

Professor(a), acompanhe os estudos a respeito de outras possíveis formas de transmissão do zika vírus.

A **febre chikungunya** começou a ocorrer no Brasil a partir de 2010. Os sintomas da doença são semelhantes aos da dengue, com febre alta, dor muscular e nas articulações, dor de cabeça e aparecimento de manchas avermelhadas na pele. Essa doença raramente é fatal, mas alguns doentes desenvolvem artrite, uma inflamação nas articulações do corpo.

A **febre zika** é causada pelo zika vírus, e teve o primeiro caso registrado no Brasil em abril de 2015. O zika vírus tem esse nome por ter sido identificado pela primeira vez na floresta Zika, em Uganda, em 1947. Ele foi isolado a partir de macacos da região.

Cerca de 80% das pessoas infectadas por esse vírus não desenvolvem manifestações clínicas da doença. Quando aparecem, os primeiros sintomas são dor de cabeça, febre baixa, dores leves nas articulações, manchas vermelhas na pele, coceira e vermelhidão nos olhos. Em menor frequência podem aparecer inchaço no corpo, dor de garganta, tosse e vômito. Com exceção das dores nas articulações, que podem ser persistentes, os demais sintomas desaparecem após 3 a 7 dias. Formas graves são raras, mas quando ocorrem podem causar a morte dos pacientes. O zika vírus pode levar ao desenvolvimento da síndrome de Guillain-Barré, que é caracterizada pelo comprometimento do sistema de defesa do corpo, o qual passa a atacar o sistema nervoso do paciente, ocasionando paralisia muscular e risco de morte. Essa síndrome pode ter outras causas, além do zika vírus.

No Brasil, a partir do segundo semestre de 2015, o zika vírus contraído por mulheres grávidas passou a ser associado a casos de nascimento de bebês com microcefalia, ou seja, bebês que apresentam o tamanho da cabeça reduzido, característica relacionada a um baixo desenvolvimento do cérebro. A microcefalia pode ser associada a outras causas, como toxoplasmose, vírus da herpes e citomegalovírus, e deve ser diagnosticada e acompanhada por diferentes profissionais da saúde, pois pode levar a diversos problemas neurológicos, cognitivos e motores, decorrentes do baixo desenvolvimento cerebral.

A forma comprovada de transmissão do zika vírus é pela picada das fêmeas do mosquito *Aedes aegypti* contaminadas pelo vírus. Outras possíveis formas de transmissão estão em estudo.

As medidas profiláticas são as mesmas já mencionadas para a dengue.

Além delas, outras formas de combate têm sido empregadas com sucesso em algumas regiões:

- a soltura de mosquitos machos transgênicos da espécie na natureza; esses machos, ao copularem com as fêmeas, produzem embriões que não se desenvolvem;
- a soltura de machos esterilizados por radiação, de modo a não haver formação de ovo viável após a cópula.

Essas práticas controlam o tamanho da população de insetos na natureza e os machos transgênicos e esterilizados não oferecem risco à população humana, pois se alimentam exclusivamente da seiva ou do néctar extraído de plantas.



Vacinas e soros

As vacinas têm por objetivo desencadear em nosso organismo um mecanismo de **imunização ativa**. Na vacinação, são introduzidas em nosso corpo formas atenuadas das toxinas ou dos próprios microrganismos causadores das doenças, de modo a estimular nosso sistema imunitário a produzir **anticorpos**. Estes são proteínas especiais que combatem os **antígenos**, elementos estranhos ao organismo. Cada antígeno desencadeia a produção de um anticorpo, de modo que a reação antígeno-anticorpo é muito específica.

A grande vantagem da vacinação é que nosso corpo fica pronto para reagir imediatamente no caso de uma infecção por microrganismo causador de doença. Isso ocorre porque inocula-se em um indivíduo sadio, pela primeira vez, uma pequena quantidade de um antígeno atenuado, e o corpo do indivíduo reage como se estivesse recebendo o agente ativo da doença. Assim estimulado, o organismo passa a produzir anticorpos, que estarão disponíveis no sangue somente após alguns dias. Nessa primeira inoculação, a resposta imunitária é lenta, com produção de pequena quantidade de anticorpos. Entretanto, ela deixa o organismo preparado ou programado para que, se uma segunda inoculação ocorrer, a resposta imunitária seja mais rápida e com maior produção de anticorpos. Fala-se em **memória imunitária**. Desse modo, se o indivíduo for infectado por vírus ou bactéria causadores de uma doença contra a qual já recebeu vacina, ele estará pronto para reagir contra esses seres, e a doença não se manifestará ou será mais branda.

A vacinação é a principal maneira de se prevenir contra a maioria das doenças transmitidas ao ser humano por meio de vírus ou de bactérias. Neste capítulo, mencionamos a existência de vacinas para algumas das doenças provocadas por vírus. Consulte os calendários básicos de vacinação para doenças transmitidas por vírus e bactérias. Esses calendários são estabelecidos por portarias do Ministério da Saúde e estão disponíveis em: <<http://portal.saude.gov.br>>. (Acesso em: fev. 2016.)

Os **soros** são diferentes das vacinas porque contêm os anticorpos já prontos para serem introduzidos em nosso corpo e combater rapidamente o antígeno. Quando uma pessoa é mordida por serpente, por exemplo, aplica-se soro, e não vacina. O antígeno é muito potente, e o organismo não tem tempo suficiente para a produção de anticorpos antes que os efeitos do veneno se manifestem. Assim, é recomendável que o soro seja administrado o mais rápido possível após a picada ou mordida por animal peçonhento. Os soros correspondem a um processo de **imunização passiva**, pois os anticorpos não são produzidos pelo sistema imunitário como uma resposta ativa a um antígeno. Os anticorpos são introduzidos prontos e têm curta duração no corpo humano.

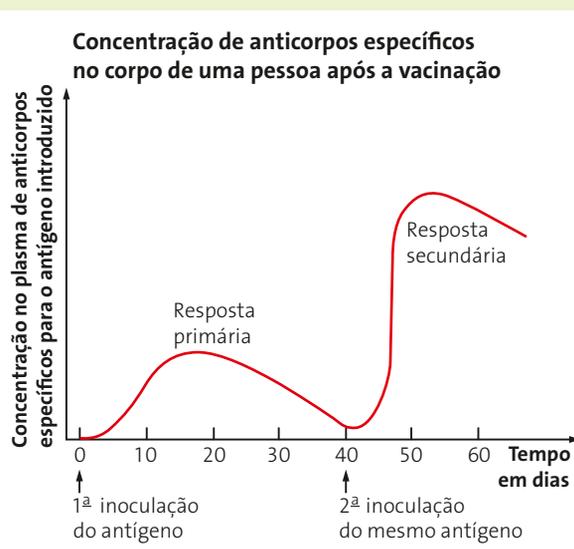
Os soros são em geral aplicados após a inoculação de um antígeno em nosso corpo, e as vacinas, antes, como medida preventiva.

Um caso diferente é a **vacina antirrábica**, que é aplicada após a pessoa ter sido mordida por um animal, como o cão, na prevenção da raiva. Nesse caso, a vacinação é eficiente mesmo após a mordida. Isso só é possível porque o vírus da raiva, antes de passar para o sistema nervoso, onde atua, fica no local da mordida, tempo suficiente para que a vacina possa fazer efeito. Depois que o vírus passa para o sistema nervoso, o sistema imunitário não consegue mais atuar. Por isso, quanto antes a pessoa receber a vacina após a mordida, maior será a chance de a doença não se manifestar. Junto com a vacina antirrábica, geralmente se injeta soro rico em imunoglobulinas, que atuam como imunização passiva, pois contêm anticorpos prontos para combater o vírus.

Resposta imunitária primária (o indivíduo recebe o antígeno pela primeira vez) — o tempo para a produção de anticorpos é maior e a quantidade de anticorpos produzidos é menor, comparando-se com o que ocorre na resposta secundária.

Resposta imunitária secundária (o indivíduo recebe o mesmo antígeno pela segunda vez) — o tempo para a produção de anticorpos é menor e a quantidade de anticorpos produzidos é maior, comparando-se com o que ocorre na resposta primária.

Fonte do gráfico: adaptado de PURVES, W. K. et al. *Life: The Science of Biology*. Nova York: W. H. Freeman, 2003.



B15

1. Em uma comunidade em que há medidas de saúde pública que disponibilizam vacinas para a população, assegurando a imunização das pessoas, o grau de saúde geral da comunidade é melhor. Cada pessoa vacinada é, potencialmente, mais saudável. Consulte sua carteira de vacinação e veja quais vacinas já tomou. Faça uma relação dessas vacinas e compare com a tabela de vacinação disponível no *site* do Portal da Saúde, do Ministério da Saúde. Veja se seu esquema de vacinação está em dia. Caso não esteja, seria importante conversar com os responsáveis por você ou com um médico, ou mesmo ir a um posto de saúde procurar informações. Discuta com seus colegas sobre a importância da vacinação e divulgue na escola, por meio de cartazes, os calendários de vacinação, explicando o que é vacina e qual é a diferença entre ela e os soros.
2. Como trabalho em grupo, façam uma pesquisa a respeito do andamento dos estudos de produção de vacina contra doenças novas e emergentes. Com os dados em mãos, troquem informações com os demais colegas. Vocês deverão discutir a importância dos investimentos em pesquisas para o desenvolvimento de vacinas.
3. Ainda em grupos, procurem mais informações sobre o que são soros e quais os soros produzidos no Brasil. Divulguem os resultados em um *blog* da classe.



Retomando

Neste capítulo, você aprendeu a respeito dos vírus e seu ciclo de vida e conheceu as principais doenças causadas por esses organismos. Compare o que você aprendeu com as respostas que deu às questões do **Pense nisso** e reescreva-as. Por que os vírus são chamados parasitas intracelulares obrigatórios? O que significa dizer que determinadas variedades de vírus são altamente mutagênicas? Quais são as implicações disso para o combate às doenças causadas por eles?

Professor(a), veja nas Orientações didáticas os comentários e as respostas das questões dissertativas.



Ampliando e integrando conhecimentos

REGISTRE
NO CADERNO

Atividade 1 Aids e o modo de ação dos antivirais Habilidades do Enem: H2, H11, H13, H19, H30.

A Assembleia Mundial de Saúde, reunida em outubro de 1987, com apoio da Organização das Nações Unidas (ONU), declarou o dia 1º de dezembro como o Dia Mundial de Luta contra a Aids. No Brasil, essa data passou a ser adotada a partir de 1988, por meio de uma portaria assinada pelo Ministério da Saúde. Em 1991, em Nova York, profissionais da área artística idealizaram o laço vermelho como símbolo de solidariedade e de comprometimento na luta contra a Aids, amplamente empregado nos dias atuais. Segundo seus idealizadores, a cor vermelha foi escolhida devido à sua ligação ao sangue e à ideia de paixão.

Uma pessoa soropositiva não transmite o vírus por toque, abraço ou aperto de mão e merece carinho, atenção e compreensão. Ela tem o direito de receber tratamento adequado quanto antes, o que pode contribuir para aumentar sua expectativa de vida. Em 1996, foi promulgada a Lei n. 9.313, que estabelece a distribuição gratuita de medicamentos aos portadores de HIV.

Entre os medicamentos anti-HIV administrados no Brasil, há os que combinam dois inibidores de transcriptase reversa e um de ação proteolítica (protease). Tomando como base o ciclo de reprodução do HIV apresentado no capítulo, em quais etapas desse ciclo os medicamentos citados atuam?



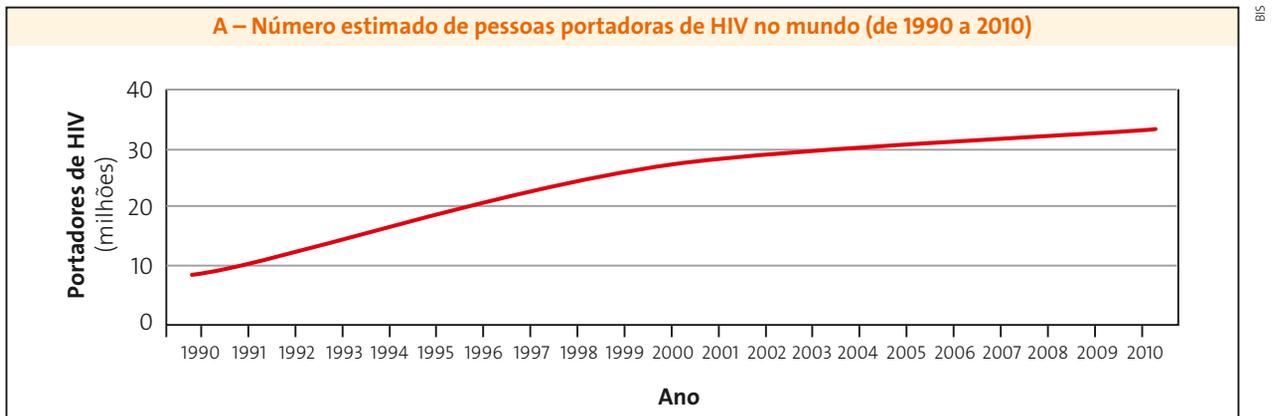
Stockxpert/ImagePlus

^ O laço vermelho é símbolo de solidariedade e comprometimento na luta contra a Aids.

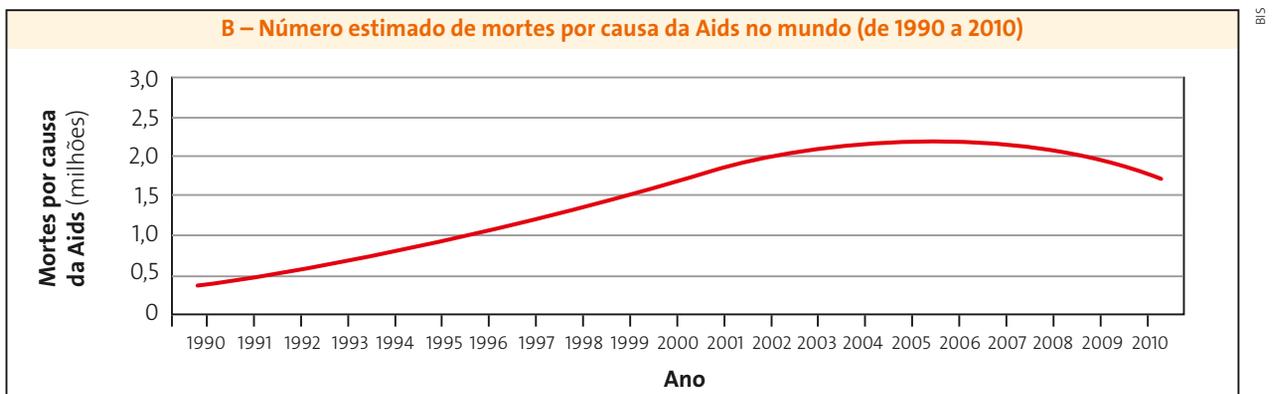
Atividade 2 Aids no mundo Habilidades do Enem: H2, H17, H30.

Nos gráficos a seguir estão reunidos dados obtidos anualmente para a população mundial durante o período de 1990 a 2010.

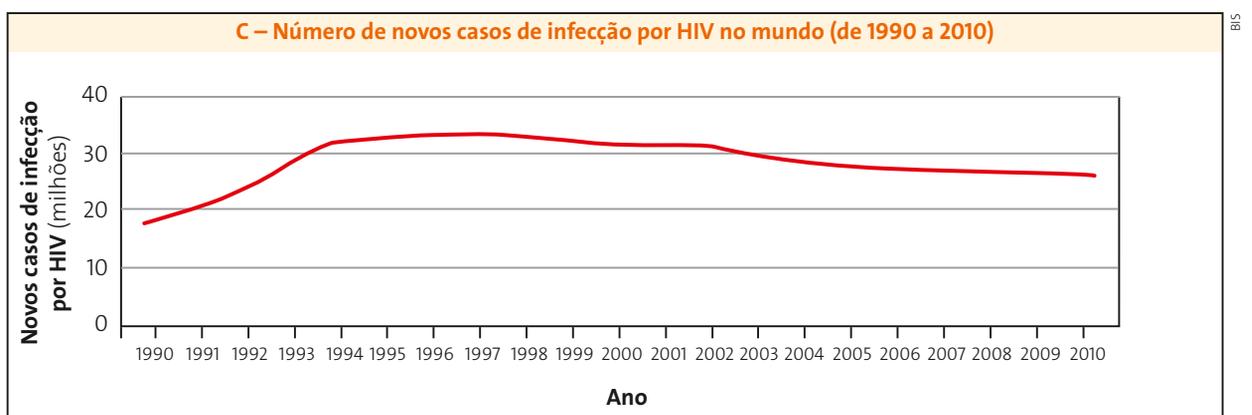
- a) Com base no gráfico A, abaixo, é correto afirmar que o problema da infecção por HIV está se atenuando globalmente? Explique sua resposta.



- b) Com base no gráfico B, a seguir, o que se pode dizer sobre a tendência dos índices de mortalidade por Aids a partir de 2005? O que poderia justificar essa tendência?



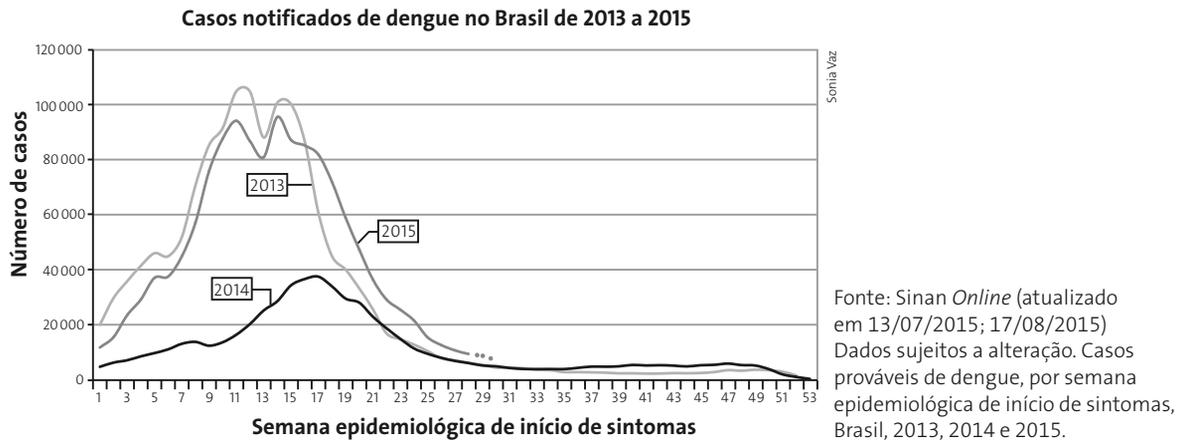
- c) No gráfico C, o que se observa a partir de 1998? Como se justifica essa tendência?
- d) Quais iniciativas as pessoas podem adotar para intensificar a tendência representada pela curva do gráfico C, a partir de 1998?



Fonte dos gráficos: Global HIV/Aids response: epidemic update and health sector progress towards Universal Access. *Progress report 2011*. Disponível em: <http://whqlibdoc.who.int/publications/2011/9789241502986_eng.pdf>. Acesso em: abr. 2016.

Atividade 3 Dengue no Brasil Habilidades do Enem: H17, H19, H30.

Segundo a Organização Mundial da Saúde, o Brasil vive uma epidemia de dengue. Dados do Ministério da Saúde, por meio do Boletim Epidemiológico, disponível em: <<http://portalsaude.saude.gov.br/images/pdf/2015/setembro/23/2015-030---Boletim-Dengue-SE-32-final.pdf>> (acesso em: fev. 2016), mostram que houve, de janeiro a agosto de 2015, um total de 1 390 779 casos notificados de dengue no país. Nesse período, a região Sudeste registrou o maior número de casos (64,2%) em relação ao total do país, seguida das regiões Nordeste (18,0%), Centro-Oeste (12,1%), Sul (3,8%) e Norte (1,9%). Nesse mesmo boletim, é apresentado o gráfico a seguir, que mostra dados dos casos notificados de dengue no Brasil nos anos de 2013, 2014 e até agosto de 2015.



Com base na análise desse gráfico responda:

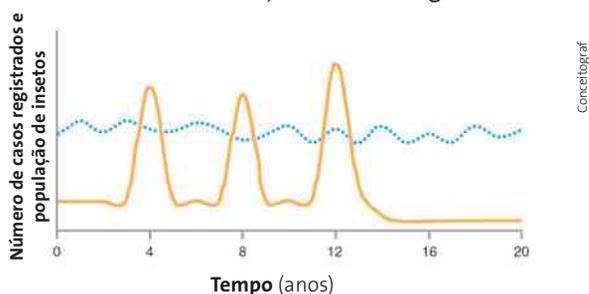
- Em qual ano o número de casos notificados foi menor?
- Considerando que as semanas são numeradas desde a primeira semana do mês de janeiro em diante, em quais semanas dos anos de 2013 e 2015 o número de casos ultrapassou 80 000?
- Em quais meses do ano há maior incidência de casos notificados de dengue considerando os três anos mostrados no gráfico?
- Quais cuidados devem ser tomados para se evitar a proliferação do mosquito transmissor da dengue?
- Quais outras doenças essa mesma espécie de mosquito pode transmitir?



Testes

REGISTRE
NO CADERNO

- (Enem) O gráfico a seguir ilustra, de maneira hipotética, o número de casos, ao longo de 20 anos, de uma doença infecciosa e transmissível (linha cheia), própria de uma região tropical específica, transmitida por meio da picada de inseto. A variação na densidade populacional do inseto transmissor, na região considerada, é ilustrada (linha pontilhada). Durante o período apresentado não foram registrados casos dessa doença em outras regiões.



Sabendo que as informações se referem a um caso típico de endemia, com um surto epidêmico a cada quatro anos, percebe-se que no terceiro ciclo houve um aumento do número de casos registrados da doença. Após esse surto foi realizada uma intervenção que controlou essa endemia devido:

- à população ter se tornado autoimune.
- à introdução de predadores do agente transmissor.
- à instalação de proteção mecânica nas residências, como telas nas aberturas.
- ao desenvolvimento de agentes químicos para erradicação do agente transmissor.
- x e) ao desenvolvimento de vacina que ainda não era disponível na época do primeiro surto.

2. (Enem) A partir do primeiro semestre de 2000, a ocorrência de casos humanos de febre amarela silvestre extrapolou as áreas endêmicas, com registro de casos em São Paulo e na Bahia, onde os últimos casos tinham ocorrido em 1953 e 1948. Para controlar a febre amarela silvestre e prevenir o risco de uma reurbanização da doença, foram propostas as seguintes ações:

- I. Exterminar os animais que servem de reservatório do vírus causador da doença.
- II. Combater a proliferação do mosquito transmissor.
- III. Intensificar a vacinação nas áreas onde a febre amarela é endêmica e em suas regiões limítrofes.

É efetiva e possível de ser implementada uma estratégia envolvendo:

- a) a ação II, apenas.
- b) as ações I e II, apenas.
- c) as ações I e III, apenas.
- d) as ações II e III, apenas.
- e) as ações I, II e III.

3. (Enem) Uma nova preocupação atinge os profissionais que trabalham na prevenção da Aids no Brasil. Tem-se observado um aumento crescente, principalmente entre os jovens, de novos casos de Aids, questionando-se, inclusive, se a prevenção vem sendo ou não relaxada. Essa temática vem sendo abordada pela mídia:

“Medicamentos já não fazem efeito em 20% dos infectados pelo vírus HIV.

Análises revelam que um quinto das pessoas recém-infectadas não haviam sido submetidas a nenhum tratamento e, mesmo assim, não responderam às duas principais drogas anti-Aids. Dos pacientes estudados, 50% apresentavam o vírus FB, uma combinação dos dois subtipos mais prevalentes no país, F e B.”

(Jornal do Brasil, 2 out. 2001.)

Dadas as afirmações acima, considerando o enfoque da prevenção, e devido ao aumento de casos da doença em adolescentes, afirma-se que:

- I. O sucesso inicial dos coquetéis anti-HIV talvez tenha levado a população a se descuidar e não utilizar medidas de proteção, pois se criou a ideia de que estes remédios sempre funcionam.
- II. Os vários tipos de vírus estão tão resistentes que não há nenhum tipo de tratamento eficaz e nem mesmo qualquer medida de prevenção adequada.

III. Os vírus estão cada vez mais resistentes e, para evitar sua disseminação, os infectados também devem usar camisinhas e não apenas administrar coquetéis. Está correto o que se afirma em:

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

4. (Enem) “A contaminação pelo vírus da rubéola é especialmente preocupante em grávidas, devido à síndrome da rubéola congênita (SRC), que pode levar ao risco de aborto e malformações congênitas. Devido a campanhas de vacinação específicas, nas últimas décadas houve uma grande diminuição de casos de rubéola entre as mulheres, e, a partir de 2008, as campanhas se intensificaram e têm dado maior enfoque à vacinação de homens jovens.”

BRASIL. *Brasil livre de rubéola*: campanha nacional de vacinação para eliminação da rubéola. Brasília: Ministério da Saúde, 2009 (adaptado).

Considerando a preocupação com a ocorrência da SRC, as campanhas passaram a dar enfoque à vacinação dos homens, porque eles

- a) ficam mais expostos a esses vírus.
- b) transmitem o vírus a mulheres gestantes.
- c) passam a infecção diretamente para o feto.
- d) transferem imunidade às parceiras grávidas.
- e) são mais suscetíveis a esse vírus que as mulheres.

5. (Unesp) O dogma central da biologia, segundo o qual o DNA transcreve RNA e este orienta a síntese de proteínas, precisou ser revisto quando se descobriu que alguns tipos de vírus têm RNA por material genético. Nesses organismos, esse RNA orienta a transcrição de DNA, num processo denominado transcrição reversa. A mesma só é possível quando

- a) a célula hospedeira do vírus tem em seu DNA nuclear genes para a enzima transcriptase reversa.
- b) a célula hospedeira do vírus incorpora ao seu DNA o RNA viral, que codifica a proteína transcriptase reversa.
- c) a célula hospedeira do vírus apresenta no interior de seu núcleo proteínas que promovem a transcrição de RNA para DNA.
- d) o vírus de RNA incorpora o material genético de um vírus de DNA, que contém genes, para a enzima transcriptase reversa.
- e) o vírus apresenta no interior de sua cápsula proteínas que promovem na célula hospedeira a transcrição de RNA para DNA.

Procariontes

Michael Abbey/Photoresearchers/Latinstock

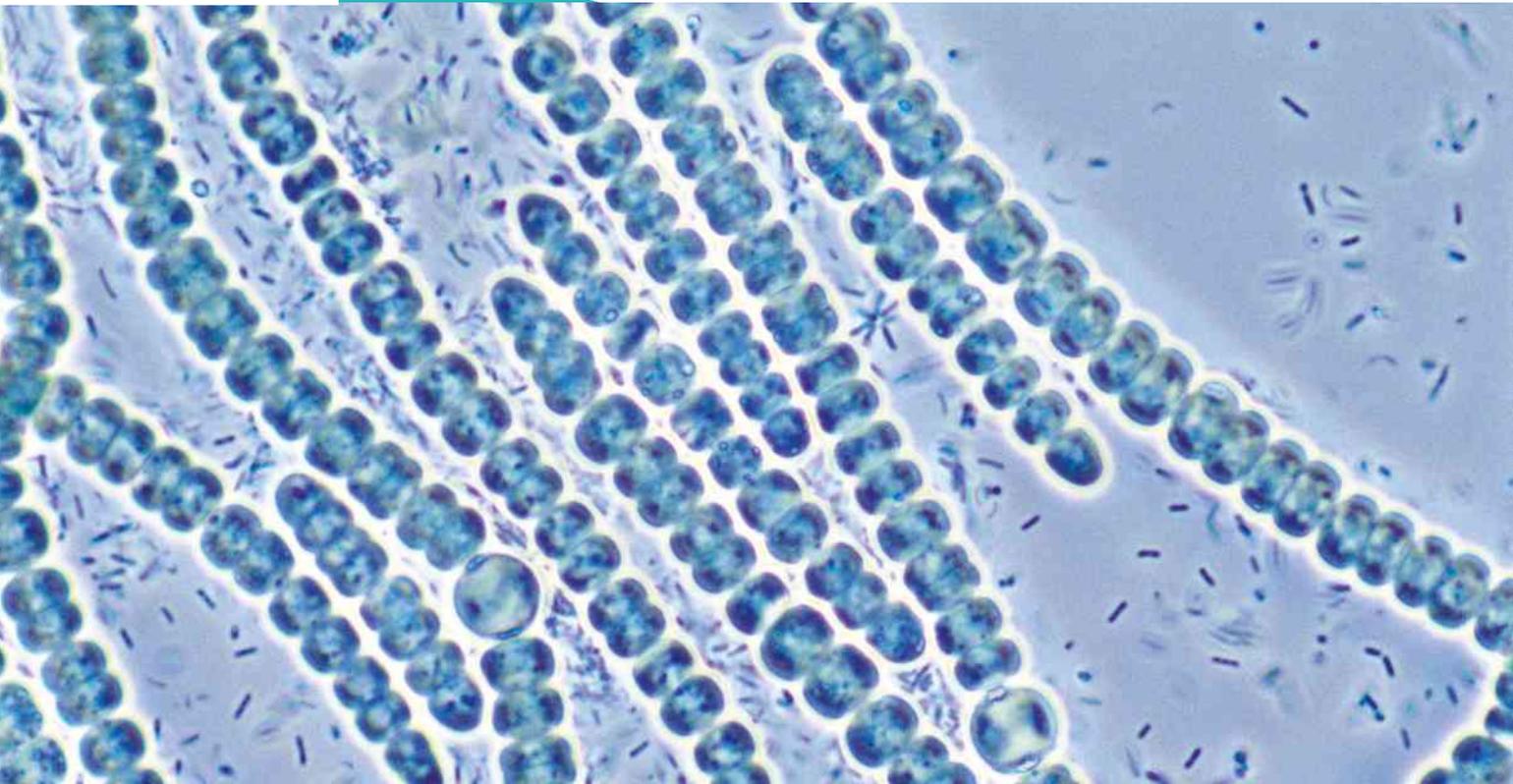


Figura 3.1. As cianobactérias apresentam atributos importantes que ajudam na manutenção da vida na Terra. Um deles é a capacidade de realizar fotossíntese semelhante à das plantas, liberando oxigênio para o ambiente. Outro atributo é a capacidade que certas espécies têm de fixar o nitrogênio atmosférico, processo realizado por células especiais, não clorofiladas, maiores que as demais e que podem ser identificadas nesta fotomicrografia de filamentos da cianobactéria do gênero *Anabaena*. Apesar desses aspectos positivos, algumas espécies podem ser tóxicas ao ser humano quando presentes em excesso na água. Por serem procariontes, as células da *Anabaena* podem ser consideradas grandes, com cerca de 2 µm a 4 µm de diâmetro. Observe que, ao redor dos filamentos, existem inúmeros pequenos bastões, que correspondem às células de outras bactérias.

Professor(a), seria interessante recordar com os estudantes os conceitos de fotossíntese oxigênica, produtor primário, cadeia alimentar e nível trófico, já abordados no volume 1 desta coleção.



Pense nisso

- As cianobactérias atuam como produtoras nas cadeias alimentares aquáticas. Que outros procariontes podem ocupar esse mesmo nível trófico? Explique.
- Quais das situações abaixo acontecem com a participação de bactérias?
tratamento de esgoto — digestão dos alimentos na boca — formação de pus em um ferimento na pele — formação de ferrugem em um portão de ferro — aparecimento de um tumor — apodrecimento de uma abobrinha na geladeira — produção de pão — decomposição de folhas mortas em uma floresta — disenteria
Justifique sua resposta elaborando uma frase sobre a atividade das bactérias no nosso cotidiano.
- Das vacinas que você já tomou, quais delas evitam doenças bacterianas?

1. Introdução

Como já comentamos no capítulo 1, todos os procariontes eram tradicionalmente agrupados no Reino Monera, porém, desde os trabalhos de Woese na década de 1970, a existência desse táxon vem sendo contestada, e atualmente a tendência é considerar os procariontes em dois Domínios: **Archaea** e **Bacteria** (Fig. 3.2). Os dados moleculares disponíveis mostram que as arqueas estão mais intimamente ligadas aos eucariontes do que às bactérias.

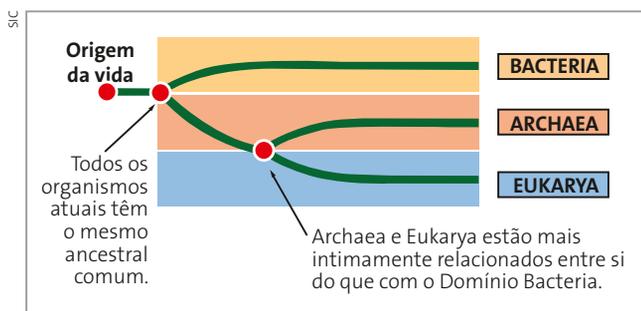


Figura 3.2. Relação filogenética entre Bacteria, Archaea e Eukarya.

O termo monera pode ser usado apenas para se referir ao coletivo dos procariontes e deixa de ter o valor de Reino.

Os procariontes, especialmente as bactérias, são muitas vezes lembrados como formas nocivas aos demais seres vivos, pois podem causar doenças. Entretanto, apenas poucas espécies de bactérias provocam doenças nos seres humanos e em outros organismos. No caso das arqueas, não se conhecem espécies patogênicas, mas há as que vivem em mutualismo e mesmo como comensais com eucariontes.

Os procariontes são fundamentais para a manutenção da vida em nosso planeta:

- algumas espécies atuam como **decompositoras**, degradando organismos mortos ou partes deles,

Professor(a), se achar conveniente, realize com os estudantes a sugestão de atividade extra “Maquete de aterro sanitário”, descrita nas Orientações didáticas.

como folhas, flores e frutos, e, com isso, contribuem para a reciclagem da matéria orgânica no planeta;

- outras espécies são **fotossintetizantes**, entre elas as cianobactérias, que realizam a fotossíntese oxigênica, igual à das algas e das plantas terrestres, participando como produtoras nas cadeias alimentares com liberação do gás oxigênio no ambiente; há também as bactérias sulfurosas púrpuras e as sulfurosas verdes, que realizam a fotossíntese não oxigênica, com liberação de enxofre;
- algumas espécies são **quimiosintetizantes** e importantes produtoras em ambientes especiais;
- certas espécies vivem em associação com outros organismos, trazendo-lhes benefícios, como é o caso das bactérias que ocorrem na nossa flora intestinal e que produzem vitamina K;
- algumas espécies que fazem **fermentação** são usadas na indústria de alimentos para a produção de iogurtes e outros produtos;
- certas bactérias e cianobactérias conseguem fixar o nitrogênio (N_2) do meio e transformá-lo de modo que possa ser aproveitado pelas plantas para a síntese de proteínas e ácidos nucleicos; outras bactérias liberam o N_2 para a atmosfera. Esses organismos são fundamentais no ciclo do nitrogênio.

A diversidade metabólica nos procariontes é enorme e muito maior do que a verificada nos eucariontes. Todos os tipos de fermentação (alcoólica, láctica e acética) e de respiração (aeróbia e anaeróbia) podem ser realizados por procariontes, assim como os processos de quimiossíntese, fotossíntese oxigênica e não oxigênica.

Neste capítulo, vamos comentar um pouco mais sobre a estrutura e a reprodução desses organismos, e abordar algumas doenças bacterianas da espécie humana.



Despertando ideias

Professor(a), sugerimos que prepare o meio de cultura com antecedência para que os estudantes possam fazer o experimento no tempo da aula, além de evitar que mexam com fogo em sala de aula.

REGISTRE NO CADERNO



Por que lavar as mãos?

Objetivo

Verificar a importância de lavar as mãos.

Materiais

- 2 placas de Petri com o meio de cultura;
- etiqueta;
- caneta;
- fita adesiva;
- sabonete para lavar as mãos.

Professor(a), o meio de cultura para bactérias geralmente é feito com produtos bem específicos, com controles para evitar contaminações, em laboratórios de pesquisa. Mas é possível fazer um meio de cultura caseiro, seguindo uma receita fácil descrita nas Orientações didáticas, que pode ser preparada por você previamente, para que o experimento possa ser feito no tempo da aula.

Procedimento

1. Pegue duas das placas de Petri com meio de cultura.
2. Identifique-as com etiqueta contendo seu nome e coloque número 1 para a placa que vai ser usada com sua mão antes de lavar e número 2 com sua mão lavada.
3. Faça movimentos leves de esfregar as mãos. Passe levemente um dos dedos pela palma da mão e entre os dedos da outra mão. Depois, passe esse dedo sobre o meio de cultura da placa 1 fazendo um movimento de zigue-zague ou qualquer outro movimento de que você se lembre depois (seja criativo!). Tampe a placa de Petri e vede-a com fita adesiva (Fig. 3.3).
4. Lave bem as mãos e repita o procedimento 3 para a placa de número 2.
5. Deixe as duas preparações lado a lado por alguns dias, em local longe do sol direto, à temperatura ambiente.
6. Acompanhe o que acontece com os meios de cultura diariamente por cerca de uma semana. Nunca abra a placa de Petri. Após a atividade prática, seu(sua) professor(a) saberá como fazer o descarte. Faça anotações de todas as suas observações e registre-as com fotografias ou ilustrações. Note se apareceu alguma mancha no meio de cultura na placa 1 e/ou na placa 2. Para cada placa anote: como são e quantas são essas manchas; se possuem cor e qual é a cor de cada mancha, qual é o tamanho de cada mancha e se elas surgiram no caminho do movimento que você fez com seu dedo.



Figura 3.3. Procedimentos para a atividade prática. (Elementos representados fora de proporção; cores fantasia.)

Questões

Depois de sete dias, o que você pode dizer sobre:

1. Havia colônia de bactérias em alguma das placas? Se sim, houve uma placa com maior número de colônias de bactérias? Qual?
2. Houve aparecimento de colônias? Se sim, descreva as características delas (tamanhos, cores etc.). O que isso pode indicar?
3. O que os resultados obtidos permitem concluir a respeito dos hábitos de higiene das mãos? E a respeito da higiene do resto do corpo?
4. Esses resultados permitem dizer que as bactérias que apareceram nos meios de cultura são nocivas à saúde?
5. Faça uma pesquisa e procure saber mais a respeito de bactérias em nosso corpo. Há bactérias benéficas? Professor(a), veja nas Orientações didáticas os comentários e as respostas das questões dissertativas.

Professor(a), retome com os estudantes a explicação dada no volume 1 sobre a estrutura da célula procarionótica.

2. Diversidade morfológica em procariontes

A maioria dos procariontes é unicelular, com células medindo entre 0,5 μm e 5 μm , muito menores que as células eucarióticas. Há, no entanto, exceções: a bactéria *Thiomargarita namibiensis* mede cerca de 0,75 mm de comprimento, e a *Epulopiscium fischelsoni* mede cerca

de 0,6 mm de comprimento. Ambas podem ser vistas a olho nu. A *T. namibiensis* foi descoberta em 1999, em sedimentos do oceano na costa da Namíbia, e a *E. fischelsoni* foi descoberta em 1985, vivendo no intestino do peixe-cirurgião dos mares da Austrália e do Mar Vermelho.

Veja na **figura 3.4** as formas mais comuns de células bacterianas.

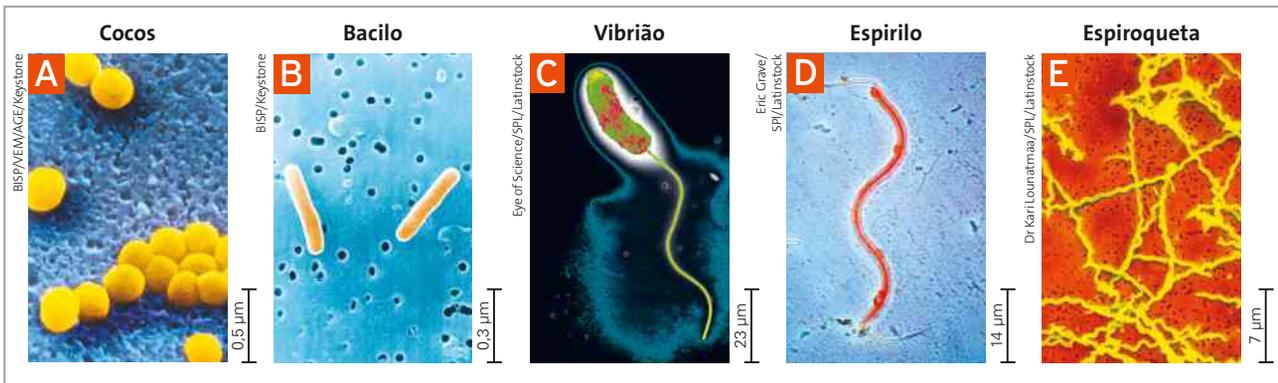


Figura 3.4. Formas mais comuns de bactérias. A, B, E – eletromicrografias de varredura; C – eletromicrografia de transmissão; D – fotomicrografia. (Cores artificiais.)

Apenas os cocos e, mais raramente, os bacilos podem formar colônias. As colônias de cocos formam arranjos típicos para espécies particulares de bactérias. Veja na **figura 3.5** como esses arranjos podem ser:

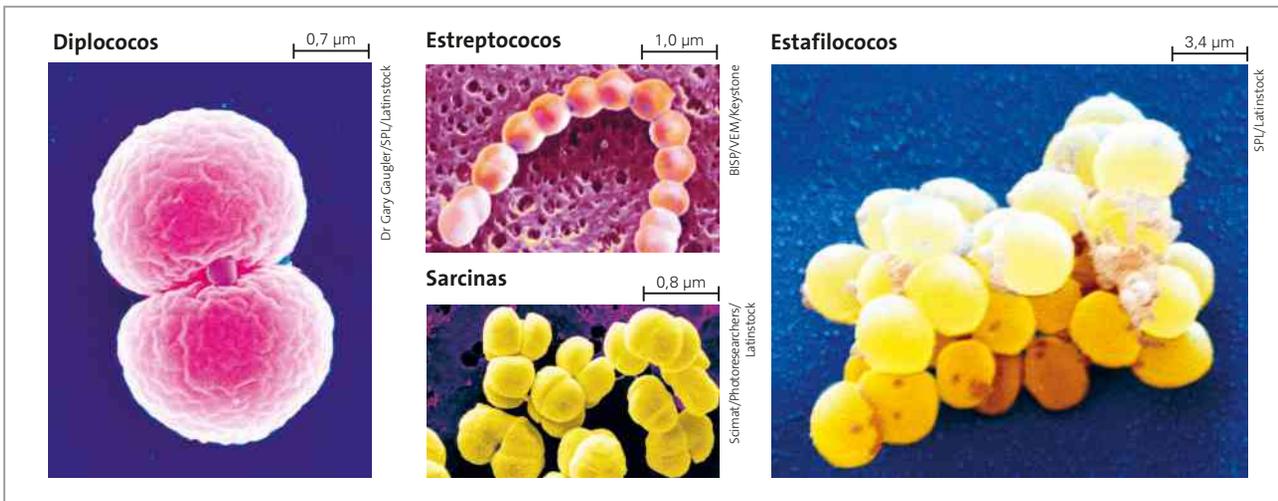


Figura 3.5. Eletromicrografias de varredura (coloridas artificialmente) das formas mais comuns de colônias de cocos.

As cianobactérias podem ser desde unicelulares microscópicas até filamentosas e visíveis sem o auxílio de equipamentos. Um exemplo foi mostrado na fotografia de abertura deste capítulo.

Entre as arqueas, além das formas de cocos, bacilos e as helicoidais, como as espiroquetas e os espirilos, há espécies com forma não usual para um procarionte, como é o caso da espécie *Pyrodictium abyssi*, que vive em fontes termais onde a temperatura é da ordem de 110 °C. As células dessa arquea têm aspecto de um disco, do qual partem prolongamentos filamentosos e tubulares que formam uma rede.



Colocando em foco

EXISTEM PROCARIONTES MULTICELULARES?

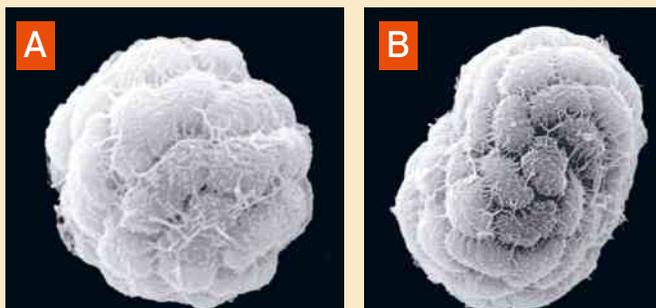
A ideia de que os procariontes são sempre unicelulares e que as formas compostas de várias células, como as cianobactérias filamentosas, seriam colônias está mudando. Há uma tendência atual de considerar essas “colônias” como organismos multicelulares. Essa nova interpretação, embora ainda muito discutida, tem sido justificada pelo fato de as células interagirem e, em muitos casos, terem funções diferentes.

Um caso muito interessante e considerado um marco importante nessa discussão sobre multicelularidade em bactérias foi descoberto no Brasil, nas águas salgadas da Lagoa de Araruama (RJ). Os

cientistas brasileiros Henrique Lins de Barros, físico do Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas (CBPF), Fernanda Abreu, Juliana Lopes, Carolina Keim e Ulysses Lins, do Instituto de Microbiologia Paulo de Góes, da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), e Frederico Gueiros Filho, do Departamento de Bioquímica da Universidade de São Paulo (USP), descobriram uma bactéria multicelular que denominaram *Magnetoglobus multicellularis* (Fig. 3.6). O trabalho foi publicado em junho de 2007.

O nome *Magnetoglobus* se refere ao fato de essa bactéria ser esférica (*globulus*) e de interagir com o campo magnético da Terra (*magneto*). Embora existam algumas outras bactérias magnéticas, só essa bactéria multicelular é capaz de produzir, ao mesmo tempo, dois tipos de cristais usando ferro presente no ambiente: a magnetita e a greigita. Entender como esses organismos fazem essa biomineralização pode possibilitar o desenvolvimento de um método para produzir cristais magnéticos puros e de excelente qualidade.

Figura 3.6. Eletromicrografias de varredura de *Magnetoglobus multicellularis*. Essa bactéria, que tem cerca de 4 µm de diâmetro, é esférica e formada por 20 células (A) que não podem existir isoladamente. Em determinados momentos, cada célula cresce e se divide, todas ao mesmo tempo, chegando a 40 células quando inicia a divisão (B). Originam-se dois indivíduos, cada um com 20 células. Essa forma de reprodução é muito diferente de tudo o que se conhecia a respeito dos procariontes. >



Fotografias: Carolina N. Keim, Fernanda Abreu, Ulysses Lins, Henrique Lins de Barros e Marcos Fátima. *Journal of Structural Biology*

3. Parede celular

Professor(a), veja nas Orientações didáticas uma sugestão de experimentação usando o teste de coloração de Gram.

Quase todos os procariontes apresentam parede celular. No Domínio Bacteria, a parede celular é sempre de **peptideoglicano** (polímero de aminoácidos e dissacarídeos). Nas arqueas, por outro lado, a composição da parede celular varia nas diferentes espécies, podendo ser, por exemplo, de polissacarídeos complexos associados a proteínas, mas não há peptideoglicano.

Algumas poucas espécies de arqueas e de bactérias não têm parede celular. Entre as bactérias há os **micoplasmas**, parasitas que podem viver dentro de outras células ou fora delas. A espécie *Mycoplasma pneumoniae*, por exemplo, causa uma forma branda de pneumonia, e espécies do gênero *Spiroplasma* provocam doenças em plantas.

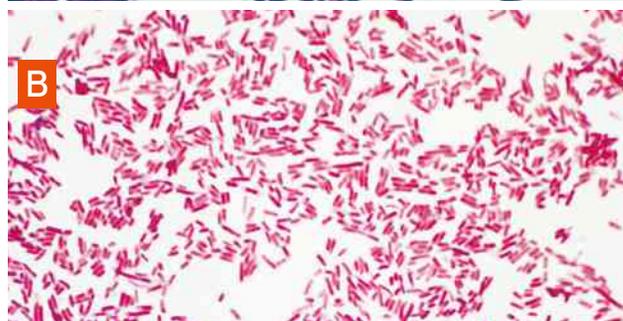
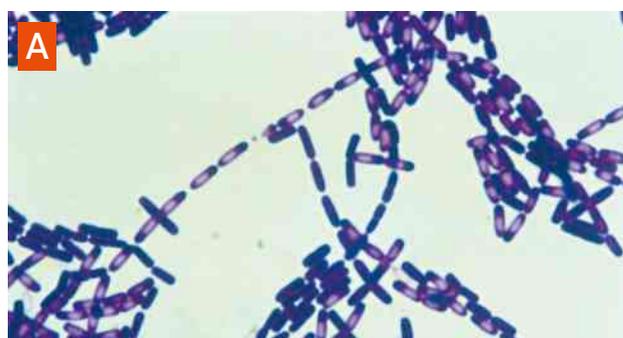
3.1. Coloração de Gram

A coloração de Gram é um dos mais importantes métodos de coloração utilizados em laboratórios de microbiologia e de análises clínicas, sendo quase sempre o primeiro passo para a caracterização de amostras de bactérias.

Esse processo foi desenvolvido em 1884 pelo bacteriologista dinamarquês Hans Christian Gram (1853-1938) e permite a classificação das bactérias em dois grandes grupos: **gram-positivas** e **gram-negativas**.

Por essa técnica, as bactérias gram-positivas adquirem a cor roxa em função de a parede celular ser for-

mada por uma camada espessa de peptideoglicano. Já as bactérias gram-negativas adquirem a cor vermelha por apresentarem parede celular com camada delgada de peptideoglicano, associada a uma camada mais externa de composição lipoproteica (Fig. 3.7).



> **Figura 3.7.** Fotomicrografias de bactérias coradas pelo método Gram. A – *Bacillus subtilis*, gram-positiva (mede cerca de 7 µm de comprimento); B – *Escherichia coli*, gram-negativa (mede cerca de 2 µm de comprimento).

John Durham/SPR/Latinstock

Dr. Gladden Willis/Visuals Unlimited/Corbis/Latinstock

4. Domínio Bacteria

Espécies do Domínio Bacteria podem ser encontradas em grande diversidade de ambientes. À semelhança das arqueas, há espécies que vivem em vários locais onde a maioria dos seres vivos não consegue se estabelecer, como no interior de geleiras, na água acumulada em regiões profundas da crosta, em vulcões e nuvens, e também em fontes termais, estejam elas na superfície ou nas profundezas oceânicas (fontes termais submarinas), onde as temperaturas variam entre 65 °C e 95 °C. Há inclusive algumas espécies tolerantes a altos níveis de radiação ultravioleta e de radiação gama e ao peróxido de hidrogênio (água oxigenada), que são agentes mutagênicos nocivos aos demais seres vivos.

Dentro do Domínio Bacteria estão as cianobactérias, único grupo de procariontes que realiza fotossíntese com produção de O₂.

Antigamente chamadas algas azuis, as cianobactérias podem ser de diferentes cores, desde verde-azulado até marrom-avermelhado. Os pigmentos fotossintetizantes são clorofila a, ficoeritrina (pigmento vermelho) e ficocianina (pigmento azul). Algumas cianobactérias apresentam também clorofila b.

Podem-se encontrar cianobactérias entre cristais de gelo, em águas aquecidas de fontes termais da superfície do planeta e em locais com temperaturas de até 70 °C.

Recentemente, certas espécies de cianobactérias foram reconhecidas como fonte potencial para nu-

merosos produtos biologicamente ativos, como os de uso farmacológico com atividade citotóxica, antifúngica, antibacteriana, antivirótica, imunossupressora e antitumoral. A boroficina, a criptoficina e a cianovirina são exemplos dessas substâncias; as duas primeiras estão sendo testadas contra o câncer, e a última, contra a Aids.

Várias espécies de cianobactérias, no entanto, produzem toxinas, em geral hepatotóxicas e neurotóxicas. Se ingeridas, essas toxinas podem causar a morte de animais, inclusive de seres humanos. Sob condições ambientais favoráveis, essas cianobactérias exibem as chamadas “florações”, isto é, se reproduzem profusamente e, com isso, aumentam a concentração de suas toxinas no ambiente, provocando a mortalidade de animais.

4.1. Reprodução nas bactérias

As bactérias (incluindo as cianobactérias) apresentam alto poder de reprodução assexuada por **bipartição**: uma célula divide-se em duas geneticamente iguais. Por esse processo, em algumas horas, sob condições ambientais adequadas, uma única bactéria pode dar origem a milhares de descendentes geneticamente idênticos entre si (clones). Por divisão das células, as formas coloniais crescem.

É comum entre as bactérias a formação de estruturas de resistência, os **esporos**.



Colocando em foco

ARMAS BIOLÓGICAS

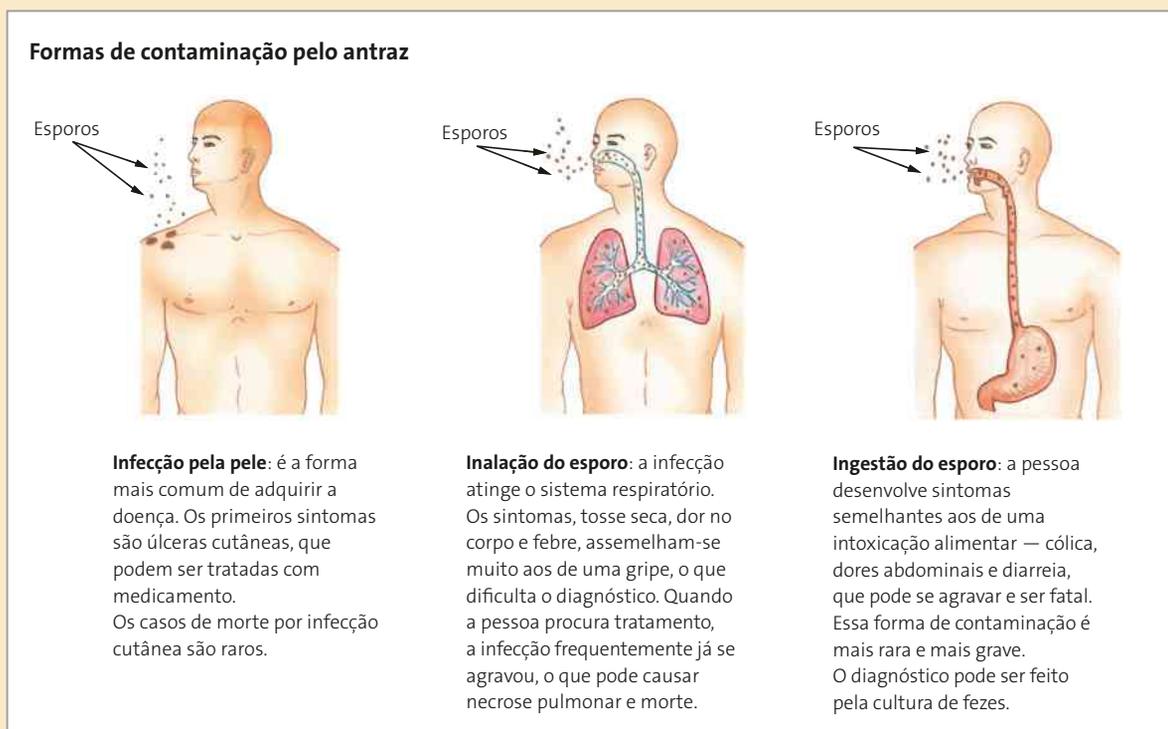
Armas biológicas são as que fazem uso de **organismos patogênicos** ou de substâncias produzidas por eles. O potencial destrutivo dessas armas é imprevisível, podendo vitimar inclusive quem as usa, já que é praticamente impossível controlar sua ação. Os principais agentes biológicos são microrganismos, entre os quais podemos destacar as bactérias *Bacillus anthracis*, *Yersinia pestis* e a toxina do *Clostridium botulinum*, assim como o vírus da varíola.

A ideia de utilizar organismos vivos e elementos químicos como instrumentos bélicos não é nova. Desde o século XIV, na época em que a **peste bubônica** eliminou quase um quarto da população europeia, cadáveres humanos infectados eram catapultados para dentro dos muros das cidades para causar contaminações.

No século XX, um dos casos de utilização de armas biológicas ocorreu na década de 1930, quando o Japão usou a bactéria da peste bubônica e o *Bacillus anthracis*, também conhecido como **antraz**, no ataque a chineses, durante a invasão da Manchúria.

Já nos anos de 2001 e 2002, ganhou atenção mundial um caso de bioterrorismo no qual cartas contaminadas com esporos do antraz foram enviadas a dezenas de moradores dos Estados Unidos, causando problemas de saúde e, até mesmo, mortes. Os esporos, invisíveis a olho nu, são formas de resistência de algumas bactérias e podem permanecer viáveis no ambiente por dezenas ou mesmo centenas de anos.

Na espécie humana, os esporos de antraz podem penetrar o corpo pela pele, por via respiratória ou por ingestão (Fig. 3.8).



⤴ **Figura 3.8.** O antraz não se transmite de pessoa a pessoa. A doença não é fatal, desde que seja diagnosticada e tratada no início da contaminação, com antibióticos. Há vacinas, mas sua eficácia não é total e sua ação é por período curto, além de trazer efeitos colaterais. (Elementos representados em diferentes escalas; cores fantasia.)

O antraz provoca na pele feridas negras como o carvão (daí o nome “anthracis”, que significa carvão, em grego).

O bacilo (Fig. 3.9) foi isolado em 1876, pelo bacteriologista alemão Robert Koch (1843-1910), cujo trabalho inaugurou uma nova ciência, a Microbiologia. Foi só no ano de 1881 que o cientista francês Louis Pasteur (1825-1895) desenvolveu a primeira vacina contra o antraz.



⤵ **Figura 3.9.** Fotomicrografia de bactéria *Bacillus anthracis*, corada pelo método Gram. Essa bactéria é gram-positiva e mede cerca de 2 μm de comprimento.

Ainda não se sabe se nas cianobactérias há mecanismos, além das mutações gênicas, que aumentem a variabilidade genética. Para as demais bactérias, três mecanismos são bem conhecidos:

- **conjugação:** duas bactérias unem-se e estabelecem entre si uma ponte citoplasmática de transferência. Uma delas, chamada “doadora”, duplica parte de seu DNA e doa essa parte para a outra bactéria, que é chamada “receptora” (Fig. 3.10);

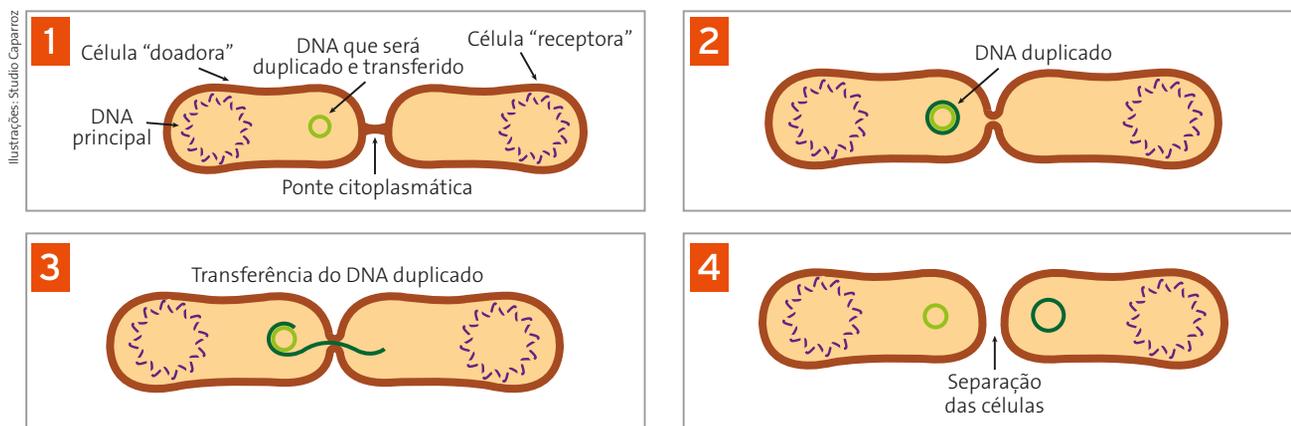


Figura 3.10. Esquema de uma das formas de conjugação em bactéria. (Cores fantasia.)

- **transformação:** uma bactéria absorve moléculas de DNA disponíveis no meio e as incorpora ao seu DNA. Essas bactérias ficam então com constituição genética modificada e são chamadas transformadas (Fig. 3.11);

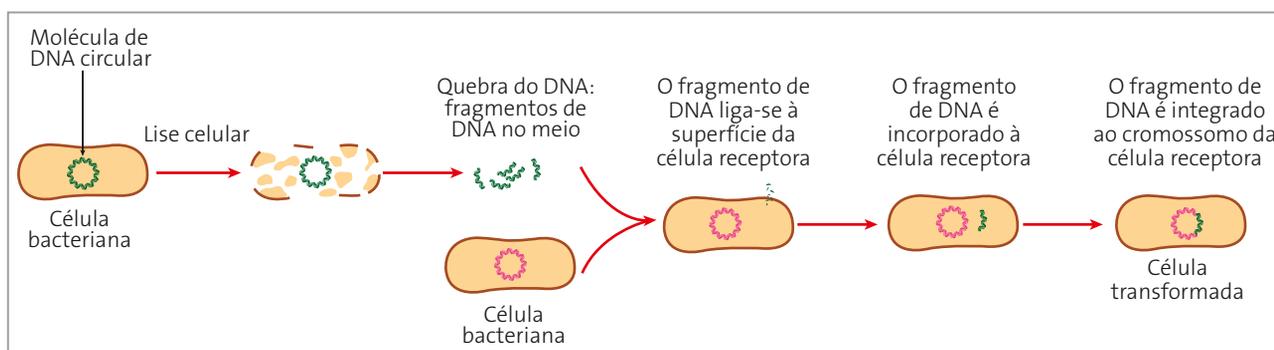


Figura 3.11. Esquema do mecanismo de transformação bacteriana. (Cores fantasia.)

- **transdução:** transferência de genes de uma bactéria para outra por intermédio de vírus. Caso essa bactéria sobreviva à infecção viral, passará a apresentar novas características, que serão transmitidas a seus descendentes.

4.2. As bactérias e a saúde humana

As bactérias são agentes etiológicos de diversas doenças.

Já comentamos sobre os **micoplasmias**, que causam um tipo de pneumonia e que são bactérias sem parede celular.

Há outros dois grupos muito particulares de bactérias, as **riquétsias** e as **clamídias**, que são parasitas intracelulares obrigatórios, à semelhança do que ocorre com os vírus.

Uma das doenças causadas por riquetsias em humanos é o **tifo epidêmico**, cujos sintomas são grave comprometimento do estado geral, febre alta que se mantém por algum tempo e manchas vermelhas na pele. São transmitidas principalmente pela picada de pulgas, carrapatos e piolhos contaminados por essas bactérias. Outra doença é a **febre maculosa**, transmitida pela picada de carrapatos; essa doença será abordada mais adiante.

As clamídias são transmitidas aos humanos de modo direto, pessoa a pessoa. São exemplos de doenças humanas causadas por esses organismos o **tracoma** (que causa cegueira) e o **linfogranuloma venéreo** (doença sexualmente transmissível).

A seguir, apresentaremos algumas doenças do ser humano causadas por bactérias. Essas doenças podem ser tratadas com antibióticos, que, entretanto, não são eficientes contra vírus e protistas parasitas. O uso de antibióticos deve ser feito sob rígido controle médico.

Botulismo

- **Agente etiológico:** *Clostridium botulinum*.
- **Modo de transmissão:** ingestão da toxina liberada pela bactéria, principalmente em alimentos enlatados e conservas artesanais.
- **Características da infecção:** a toxina bloqueia a transmissão dos impulsos nervosos para os músculos.
- **Medidas profiláticas:** cuidados higiênicos ao processar alimentos; não consumir alimentos contidos em latas estufadas.

Cólera

- **Agente etiológico:** *Vibrio cholerae*.
- **Modo de transmissão:** ingestão de água ou de alimentos contaminados pela bactéria.
- **Características da infecção:** diarreia acentuada com fezes em “água de arroz”, vômitos e câibras. Sem tratamento, pode ocorrer morte por desidratação e paralisia dos rins.
- **Medidas profiláticas:** tratamento dos doentes; saneamento básico; consumo somente de água potável (fervida ou clorada e filtrada); higienização de verduras e frutas; consumo apenas de frutos do mar bem cozidos.

Coqueluche

- **Agente etiológico:** *Bordetella pertussis*.
- **Modo de transmissão:** inalação de gotículas espalhadas no ar pela fala, pela tosse ou por espirros de pessoas contaminadas pela bactéria.
- **Características da infecção:** febre baixa, coriza, surtos de tosse seca, vômitos; podem ocorrer complicações tais como: pneumonia, convulsões e hemorragias cerebrais.
- **Medidas profiláticas:** tratamento dos doentes; vacinação; evitar contato com doentes.

Difteria ou crupe

- **Agente etiológico:** *Corynebacterium diphtheriae*.
- **Modo de transmissão:** inalação de gotículas eliminadas no ar pelo nariz e pela boca de pessoas contaminadas pela bactéria.

- **Características da infecção:** a bactéria produz uma toxina que afeta principalmente cavidades nasais, tonsilas (amígdalas), faringe e laringe. Pode ocorrer morte por asfixia.
- **Medidas profiláticas:** tratamento dos doentes; vacinação; evitar contato com doentes.

Febre maculosa

- **Agente etiológico:** *Rickettsia rickettsii*.
- **Modo de transmissão:** picada do carrapato-estrela (*Amblyomma cajennense*) (Fig. 3.12) ou de fases de seu ciclo de vida conhecidas popularmente por miuquins (larvas) e vermelhinhas (ninfas); esses carrapatos são ectoparasitas principalmente de mamíferos (cavalo, morcego, gambá, cão, boi, capivara). Após a picada do carrapato contaminado, o período de incubação da bactéria no corpo humano é de 2 a 14 dias. Não há vacinas e não é transmitida de pessoa a pessoa.



Figura 3.12. Formas larval (cerca de 0,5 mm a 2 mm de comprimento) (A), de nífa (cerca de 2 mm a 10 mm de comprimento) (B) e adulta (C) do carrapato *Amblyomma cajennense*, transmissor da febre maculosa. A fêmea adulta, após se alimentar de sangue, pode medir até 3 cm de comprimento.

- **Características da infecção:** febre, vômitos, dores de cabeça e musculares, manchas vermelhas no corpo; caso não haja tratamento, o quadro pode evoluir até a morte.
- **Medidas profiláticas:** evitar caminhar em locais sabidamente infectados por carrapatos sem proteger o corpo com calça comprida e botas; caso seja necessário caminhar por locais infectados, vistoriar o corpo em busca de carrapatos em intervalos de 3 horas e retirar o animal sem esmagá-lo; usar carrapaticidas em animais domésticos.

Hanseníase

- **Agente etiológico:** *Mycobacterium leprae*.

- **Modo de transmissão:** bacilos liberados em secreções respiratórias quando uma pessoa infectada e não tratada tosse, espirra ou fala; pacientes em tratamento ou curados não são transmissores.
- **Características da infecção:** afeta o sistema nervoso causando vários sintomas, entre eles falta de sensibilidade nas áreas do corpo afetadas; surgem lesões na pele; diminuição da força muscular.
- **Medidas profiláticas:** tratamento dos doentes; vacinação com a BCG (a mesma usada contra tuberculose) nas pessoas que convivem com os doentes.

Leptospirose

- **Agente etiológico:** bactérias do gênero *Leptospira*.
- **Modo de transmissão:** animais, como ratos, eliminam leptospirosas vivas pela urina e contaminam água e alimentos; as bactérias penetram no corpo humano principalmente por pequenas lesões da pele, mas podem penetrar também pelas mucosas da boca, das narinas e dos olhos.
- **Características da infecção:** febre alta, dor de cabeça, dores musculares, náusea, vômitos, aumento do fígado, hemorragia digestiva, lesões na pele e problemas respiratórios, podendo ocorrer morte.
- **Medidas profiláticas:** uma das formas de combate é a prevenção de enchentes; ficar o menor tempo possível em contato com águas de enchente; após inundações, diluir um copo de água sanitária em um balde de 20 litros de água limpa para lavar os locais afetados e depois lavar novamente com água limpa; tratamento do lixo (evitar lixões onde proliferam ratos); se há evidência de ratos na residência, todos os alimentos devem ser guardados em recipientes fechados ou na geladeira; tratamento da água; vigilância sanitária de alimentos.

Meningite epidêmica

- **Agente etiológico:** *Neisseria meningitidis* (conhecida como meningococo).
- **Modo de transmissão:** inalação de gotículas de secreções eliminadas pela boca e pelo nariz de pessoas contaminadas pela bactéria.
- **Características da infecção:** afeta as meninges (membranas que envolvem a medula e o encéfalo); ocorrem dor de cabeça intensa, febre, rigidez da nuca, vômito em jatos; pode evoluir até a morte.
- **Medidas profiláticas:** tratamento dos doentes; vacinação; evitar ambientes abafados e com aglomerações de pessoas; isolar pessoas contaminadas em hospitais especializados.

Pneumonia bacteriana

- **Agente etiológico:** *Streptococcus pneumoniae* ou *Diplococcus pneumoniae*.
- **Modo de transmissão:** inalação de ar contaminado por essas bactérias.
- **Características da infecção:** infecção pulmonar.
- **Medidas profiláticas:** tratamento dos doentes; evitar contato na fase de manifestação da doença.

Sífilis

- **Agente etiológico:** *Treponema pallidum*.
- **Modo de transmissão:** por via sexual (relação sexual com pessoa contaminada); por via congênita (contaminação do feto por meio da placenta de mães portadoras da bactéria).
- **Características da infecção:** inflamação na pele e nos ossos, doenças respiratórias, esterilidade; pode causar a morte do feto, ou este pode nascer normal e apresentar sintomas da doença na infância.
- **Medidas profiláticas:** tratamento dos doentes; uso de camisinha nas relações sexuais.

Tétano

- **Agente etiológico:** *Clostridium tetani*.
- **Modo de transmissão:** os esporos desse bacilo são encontrados principalmente no solo. Podem penetrar no corpo humano quando ocorre uma lesão causada por objetos contaminados.
- **Características da infecção:** os bacilos liberam uma neurotoxina que desencadeia principalmente fortes contrações musculares; pode ocorrer parada respiratória e/ou cardíaca.
- **Medidas profiláticas:** vacinação, com reforço a cada 10 anos; evitar ferimentos, especialmente com objetos sujos de terra ou esterco; cuidados higiênicos durante o parto.

Tuberculose

- **Agente etiológico:** *Mycobacterium tuberculosis* (bacilo de Koch).
- **Modo de transmissão:** inalação de gotículas espalhadas no ar pela fala, pelo espirro e pela tosse de pessoa contaminada pela doença.
- **Características da infecção:** atinge os pulmões, provocando infecções; pode passar para o sangue e a linfa, atingindo outras estruturas do corpo, como fígado, baço, medula óssea, rins e sistema nervoso.
- **Medidas profiláticas:** vacinação (BCG) e tratamento dos doentes.

5. Domínio Archaea

Entre os três domínios, este é o menos estudado e conhecido. Há muito ainda por descobrir.

Embora a maioria das arqueas seja extremófila, pois vivem em locais onde as condições são extremas e inadequadas para outros seres vivos, há registros de arqueas vivendo em ambientes onde as condições não são adversas.

Com relação à reprodução, esses organismos parecem apresentar apenas bipartição. Não são conhecidos mecanismos que envolvam transferência de material genético, sendo que a variabilidade genética deve surgir só por mutação.

Entre as arqueas de especial interesse estão as metanogênicas, as halófilas extremas (*halo* = sal; *filo* = que tem afinidade por) e as termófilas extremas (*termo* = calor).

As **metanogênicas** recebem esse nome por produzirem o gás metano (CH_4) como um subproduto de seu metabolismo; são anaeróbias estritas, ou seja, não podem viver na presença de gás oxigênio. São comuns no intestino de ruminantes e de seres humanos, causando flatulência. Ocorrem também nos pântanos, em sedimentos anóxicos (sem oxigênio) e ricos em matéria orgânica presentes no fundo de lagos e mares e no solo de florestas. Há espécies que vivem em rochas próximo a fontes de água muito quente, vários quilômetros abaixo da superfície, em geleiras, no solo quente do deserto e em muitos outros locais sem oxigênio (anóxicos), como aterros sanitários. Em algumas estações de tratamento de lixo, o metano produzido por essas arqueas tem sido canalizado para ser usado como gás combustível.



Colocando em foco

AQUECIMENTO GLOBAL, ARQUEAS METANOGÊNICAS E BACTÉRIAS METANOTRÓFICAS – QUAL A RELAÇÃO?

Existem estimativas que indicam que as arqueas metanogênicas liberam a cada ano 2 bilhões de toneladas de gás metano, cuja capacidade de aumentar o efeito estufa da atmosfera é cerca de 21 vezes maior que a do gás carbônico. Todo o metano do ar atmosférico deriva da atividade desses procariontes e cerca de 1/3 desse metano vem das metanogênicas associadas aos intestinos dos herbívoros ruminantes, como bois e vacas.

A quantidade de metano na atmosfera dobrou desde 1860, contribuindo para o aumento do efeito estufa, um dos possíveis responsáveis pelo aquecimento global. Esse aumento na produção de metano tem sido atribuído a diversos fatores, destacando-se o número crescente de cabeças de gado nas criações e o incremento da decomposição de matéria orgânica, devido ao aumento na quantidade de detritos.

Muitas bactérias decompositoras que degradam a matéria orgânica por fermentação liberam CO_2 e gás hidrogênio (H_2). As arqueas metanogênicas usam essas substâncias para produzir metano (CH_4) e água (H_2O) (Fig. 3.13). Certas metanogênicas usam outras substâncias, como acetato e metanol, como fonte de carbono.

O metano produzido e liberado por essas arqueas pode ser oxidado na interface ar-água ou no topo do solo, por bactérias aeróbias chamadas **metanotróficas** (*trófós* = alimentação). Essas bactérias oxidam metano e liberam CO_2 , que, apesar de ser um gás que aumenta o efeito estufa, o faz com menor intensidade do que o metano.

Se essas bactérias conseguem degradar o metano, por que a quantidade desse gás está aumentando? Será que as atividades humanas, como a poluição e o aumento do uso de fertilizantes, têm inibido o crescimento das populações das bactérias metanotróficas? Cientistas têm procurado isolar essas bactérias e estudar quais são as condições ideais para seu crescimento, o que talvez possa ser importante para se tentar reduzir a quantidade de metano atmosférico e, conseqüentemente, o potencial efeito desse gás no aquecimento global.

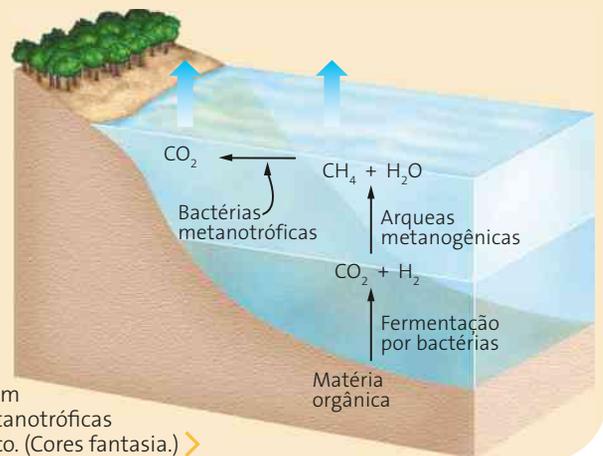


Figura 3.13. Esquema de um exemplo de produção de metano em sedimentos pela ação de arqueas metanogênicas. Bactérias metanotróficas oxidam o metano na interface ar-água, produzindo gás carbônico. (Cores fantasia.) >

As **halófilas extremas** vivem em ambiente aquático com salinidade muito elevada, como no Mar Morto (Fig. 3.14) e em salinas. Nessas regiões, a água do mar é represada em lagoas rasas de evaporação, a fim de obter o sal de cozinha. Colônias de algumas espécies desses seres deixam a água com cor rósea ou púrpura-avermelhada (como observado na fotografia) em função da presença do pigmento **bacteriorrodopsina**, semelhante ao pigmento rodopsina existente na retina do olho humano.

A bacteriorrodopsina absorve a luz solar e essa energia é usada para sintetizar diretamente ATP. É o processo fotossintético considerado mais simples, e nenhum outro grupo de ser vivo realiza processo equivalente.

As **termófilas extremas** vivem em ambientes aquáticos onde a temperatura da água é muito elevada, proliferando melhor em temperaturas entre 60 °C e 150 °C. A maioria delas obtém energia da oxidação do enxofre, sendo quimiossintetizantes. Um exemplo interessante é o do gênero *Sulfolobus*, que vive em fontes quentes e sulfurosas do parque Yellowstone (Estados Unidos), onde a temperatura da água fica em torno de 70 °C e o pH em torno de 2.



Yann Artus-Bertrand/Corbis/Latinstock

▲ **Figura 3.14.** Fotografia de uma região do Mar Morto, onde há produção de sal pela evaporação da água.



Colocando em foco

BIOTECNOLOGIA E ARQUEAS DAS FONTES TERMAIS

A descoberta das enzimas polimerases do DNA, isoladas de arqueas dos gêneros *Thermococcus* e *Pyrococcus* que vivem em fontes termais (Fig. 3.15), foi fundamental para o desenvolvimento do processo que permite produzir várias cópias de uma molécula de DNA ou de trechos dela: o **PCR** (sigla, em inglês, para Reação em Cadeia da Polimerase). Nesse processo, há necessidade de desnaturação do DNA a temperaturas elevadas (cerca de 94 °C) para que as duas cadeias em hélice se abram. As DNA polimerases produzidas por essas arqueas não sofrem desnaturação nessas temperaturas e realizam o emparelhamento das bases nitrogenadas nas cadeias simples do DNA desnaturado. Ciclos alternados de aquecimento e resfriamento durante o PCR promovem a produção de inúmeras cópias do DNA.

Jeff Vanuga/Corbis/Latinstock



◀ **Figura 3.15.** Fotografia de fonte termal no Parque Nacional Yellowstone, nos Estados Unidos, ambiente favorável ao desenvolvimento de arqueas.



As bactérias e o tratamento do esgoto

Em estações de tratamento de esgoto há primeiramente a filtragem grosseira do material, para se fazer a separação dos detritos maiores. Usa-se para isso uma grade filtradora; depois, o material passa por um filtro de areia. Com sólidos e líquidos separados, os destinos são diferentes: os sólidos são conduzidos para tanques onde bactérias anaeróbias vão converter a matéria orgânica em produtos que podem ser usados como fertilizantes, após esterilização; já a parte líquida do esgoto é tratada separadamente por um sistema de filtros em tanques especiais, onde bactérias aeróbias vão atuar, degradando a matéria orgânica. Essa água, então, é devidamente esterilizada, principalmente com a adição de cloro, podendo ser devolvida aos rios ou aos oceanos.



Juca Martins/Ohar Imagens

^ Fotografia de estação de tratamento de esgoto em São Paulo, SP, 2008. Nesses tanques, bactérias degradam a matéria orgânica.

O tratamento de esgoto também é fundamental para se evitar a transmissão de doenças: um litro de esgoto não tratado pode conter até 20 bilhões de bactérias, muitas delas patogênicas para o ser humano, como é o caso das causadoras da cólera e da febre tifoide. Em uma análise bacteriológica, a água é considerada de boa qualidade se apresentar menos de dez bactérias do tipo coliforme e menos de mil bactérias de outros tipos por litro de água. **Professor(a), veja nas Orientações didáticas os comentários e as respostas das questões dissertativas.**

1. Procure saber se há sistema de tratamento de esgoto em sua cidade e como ele é feito. Faça uma pesquisa sobre tratamento de esgoto e discuta seus resultados em classe, com a coordenação do(a) professor(a). Elaborem, em grupo, cartazes com as informações sobre esse assunto para divulgar na escola ou no *blog* da turma, de modo a conscientizar as pessoas da importância desse tratamento. Você pode organizar um grupo para construir uma maquete de uma estação de tratamento de esgotos. Para isso, deverá estabelecer os materiais e as técnicas que precisarão ser usados. Aplique o que aprendeu em Arte ou desenvolveu na construção de outras maquetes!
2. Faça um levantamento das alternativas existentes para destinação do esgoto da sua cidade e compare com o que ocorre em locais onde a destinação é feita de modo diferente. Produza um texto descrevendo e discutindo o que você descobriu.



Retomando

Você deve ter percebido que os organismos coletivamente chamados procariontes são, na verdade, pertencentes a grupos distintos de seres vivos. Apesar de serem estruturalmente mais simples que os eucariontes, eles apresentam maior diversidade metabólica. Os procariontes são fundamentais para os ecossistemas, além de terem grande importância como causadores de doenças e como ferramentas biotecnológicas. Volte às respostas que forneceu às questões da seção **Pense nisso** e complemente-as com o que aprendeu. Além das doenças, que outras interações diretas importantes existem entre procariontes e seres humanos?



Professor(a), veja nas Orientações didáticas os comentários e as respostas das questões dissertativas.

Atividade 1 Tamanho populacional em cultura de bactérias Habilidades do Enem: H15, H17, H18, H19, H29.

O gráfico a seguir mostra a curva de crescimento populacional de bactérias mantidas em meio de cultura fechado, em laboratório. Para a obtenção desses dados, algumas células bacterianas, provenientes de outros meios de cultura, foram inoculadas em uma placa de Petri com meio adequado para crescerem e se reproduzirem. Essa cultura foi acompanhada por certo período de tempo, contabilizando-se o número de indivíduos a cada 30 minutos.

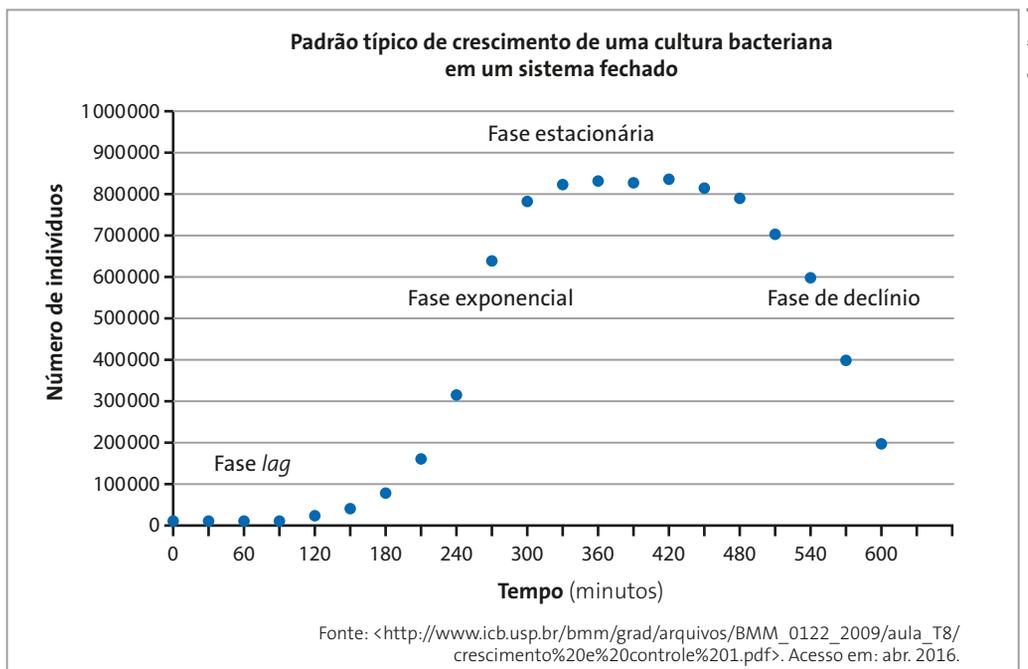


Gráfico representando o padrão típico de crescimento de uma cultura bacteriana em um sistema fechado ao longo do tempo.

A fase 1, chamada *lag*, ocorre quando as células são transferidas de um meio já existente para outro. Nessa fase acontece a adaptação das células ao novo meio de cultura, e elas aumentam de tamanho, mas não se dividem. Além disso, as células fazem uma intensa síntese de novas proteínas (inclusive enzimas), que serão fundamentais para a fase seguinte. A fase 2 (exponencial) caracteriza-se por uma intensa divisão celular; o crescimento populacional é exponencial e, portanto, o número de células aumenta rapidamente.

Como o meio de cultura em questão era um ambiente fechado, ou seja, sem renovação, levante hipóteses para explicar por que a população de bactérias apresentou as fases 3 (estacionária) e 4 (de declínio).

Atividade 2 Ação de antibiótico em cultura de bactérias Habilidades do Enem: H13, H15, H17, H29.

O gráfico ao lado mostra o número de indivíduos de bactérias em uma cultura experimental, em laboratório, submetida a um antibiótico no momento X. Analise-o e responda às questões propostas.

- O que aconteceu em B?
- Explique o padrão observado em C, D e E.
- Um aluno afirmou que as bactérias presentes na fase E seriam diferentes da maioria das bactérias presentes na fase A. Você concorda com ele? Justifique sua resposta.

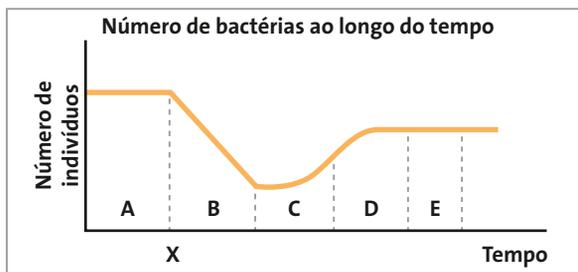


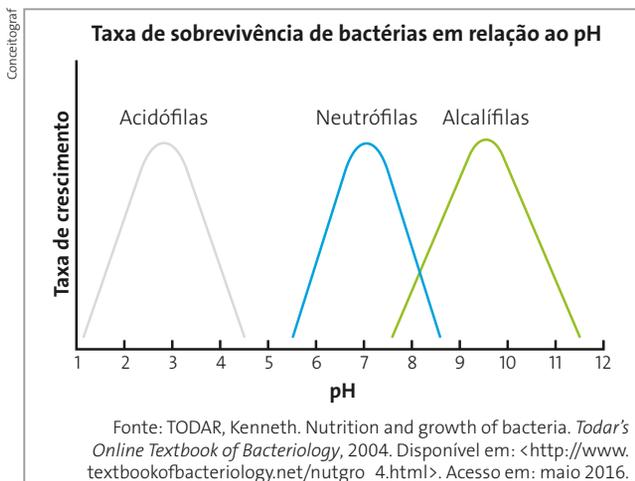
Gráfico representando a taxa de crescimento das bactérias do experimento ao longo do tempo. Dados elaborados pelos autores para fins didáticos.

Atividade 3 Procariontes e pH do meio Habilidade do Enem: H17.

Observe a tabela e o gráfico a seguir.

Procariontes	pH mínimo	pH ótimo	pH máximo
<i>Thiobacillus thiooxidans</i>	0,5	2,0 - 2,8	4,0 - 6,0
<i>Sulfolobus acidocaldarius</i>	1,0	2,0 - 3,0	5,0
<i>Bacillus acidocaldarius</i>	2,0	4,0	6,0
<i>Zymomonas lindneri</i>	3,5	5,5 - 6,0	7,5
<i>Lactobacillus acidophilus</i>	4,0 - 4,6	5,8 - 6,6	6,8
<i>Staphylococcus aureus</i>	4,2	7,0 - 7,5	9,3
<i>Escherichia coli</i>	4,4	6,0 - 7,0	9,0
<i>Clostridium sporogenes</i>	5,0 - 5,8	6,0 - 7,6	8,5 - 9,0
<i>Erwinia caratovora</i>	5,6	7,1	9,3
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	5,6	6,6 - 7,0	8,0
<i>Thiobacillus novellus</i>	5,7	7,0	9,0
<i>Streptococcus pneumoniae</i>	6,5	7,8	8,3
<i>Nitrobacter</i> sp.	6,6	7,6 - 8,6	10,0

↗ Dados obtidos em diferentes fontes.



↗ Gráfico apresentando a taxa de crescimento de três tipos de procariontes em diferentes valores de pH.

- Classifique cada procarionte da tabela entre as categorias de espécie: acidófila, neutrófila ou alcalífila. Para isso, relacione os dados da tabela com os do gráfico.
- A espécie *Sulfolobus acidocaldarius* pertence ao domínio Archaea e vive em ambientes terrestres especiais, onde ocorre liberação de vapores de enxofre (por exemplo, crateras de vulcões). Os indivíduos dessa espécie são aeróbios e desenvolvem-se melhor em temperaturas entre 75 °C e 80 °C. Os demais procariontes da tabela pertencem ao domínio Bacteria. Com base nessas informações, na tabela e no gráfico, comente a frase: “Se um ambiente apresenta condições ambientais extremas, somente as arqueas serão encontradas nele”.



Testes

REGISTRE
NO CADERNO

- (Enem) O botulismo, intoxicação alimentar que pode levar à morte, é causado por toxinas produzidas por certas bactérias, cuja reprodução ocorre nas seguintes condições: é inibida por pH inferior a 4,5 (meio ácido), temperaturas próximas a 100 °C, concentrações de sal superiores a 10% e presença de nitritos e nitratos como aditivos.

A ocorrência de casos recentes de botulismo em consumidores de palmito em conserva levou a

Agência Nacional de Vigilância Sanitária (Anvisa) a implementar normas para a fabricação e comercialização do produto. No rótulo de uma determinada marca de palmito em conserva, encontram-se as seguintes informações:

- Ingredientes: palmito açaí, sal diluído a 12% em água, ácido cítrico.
- Produto fabricado conforme as normas da Anvisa.
- Ecologicamente correto.

As informações do rótulo que têm relação com as medidas contra o botulismo estão contidas em:

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

2. (Enem) O uso prolongado de lentes de contato, sobretudo durante a noite, aliado às condições precárias de higiene representam fatores de risco para o aparecimento de uma infecção denominada ceratite microbiana, que causa ulceração inflamatória da córnea. Para interromper o processo da doença, é necessário tratamento antibiótico. De modo geral, os fatores de risco provocam a diminuição da oxigenação corneana e determinam mudanças no seu metabolismo, de um estado aeróbico para anaeróbico. Como decorrência, observa-se a diminuição no número e na velocidade de mitoses do epitélio, o que predispõe ao aparecimento de defeitos epiteliais e à invasão bacteriana.

CRESTA, F. Lente de contato e infecção ocular. *Revista Sinopse de Oftalmologia*. São Paulo: Moreira Jr., v. 04, n. 04, 2002 (adaptado).

A instalação das bactérias e o avanço do processo infeccioso na córnea estão relacionados a algumas características gerais desses microrganismos, tais como:

- a) A grande capacidade de adaptação, considerando as constantes mudanças no ambiente em que se reproduzem e o processo aeróbico como a melhor opção desses microrganismos para a obtenção de energia.
- b) A grande capacidade de sofrer mutações, aumentando a probabilidade do aparecimento de formas resistentes e o processo anaeróbico da fermentação como a principal via de obtenção de energia.
- c) A diversidade morfológica entre as bactérias, aumentando a variedade de tipos de agentes infecciosos e a nutrição heterotrófica, como forma de esses microrganismos obterem matéria-prima e energia.
- d) O alto poder de reprodução, aumentando a variabilidade genética dos milhares de indivíduos e a nutrição heterotrófica, como única forma de obtenção de matéria-prima e energia desses microrganismos.
- e) O alto poder de reprodução, originando milhares de descendentes geneticamente idênticos entre si e a diversidade metabólica, considerando processos aeróbicos e anaeróbicos para a obtenção de energia.

3. (Enem)

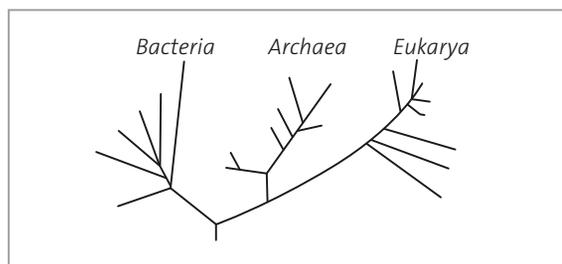


Fernando Gonsales. *Vá pentear macacos!* São Paulo: Devir, 2004.

São características do tipo de reprodução representado na tirinha:

- a) simplicidade, permuta de material gênico e variabilidade genética.
- b) rapidez, simplicidade e semelhança genética.
- c) variabilidade genética, mutação e evolução lenta.
- d) gametogênese, troca de material gênico e complexidade.
- e) clonagem, gemulação e partenogênese.

4. (UnB-DF)



O esquema acima ilustra o sistema de classificação dos seres vivos com base em aspectos filogenéticos definidos por meio da comparação das sequências de RNA ribossômico de diferentes organismos. Os organismos do domínio *Bacteria* e *Archaea* são procariontes e os do domínio *Eukarya* são eucariontes. Com base nessas informações e no esquema apresentado, é correto afirmar que os organismos:

- a) dos três domínios evoluíram de ancestrais diferentes.
- b) do domínio *Archaea* são constituídos de células com envoltório nuclear.
- c) do domínio *Eukarya* evoluíram a partir de um organismo do domínio *Archaea*.
- x d) do domínio *Eukarya* estão filogeneticamente mais próximos dos organismos do domínio *Archaea* que dos organismos do domínio *Bacteria*.

5. (Fuvest-SP) O modo de nutrição das bactérias é muito diversificado: existem bactérias fotossintetizantes, que obtêm energia da luz; bactérias quimiossintetizantes, que obtêm energia de reações químicas inorgânicas; bactérias saprofágicas, que se alimentam de matéria orgânica morta; bactérias parasitas, que se alimentam de hospedeiros vivos. Indique a alternativa que relaciona corretamente cada um dos tipos de bactéria mencionados com sua posição na teia alimentar.

	Fotossintetizante	Quimiossintetizante	Saprofágica	Parasita
a)	Decompositor	Produtor	Consumidor	Decompositor
b)	Consumidor	Consumidor	Decompositor	Consumidor
c)	Produtor	Consumidor	Decompositor	Decompositor
d)	Produtor	Decompositor	Consumidor	Consumidor
x e)	Produtor	Produtor	Decompositor	Consumidor

6. (Unesp) A cidade de São Paulo, atravessada por dois grandes rios, Tietê e Pinheiros, e seus inúmeros afluentes, é frequentemente assolada por grandes enchentes nos períodos chuvosos. Após as enchentes, seguem-se casos de leptospirose. Um político, em sua campanha, propõe acabar com a doença, adotando as cinco medidas seguintes.
- I. Exterminar o maior número possível de ratos.
 - II. Aplicar semanalmente inseticidas nas margens dos rios.
 - III. Multar as famílias que acumulam água nos fundos dos quintais.
 - IV. Evitar o acúmulo de lixo próximo a residências e margens dos rios.
 - V. Desenvolver campanha para estimular o uso de calçados, principalmente em dias de chuva.

As medidas que, de fato, podem contribuir para acabar com a leptospirose são:

- a) I e II. d) III e V.
- b) II e III. e) IV e V.
- x c) I e IV.

7. (UFC-CE) Em relação às bactérias, marque **V** para as afirmativas verdadeiras e **F** para as falsas.

- As bactérias têm sido usadas pela engenharia genética na síntese de peptídios humanos como a insulina e o hormônio de crescimento.
- As bactérias causam muitas doenças sexualmente transmitidas, como o herpes simples, a meningite e a sífilis.
- Em geral as bactérias trazem mais benefícios do que prejuízos para os seres humanos e para a biosfera.

Assinale a alternativa que contém a sequência correta.

- a) F V F. d) F V V.
- x b) V F V. e) V V V.
- c) F F V.

8. (UFPB) O texto a seguir sobre doenças infectocontagiosas foi apresentado a um estudante para que fosse interpretado, de acordo com os seus conhecimentos.

“Grande parte das doenças infectocontagiosas está intrinsecamente relacionada ao nível socioeconômico da população. Sobre a cólera, por exemplo, conhecem-se o agente causador e as formas de contágio, com detalhes. No entanto, essa doença pode levar muitos à morte nos locais onde falta política educacional e as condições sanitárias são precárias.”

Interpretando o texto, o estudante depreendeu que:

- I. a cólera é causada por vírus, cujo contágio é feito por ingestão de alimentos contaminados e mal cozidos.
- II. o fornecimento de água tratada e a construção de rede de esgotos são necessários ao combate à cólera.
- III. uma política educacional, preocupada em informar sobre uso adequado dos sanitários, higiene com alimentos e conservação e utilização da água tratada, é necessária ao combate à cólera.

Está(ão) correta(s) apenas a(s) afirmação(ões):

- a) I. x c) II e III. e) III.
- b) I e II. d) I e III.

Protistas

Wim van Egmond/Visuals Unlimited, Inc./Glow Images



Figura 4.1. O unicelular eucarionte mostrado na fotomicrografia é do grupo das euglenas, seres que, desde o início das discussões sobre classificação dos seres vivos em reinos, levantam inquietações: eles apresentam tanto características de plantas, caso da fotossíntese, como de animais, caso do deslocamento. Seres assim foram inicialmente agrupados no Reino Protista, termo que hoje não tem mais valor de táxon, passando a ser usado como nome comum. À medida que novas tecnologias surgiram, pudemos entender melhor as células desses e de outros organismos, e novas classificações puderam ser propostas, reorganizando o conhecimento. Vamos conhecer aqui apenas uma pequena parte da imensa diversidade desses organismos eucariontes, que não são plantas, nem fungos, nem animais.



Pense nisso

- As euglenas são organismos encontrados em ambientes aquáticos. Cite outros organismos aquáticos que você conheça e que poderiam ser considerados protistas.
- Alguns protistas desempenham o mesmo papel dos animais em uma cadeia alimentar, ou seja, são consumidores. Outros são produtores, como as plantas. Aponte alguns exemplos de protistas nesses dois níveis tróficos.
- Você conhece protistas causadores de doenças em seres humanos? Quais?

1. Introdução

O termo protista deriva do grego e significa “primeiro de todos”, refletindo a ideia de que eles teriam sido os primeiros eucariontes a surgir no curso da evolução.

No capítulo 1, já comentamos que atualmente o termo protista não se aplica mais para reino, mas pode ser usado como um coletivo para organismos eucariontes uni ou multicelulares sem tecidos. Outros dois termos muito empregados para esses seres são: **protozoários** e **algas**.

O termo protozoário deriva do grego e significa “primeiro animal”. Ele foi criado há muitos anos, quando se falava em Filo Protozoa dentro do Reino Animal, para unicelulares heterótrofos. Atualmente, emprega-se “protozoário” como uma designação coletiva, sem valor taxonômico, para unicelulares eucariontes heterótrofos que obtêm seus alimentos por ingestão ou absorção, e não se fala mais em animais unicelulares.

O termo alga também é empregado como uma designação coletiva, sem valor taxonômico. São algas os seres fotossintetizantes oxigênicos que vivem em ambiente aquático ou terrestre úmido e que não apresentam organização complexa do corpo, podendo ser uni ou multicelulares, mas sem formar tecidos diferenciados. Por serem fotossintetizantes oxigênicos, as algas são importantes na produção do gás oxigênio para os ecossistemas. Além disso, constituem a base da alimentação de animais aquáticos, e algumas espécies de algas multicelulares são também utilizadas na alimentação humana, caso da *nori* (alga vermelha usada

para enrolar o *sushi*), da *wakame* (alga parda usada em sopas) e da *kombu* (alga parda usada em pratos como arroz e leguminosas).

Certas espécies de algas multicelulares produzem grandes quantidades de substâncias utilizadas comercialmente. É o caso dos **alginatos**, substâncias viscosas produzidas por algumas espécies de algas pardas, que são usados na fabricação de papel e como estabilizadores em cremes dentais e sorvetes.

Outros exemplos são o **ágar** e a **carragenina** (carragena ou carragenana), encontrados em espécies de algas vermelhas e usados para finalidades diversas: na indústria farmacêutica, na fabricação de cosméticos e de gelatinas, no preparo de meios de cultura para bactérias e como emulsificante, estabilizante e espessante em alimentos (Fig. 4.2).



Fotografias: Thinkstock/Getty Images



▲ **Figura 4.2.** A gelatina e o sorvete são exemplos de alimentos fabricados com substâncias extraídas de algas.

2. Endossimbiose e evolução dos eucariontes

Ao analisarmos o cladograma apresentado no capítulo 1, podemos notar que houve grande diversificação dos eucariontes.

O que deve ter causado essa enorme diversificação?

Parte da resposta a essa pergunta parece estar na evolução da célula eucariótica por eventos de endossimbiose (**simbiogênese**).

Na origem e na evolução da célula eucariótica, houve inicialmente um evento de endossimbiose – em que uma célula eucariótica teria englobado bactérias aeróbias, que deram origem às mitocôndrias; mais tarde, houve um novo evento de endossimbiose, em que um eucarionte que já tinha mitocôndrias teria englobado cianobactérias. Estas deram origem aos cloroplastos.

Esses eventos de endossimbiose que deram origem, respectivamente, a mitocôndrias e depois cloroplastos são chamados **primários** (Fig. 4.3, na próxima página).

Nos eucariontes atuais é possível detectar a presença de genes dos cloroplastos e das mitocôndrias incorporados ao DNA nuclear, indicando que houve transferência de genes das bactérias englobadas para o núcleo. Assim, as funções dos cloroplastos e das mitocôndrias dependem, em parte, do DNA dessas organelas e, em parte, do DNA que passou para o núcleo.

Considerando somente os eucariontes que analisaremos neste livro, há linhagens que derivaram apenas da endossimbiose com bactérias aeróbias, representadas pelos diplomonadidas, parabasalidas, amebozoários, foraminíferos, cinetoplastídeos, fungos e animais.

Todos os demais eucariontes que estudaremos nesta obra derivaram da outra linhagem em que houve endossimbiose também com cianobactérias, originando os cloroplastos.

A linhagem dos organismos com cloroplastos sofreu grandes modificações e diversificação. Enquanto a mitocôndria se originou apenas por endossimbiose primária, os cloroplastos se originaram por endossimbiose primária e também por eventos independentes de **endossimbiose secundária**. Analise a **figura 4.3** a seguir e depois acompanhe a descrição pelo texto.

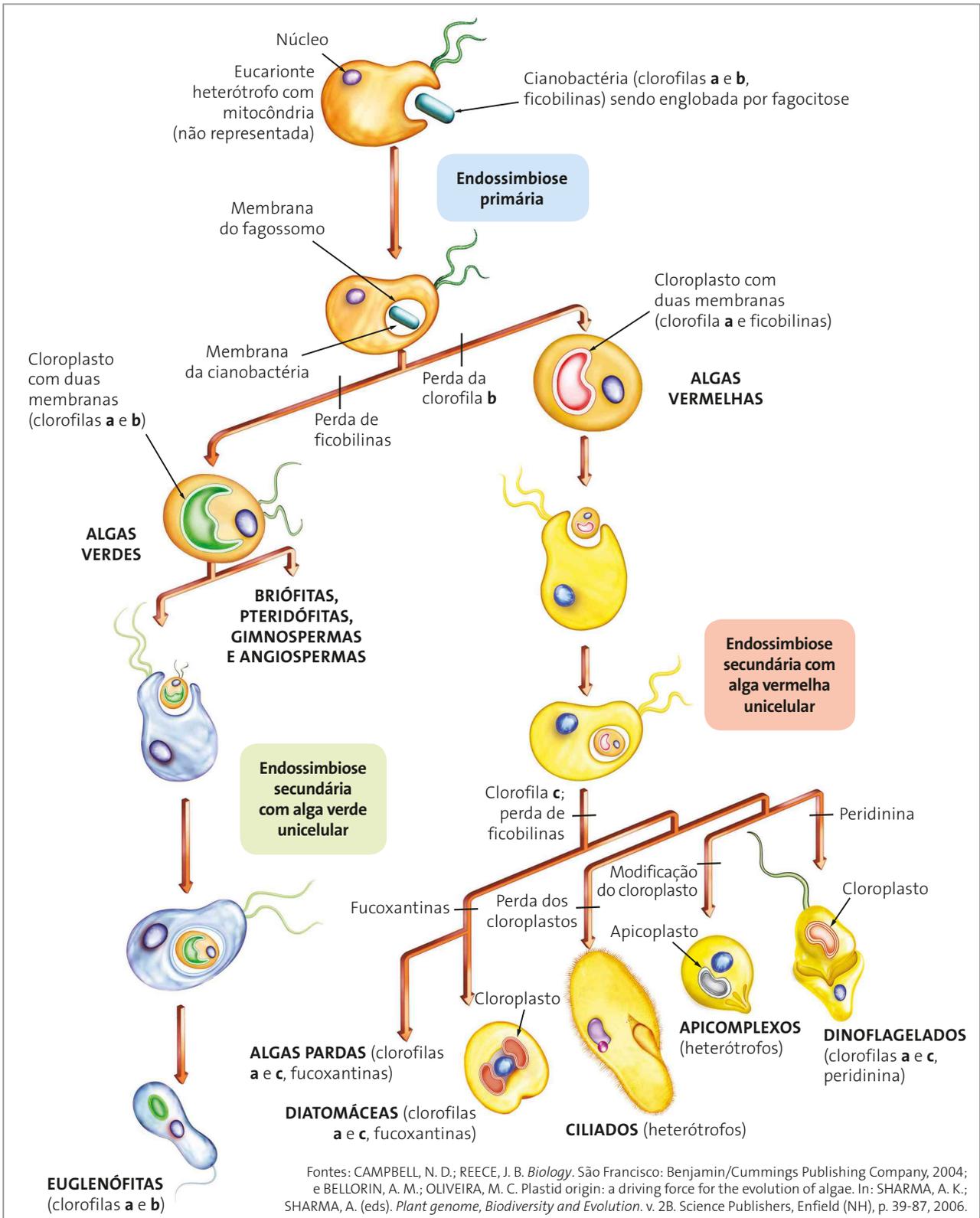


Figura 4.3. Esquema simplificado da evolução dos eucariontes com base nos processos de endossimbiose primária e secundária. Estão indicados os diferentes tipos de pigmentos fotossintetizantes que surgiram ou foram perdidos ao longo da evolução dos grupos de organismos e também os eventos de perda de cloroplastos. (Elementos representados em diferentes escalas; cores fantasia.)

Os únicos grupos de organismos clorofilados que estudaremos neste livro e que surgiram **apenas** por endossimbiose primária são as algas vermelhas, algas verdes e plantas terrestres. Por esse motivo, nas classificações atuais, como a de Baldauf (apresentada no capítulo 1), o termo Plantae é substituído por Arqueplastida, evitando a enorme confusão historicamente gerada para o conceito de planta.

Os demais organismos clorofilados tratados neste livro surgiram por endossimbiose secundária com algas verdes ou com algas vermelhas unicelulares. Nesses casos, protistas heterótrofos mitocondriados englobaram por fagocitose algas verdes ou vermelhas unicelulares e incorporaram seus cloroplastos. Em função disso, os cloroplastos desses organismos possuem, em geral, quatro membranas delimitantes, sendo uma delas derivada do fagossomo, outra derivada da membrana plasmática da alga que foi fagocitada, e duas do cloroplasto do endossimbionte; em alguns casos, há perda de uma dessas membranas, restando apenas três. Parte do DNA dessas organelas foi incorporada ao DNA nuclear da célula hospedeira.

Assim, duas linhagens evolutivas surgiram: a que derivou por endossimbiose secundária com algas verdes e a que derivou por endossimbiose secundária com algas vermelhas, como representado na figura 4.3.

Da linhagem que derivou por endossimbiose secundária com algas verdes, estudaremos as euglenófitas, representadas pelas **euglenas**.

Na linhagem que derivou da endossimbiose secundária com algas vermelhas, surgiram vários outros grupos; entre eles, vamos estudar os dinoflagelados, os apicomplexos (ou esporozoários), os ciliados, as diatomáceas e as algas pardas. Em muitos dos dinoflagelados, houve perda secundária dos cloroplastos, sendo encontrados, assim, representantes heterótrofos. Na origem da diversificação dos ciliados também houve perda dos cloroplastos, e esses organismos são todos heterótrofos. Já nos apicomplexos, cujos representantes mais conhecidos são os **plasmódios**, que causam a malária, e o **toxoplasma**, que causa a toxoplasmose, houve modificação dos cloroplastos e perda dos pigmentos fotossintetizantes. Esse cloroplasto modificado e não fotossintetizante recebe o nome de **apicoplasto** e está relacionado principalmente ao metabolismo de ácidos graxos. Essa organela tem sido alvo de muitos estudos visando ao desenvolvimento de medicamentos que possam bloquear sua função e, com isso, ser usados no tratamento da malária e de outras doenças parasitárias causadas por apicomplexos.



Colocando em foco

A CLASSIFICAÇÃO ANTIGA

Antigamente, os protozoários eram classificados em quatro filos com base na presença e na estrutura de locomoção.

- **Filo Sarcodina ou Rhizopoda** – protozoários heterótrofos que se deslocam ou capturam alimento por meio de pseudópodes (*pseudo* = falso; *podos* = pés), como é o caso dos amebozoários e dos foraminíferos;
- **Filo Flagellata ou Mastigophora** (*mastix* = flagelo; *phoros* = portador) – protozoários que se deslocam por meio de flagelos, como é o caso das euglenófitas (há formas não clorofiladas nesse grupo), tripanossomos, giárdias, triconinfas, tricomonas, dinoflagelados (há formas não clorofiladas nesse grupo); como se pode notar, há aqui grupos que incluem formas clorofiladas e não clorofiladas e que sempre foram tratadas tanto pelos botânicos (cientistas que estudam plantas) como pelos zoólogos (cientistas que estudam animais);
- **Filo Ciliophora** – protozoários heterótrofos que se deslocam ou obtêm alimento por meio de cílios; esse é o único grupo que se mantém igual à classificação tradicional;
- **Filo Sporozoa** – protozoários heterótrofos que não apresentam estruturas especiais para o deslocamento, como pseudópodes, cílios e flagelos, mas podem se deslocar no meio por flexões do corpo ou por deslizamento; obtêm alimento principalmente por absorção ou pinocitose; é o caso do plasmódio, causador da malária.

3. Diplomonadidas e parabasálicas

Na linhagem dos organismos heterótrofos resultantes **apenas** da endossimbiose que originou as mitocôndrias, houve em alguns grupos modificações nessas organelas, e elas deixaram de realizar a respiração. Foi o que ocorreu nos diplomonadidas e parabasálicas; os representantes desses grupos são anaeróbios.

O exemplo mais importante de diplomonadidas para a saúde humana é a *Giardia intestinalis* (ou *G. lamblia*) (Fig. 4.4), parasita intestinal responsável pela **giardíase**.

Essa doença afeta principalmente o intestino delgado, provocando diarreia e dores abdominais. A transmissão é feita pela ingestão de alimentos ou água contaminados com cistos (formas de resistência) de giardia. Como medidas profiláticas, estão o saneamento básico, lavar frutas e verduras antes de ingerir e beber água tratada.

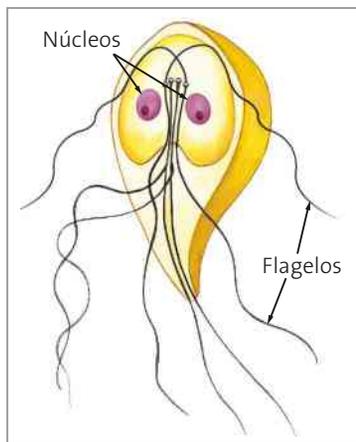
Os parabasálicas mais importantes são:

- triconinfas (gênero *Trichonympha*) (Fig. 4.5), que vivem em mutualismo no intestino de insetos co-

medores de madeira, como é o caso dos cupins; esses protistas locomovem-se por meio de muitos flagelos e fagocitam os fragmentos de madeira ingeridos pelo inseto; digerem a celulose por si mesmos ou graças a bactérias simbiotes que vivem em seu citoplasma.

- *Trichomonas vaginalis* (Fig. 4.6), que causa a **tricomoniase**, doença sexualmente transmissível de ampla ocorrência, afetando cerca de 170 milhões de pessoas no mundo. Além do contato sexual, a transmissão pode ocorrer pelo uso de sanitários e banheiras não higienizadas e pelo uso de toalhas úmidas contaminadas por tricomonas. Afeta o sistema genital; nos homens causa infecções uretrais e nas mulheres, infecções vaginais.

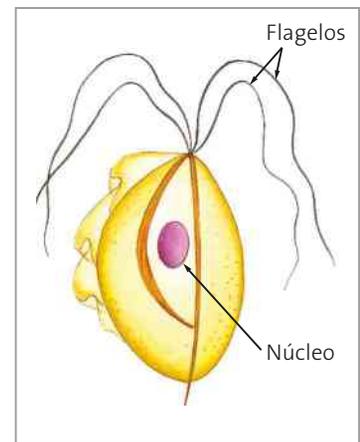
As medidas profiláticas são: usar preservativo nas relações sexuais, evitar banheiros sem condições de higiene, não usar toalhas de outras pessoas se não estiverem adequadamente lavadas.



Ingeborg Asbach



Visuals Unlimited/Corbis/Latinstock



Ingeborg Asbach

▲ **Figura 4.4.** Esquema de *Giardia intestinalis*. Mede cerca de 15 µm de comprimento. (Cores fantasia.)

▲ **Figura 4.5.** Fotomicrografia de protozoário do gênero *Trichonympha*, que habita o intestino de cupins e baratas comedoras de madeira. O protozoário mede cerca de 50 µm de comprimento.

▲ **Figura 4.6.** Esquema de *Trichomonas vaginalis*. Mede cerca de 10 µm de comprimento. (Cores fantasia.)

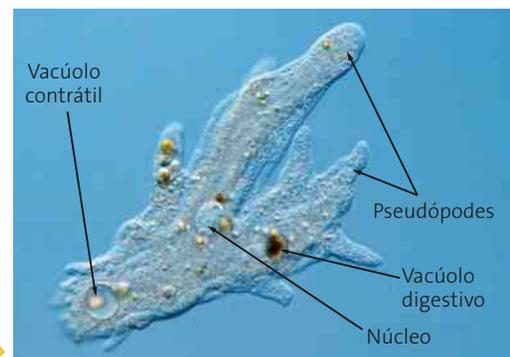
4. Amebozoários

Nesse agrupamento estão os mixomicetos e as amebas. Os mixomicetos são organismos que vivem em solos úmidos e sobre os troncos de árvores; eles se alimentam de detritos. Em nosso estudo, não nos deteremos nos mixomicetos, mas, sim, nas amebas.

As amebas podem ser encontradas em água doce, solos úmidos e mares. Algumas espécies são parasitas, inclusive do ser humano.

Vamos estudar inicialmente as amebas de vida livre, tomando como exemplo a *Amoeba proteus* (Fig. 4.7).

▲ **Figura 4.7.** Fotomicrografia da ameba de água doce *Amoeba proteus* emitindo pseudópodes. Mede cerca de 0,5 mm em seu maior eixo. >



Wim van Egmond/Visuals Unlimited, Inc./Clow Images

As amebas locomovem-se por meio de **pseudópodes** (movimento ameboide), que também são empregados na captura de alimento por fagocitose. Esses organismos se alimentam de pequenos protozoários, fungos e algas, e também de protoplasma morto, digeridos intracelularmente.

Protistas que vivem em água doce, como a *Amoeba proteus*, possuem citoplasma com concentração maior que a do meio externo. Em função dessa diferença de concentração, grande quantidade de água do meio externo entra na célula por osmose. Esperaríamos que esse fenômeno provocasse seu rompimento, mas isso não acontece porque nesses organismos existem organelas citoplasmáticas denominadas **vacúolos contráteis** ou **pulsáteis**, que recolhem e eliminam a água em excesso do citoplasma. Os vacúolos contráteis participam da osmorregulação (regulação osmótica) nesses protistas.

Os protozoários de água salgada, no entanto, geralmente não possuem vacúolos pulsáteis, pois a concentração do meio externo é semelhante à do citoplasma das células. Esses vacúolos estão ausentes nos parasitas.

O tipo de reprodução mais comum entre os amebóides é a divisão binária ou bipartição (Fig. 4.8). Como já sabemos, nessa forma de reprodução assexuada a célula divide-se ao meio, dando origem a duas células-filhas com a mesma informação genética da célula-mãe.

As amebas parasitas de maior importância médica pertencem à espécie *Entamoeba histolytica*.

Essas amebas causam a **disenteria amebiana**, doença caracterizada por diarreia com muco e sangue e que é contraída por meio da ingestão de alimentos ou água contaminados por cistos do parasita. As principais medidas profiláticas para se evitar essa parasitose são saneamento básico, medidas de higiene pessoal, beber água clorada (tratada) e/ou fervida e lavar bem frutas e verduras antes de ingeri-las.

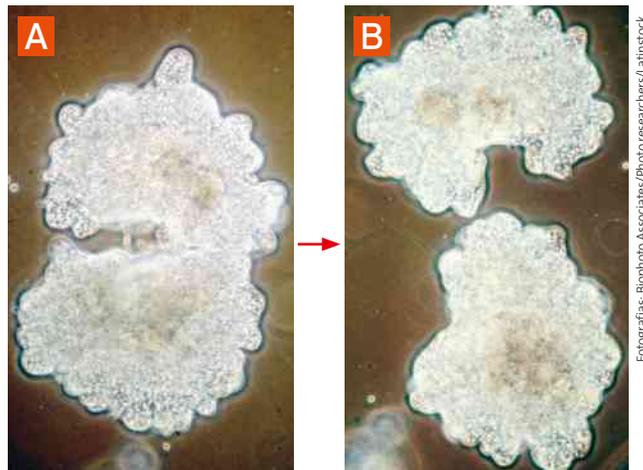


Figura 4.8. Fotomicrografia de ameba em estágio avançado de divisão binária (A) e ao final do processo (B). Cada célula mede cerca de 0,5 mm de diâmetro.

Fotografias: Biophoto Associates/Photo research/Latinstock

5. Foraminíferos

Foraminíferos também formam pseudópodes, mas diferentes dos que ocorrem nas amebas. Eles são finos e ramificados (chamados reticulópodes), formando uma espécie de trama com a qual capturam os pequenos organismos dos quais se alimentam (Fig. 4.9).

Foraminíferos são organismos principalmente marinhos que vivem no sedimento, embora existam algumas espécies que vivem em suspensão na água. Eles geralmente apresentam exoesqueleto formado por carbonato de cálcio ou pela aglutinação de areia, espículas de esponjas ou outros materiais inorgânicos. Esses

organismos deixaram amplo registro fóssil. Geólogos usam foraminíferos fósseis como indicadores de locais onde pode haver petróleo e também para avaliar dados climáticos de eras geológicas passadas, com base na temperatura dos mares.

Grandes quantidades de carapaças dos foraminíferos foram depositadas no fundo dos mares ao longo de milhares de anos, dando origem a rochas sedimentares de coloração esbranquiçada que formam, por exemplo, as falésias de Dover, na Inglaterra (Fig. 4.10).

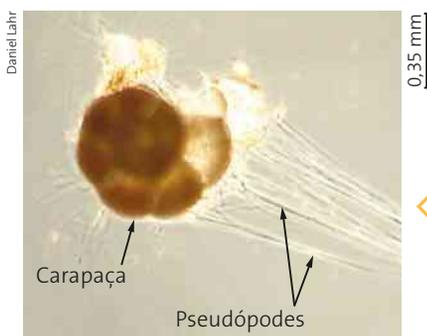


Figura 4.9. Fotomicrografia de foraminífero com seus pseudópodes finos, longos e ramificados.

Daniel Lahr



Figura 4.10. Fotografia das falésias de Dover, na Inglaterra (2014).

Bax Walker/Alamy Stock Photo/Latinstock

6. Cinetoplastídeos

Os cinetoplastídeos deslocam-se por meio de flagelo. São caracterizados pela presença de uma única e grande mitocôndria que, na base do flagelo, apresenta uma dilatação onde se encontra grande quantidade de DNA. Essa região da mitocôndria rica em DNA é denominada **cinetoplasto** (*cineto* = movimento).

O nome dado a essa estrutura se deve ao fato de, antigamente, se achar que ela era responsável pelo batimento flagelar, pois está localizada na base do flagelo. Mesmo depois que se verificou que não há relação com o movimento, o termo cinetoplasto permaneceu e deu origem ao nome desse grupo.

Há cinetoplastídeos de vida livre, vivendo em água doce, no mar e em solos úmidos; há também os parasitas. Os mais importantes para a espécie humana são os parasitas dos gêneros *Trypanosoma* (Fig. 4.11) e *Leishmania*. Vamos comentar apenas a espécie *T. cruzi*, que causa a doença de Chagas, e as espécies *L. chagasi* e *L. brasiliensis*, que causam leishmanioses.

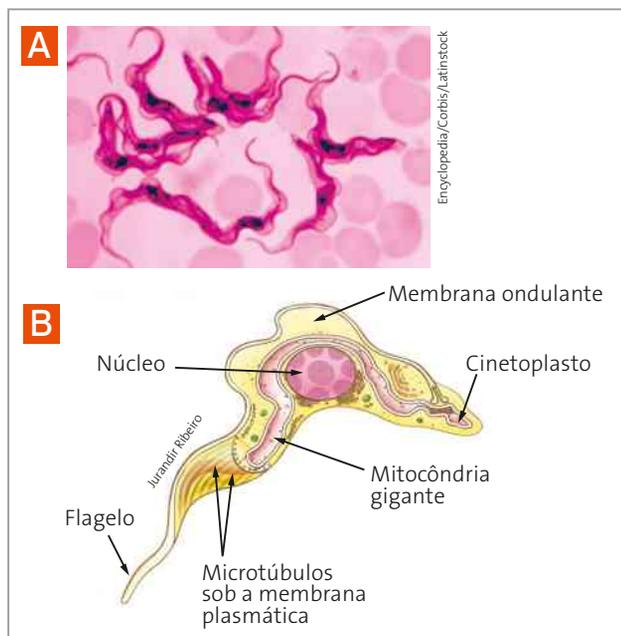


Figura 4.11. Fotomicrografia corada de *Trypanosoma* sp. (A; 20 µm de comprimento) e esquema da ultraestrutura da célula vista em corte parcial (B; cores fantasia).

Doença de Chagas

- **Agente etiológico:** *Trypanosoma cruzi*.
- **Características:** hipertrofia de órgãos afetados pelo parasita, principalmente o coração.
- **Modos de transmissão:** os principais transmissores são insetos da espécie *Triatoma infestans*, vulgarmente conhecidos por **barbeiro** ou **chupança** (Fig. 4.12); ao picar uma pessoa, esses insetos defecam, e em suas fezes estão as

formas infectantes do parasita. Ao coçar o local da picada, a pessoa facilita a penetração do parasita pela pele ou contamina suas mãos e, ao levá-las à boca ou aos olhos, propicia a entrada do parasita por esses órgãos. Outras formas de transmissão podem ocorrer pela transfusão de sangue contaminado pelo parasita ou pela ingestão de alimentos contaminados pelos parasitas.



Figura 4.12. Fotografia de barbeiro, inseto vetor da doença de Chagas. Mede cerca de 3 cm de comprimento quando adulto.

- **Medidas profiláticas:** tratamento dos doentes; controle da proliferação dos barbeiros; proteção com telas em portas e janelas e mosquiteiro nas camas; cuidados nas transfusões de sangue para que não seja usado sangue contaminado; higiene das partes de plantas usadas em sucos, como o açaí e a cana-de-açúcar.

Leishmaniose visceral americana ou calazar

- **Agente etiológico:** *Leishmania chagasi*.
- **Características:** lesões no baço, fígado, rins e intestinos.
- **Modo de transmissão:** picada do mosquito-palha ou birigui (flebotomos) (Fig. 4.13) contaminados.
- **Medidas profiláticas:** combate ao vetor; tratamento dos doentes.



Figura 4.13. Fotografia de mosquito-palha pousado na pele humana. Mede cerca de 2 mm de comprimento.

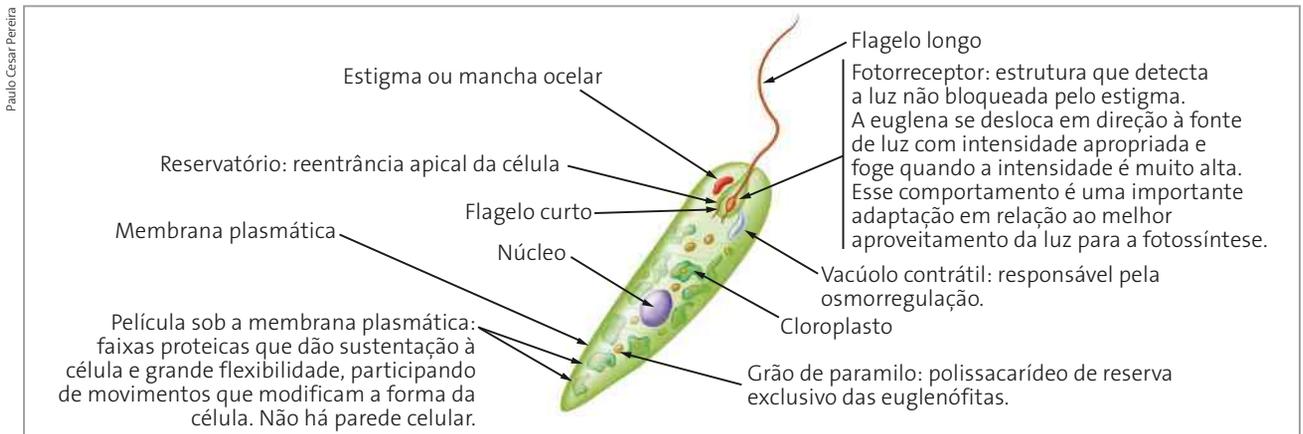
Leishmaniose de pele ou úlcera de Bauru

- **Agente etiológico:** *Leishmania brasiliensis*.
- **Características:** ulcerações graves na pele.
- **Modo de transmissão:** picada do mosquito-palha ou birigui (flebotomos) contaminados.
- **Medidas profiláticas:** combate ao vetor; tratamento dos doentes.

7. Euglenófitas

As euglenófitas têm como representante mais conhecido o gênero *Euglena* (Fig. 4.14), e dele derivou o nome do grupo.

Será apenas neste gênero que deteremos nossa atenção. Analise a figura a seguir, que resume as principais características das euglenas.



▲ **Figura 4.14.** Esquema de um representante do gênero *Euglena*, comum em águas paradas. (Cores fantasia.)

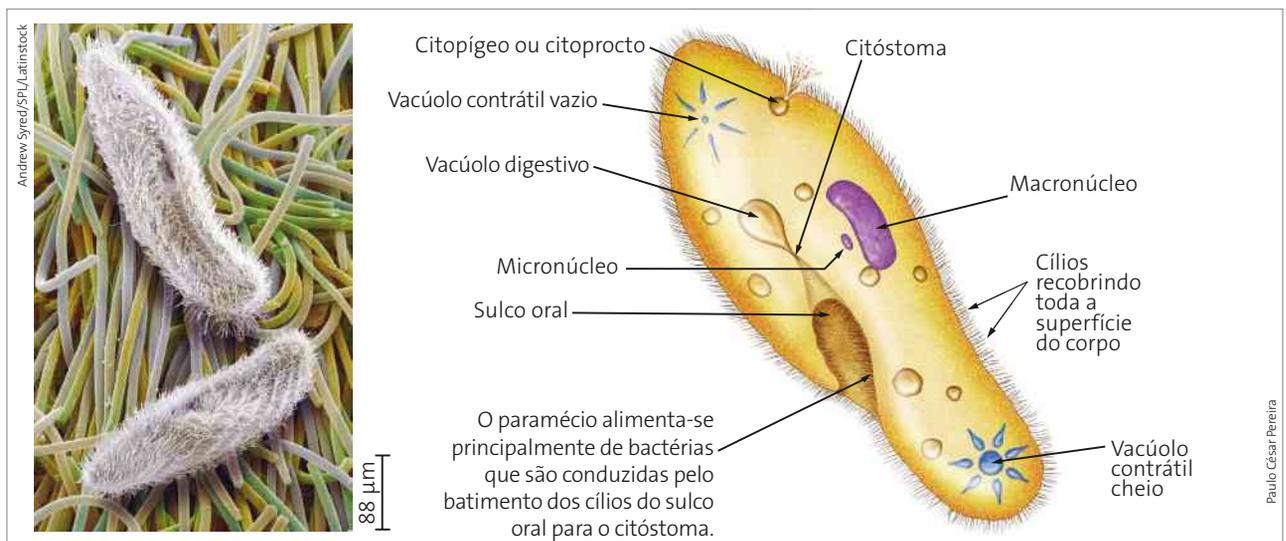
8. Ciliados

Os ciliados são protozoários dotados de cílios, estruturas utilizadas na locomoção e, em alguns casos, na filtração do alimento. Ocorrem na água doce, no mar e em ambientes terrestres úmidos.

É nesse grupo que se encontra a maior diversidade de espécies entre os protozoários. Existem representantes predadores, outros que se alimentam de algas e há, também, parasitas e filtradores de partículas.

Vamos usar como exemplo para estudos dos ciliados o *Paramecium* sp. (paramécio), protozoário de vida livre, muito comum em lagoas, tanques e poças de água doce e que tem hábito filtrador (Fig. 4.15).

No paramécio, a ingestão de alimento ocorre pelo citóstoma, estrutura que tem localização fixa na célula. No citóstoma formam-se os vacúolos alimentares (fagossomos), que se desprendem para dentro do citoplasma, onde se fundem com os lisossomos e, já como vacúolos digestivos, circulam pelo interior da célula movidos pelas correntes citoplasmáticas, distribuindo o alimento digerido. Os restos não aproveitáveis são eliminados por uma região específica da célula, denominada **citopígeo** ou **citoprocto** (termos que significam “ânus de célula”).



▲ **Figura 4.15.** Eletromicrografia de varredura de *Paramecium* sp. (cores artificiais) e esquema da organização do corpo evidenciando suas estruturas. (Cores fantasia.)

No citoplasma do paramécio existem, além das organelas responsáveis pelas funções vitais, os vacúolos contráteis, cuja função é a regulação osmótica (osmorregulação) da célula.

Outra característica dos paramécios e dos ciliados em geral é a presença de dois tipos de núcleo: um deles, denominado **macronúcleo**, é grande e regula as atividades do metabolismo celular; o outro, denominado **micronúcleo**, é pequeno e participa das reproduções sexuada e assexuada.

A reprodução assexuada ocorre por divisão binária transversal, e a sexuada, por conjugação.

Na conjugação, dois indivíduos se unem, o macronúcleo sofre degeneração e o micronúcleo sofre meiose.

Há troca e fusão de micronúcleos entre os indivíduos conjugantes. Nesse tipo de reprodução não há formação de gametas.

Entre os ciliados parasitas destaca-se a espécie *Balantidium coli* (Fig. 4.16), que causa a **balantidiose**, uma parasitose intestinal que produz lesões no intestino grosso; essas lesões provocam diarreia com sangue nas fezes, de modo semelhante ao que ocorre na disenteria amebiana.

A balantidiose é transmitida pela ingestão de alimentos ou de água contaminados por cistos do ciliado. As medidas profiláticas são saneamento básico, lavar frutas e verduras antes de ingeri-las e filtrar a água antes de beber; tratar os doentes.

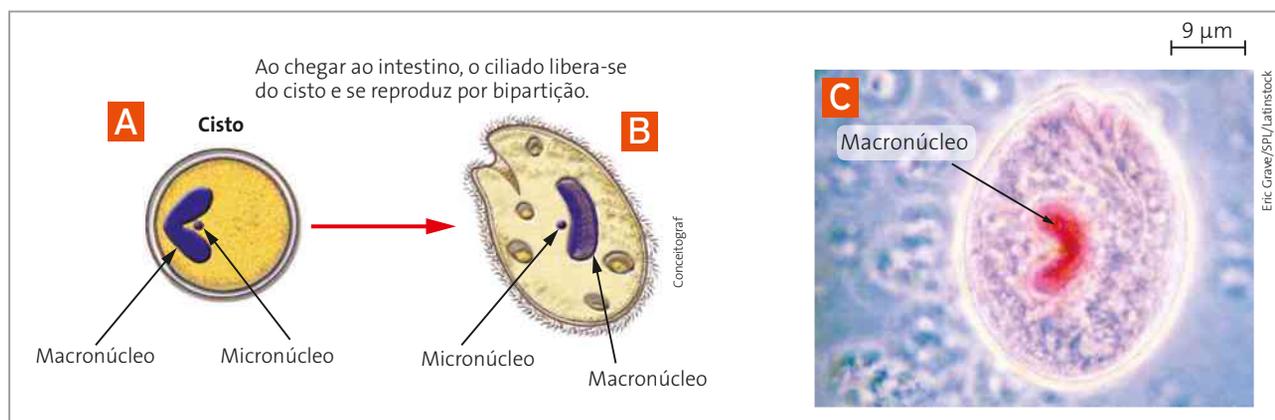


Figura 4.16. Esquemas do cisto (A) de *Balantidium coli* e do parasita (B) liberado no trato intestinal humano. (Cores fantasia). Em (C), fotomicrografia corada do parasita.

9. Apicomplexos

Os apicomplexos, também chamados **esporozoários**, são parasitas caracterizados pela ausência de estruturas especializadas para locomoção. Eles, no entanto, conseguem se deslocar por flexões no corpo ou por deslizamento.

O nome apicomplexo deve-se à presença, na célula desses organismos, de uma estrutura chamada **complexo apical**, relacionada ao processo de penetração ou fixação desse parasita na célula do hospedeiro. Analise a estrutura da célula de um apicomplexo no esquema ao lado (Fig. 4.17).

No ciclo de vida desses parasitas ocorre um tipo de reprodução típica do grupo: a **esporogonia** (Fig. 4.18). Logo após a formação do zigoto, essa célula pode sofrer um encistamento e uma divisão meiótica, dando origem a quatro **esporozoítos** haploides. Essas células multiplicam-se por mitoses sucessivas, dando origem a esporozoítos, que, finalmente, são eliminados do cisto.

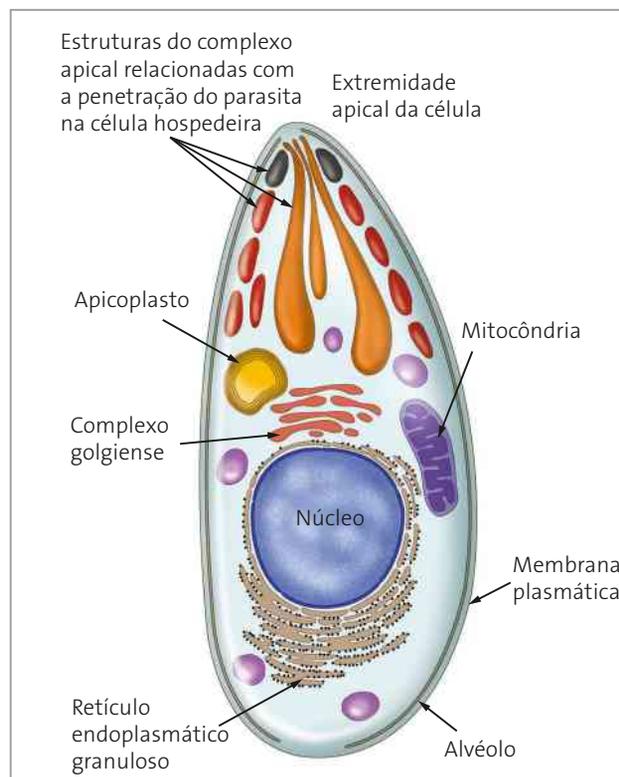
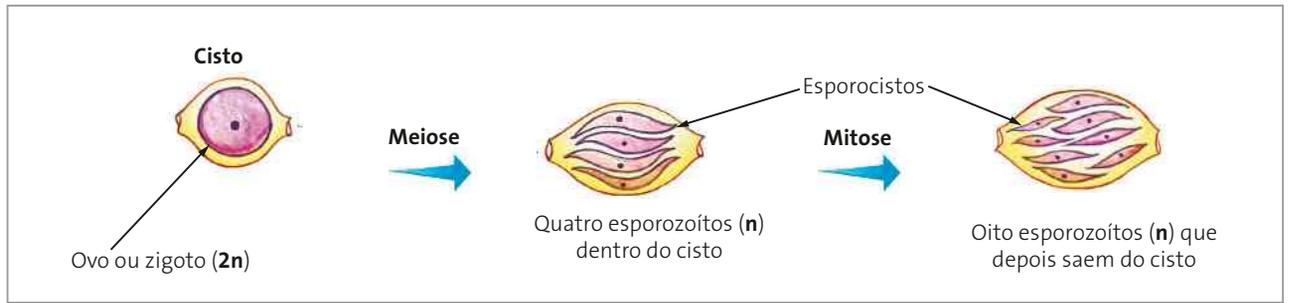


Figura 4.17. Esquema da ultraestrutura da célula de um apicomplexo, o *Toxoplasma gondii*, que causa a toxoplasmose. Essa célula mede cerca de 200 µm de comprimento. Célula representada em corte longitudinal. (Cores fantasia.)



▲ **Figura 4.18.** Esquema de esporogonia. Um esporozoítos chega a medir cerca de 15 µm de comprimento. (Elementos representados em diferentes escalas; cores fantasia.)

A seguir, vamos comentar duas importantes parasitoses humanas causadas por apicomplexos: a malária (malaria, impaludismo, paludismo ou febre intermitente) e a toxoplasmose.

9.1. Malária

A malária é causada por esporozoítos do gênero *Plasmodium*. Essa doença afeta milhões de pessoas em todo o mundo, especialmente em regiões tropicais.

Os acessos maláricos são cíclicos e caracterizados por intenso calafrio, seguido de febre alta, dores de cabeça e no corpo. À medida que a temperatura começa a diminuir, o doente apresenta intensa sudorese. Esses acessos se repetem com intervalos diferentes, de acordo com a espécie de *Plasmodium*.

Existem três espécies no Brasil:

- *Plasmodium vivax*: causam acessos febris a cada 48 horas (o nome popular da doença é, neste caso, febre terçã benigna — ocorre de 3 em 3 dias);
- *Plasmodium malariae*: causam acessos febris a cada 72 horas (febre quartã benigna);
- *Plasmodium falciparum*: causam acessos febris irregulares, de 36 a 48 horas (febre terçã maligna, pois as hemácias parasitadas aglutinam-se e provocam a obstrução de vasos, podendo levar o indivíduo à morte).

A malária é transmitida ao ser humano pela picada da fêmea do mosquito do gênero *Anopheles* (conhecido vulgarmente por mosquito-prego), que geralmente pica à noite (Fig. 4.19).



◀ **Figura 4.19.** Fotografia de fêmea do mosquito *Anopheles* sp. Mede cerca de 4 mm de comprimento.

Analise a **figura 4.20**, na próxima página, que mostra simplificada o ciclo de vida do *Plasmodium*. Vamos analisar esse ciclo a partir do momento em que o mosquito perfura a pele de uma pessoa e introduz o parasita, que se acha sob a forma de esporozoítos, na glândula salivar do mosquito.

Os esporozoítos entram na corrente sanguínea e são levados até as células do fígado, nas quais penetram, modificam-se e reproduzem-se assexuadamente, dando origem a vários indivíduos denominados **merozoítos**. As células do fígado rompem-se liberando os merozoítos, que podem infectar outras células desse órgão ou passar para a corrente sanguínea, onde penetram nos glóbulos vermelhos do sangue (hemácias). Nesses glóbulos, os merozoítos sofrem novamente reprodução assexuada, originando muitos outros indivíduos. As hemácias rompem-se e liberam merozoítos e toxinas, as quais provocam os acessos febris característicos da doença. Os merozoítos podem infectar outras hemácias, reproduzindo-se novamente. Podem, também, infectar hemácias diferenciando-se em **gametócitos** e permanecendo nessas células.

O mosquito-prego, ao picar uma pessoa contaminada pelo *Plasmodium*, pode sugar hemácias contendo gametócitos, dando início ao ciclo do parasita no corpo do inseto. No estômago do mosquito, os gametócitos diferenciam-se em gametas masculinos e femininos, havendo, a seguir, a fecundação. O zigoto originado fixa-se na parede do estômago formando um cisto, no interior do qual ocorre a **esporogonia**: o zigoto sofre meiose, e as células haploides multiplicam-se várias vezes, originando muitos esporozoítos, que rompem o cisto, são liberados e penetram na glândula salivar do inseto.

Ao picar uma pessoa, o inseto introduz o parasita na forma de esporozoítos, iniciando o ciclo do *Plasmodium* no corpo humano.

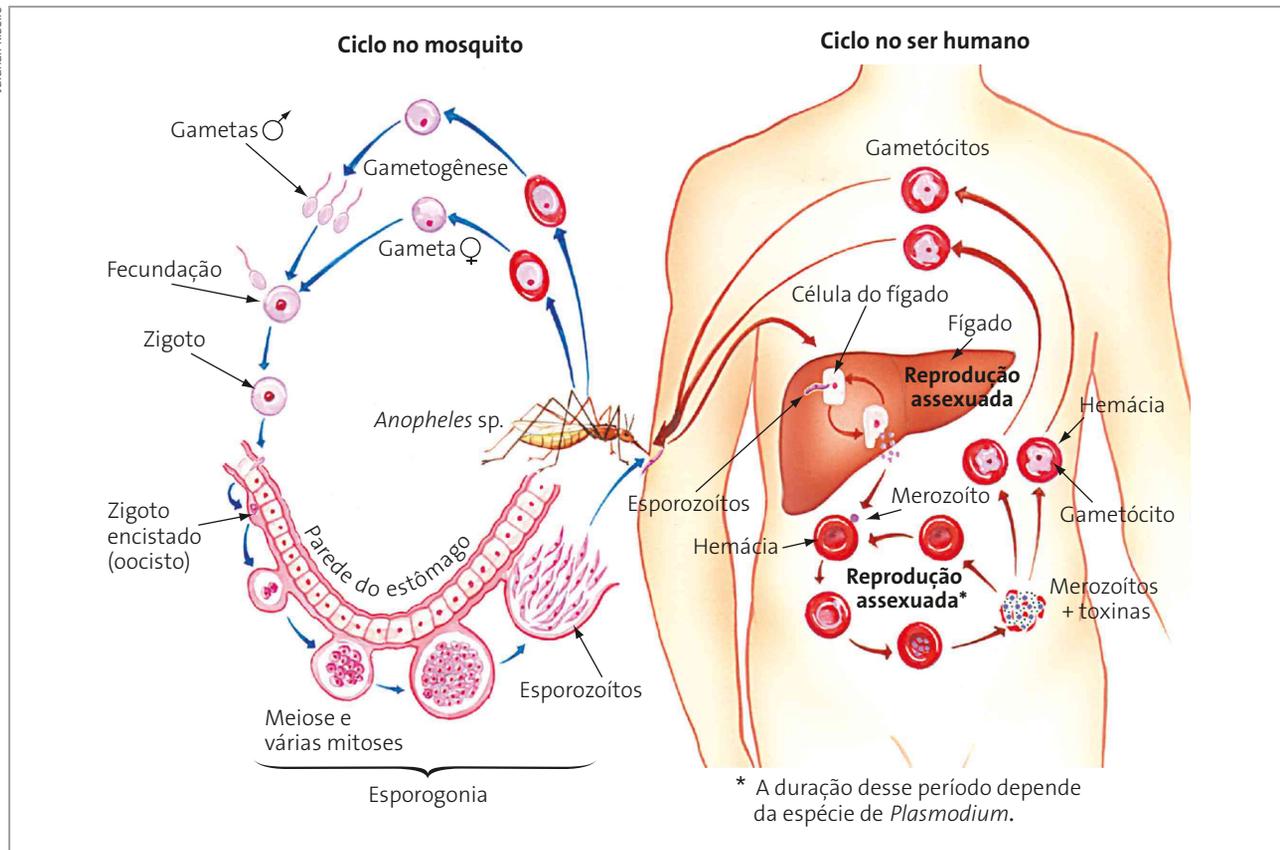


Figura 4.20. Esquema do ciclo de vida do *Plasmodium* sp. no ser humano e no mosquito. (Elementos representados em diferentes escalas; cores fantasia.)

Como se pode notar, no mosquito ocorrem a reprodução sexuada e a assexuada do *Plasmodium*, enquanto no ser humano acontece apenas a reprodução assexuada. O hospedeiro no qual ocorre a reprodução sexuada do parasita é denominado **hospedeiro definitivo**. Já o hospedeiro no qual há apenas reprodução assexuada do parasita é denominado **hospedeiro intermediário**. No caso do *Plasmodium*, o mosquito é o hospedeiro definitivo, e o ser humano, o intermediário.

Além dessa via de transmissão da malária, existem outras que não envolvem o inseto. São elas:

- transfusão de sangue contaminado pelo parasita;
- uso compartilhado de agulhas e/ou seringas contaminadas;
- transmissão para o bebê no momento do parto, quando as mães estão contaminadas.

Algumas das maneiras pelas quais se pode realizar a profilaxia da malária, quando a transmissão ocorre por meio do inseto, são:

- eliminar criadouros do inseto vetor, o que pode ser feito evitando deixar água acumulada, pois esse inseto põe seus ovos na água, eclodindo uma larva aquática que só depois da metamorfose passa a viver em ambiente aéreo;

- usar larvicidas e inseticidas para o combate ao inseto;
- proteger portas e janelas com tela para evitar que o mosquito entre em casa, assim como usar mosquiteiro nas camas;
- usar repelente de insetos.

9.2. Toxoplasmose

- **Agente etiológico:** *Toxoplasma gondii*.
- **Características da doença:** geralmente assintomática, mas em alguns casos pode causar cegueira; é grave em gestantes, pois o parasita pode passar para o feto, afetando seu sistema nervoso.
- **Modos de transmissão:** ingestão de cistos do parasita presentes principalmente nas fezes de gatos, que são os hospedeiros naturais do toxoplasma, e ingestão de carne crua ou malcozida contaminada pelo parasita.
- **Medidas profiláticas:** adoção de medidas higiênicas básicas e cuidados especiais para evitar a contaminação ao lidar com animais, principalmente gatos; cozimento adequado de carnes.

10. Dinoflagelados

Esse grupo também é denominado **Dinophyta** (*dino* = terrível) ou **Pyrrophyta** (*pyrro* = fogo). A maioria dos dinoflagelados vive no mar, mas existem algumas espécies de água doce.

Os dinoflagelados são unicelulares ou coloniais. A forma do corpo é muito variada, mas em geral têm dois flagelos que se dispõem de modo característico: um deles circunda a célula, promovendo seu giro como um pião, e o outro volta-se para a região posterior da célula, fazendo com que ela se desloque para a frente. Fala-se que esse flagelo “empurra” a célula. Veja no esquema abaixo o aspecto externo da célula de um dinoflagelado (Fig. 4.21).

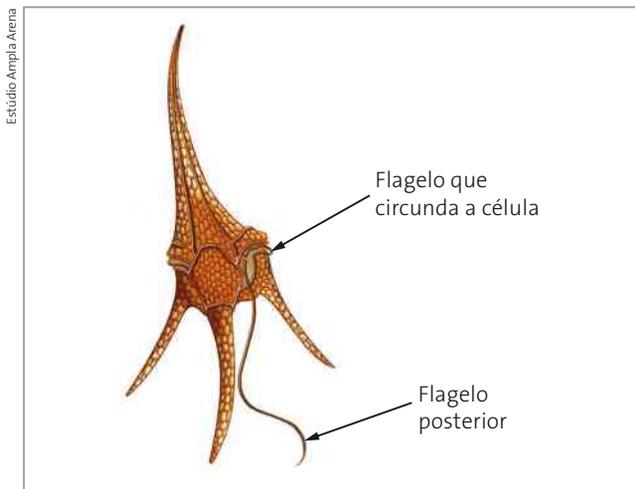


Figura 4.21. Esquema de um dinoflagelado: o *Ceratium* sp., que mede cerca de 100 µm. (Cores fantasia.)

Metade das espécies de dinoflagelados é heterótrofa, como é o caso da espécie *Noctiluca scintillans* (Fig. 4.22), uma das responsáveis pela bioluminescência nas águas do mar (Fig. 4.23). A noctiluca captura seu alimento usando um longo tentáculo. Os flagelos são reduzidos.

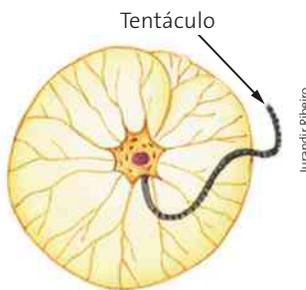
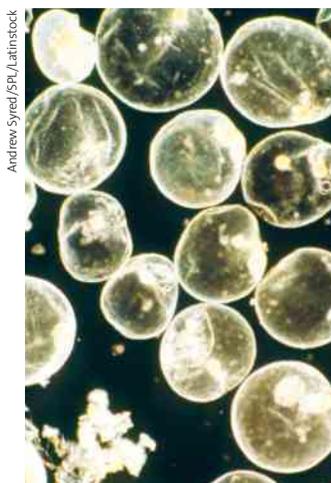


Figura 4.22. Fotomicrografia e esquema em cores fantasia de *Noctiluca* sp., um dinoflagelado marinho bioluminescente. Mede cerca de 1 mm de diâmetro.

As formas autótrofas são importantes produtoras no ecossistema marinho. É o caso de espécies do gênero *Gymnodinium* e *Ceratium*, ambos comuns no plâncton.

Existem dinoflagelados clorofilados que vivem dentro do corpo de outros organismos (protistas e invertebrados), em uma relação de mutualismo. Esses dinoflagelados simbiotes são chamados **zooxantelas**. Por realizarem fotossíntese, participam da nutrição de seus hospedeiros, fornecendo compostos orgânicos nutritivos, e recebem proteção e algumas substâncias do hospedeiro, sem prejudicá-lo, como os produtos gerados pelo metabolismo (gás carbônico e compostos nitrogenados).

Os dinoflagelados reproduzem-se assexuadamente por divisão binária, mas ocorre também reprodução sexuada com formação de gametas.

Entre os dinoflagelados existem representantes tóxicos, como *Gonyaulax catenella* e *Gymnodinium breve*, duas das espécies que podem provocar um fenômeno conhecido por **maré vermelha**: sob determinadas condições ambientais, ocorre intensa proliferação de organismos tóxicos, formando extensas manchas de cor geralmente avermelhada ou amarelada na superfície do mar e causando grande mortalidade de peixes e de outros animais marinhos. Além disso, alguns animais filtradores, como a ostra e outros bivalves, podem ser contaminados pelas toxinas desses organismos, que permanecem acumuladas em seus tecidos. O acúmulo de substâncias tóxicas pode trazer danos aos seres humanos e a outros vertebrados: se os animais contaminados forem consumidos, a toxina poderá causar distúrbios de gravidade variável dependendo da sua concentração. A maré vermelha pode ser causada por outros organismos, como certas espécies de cianobactérias.

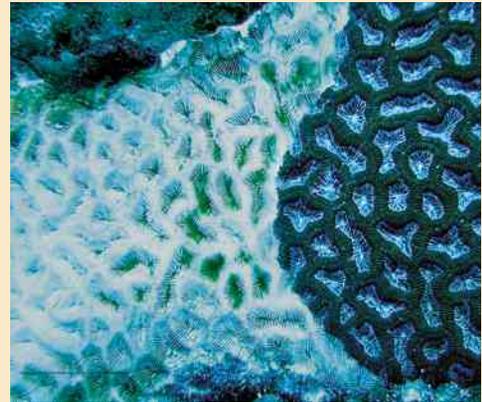


Figura 4.23. Fotografia do fenômeno de bioluminescência no mar, causado por *Noctiluca scintillans*, na China, em 2016.



BRANQUEAMENTO DE CORAIS

Um fenômeno que tem acontecido no ambiente marinho em função de alterações ambientais, como aumento de temperatura da água e poluição, é o “branqueamento” de corais (Fig. 4.24). Essas alterações provocam a morte das zooxantelas, dinoflagelados bastante modificados que vivem em mutualismo nos tecidos dos hospedeiros. Como a cor da maioria desses hospedeiros resulta, em grande parte, das zooxantelas, seus tecidos tornam-se pálidos ou brancos, daí o nome “branqueamento”. No caso do branqueamento de corais, a situação é preocupante, pois esses organismos recebem nutrientes sintetizados pelas zooxantelas e dependem delas para o processo de secreção de cálcio e formação do esqueleto. Sem as zooxantelas, os tecidos dos corais ficam praticamente transparentes, revelando o esqueleto branco subjacente. Muitos pesquisadores têm proposto que o branqueamento dos recifes de coral poderia ser usado como bioindicador do aquecimento global.



Luciano Candidiani

Figura 4.24. Detalhe de colônia de *Mussismilia hispida*, coral comum no litoral brasileiro, com uma parte branqueada (à esquerda) e outra normal. Mede cerca de 30 cm de diâmetro.

11. Diatomáceas

As diatomáceas vivem em ambiente de água doce ou no mar. São unicelulares ou coloniais e fotossintetizantes.

A célula apresenta parede celular rígida, denominada **frústula** ou **carapaça** (Fig. 4.25), impregnada de compostos de sílica.



Jan Hirsch/Getty Images

Figura 4.25. Fotomicrografia de frústulas ou carapaças de diatomáceas.

Existem depósitos seculares dessas carapaças, denominados **terras de diatomáceas** ou **diatomito**, que, em algumas regiões, como o Nordeste brasileiro, atingem grandes proporções e são explorados comercialmente. Essas carapaças são utilizadas, por exemplo, na fabricação de cosméticos, produtos de polimento e até mesmo tijolos.

As diatomáceas não têm cílios nem flagelos, mas algumas espécies podem apresentar deslocamento por deslizamento, utilizando um mecanismo que envolve a eliminação de um muco.

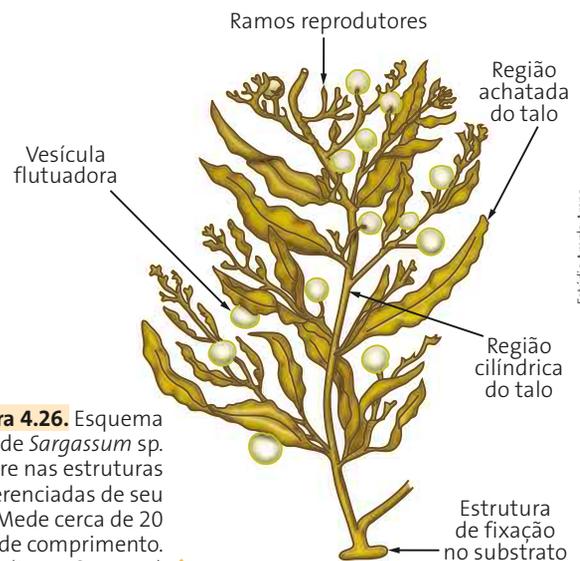
A reprodução das diatomáceas pode ser assexuada, por divisão binária, ou sexuada, pela formação de gametas.

12. Algas pardas

Professor(a), veja informações nas Orientações didáticas.

As **algas pardas** ou feofíceas (Phaeophyta) são principalmente marinhas. Entre elas há representantes de grande porte, com cerca de 60 m de comprimento, que são conhecidos por **kelps** e chegam a formar extensas “florestas aquáticas” nas costas frias e temperadas dos continentes. No Brasil, as algas pardas de grande porte chegam a 4 metros de comprimento e ocorrem no litoral do Espírito Santo.

Outro exemplo de alga parda comum no Brasil pertence ao gênero *Sargassum* (Fig. 4.26), que ocorre em rochas nas regiões entremarés de grande parte do litoral brasileiro.



Estúdio Ampla Arena

Figura 4.26. Esquema de *Sargassum* sp. Repare nas estruturas diferenciadas de seu talo. Mede cerca de 20 cm de comprimento. (Cores fantasia.)

Algumas espécies são apreciadas como alimento, caso da *Laminaria japonica* (conhecida comercialmente como *kombu*) e da *Undaria pinnatifida* (conhecida comercialmente como *wakame*) (Fig. 4.27). Também

são usadas no preparo de carnes, peixes, molhos e sopas e como tempero. Elas possuem altos teores de proteínas, vitaminas e sais minerais, importantes para a dieta humana.



Figura 4.27. A. *Laminaria japonica* desidratada, aspecto geral da forma em que é comercializada, B. *Laminaria japonica* hidratada, que será utilizada para preparo de algum tipo de refeição, C. refeição com *tofu*, cogumelos e *kombu*, D. *Undaria pinnatifida* desidratada, na forma como é comercializada, e E. sopa oriental com *wakame*.



Tema para discussão

REGISTRE
NO CADERNO



Doenças negligenciadas

O emprego do termo “doenças negligenciadas” é relativamente recente e polêmico. Foi originalmente proposto na década de 1970, por um programa da Fundação Rockefeller como “the Great Neglected Diseases”, coordenado por Kenneth Warren.

Em 2001, a Organização Não Governamental “Médicos Sem Fronteiras” (MSF), em seu documento “Fatal Imbalance”, propôs dividir as doenças em Globais, Negligenciadas e Mais Negligenciadas (MSF 2001). Neste mesmo ano, o Relatório da Comissão sobre Macroeconomia e Saúde (OMS, 2001) introduziu uma classificação similar, dividindo as doenças em Tipo I (equivalente às doenças globais dos MSF), Tipo II (Negligenciadas/MSF) e Tipo III (Mais Negligenciadas/MSF).

Essa tipologia tem sido desde então utilizada para se referir a um conjunto de doenças causadas por agentes infecciosos e parasitários (vírus, bactérias, protozoários e helmintos) que são endêmicas em populações de baixa renda vivendo, sobretudo, em países em desenvolvimento na África, na Ásia e nas Américas. O adjetivo “negligenciada” originalmente proposto tomou como base o fato de que, por

um lado, elas não despertam o interesse das grandes empresas farmacêuticas multinacionais, que não veem nessas doenças compradores potenciais de novos medicamentos e, por outro, o estudo dessas doenças vem sendo pouco financiado pelas agências de fomento.

[...]

Em um primeiro momento, as seguintes doenças foram incluídas no conceito de “doença negligenciada”: doença de Chagas, doença do sono, leishmanioses, malária, filaríose, esquistossomose. Posteriormente foram incluídas outras doenças, como a hanseníase, a tuberculose, dengue, febre amarela e HIV/Aids. Mais recentemente, outras doenças, tais como ascaríase, tricuriase, necatoríase, ancilostomíase, tracoma, dracunculíase e a úlcera de buruli, foram também incluídas.

[...]

As doenças parasitárias causadas por protozoários e helmintos estão na base do desenvolvimento científico brasileiro há cerca de um século.

[...]

Dados recentes indicam mesmo que, nessa área, o Brasil já ocupa a segunda posição em termos de contribuição de artigos científicos publicados em revistas de circulação internacional. Certamente, um fator preponderante para o desenvolvimento da Parasitologia brasileira foi a criação e o funcionamento regular, entre 1976 e 1986, do Programa Integrado de Doenças Endêmicas (PIDE), que, com sucesso, investiu recursos significativos para a época [...] Posteriormente, a Organização Mundial da Saúde criou o Programa TDR (Tropical Diseases Research), que também contribuiu para a consolidação de vários grupos inicialmente apoiados pelo PIDE e estimulou o aparecimento de novos grupos.

Apesar da existência de programas de financiamento para pesquisa na área de doenças negligenciadas [...], eles são insuficientes para continuarmos avançando em uma área em que o Brasil deve perseguir a liderança mundial.

SOUZA, W. (coord.). *Doenças negligenciadas*. Rio de Janeiro: Academia Brasileira de Ciências, 2010. Disponível em: <<http://www.abc.org.br/IMG/pdf/doc-199.pdf>>. Acesso em: mar. 2016.

Professor(a), veja nas Orientações didáticas os comentários e as respostas das questões dissertativas.

1. Entre as doenças negligenciadas citadas, duas são causadas por vermes e vamos tratar delas no capítulo 10 deste volume: a filariose e a esquistossomose. Já estudamos, no entanto, a dengue, que é causada por vírus, a malária, a leishmaniose e a doença de Chagas, que são causadas por protistas. Não estudamos a doença do sono, pois ela não ocorre no Brasil. Em grupo, façam uma pesquisa sobre a doença do sono, procurando saber onde ela ocorre, qual é o protozoário que causa a doença, a qual grupo esse parasita pertence, como ele é transmitido, quais são os sintomas da doença e as medidas profiláticas. Divulguem seus dados na forma de um cartaz na classe e discutam com os demais colegas os dados que eles obtiveram, tirando e esclarecendo as dúvidas.
2. Buscando mais informações em outras fontes de pesquisa, levantem mais dados a respeito das doenças negligenciadas e elaborem em grupo uma estratégia visando esclarecer esse tema para as demais pessoas da escola ou de sua comunidade. Divulguem o que vem sendo feito pela organização sem fins lucrativos chamada DNDi (do inglês, *Drugs for Neglected Diseases initiative*), que trata de iniciativas relacionadas a medicamentos voltados para doenças negligenciadas. Pesquise também o que vem sendo feito pela Fiocruz.



Retomando

Como você viu, a diversidade de protistas é enorme, e estamos em contato com eles a todo momento. Retome suas respostas às questões do **Pense nisso** e reavalie-as, complementando-as com o que aprendeu neste capítulo. Embora pertençam a grupos filogenéticos distintos, que características os tornam semelhantes? Além de serem fonte de alimento e causadores de doenças, que outros aspectos fazem dos protistas importantes organismos para o ser humano?



Professor(a), veja nas Orientações didáticas os comentários e as respostas das questões dissertativas.

Atividade 1 Sobre o gênero *Plasmodium* Habilidades do Enem: H2, H11, H15, H19, H29.

Na espécie humana, a glândula pineal é uma pequena estrutura ovoide localizada no encéfalo. Seu funcionamento é afetado pela luminosidade: a luz é captada pelos olhos e, em seguida, receptores que partem da retina “informam” à glândula se é dia ou noite. Durante o período escuro, a glândula pineal secreta o hormônio melatonina e, na claridade, sua secreção é inibida. Esse hormônio está envolvido na indução do sono, e sua secreção é máxima durante a puberdade. A glândula pineal é considerada a sede do “relógio biológico” do corpo.

Um estudo realizado por pesquisadores da Universidade de São Paulo, em que foram utilizados ratos infectados com determinadas espécies de *Plasmodium*, concluiu que:

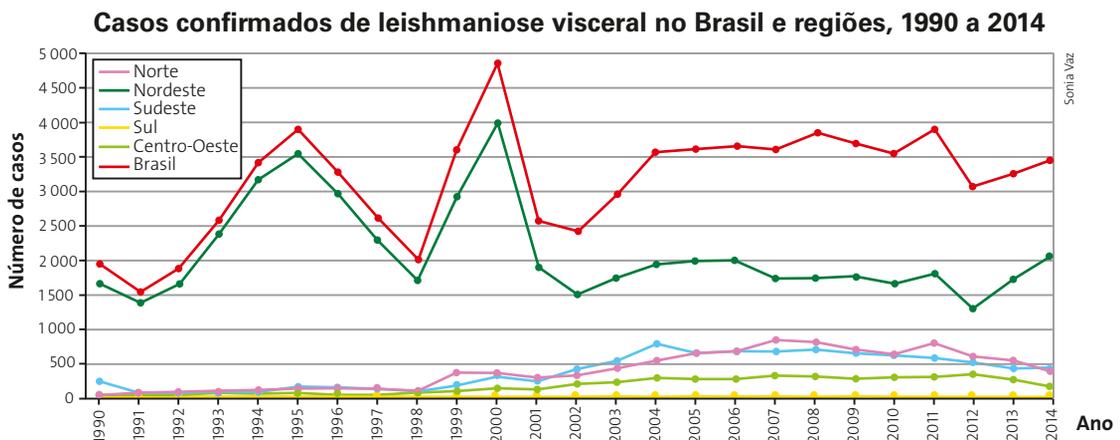
- em culturas do plasmódio em laboratório, a presença do hormônio melatonina modificou o comportamento do protozoário;
- a remoção cirúrgica da glândula pineal em ratos infectados provocou uma importante alteração nos sintomas da doença;
- esse efeito foi revertido quando os animais que tiveram a glândula pineal removida receberam tratamento com melatonina;
- para o *Plasmodium* sp., a melatonina atua como um sinal que ele capta quando está dentro das hemácias; isso determina um comportamento sincronizado.

Com base nessas informações e no que foi tratado neste capítulo, responda:

- Qual é a doença causada pelo *Plasmodium* sp.?
- Qual característica da doença pode estar associada ao estudo descrito no enunciado?
- Qual deve ter sido o motivo da importante alteração constatada nos ratos que tiveram a glândula pineal removida e que foi revertida com a aplicação da melatonina? Justifique sua resposta.

Atividade 2 Leishmaniose no Brasil Habilidades do Enem: H2, H13, H17, H19, H30.

Em função de sua ampla distribuição pelo território brasileiro, a leishmaniose visceral apresenta aspectos geográficos, climáticos e sociais distintos entre as regiões Norte, Nordeste, Centro-Oeste, Sudeste e Sul. O gráfico a seguir mostra os números de casos confirmados ano a ano (de 1990 a 2014) para o Brasil inteiro e, também, para as cinco regiões.



Fonte: disponível em: <<http://portalsaude.saude.gov.br/images/pdf/2016/fevereiro/24/LV-Casos-14-.pdf>>. Acesso em: mar. 2016.

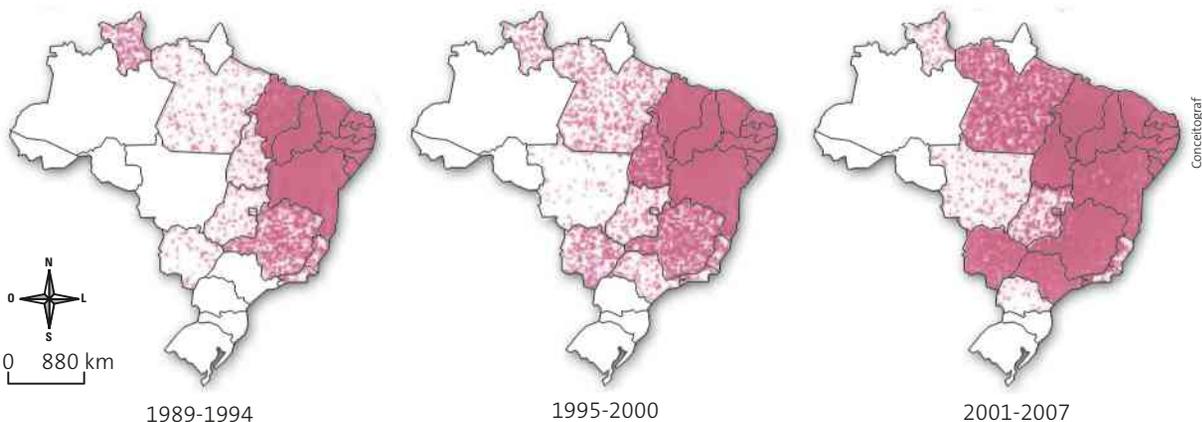
Analise as curvas do gráfico e responda:

- No período compreendido pelo gráfico, em que anos ocorreram aumentos substanciais no número de casos da doença na região Nordeste? Quando se verificaram os picos?

- b) Observe as curvas referentes às demais regiões, a partir de 1998. O que mudou em relação aos anos anteriores?
- c) Um senhor nativo da região Nordeste afirmou: “Antigamente, a gente podia dizer que leishmaniose visceral, no Brasil, era o que tinha no Nordeste; agora não é mais assim!”. Comente essa afirmação. Ela é procedente? Justifique sua resposta.
- d) Os mapas abaixo apresentam, em vermelho, a distribuição espacial dos casos de leishmaniose visceral notificados em três períodos de 6-7 anos desde 1989.

Observe atentamente o que ocorreu nos estados de Roraima, Pará, Tocantins, São Paulo e Mato Grosso do Sul. Descreva suas observações e elabore pelo menos uma hipótese para explicá-las.

CASOS DE LEISHMANIOSE VISCERAL. BRASIL, 1989-2007.



Fontes: Ministério da Saúde/SVS/Base de Dados do Sistema Nacional de Vigilância Epidemiológica (boletins de notificação semanal) e Sinan (a partir de 1998). Disponível em: <<http://tabnet.datasus.gov.br/cgi/idb2008/folder.htm>>. Acesso em: abr. 2016.

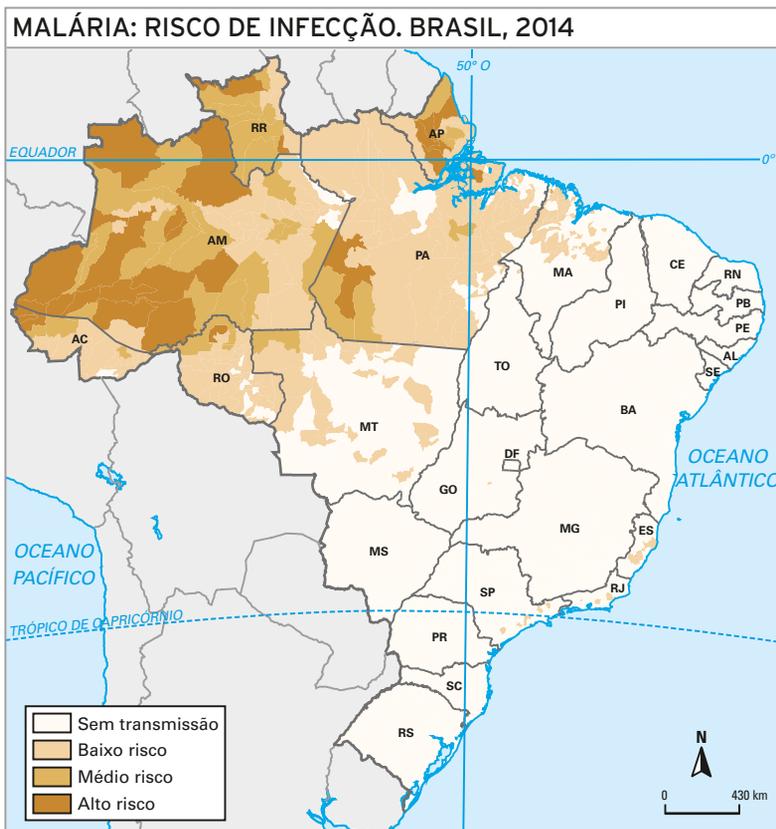
Atividade 3 Malária no Brasil

Habilidades do Enem: H2, H13, H17, H19, H30.

Conhecer a situação epidemiológica das principais doenças que ocorrem no Brasil é importante para todo cidadão. O Ministério da Saúde mantém um portal de vigilância sanitária que é atualizado sempre (disponível em: <<http://portalsaude.saude.gov.br/index.php/vigilancia-de-a-a-z>>. Acesso em: fev. 2016). Recomendamos que acesse esse portal para obter informações a respeito de questões de saúde, em especial sobre doenças. Foi desse portal que selecionamos as informações que vamos trabalhar agora, a respeito da malária.

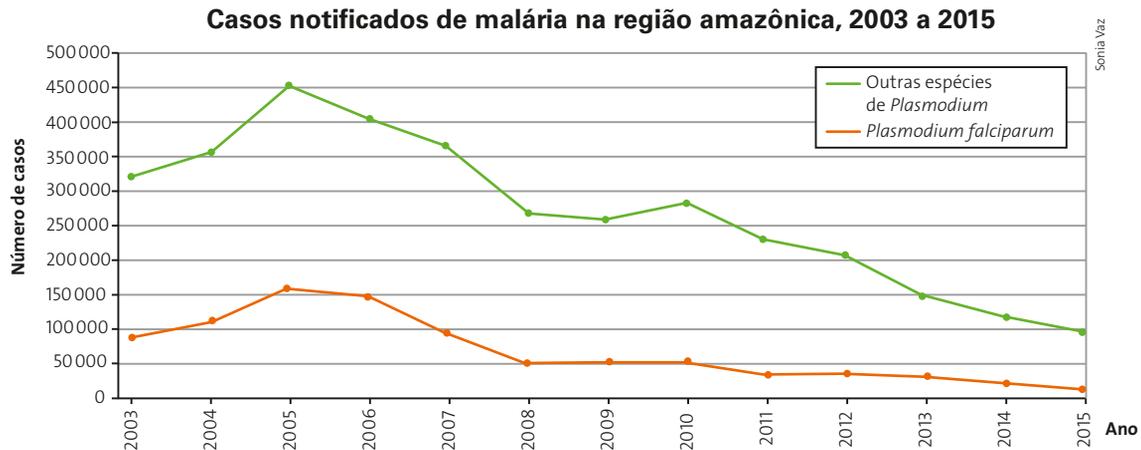
Analise o mapa ao lado, que mostra as áreas de risco de infecção nos diferentes estados e regiões do Brasil com base em dados de 2014.

- a) Qual a situação de risco para os habitantes da maior parte dos estados de Rondônia, Roraima e Pará?
- b) Qual estado brasileiro apresenta os maiores índices de risco de incidência de malária?



Fontes: Sinan/SVS/MS e Sivep-Malária/SVS/MS. Disponível em: <<http://portalsaude.saude.gov.br/images/jpg/2015/junho/24/Mapa-de-risco-2014.jpg>>. Acesso em: fev. 2016.

Agora, analise o gráfico a seguir, que mostra os casos notificados de malária causados por *P. falciparum* e pelas demais espécies de *Plasmodium*, exceto o *P. falciparum*, na região amazônica desde 2003 até 2015.



Fonte: disponível em: <<http://dw.saude.gov.br/gsid/servlet/mstrWeb?evt=2048001&documentID=90C3B2244FFA8421F335769827F2A96E&server=srvbipdf03&project=DMMalaria&uid=convidado&pwd=datasus&hiddensections=header,path,dockTop,dockLeft,footer>>. Acesso em: fev. 2016.

Agora, responda:

- Em qual ano houve a maior incidência de casos de malária causada por *P. falciparum*? E pelas demais espécies?
- Descreva a curva de incidência de malária causada por *P. falciparum* de 2008 a 2015. Essa curva tem o mesmo comportamento da curva que se refere aos casos decorrentes das demais espécies de *Plasmodium*?
- Quantas pessoas foram infectadas por *P. falciparum* em 2015? E pelas demais espécies de plasmódio?

Atividade 4 Transmissão da doença de Chagas

Habilidades do Enem: H2, H13, H30.

Em 2009, o Ministério da Saúde publicou, na série *Cadernos de atenção básica*, o caderno *Vigilância em saúde: zoonoses*, que está disponível em: <http://bvsmms.saude.gov.br/bvs/publicacoes/vigilancia_saude_zoonoses_p1.pdf>. (Acesso em: mar. 2016.)

Nesse caderno, foi feito um alerta sobre os mamíferos que são reservatórios naturais do *Trypanosoma cruzi*, em especial os gambás, pois esses animais podem servir como fonte de infecção aos insetos vetores que ocupam os mesmos habitats dos seres humanos. Ações de controle químico contra populações de *Triatoma infestans*, o principal vetor da doença de Chagas no Brasil, instituídas a partir de 1975, provocaram expressiva redução da presença desse inseto intradomiciliar e, simultaneamente, da transmissão do *T. cruzi* ao ser humano. Há, no entanto, focos residuais de *T. infestans* nos estados de Minas Gerais, Rio Grande do Sul e Bahia. Com a interrupção da transmissão vetorial por *T. infestans* no país, quatro espécies de triatomíneos passaram a ter especial importância na transmissão da doença ao ser humano: *T. brasiliensis*, *T. pseudomaculata*, *T. sordida* e *Panstrongylus megistus*.

Além do combate aos vetores, é importante que sejam tomadas medidas profiláticas que considerem as demais formas de transmissão do *T. cruzi*: transfusão de sangue ou transplante de órgãos contaminados pelo parasita; passagem do parasita para o bebê durante a gestação ou o parto, no caso de mulheres grávidas infectadas pelo *T. cruzi*; ingestão de alimentos contaminados por tripanossomos provenientes de triatomíneos infectados; e contato da pele ferida ou de mucosas com material contaminado (como sangue de doentes, excretas de triatomíneos e animais contaminados) durante manipulação acidental em laboratório (em geral, isso acontece devido à não utilização ou ao uso inadequado de equipamentos de proteção individual — EPI).

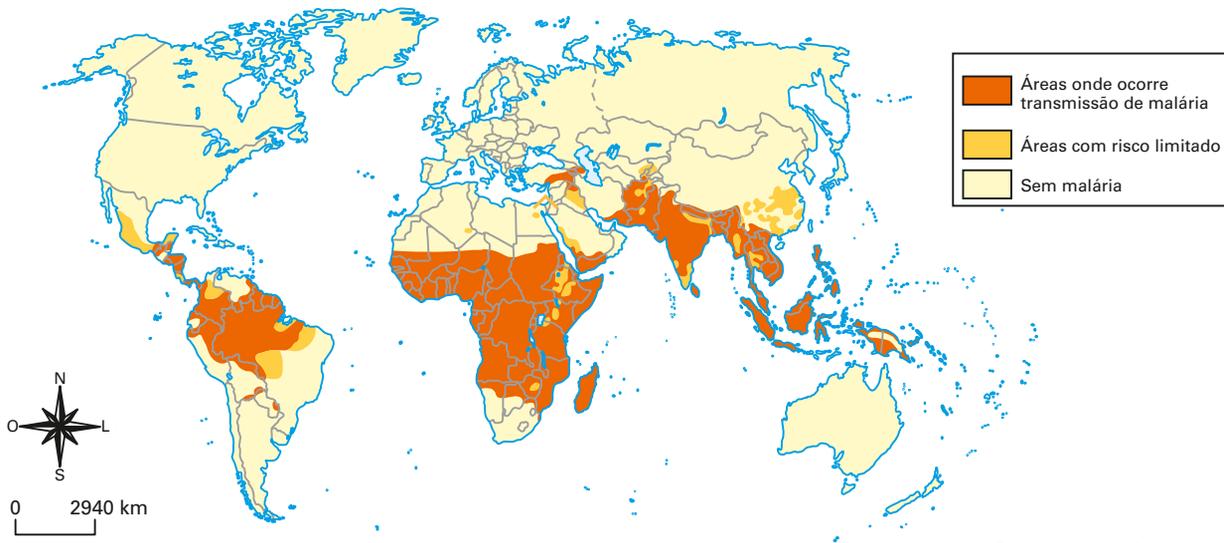
Com base no ciclo de vida do *T. cruzi* apresentado no capítulo e nas informações fornecidas sobre as diferentes formas de transmissão desse parasita à espécie humana, elabore, com os colegas de grupo, um cartaz que contenha:

- todas as formas possíveis de transmissão mencionadas nos textos do capítulo e nesta atividade e as respectivas medidas profiláticas;
- o ciclo de vida do *T. cruzi*, acrescentando, no próprio ciclo, a via de transmissão envolvendo outros mamíferos que podem ser reservatórios desse parasita.

Professor(a), caso julgue adequado, peça aos estudantes que façam o cartaz utilizando ferramentas e programas disponíveis no computador.



1. (Enem)



Fonte: <www.anvisa.gov.br>.

O mapa mostra a área de ocorrência da malária no mundo. Considerando-se sua distribuição na América do Sul, a malária pode ser classificada como:

- x a) endemia, pois se concentra em uma área geográfica restrita desse continente.
 - b) peste, já que ocorre nas regiões mais quentes do continente.
 - c) epidemia, já que ocorre na maior parte do continente.
 - d) surto, pois apresenta ocorrência em áreas pequenas.
 - e) pandemia, pois ocorre em todo o continente.
2. (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.
 - x 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.

3. (UFC-CE) Considere o quadro abaixo:

Doença	Parasita	Profilaxia
1	<i>Leishmania brasiliensis</i>	Combate ao inseto vetor
Malária	2	Combate ao inseto vetor
Doença de Chagas	<i>Trypanosoma cruzi</i>	3

Indique a alternativa que contém os itens que completam corretamente o quadro anterior, substituindo, respectivamente, os números **1, 2 e 3**.

- x a) Leishmaniose tegumentar — *Plasmodium vivax* — Combate ao inseto vetor.
 - b) Leishmaniose visceral — *Plasmodium malariae* — Combate ao caramujo vetor.
 - c) Calazar — *Plasmodium vivax* — Combate aos roedores.
 - d) Leishmaniose tegumentar — *Plasmodium falciparum* — Combate aos roedores.
 - e) Calazar — *Plasmodium malariae* — Combate ao inseto vetor.
4. (UEL-PR) Considere as seguintes medidas profiláticas:
- I. colocação de telas em portas e janelas;
 - II. ingestão de frutas e verduras bem lavadas;
 - III. ingestão de água não contaminada;
 - IV. eliminação do barbeiro transmissor;
 - V. erradicação do mosquito transmissor;
 - VI. saneamento básico.

Podem diminuir a incidência da disenteria causada pela *Entamoeba histolyca* **somente**:

- a) I, II e III.
 - b) I, IV e V.
 - c) II, III e VI.
 - d) II, IV e V.
 - e) IV, V e VI.
5. (UFPE) O fenômeno conhecido por “maré vermelha” pode trazer sérios problemas para os organismos marinhos e para o homem. As marés vermelhas decorrem:
- a) da proliferação excessiva de certas algas, também conhecidas por dinoflagelados, que liberam toxinas na água.
 - b) de certos poluentes, que são capazes de estimular a liberação de produtos tóxicos por animais bentônicos.
 - c) da combinação de poluentes químicos liberados em indústrias de materiais de couro.
 - d) de vazamentos de petróleo e/ou de produtos dele derivados.
 - e) da grande concentração de algas rodofíceas bentônicas, trazidas pelas marés.
6. (Uneal) A teoria endossimbionte foi proposta para explicar a origem de mitocôndrias em células de animais e de plantas superiores. Segundo essa teoria, ao longo da evolução, microrganismos entraram em simbiose obrigatória com seres unicelulares primitivos, que deram origem aos animais e plantas atuais. Assinale a alternativa que apresente informações sobre as mitocôndrias que podem comprovar a teoria endossimbionte.
- a) Capacidade de fazer fotossíntese.
 - b) Presença de DNA e capacidade de autoduplicação.
 - c) Presença de parede celular semelhante à de bactérias.
 - d) Ocorrência de duas membranas e capacidade de síntese de lipídeos.
 - e) Ausência de centríolos e de peroxissomos.
7. (UFPB) Na prova de Biologia da segunda etapa do Vestibular-1999 da UFPB, foi solicitado aos candidatos que analisassem afirmações sobre a doença de Chagas, causada pelo protozoário *Trypanosoma cruzi* e que tem como vetor o Triatomídeo popularmente conhecido por barbeiro.

Algumas dessas afirmações estão elencadas a seguir:

- Uma pessoa pode ser picada pelo barbeiro e não contrair a doença.
- Uma pessoa pode contrair a doença, sem nunca ter sido picada pelo barbeiro.

- A principal medida profilática contra o mal de Chagas é tratar as pessoas acometidas pela doença.

Das análises apresentadas pelos candidatos, as mais frequentes estão resumidas em cinco grupos a seguir:

Grupo I: Concordamos plenamente com as afirmações. Caso o barbeiro não esteja contaminado, não existe risco de transmissão da doença. Além disso, a picada do barbeiro não é a única forma de contágio: o parasita pode ser transmitido por transfusão feita com sangue contaminado e, por via materna, durante a gestação ou amamentação. A principal medida profilática contra esse mal é o tratamento das pessoas contaminadas.

Grupo II: Concordamos parcialmente com as afirmações. Sempre que uma pessoa for picada pelo barbeiro será contaminada, embora essa não seja a única forma de contágio: o parasita pode ser transmitido por transfusão feita com sangue contaminado e, por via materna, durante a gestação ou amamentação. A principal medida profilática para esse mal é o tratamento das pessoas contaminadas.

Grupo III: Concordamos parcialmente com as afirmações. Caso o barbeiro não esteja contaminado, não existe risco de transmissão da doença. A picada do barbeiro, no entanto, é a única forma de contágio. A principal medida profilática contra esse mal é adotar medidas de combate ao inseto.

Grupo IV: Concordamos parcialmente com as afirmações. Sempre que a pessoa for picada pelo barbeiro será contaminada. A picada do barbeiro, no entanto, não é a única forma de contágio: o parasita pode ser transmitido por transfusão feita com sangue contaminado e, por via materna, durante a gestação ou amamentação. A principal medida profilática contra esse mal é adotar medidas de combate ao inseto.

Grupo V: Concordamos parcialmente com as afirmações. Caso o barbeiro não esteja contaminado, não existe risco de transmissão da doença. Além disso, a picada do barbeiro não é a única forma de contágio: o parasita pode ser transmitido por transfusão feita com sangue contaminado e, por via materna, durante a gestação ou amamentação. A principal medida profilática contra esse mal é adotar medidas de combate ao inseto.

Está correta a análise feita pelos candidatos do:

- a) Grupo I.
- b) Grupo II.
- c) Grupo III.
- d) Grupo IV.
- e) Grupo V.

Fungos

Luciano Candisani



Figura 5.1. Quando pensamos em um fungo, geralmente nos vem à mente a imagem de um cogumelo, como os mostrados nesta fotografia. Mal sabemos que essa é apenas uma parte do corpo de um dos tipos de fungo conhecido. O tamanho da parte visível destes exemplares varia de 7 cm a 9 cm. Todo o restante do corpo se encontra imerso no substrato, rico em matéria orgânica que esses organismos decompõem. O produto dessa decomposição é utilizado como alimento pelo fungo.



Pense nisso

- Considere as seguintes situações: um sapato de couro embolorado dentro de um armário e uma laranja estragando na fruteira com uma camada de mofo esverdeado na casca. Essas duas situações estão relacionadas à atividade de fungos.
 - O que é um fungo?
 - Você percebe a ação dos fungos em outras situações? Quais?
 - Como os fungos citados foram parar nesses lugares?
 - Qual é a relação entre a atividade desses fungos nas duas situações propostas com a descrita na legenda da fotografia acima?
- Você conhece:
 - alguma doença causada por fungos? Se conhece, cite pelo menos uma;
 - algum fungo usado na alimentação humana? Se conhece, cite pelo menos um.
- Há relação entre fungos e fermentos para fazer pão. Você sabe qual é essa relação? Se sim, explique.

1. Os fungos e sua importância

O Reino Fungi (fungos) reúne organismos eucariontes heterótrofos por absorção, ou seja, organismos que absorvem nutrientes do meio onde vivem. Para isso, liberam enzimas digestivas que atuam no meio orgânico, degradando-o em moléculas simples que são absorvidas.

Os fungos mais conhecidos são bolores, mofo, leveduras, orelhas-de-pau, trufas e também os cogumelos, como o *champignon* (Fig. 5.2), o *shiitake* e o *shimeji*, empregados na alimentação do ser humano. Além desses, há os que são empregados na indústria de laticínios para a fabricação de certos tipos de queijo, como o *roquefort* e o gorgonzola. Fungos também são empregados na produção de antibióticos, caso das espécies de *Penicillium chrysogenum* e do *P. notatum*, utilizados na produção de penicilina.

Existem fungos venenosos para o ser humano, capazes de causar a morte da pessoa que o ingere. Al-

guns deles produzem efeitos alucinógenos semelhantes aos causados pelo LSD (derivado do ácido lisérgico), provocando sérios danos ao sistema nervoso.

Os fungos são, em sua maioria, decompositores, também chamados sapróbios (*sapro* = podre), pois nutrem-se da matéria orgânica em decomposição; assim, são fundamentais na reciclagem da matéria orgânica. Apesar desse aspecto positivo da decomposição, esse processo também é responsável pelo apodrecimento de alimentos e de madeiras, provocando sérios prejuízos econômicos.

Os fungos podem atuar como parasitas de plantas e de animais. Em plantas, por exemplo, a doença conhecida por ferrugem afeta plantações de café, trigo, entre outras (Fig. 5.3). Em animais, podemos citar as micoses que afetam a pele humana, o sapinho (infecção na boca), a candidíase vaginal (doença sexualmente transmissível) e a histoplasmose (infecção nos pulmões).

Fabio Colombini



Figura 5.2. Fotografia de *champignon* do gênero *Agaricus*, fungo comestível. O chapéu apresenta diâmetro de cerca de 5 cm.

Nigel Cattini/Alamy/Clow Images



Figura 5.3. Fotografia de folhas de trigo (tem cerca de 1 cm de largura) contaminadas por fungos conhecidos por ferrugem.



Colocando em foco

AS MICORRIZAS

Algumas espécies de fungo vivem em associação mutualística com outros organismos.

Entre os fungos mutualísticos, existem os que vivem associados a raízes de plantas, formando as **micorrizas** (raízes que contêm fungos). As micorrizas são extremamente importantes nos ecossistemas. Os fungos absorvem água do solo, degradam matéria orgânica e absorvem os nutrientes liberados, transferindo-os em parte para a planta, que assim cresce mais sadia. A planta, por sua vez, cede ao fungo certos açúcares e aminoácidos de que ele necessita como alimento (Fig. 5.4).

Cerca de 95% das plantas vasculares formam micorrizas. Certas orquídeas, por exemplo, somente se desenvolvem se esses fungos estiverem presentes em suas raízes. Há também micorrizas em plantas avasculares.

Figura 5.4. Esquema de uma árvore com micorriza. Note o corpo de frutificação na superfície do solo. Os fungos envolvidos vivem permanentemente associados às raízes da planta (veja no detalhe, à direita, o corte transversal da raiz com o fungo), recobrendo a superfície delas ou com as hifas penetrando nas células, chegando até o citoplasma. (Elementos representados em diferentes escalas; cores fantasia.)



Walter Caldeira



Reconhecimento de fungos

Objetivo

Conhecer um pouco da diversidade de fungos.

Instruções

Com os colegas de classe, sob a coordenação do(a) professor(a), faça uma visita ao pátio ou aos arredores da escola para verificar se encontram fungos. Você também pode ficar atento à ocorrência de fungos nos arredores de sua residência ou no trajeto para a escola.

Fotografe ou desenhe os fungos que observar e anote no caderno características do local e as condições do ambiente onde foram encontrados – se é um local sombreado ou não, úmido ou seco, com ou sem disponibilidade de matéria orgânica (tente reconhecer sobre que tipo de material orgânico o fungo está se desenvolvendo). Acompanhe por aproximadamente três dias os fungos ou as partes que encontrar deles.

Questões

1. Usando seus conhecimentos anteriores sobre os fungos, você considera ter fotografado ou ilustrado o corpo inteiro ou apenas parte do corpo do fungo?
2. Durante os três dias de observação dos fungos, houve alguma mudança nesses organismos? Explique sua resposta.
3. Se o que você fotografou ou ilustrou não for encontrado ao longo do período de observação, o que isso significa?
4. Troque informações com os demais colegas sobre o que observou. Ao final do capítulo, vocês poderão retomar suas anotações e as imagens produzidas e classificar os fungos que encontraram nos grandes grupos que estudaremos a seguir.

Professor(a), há sugestões para trabalhar esse tema com os estudantes nas Orientações didáticas.

2. Características gerais dos fungos

A ciência que estuda os fungos é chamada **Micologia** (do grego: *mykes* = cogumelo).

Os fungos, além de ser eucariontes heterótrofos por absorção, também distinguem-se dos demais seres vivos por apresentar:

- **parede celular formada principalmente por quitina.** Esse polissacarídeo é encontrado também em animais, em estruturas como carapaças de invertebrados;
- **glicogênio como substância de reserva.** O glicogênio é um carboidrato que também ocorre como substância de reserva em células animais. Nas plantas, o carboidrato de reserva é o amido;
- **reprodução por esporos,** células haploides que, ao germinar, originam um indivíduo haploide;
- **corpo formado por filamentos chamados hifas.** O conjunto de hifas recebe o nome de **micélio**, que não é considerado um tecido verdadeiro. O corpo de um fungo pode apresentar um **micélio vegetativo**, cujas hifas geralmente penetram o substrato em busca de nutrientes, e um **micélio reprodutor**, cujas hifas

desenvolvem-se para fora do substrato e são responsáveis pela produção de esporos (Fig. 5.5). Algumas poucas espécies de fungos são unicelulares, como é o caso das leveduras, mas isso é uma condição derivada no grupo que surgiu em decorrência da perda da estrutura de hifas.

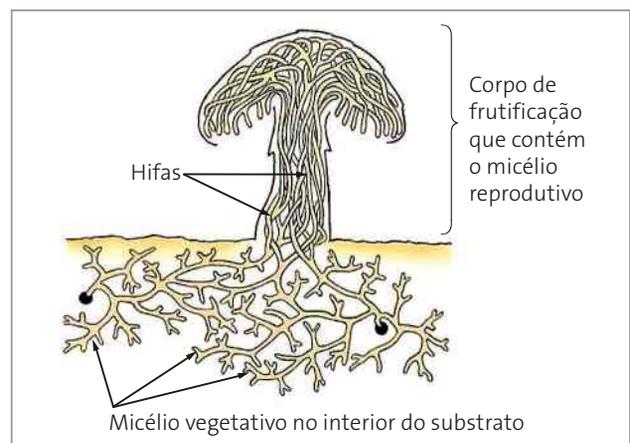


Figura 5.5. Esquema visto em corte de um fungo com micélio vegetativo imerso no substrato e com corpo de frutificação para fora. (Elementos representados em diferentes escalas; cores fantasia.)

Professor(a), caso considere adequado, realize com os estudantes a sugestão de atividade extra “Analisando leveduras”, das Orientações didáticas.

Muitos fungos realizam apenas respiração aeróbia; outros realizam somente fermentação. Alguns, entretanto, são **anaeróbios facultativos**, pois na presença de gás oxigênio realizam respiração e, na ausência, realizam fermentação. É o caso da espécie *Saccharomyces cerevisiae*, uma levedura utilizada em condição anaeróbica nos processos de preparação de pães e de fabricação de bebidas alcoólicas, como cerveja e vinho. Nesses casos, o fungo realiza fermentação alcoólica, ou seja, o açúcar é absorvido e degradado por fermentação, originando etanol (álcool etílico, importante na produção das bebidas alcoólicas) e gás carbônico (CO₂, importante no crescimento da massa de pão).

O ciclo de vida dos fungos pode ser dividido em duas fases: assexuada e sexuada. Em ambas ocorre formação de esporos haploides.

Nos processos assexuados, os esporos (**n**) são originados por mitose e, por isso, denominados **esporos assexuados**. Nos processos sexuados, ocorre a fusão de núcleos haploides de hifas distintas formando zigotos diploides. Estes sofrem meiose, originando esporos haploides denominados **esporos sexuados**. Nos fungos, a meiose é sempre zigótica, sendo o zigoto a única etapa diploide do ciclo de vida desses organismos.

Entre os esporos assexuados, há os chamados **zoósporos**, que apresentam flagelos empregados na locomoção em meio líquido. Assim, esses esporos ocorrem em fungos aquáticos.

Outros fungos produzem esporos assexuados sem mobilidade própria, sendo transportados pelo vento. É o caso de esporos chamados **conídias** ou **conidiósporos** (do grego: *konidion* = poeira) (Fig. 5.6), presentes em organismos do gênero *Penicillium*, e de esporos chamados **aplanósporos**, que se formam no interior de esporângios, como os que ocorrem no bolor preto do pão (*Rhizopus stolonifer*) (Fig. 5.7).



⤴ **Figura 5.6.** Eletromicrografia de varredura colorida artificialmente mostrando conídias. A estrutura mede cerca de 0,05 mm de comprimento.



⤴ **Figura 5.7.** Fotografia de esporângios de *Rhizopus* sp., o bolor preto do pão. Os esporângios medem cerca de 50 µm de diâmetro.

Os esporos sexuados são sempre imóveis, e seu transporte depende do vento. Eles podem ser de dois tipos principais:

- **ascósporos**: formados no interior de uma estrutura especial denominada **asco**. Inicialmente, o asco contém uma célula com dois núcleos **n** (dicariótica), que se fundem originando um núcleo zigótico **2n**. Este sofre meiose, formando quatro núcleos haploides. Na maioria das espécies, esses núcleos dividem-se mais uma vez por mitose, totalizando oito células haploides (**n**), que são os esporos sexuados;
- **basidiósporos**: formados em uma estrutura denominada **basídio** (do latim: *basidium* = pequeno pedestal). Um basídio jovem corresponde, inicialmente, a uma célula com dois núcleos (**n**), que se fundem originando um núcleo zigótico diploide, que logo sofre meiose, resultando em quatro núcleos haploides. Cada núcleo migra para uma projeção apical do basídio, constituindo quatro basidiósporos. Assim, ao contrário dos ascos, que armazenam os ascósporos em seu interior, os basídios armazenam os basidiósporos externamente.

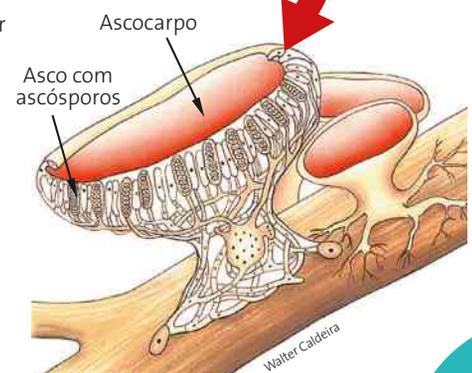
Na maioria dos casos, as hifas produtoras de esporos encontram-se reunidas em estruturas complexas denominadas **corpos de frutificação** ou **esporocarpos**, muitos dos quais são popularmente conhecidos por cogumelos.

Os principais tipos de corpos de frutificação são:

- **ascocarpos** ou **ascomas**: abrigam os ascos com os ascósporos (Fig. 5.8);



⤴ **Figura 5.8.** Fotografia de ascocarpos na natureza; o maior indivíduo mede cerca de 0,8 cm de diâmetro. Em detalhe, representação em corte de ascocarpo com ascos maduros e ascósporos. (Elementos representados em diferentes escalas; cores fantasia.)



- **basidiocarpos** ou **basidiomas**: abrigam os basídios com os basidiósporos (Fig. 5.9).

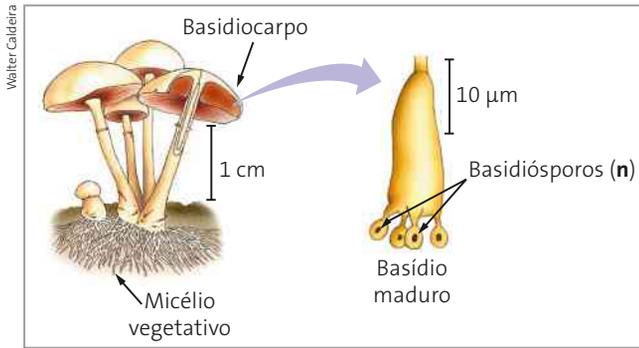


Figura 5.9. Esquema de basidiocarpo. No detalhe, basídio com basidiósporos. (Elementos representados em diferentes escalas; cores fantasia.)

Em outro grupo de fungos ocorre a formação de um tipo de esporo bastante diferente dos demais: o **zigósporo**. Ele se forma quando hifas de micélios distintos presentes no mesmo meio crescem uma em direção à outra. Próximo à extremidade de cada uma dessas hifas, há formação de um septo separando a região terminal do restante da hifa. Essa parte ter-

minal é o gametângio e apresenta vários núcleos **n**. Gametângios de micélios distintos fundem-se, e núcleos haploides provenientes de cada uma das hifas também se fundem, formando vários núcleos zigóticos diploides em uma mesma massa de citoplasma. Essa estrutura é o zigósporo. Há modificações na parede celular dos gametângios fundidos, originando um envoltório negro, rugoso e espesso. O zigósporo protegido por essa parede espessa é o **zigosporângio**, uma estrutura de resistência que pode permanecer dormente por vários meses. Quando as condições do meio são favoráveis, há rompimento do envoltório e desenvolvimento do zigósporo. Ao germinar, o zigósporo forma um filamento ereto em cuja extremidade se diferencia um esporângio. Nele, os núcleos diploides sofrem meiose seguida de mitoses, originando vários esporos haploides. Caindo em substrato adequado, esses novos esporos germinam e produzem hifas haploides, dando continuidade ao ciclo de vida do fungo.

Esse tipo de esporo ocorre no ciclo de vida do bolor negro do pão (Fig. 5.10).

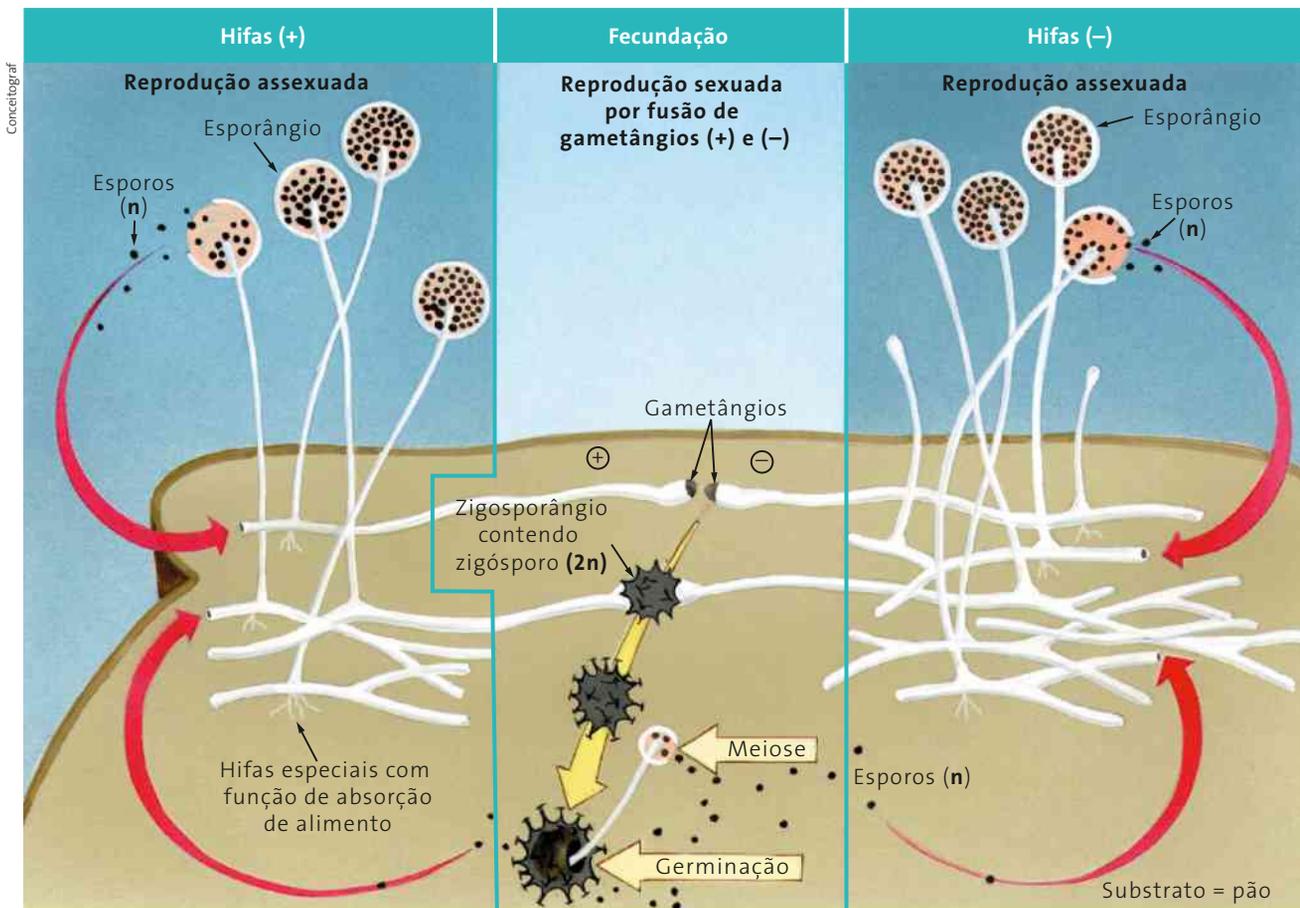
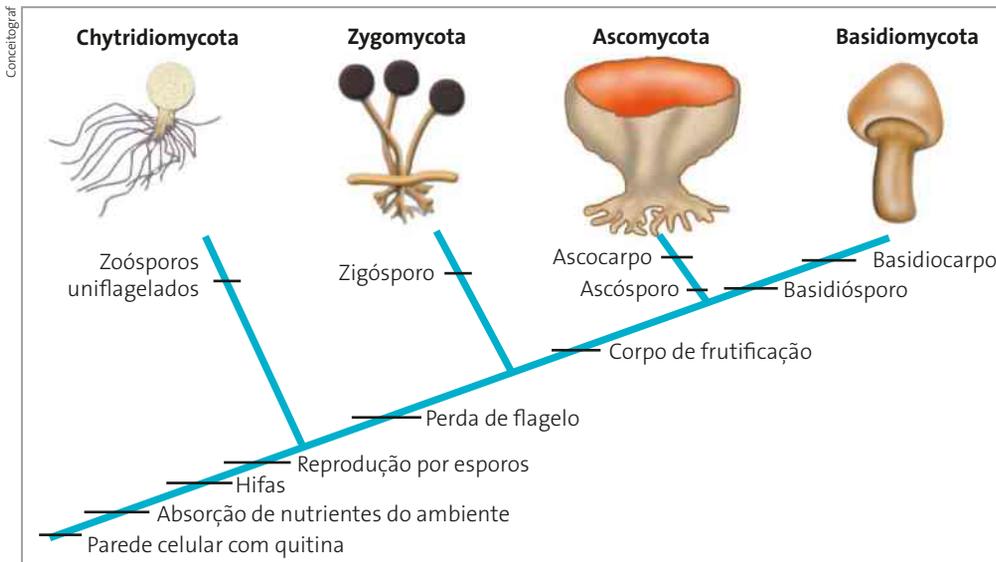


Figura 5.10. Esquema do ciclo de vida do fungo *Rhizopus stolonifer*, o bolor negro do pão. O esporângio mede cerca de 50 µm de diâmetro. Estruturas distintas, como hifas e gametângios, são identificadas pelos sinais de positivo (+) e de negativo (-). (Elementos representados em diferentes escalas; cores fantasia.)

3. Classificação dos fungos

A classificação dos fungos ainda é um assunto polêmico. Vamos adotar uma classificação simplificada e que está resumida no cladograma representado na **figura 5.11**.



◀ **Figura 5.11.** Cladograma mostrando uma das propostas de relações filogenéticas entre os grupos de fungos que estudaremos neste livro. (Elementos representados em diferentes escalas; cores fantasia.)

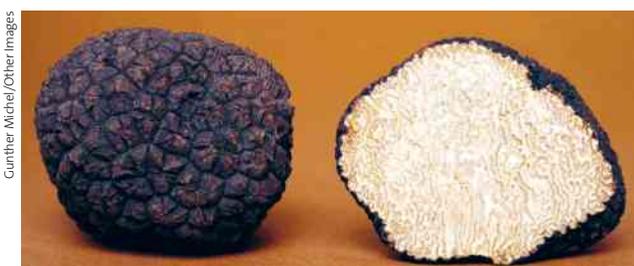
Essa classificação dos fungos considera principalmente os tipos de esporos formados durante os ciclos de vida desses organismos.

Os fungos que formam zoósporos estão adaptados a viver em ambiente aquático, como oceanos, rios e lagos. São classificados como **Chytridiomycota** (**quitrídicetos** ou **quitrídios**). Muitos ocorrem em solos úmidos, onde os zoósporos podem se deslocar na água acumulada.

Na evolução dos fungos, houve a perda do flagelo, propiciando a ocupação do ambiente terrestre por esses organismos.

Os fungos terrestres são classificados com base no tipo de esporo sexuado que produzem:

- **Zygomycota** (zigomicetos): formam zigósporos. O bolor negro do pão é um zigomiceto.
- **Ascomycota** (ascomicetos): formam ascósporos. Os ascomicetos reúnem o maior número de espécies de fungos. São exemplos: as leveduras *Saccharomyces cerevisiae*, o *Penicillium* sp. e as trufas (gênero *Tuber*), apreciadas na alimentação humana (**Figura 5.12**).



◀ **Figura 5.12.** Fotografia do ascoma de *Tuber* sp.: vista externa e interna (em corte). Mede entre 2 cm e 3 cm de comprimento.

- **Basidiomycota** (basidiomicetos): formam basidiósporos. São exemplos: orelhas-de-pau (**Figura 5.13**), *champignon*, *shiitake*, *shiimeji* e os fungos alucinógenos do gênero *Amanita*.



◀ **Figura 5.13.** Fotografia de orelhas-de-pau, comuns em troncos em decomposição, principalmente na mata úmida. O tamanho dos exemplares varia de 1 cm a 8 cm de diâmetro.

Antigamente, havia o grupo **Deuteromycota** (**deuteromicetos**), o qual reunia fungos que, por não apresentar a fase sexuado do ciclo de vida, eram chamados “fungos imperfeitos”. Hoje, sabe-se que há fungos que perderam a fase sexuado do ciclo de vida durante a evolução. Por análises moleculares, sabe-se que a maior parte dos deuteromicetos pode ser classificada como ascomicetos ou, mais raramente, como basidiomicetos. Assim, o grupo dos deuteromicetos não é mais considerado um grupo taxonômico válido.

4. Líquens

Professor(a), resgate os conhecimentos prévios dos estudantes sobre interações entre populações de uma comunidade, discutidas no volume 1 desta coleção.

Os líquens (ou líquenes) são associações geralmente mutualísticas entre fungos e algas verdes unicelulares ou entre fungos e cianobactérias. De maneira geral, os fungos que participam dessa associação são ascomicetos; raramente há líquens com basidiomicetos.

Nos líquens, a alga, que é autótrofa, realiza fotossíntese e, assim, produz o alimento utilizado por ela e pelo fungo. Este, que é heterótrofo, oferece proteção à alga, além de reter sais e umidade, necessários a ambos.

Os líquens podem se instalar em troncos de árvores, rochas, muros e postes. O formato dos líquens varia muito de espécie para espécie (Fig. 5.14).

A reprodução se faz principalmente por meio de propágulos vegetativos denominados **sorédios** (Fig. 5.15). Cada soréδιο é formado por poucas algas envoltas por algumas hifas dos fungos. É uma estrutura pequena, fa-

cilmente transportada pelo vento. As algas e os fungos podem se reproduzir independentemente da formação de sorédios. Os fungos formam corpos de frutificação que ficam evidentes nos líquens (Figs. 5.14 e 5.15).

Os líquens têm crescimento muito lento, de cerca de 0,1 a 10 mm/ano. Alguns estudos indicam que há líquens com cerca de 4 500 anos.

Esses organismos são importantes ecologicamente, sendo os primeiros a colonizar superfícies nuas de rochas, propiciando a sucessão primária no local. Economicamente são importantes, pois são ricos em pigmentos que podem ser extraídos e empregados como corantes, em especial de tecidos. Algumas espécies produzem substâncias utilizadas na produção de fármacos. Muitos líquens são bioindicadores de poluição atmosférica por serem sensíveis a ela.



Figura 5.14. Fotografias de líquens crescendo sobre galhos e tronco. Note que os indivíduos apresentam diferentes tamanhos e formatos.

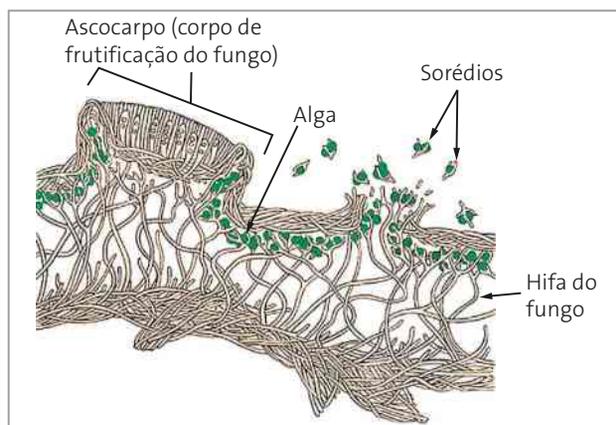


Figura 5.15. Esquema de um líquen em corte, feito com base em observações ao microscópio de luz, mostrando sorédios e corpo de frutificação do fungo (ascomarpo). (Elementos representados em diferentes escalas; cores fantasia.)



Colocando em foco

A IMPORTÂNCIA ECOLÓGICA DOS LIQUENS

Os líquens claramente desempenham um papel muito importante nos ecossistemas. Os micobiontes produzem grandes quantidades de metabólitos secundários, denominados ácidos liquênicos, que, algumas vezes, respondem por 40% ou mais do peso seco de um líquen. Sabe-se que esses metabólitos desempenham um papel na desintegração biogeoquímica das rochas e na formação dos solos. Os líquens capturam o solo recém-formado, possibilitando a sucessão posterior de plantas.

Os líquens que contêm uma cianobactéria são de importância especial, visto que eles contribuem para a fixação do nitrogênio no solo. Esses líquens representam um fator crucial no suprimento de nitrogênio de muitos ecossistemas, incluindo as florestas antigas do Noroeste do Pacífico nos EUA, algumas florestas tropicais e certas regiões desérticas e tundras.

[...] Existem muitas interações entre os líquens e outros grupos de organismos. Os líquens servem de alimento para diversos animais vertebrados e invertebrados. Constituem uma importante fonte de alimento no inverno para renas e caribus nas regiões do extremo norte da América do Norte e da Europa e são consumidos por ácaros, insetos e lesmas.

[...]

RAVEN, P. H. et al. *Biologia vegetal*. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2014.



Tema para discussão

REGISTRE
NO CADERNO



Tem cacau bom na Bahia. Mas ele luta para sobreviver.

Desde que chegou ao sul da Bahia, em 1756, o cacau encontrou o microclima ideal: à sombra da Mata Atlântica, frequentemente banhada por chuva. Até a década de 1980, o cacau baiano era reconhecido como um dos melhores do mundo, com direito a classificação especial na Bolsa de Valores de Nova York para os grãos ultrasselecionados.

Inspirou uma série de livros do escritor Jorge Amado, entre eles *Cacau* (1933), *Terras do Sem Fim* (1942) e *São Jorge dos Ilhéus* (1944). O principal cronista da região não exagerou quando afirmou que o ouro que nascia nas terras de lá vinha da árvore de cacau.

O Brasil, que até a década de 1980 era o segundo maior exportador de cacau do mundo, despencou repentinamente no *ranking* de produtores. Em 1989, a vassoura-de-bruxa, um fungo endêmico da região amazônica, começou a devastar as plantações nos arredores de Ilhéus. A ação do fungo *Crinipellis pernicioso*, rebatizado como *Moniliophthera pernicioso*, é rápida. Em questão de dias, o fruto enegrece e resseca. As amêndoas ficam negras e murchas como nozes esponjosas.

Cinco anos após a infestação [...], 45 milhões de cacauzeiros (cerca de 80% de toda a produção de Ilhéus) acabaram infectados. Fazendas foram abandonadas, milhares de pessoas ficaram desempregadas e a produção minguou.

Cultivado entre árvores nativas da Mata Atlântica, que fornecem a sombra de que o cacau precisa, num sistema conhecido como cabruca, um terço da floresta cacauzeira foi destruído. Com ela, uma grande parcela da mata nativa, da área de preservação, foi cortada; e a madeira, vendida.

Aos poucos, a região está se recuperando, mas a vassoura-de-bruxa não foi erradicada e ainda assombra. Produtores [...] têm tido um papel determinante no renascimento de uma nova fase do cacau fino brasileiro. [...]

Apesar de todos os esforços e das melhorias implantadas, a produção de cacau tem caído na região. Muitos agricultores desistiram do cultivo, um paradoxo, já que o consumo de chocolate aumenta a cada ano. “Chocolate é um produto muito valorizado, mas o cacau não é”, lamenta [um produtor].

[...]

BERTOLINO, C. Tem cacau bom na Bahia. Mas ele luta para sobreviver. *O Estado de S. Paulo*, 2010. Disponível em: <<http://www.estadao.com.br/noticias/suplementos,paladar,tem-cacau-bom-na-bahia-mas-ele-luta-para-sobreviver,3652,0.htm>>. Acesso em: fev. 2016.



Antônio Caudério/Folha Imagem

^ Fotografia de fruto de cacauzeiro afetado pela vassoura-de-bruxa. Mede entre 15 cm e 30 cm de comprimento.



Ceplac/Cepec

^ Fotografia de corpos de frutificação de *M. pernicioso* sobre fruto do cacauzeiro.

1. Em grupo, faça uma pesquisa para saber mais a respeito da vassoura-de-bruxa. Com base nessa pesquisa e no que foi apresentado aqui, seu grupo deverá elaborar um cartaz ou uma publicação para o blog da turma, com texto curto, fotografias ou esquemas. Divulguem dentro e fora da escola, como cidadãos que são, esse problema que afeta as plantações de cacau no Brasil e que tem implicações econômicas e sociais sérias.

2. Pesquisem também como a vassoura-de-bruxa se espalha e contamina os cacauzeiros. Sendo esse fungo um basidiomiceto, qual é o tipo de esporo sexuado que ele produz?



Retomando

Como você viu, os fungos se apresentam em formas e com hábitos muito distintos. Retome as respostas que deu às questões da seção **Pense nisso** e reescreva-as, modificando o que julgar pertinente. Quais características dos fungos os aproximam dos animais?



Atividade 1 Fungos no cotidiano Habilidade do Enem: H3.

Uma gerente de compras de uma rede de restaurantes recebeu o pedido de um dos estabelecimentos para o jantar de confraternização de funcionários de uma empresa. O cozinheiro desse estabelecimento relacionou alguns produtos de que precisaria para a organização do cardápio. Dessa lista constavam os seguintes itens: alface, couve-flor, tomate, beringela, queijo *tofu* (à base de soja), *shiitake*, queijo muçarela, queijo gorgonzola, feijão, arroz, *champignon* e creme de leite.

A gerente observou atentamente os produtos nomeados, fazendo o pedido desses produtos ao fornecedor, que prontamente a atendeu.

Ao fazer a entrega, o fornecedor perguntou ao funcionário encarregado de receber as compras:

— Não servirão carne nesse jantar?

— Não — respondeu de imediato o encarregado. — Provavelmente, esses clientes solicitaram um jantar apenas com alimentos de origem vegetal.

Ao conferir os produtos, a gerente de compras percebeu que o queijo muçarela estava começando a ficar embolorado (com bolor). O funcionário que recebera os produtos disse logo:

— E se raspamos a superfície desse queijo, o bolor não sairá?

Com base no texto, responda às questões propostas:

- O funcionário que recebeu os alimentos respondeu corretamente ao fornecedor ao dizer que, provavelmente, o jantar seria servido apenas com alimentos de origem vegetal? Justifique sua resposta.
- A sugestão desse funcionário de raspar a superfície do queijo com o objetivo de eliminar o bolor estava correta? Justifique sua resposta.

Atividade 2 Fungos e formigas-cortadeiras Habilidades do Enem: H4, H11, H18, H19, H29, H30.

As formigas pertencentes aos gêneros *Atta* e *Acromyrmex* estabeleceram uma relação muito interessante com a espécie de fungo *Leucoagaricus gongylophorus*. Essas formigas cortam partes verdes das plantas — por isso recebem o nome popular de formigas-cortadeiras —, que são levadas ao formigueiro para servir de alimento para o fungo. Há quem diga que as cortadeiras são verdadeiras cultivadoras, pois tomam vários cuidados para garantir o crescimento do fungo, como a eliminação de esporos contaminantes e a extirpação de micélios infectados. Todo esse cuidado é importante, pois esses fungos servem de alimento para as formigas.

A interação entre esses organismos é tamanha que os fungos produzem substâncias químicas que informam às formigas quando devem parar de transportar, para o formigueiro, folhas que não sejam adequadas ao crescimento fúngico. Ao receberem esse aviso, as formigas deixam de coletar as folhas inadequadas.

Formigas do gênero *Atta* carregando folhas que servirão de alimento para o fungo dentro do formigueiro. Cada formiga mede cerca de 1 cm de comprimento. >



Ingo Arndt/Minden Pictures/Biosphoto/AFP

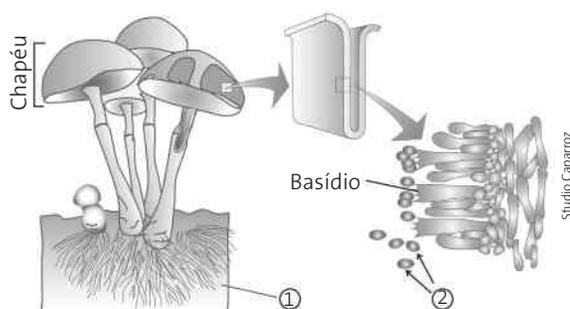
- As formigas-cortadeiras são consideradas pragas de algumas plantações, pois danificam muitas plantas ao coletar suas folhas. Muitas pessoas que conhecem apenas essa parte da história natural dessas formigas consideram-nas animais herbívoros. Essa ideia é correta? Justifique.
- Por que é importante que os esporos contaminantes sejam eliminados pelas formigas-cortadeiras?
- Durante uma conversa entre agricultores de um determinado núcleo rural, um cultivador disse ter percebido que as formigas-cortadeiras têm preferência por algumas espécies de planta, pois, entre as suas culturas, a de cana-de-açúcar era a única afetada. Outro agricultor alegou que o amigo estava enganado, pois a preferência não era da formiga, e sim do fungo. Explique o ponto de vista do segundo agricultor.
- O combate às populações de formigas-cortadeiras em plantações agrícolas muitas vezes é feito com o uso de inseticidas. Essas substâncias, que podem ser tóxicas aos seres humanos, matam também grande quantidade de insetos que não prejudicam as plantações e que até podem ser importantes para elas. Cite outros exemplos de malefícios advindos do uso dessas substâncias. Além disso, explique por que a eliminação indiscriminada de grande quantidade de insetos pode ser prejudicial às plantações, especialmente aquelas que visam à produção de frutos.
- Ciente dos riscos associados ao uso de inseticidas, uma empresa quer adotar outro mecanismo para controlar a população de formigas-cortadeiras que está danificando as folhas das laranjeiras de uma plantação. Suponha que você tenha sido contratado por essa empresa para resolver tal questão. Diante disso, elabore uma alternativa para controlar a população de formigas. Você pode desenvolver técnicas e/ou produtos, mas não precisa indicar como seria a produção. Use seus conhecimentos biológicos e sua criatividade para encontrar as possíveis soluções. Ao final, troque informações com os colegas e o(a) professor(a), avaliando se sua proposta é adequada.



Testes



- (UFPI) Indique a alternativa que contém as características que são comuns aos fungos e aos animais e que podem ser consideradas como fatores que levam a uma proximidade filogenética.
 - Vacúolo contrátil, exoesqueleto, glicogênio.
 - Quitina, glicogênio e heterotrofia.
 - Estruturas locomotoras, quitina, heterotrofia.
 - Vacúolo contrátil, exoesqueleto e heterotrofia.
 - Aerobiose, estruturas locomotoras e exoesqueleto.
- (UFPB) A figura a seguir representa organismos do Reino Fungi.



Com base na figura e em conhecimentos acerca do Reino Fungi, é correto afirmar:

- Nos fungos basidiomicetos utilizados na alimentação humana, apenas a porção denominada chapéu (representada na figura) corresponde ao corpo de frutificação.
 - O levedo *Saccharomyces cerevisiae* é um fungo microscópico que, misturado à massa do pão, a expande, tornando-a leve. Isto ocorre porque, durante o processo de nutrição desses organismos, é liberado o gás oxigênio, que atua na expansão da massa do pão.
 - As hifas que ficam imersas no substrato (item 1 da figura) são denominadas conjuntamente micélio vegetativo.
 - Os basidiósporos dos fungos (item 2 da figura) são estruturas reprodutoras com $2n$ cromossomos.
 - Os fungos do grupo Ascomycetos não formam corpo de frutificação.
- (UEM-PR) Sobre os fungos, é **correto** afirmar que:
 - são organismos eucariontes, uni ou pluricelulares e autótrofos, uma vez que se nutrem por absorção.
 - as hifas cenocíticas não apresentam septos transversais; portanto, seus núcleos ficam dispersos em uma massa citoplasmática comum.

- x (04) no processo de reprodução sexuada, os fungos produzem esporos haploides denominados zigósporos, ascóporos e basidiósporos.
- (08) muitas espécies são importantes para a alimentação humana; dentre elas, destacam-se as espécies de *Penicillium*, utilizadas em grande escala para fermentação alcoólica.
- (16) as micorrizas são fungos parasitas que crescem no interior das células das raízes de algumas plantas.
- 4.** (UFSC) O mofo que ataca os alimentos, os cogumelos comestíveis e o fermento de fazer o pão são formados por organismos que pertencem ao Reino Fungi. Com relação a esse grupo indique a(s) proposição(ões) verdadeira(s).
- (01) São organismos eucariontes, unicelulares ou pluricelulares, autotróficos facultativos.
- x (02) O material nutritivo de reserva é o glicogênio.
- x (04) Em função da nutrição heterótrofa, esses seres podem viver em mutualismo, em saprobiose ou em parasitismo.
- x (08) Alguns fungos são utilizados na obtenção de medicamentos.
- x (16) Nutrem-se por digestão extracorpórea, isto é, liberam enzimas digestivas no ambiente, que fragmentam macromoléculas em moléculas menores, permitindo sua absorção pelo organismo.
- x (32) Na alimentação humana são utilizados, por exemplo, na fabricação de queijos, como o *roquefort* e o *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.
Resposta: 62 (02 + 04 + 08 + 16 + 32)
- 5.** (UFF-RJ) Pode-se afirmar que os líquens são uma associação entre:
- a) algas e fungos com reprodução sexuada por meio de sorédios.
- b) algas e bactérias com reprodução assexuada por meio de esporos.
- x c) algas e fungos com reprodução assexuada por meio de sorédios.
- d) algas e fungos com reprodução assexuada por meio de esporos.
- e) algas e fungos com reprodução sexuada por meio de esporos.
- 6.** (UFC-CE) São organismos pioneiros na sucessão ecológica, que atuam como produtores em lugares inóspitos e que apresentam os sorédios, eficientes estruturas de dispersão, formados por algas envolvidas por filamentos de fungos. Essa caracterização refere-se a:
- a) micorrizas. d) briófitas.
- x b) líquens. e) protozoários.
- c) bolores.
- 7.** (UFRN) Uma das doenças do algodoeiro é provocada pelo acúmulo de micélios e esporos de um fungo do gênero *Fusarium* no interior dos vasos da planta, prejudicando o fluxo de seiva. Para o fungo, essas estruturas são importantes, pois estão relacionadas, respectivamente, com:
- a) fixação e digestão.
- x b) crescimento e reprodução.
- c) dispersão e toxicidade.
- d) armazenamento e respiração.
- 8.** (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
- x a) 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.
- b) 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.
- c) a fermentação ocorre principalmente durante a reprodução das leveduras, pois esses organismos necessitam de grande aporte de energia para sua multiplicação.
- d) a fermentação só é possível se, antes, houver um processo de respiração aeróbica que forneça energia para as etapas posteriores, que são anaeróbicas.
- e) o vinho se forma somente quando os tanques voltam a ser abertos, após a fermentação se completar, para que as leveduras realizem respiração aeróbica.

Plantas

“ Enquanto eu me postava ali, com a orla escura da floresta ao meu redor, sentia-me enfeitiçada. Então, a primeira pétala começou a se mexer, depois outra e mais outra, e a flor explodiu para a vida.”

Margaret Mee (1909-1988), ilustradora botânica inglesa que passou grande parte da vida no Brasil, desenhando as plantas da nossa flora. No texto acima, a ilustradora refere-se à flor-da-lua, espécie amazônica de cacto que só floresce à noite.



Selenicereus wittii, a flor-da-lua, em ilustração de Margaret Mee.

Margaret Mee/ Coleção particular

Evolução e classificação das plantas

Luciano Candisani



Figura 6.1. As florestas tropicais apresentam enorme diversidade de seres vivos. Os mais notáveis são as plantas, como é possível observar nesta fotografia da Mata Atlântica, em Santana de Parnaíba (SP). A exuberância e a variedade de formas das plantas nos instiga a pensar sobre como elas surgiram, como evoluíram e quais são as adaptações que apresentam à vida no ambiente terrestre.



Pense nisso

- Faça uma lista com pelo menos 10 nomes de plantas que você conhece. Depois, estabeleça um critério para classificá-las em grupos.
- Você já viu nascer uma samambaia “sozinha” em um muro? E um matinho com flor no meio de uma abertura no asfalto ou na calçada? Como você acha que essas plantas chegaram a esses lugares se elas não foram plantadas por ninguém?
- Toda planta produz flores? Justifique sua resposta.
- Toda planta que produz sementes também produz frutos? Explique sua resposta.

1. Origem e classificação das plantas

O ramo da Biologia que estuda as plantas é a **Botânica**. Na unidade anterior, comentamos que o conceito de planta varia de acordo com a classificação adotada.

Em alguns sistemas mais recentes, as algas verdes e as vermelhas têm sido consideradas plantas, pois, além de semelhanças moleculares, elas, juntamente com as plantas terrestres, são as únicas que apresentam cloroplastos derivados da endossimbiose primária. São, por isso, chamadas Arqueplastidas (*arque* = primitivos).

Há fortes indícios de que as plantas terrestres tenham surgido de um grupo ancestral de algas verdes, pois existem várias características que as aproximam, como a presença de parede celular composta principalmente de celulose, a existência de clorofilas **a** e **b** nos cloroplastos e a reserva de amido.

Na passagem evolutiva das algas verdes para as plantas terrestres, surgiram algumas características que se mantiveram por seleção natural, pois se revelaram muito adaptativas à vida no ambiente terrestre, possibilitando a expansão das plantas nesse ambiente. Duas dessas características são:

- camada de células estéreis envolvendo e protegendo os **gametângios** (estruturas formadoras de gametas); o gametângio masculino (Fig. 6.2) chama-se **anterídio** e o feminino (Fig. 6.3), **arquegônio**; esta camada não existe nos gametângios das algas;
- retenção do zigoto e dos estágios iniciais de desenvolvimento embrionário dentro do arquegônio, conferindo grande proteção ao embrião; por isso, são chamadas **embriófitas**.

O cladograma a seguir (Fig. 6.4) esquematiza resumidamente algumas características que surgiram na evolução das plantas, que serão discutidas à medida que comentarmos os diferentes grupos. Nele, estão alguns termos usados em classificações mais antigas.

Os termos presentes nas classificações mais antigas ainda são utilizados, mas eles não têm valor de categoria taxonômica. O significado deles é:

- **criptógamas** (do grego: *krup-tós* = escondido; *gámos* = gametas): plantas que têm as estruturas reprodutoras pouco evidentes;
- **fanerógamas** (do grego: *phanerós* = visível): plantas que têm estruturas reprodutoras bem visíveis. Todas desenvolvem sementes e, por isso, são também denominadas espermatófitas (do grego: *sperma* = semente).

Figura 6.4. Cladograma simplificado das plantas. >

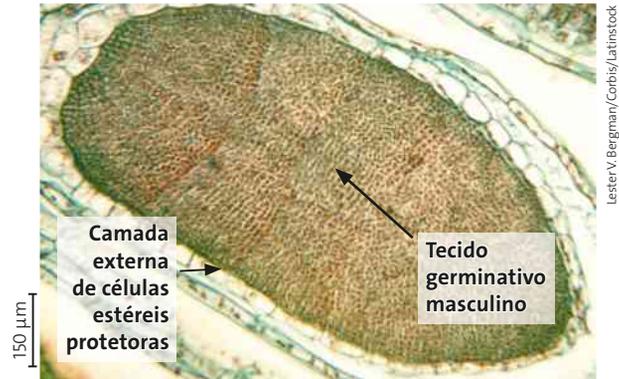
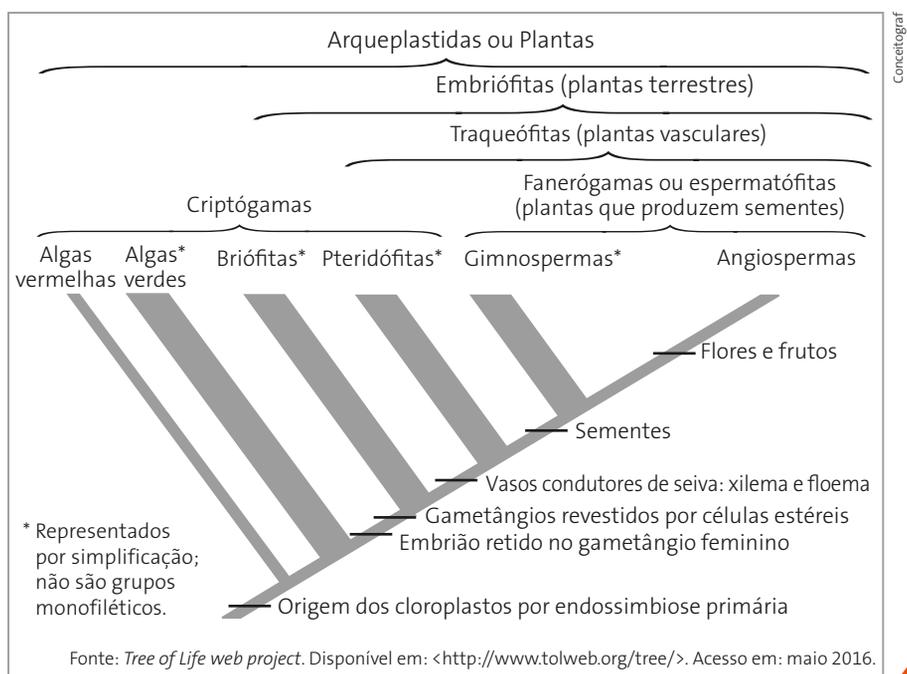


Figura 6.2. Fotomicrografia de corte histológico corado de gametângio masculino (anterídio).

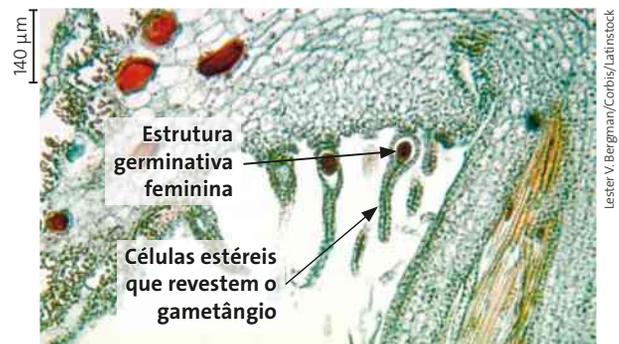


Figura 6.3. Fotomicrografia de corte histológico corado de gametângio feminino (arquegônio).

As criptógamas dividem-se em três grupos:

- **algas:** principalmente aquáticas e sem tecidos;
- **briófitas:** criptógamas terrestres com tecidos, mas sem xilema e floema, tecidos especializados, respectivamente, no transporte de água e sais minerais (seiva do xilema) e água e substâncias orgânicas derivadas da fotossíntese (seiva do floema); são plantas de pequeno porte. Exemplos: musgos e hepáticas;
- **pteridófitas:** criptógamas que têm xilema e floema. Exemplos: samambaias e avencas.

Por apresentarem xilema e floema, as pteridófitas e todas as fanerógamas são chamadas **plantas vasculares** ou **traqueófitas**; já as briófitas, que não têm esses tecidos, são chamadas **atraqueófitas**. As fanerógamas são plantas de maior porte.

Enquanto o corpo das plantas vasculares apresenta raiz, caule e folhas, nas briófitas fala-se em rizóide, caulóide e filóide, estruturas externamente semelhantes, respectivamente, a raiz, caule e folha, mas sem xilema e floema.

As fanerógamas são divididas em dois grupos:

- **gimnospermas:** suas sementes são chamadas “nuas”, pois não estão abrigadas no interior de frutos (daí a denominação: *gymnós* = nu; *sperma* = semente). Exemplo: pinheiro-do-paraná;
- **angiospermas:** apresentam sementes abrigadas no interior de frutos (daí a denominação: *aggêion* = vaso; *sperma* = semente). São exemplos de angiospermas: mangueira, figueira, laranjeira. Esse grupo é monofilético.



Despertando ideias

Professor(a), veja nas Orientações didáticas os comentários e as respostas das questões dissertativas.



Guia ilustrado de plantas

Antes de avançarmos mais no estudo das plantas, sugerimos a você e aos colegas de classe, com a coordenação de seu (sua) professor(a), fazer uma visita ao pátio da escola ou seus arredores, onde haja jardins ou alguma vegetação. O objetivo é conhecer um pouco sobre as plantas que você encontra todos os dias.

Materiais

- Caderno para anotações;
- lápis;
- lupa de mão (opcional);
- máquina fotográfica ou algum aparelho que registre imagens (opcional).

Procedimento

1. Durante a visita, observe as plantas que encontrar. Procure verificar se existem briófitas, pteridófitas, gimnospermas e angiospermas. Quais critérios você está usando para diferenciar essas plantas?

Para conhecer melhor as briófitas, você pode utilizar uma lupa de mão. Se puder, tire fotografias das plantas ou utilize seu caderno para fazer ilustrações delas. No seu caderno, anote o local onde cada planta se encontra, atentando se elas estão em locais sombreados ou expostos ao sol. Faça um mapa do trajeto à medida que vai passando, e coloque nesse mapa o local onde essas plantas estão, de modo que elas possam ser novamente localizadas por você ou por qualquer outra pessoa que analisar o mapa. Registre o dia e a hora em que fez a visita. Anote também se observou angiospermas em época de produção de flores ou de frutos.

2. Em sala, mostre suas anotações e seus registros aos demais colegas. Veja as anotações deles. Em um trabalho coletivo da classe, vocês deverão montar um guia ilustrado com as plantas encontradas. Esse guia pode ser divulgado na escola ou publicado no *blog* da turma para que todos possam trocar informações e enriquecer o trabalho. Aprimorem, coletivamente, o guia durante o estudo de Botânica, acrescentando outras plantas que você conhece, informações e imagens sobre elas. Inclua, por exemplo, plantas encontradas em sua casa, nos arredores dela e em seu trajeto para a escola.

2. Evolução dos ciclos de vida nas plantas

Nos diferentes grupos de seres vivos, podemos definir três tipos de ciclo de vida:

- Ciclo em que os indivíduos são diploides ($2n$) e formam gametas por meiose. Assim, apenas os gametas são haploides (n). Após a fecundação, o zigoto ($2n$) forma por mitoses o adulto. É o tipo de ciclo de vida que ocorre, por exemplo, nos animais e em algumas algas, como em certos grupos de algas verdes.
- Ciclo de vida em que os indivíduos são haploides (n) e originam gametas por mitose. Após a fecundação, forma-se o zigoto diploide ($2n$), que sofre meiose dando origem a esporos haploides (n); estes se desenvolvem em indivíduos haploides (n). É o tipo de ciclo de vida que ocorre, por exemplo, nos fungos e em algumas algas, como certos grupos de algas verdes.
- Ciclo de vida em que há alternância entre uma geração de indivíduos diploides ($2n$) e outra de indivíduos haploides (n). Nesses casos, os indivíduos

diploides produzem esporos por meiose e são denominados **esporófitos** (fase esporofítica), e os indivíduos haploides produzem gametas por mitose e são denominados **gametófitos** (fase gametofítica). Esse tipo de ciclo de vida com **alternância de gerações**, ou **metagênese**, ocorre, por exemplo, nas algas vermelhas, em muitos grupos de algas verdes e em todas as plantas terrestres.

Como se pode notar, entre as plantas ou arqueplastidas, as algas vermelhas possuem ciclo de vida com alternância de gerações e as algas verdes possuem os três tipos de ciclo de vida. Na evolução das plantas terrestres, o ciclo de vida que persistiu foi o com alternância de gerações e será para que ele que voltaremos nossa atenção.

Nas algas verdes que apresentam metagênese, as gerações esporofíticas e gametofíticas são independentes uma da outra e, em alguns casos, não há diferenças morfológicas entre os indivíduos dessas gerações, a não ser em suas estruturas reprodutoras. É o caso das algas verdes do gênero *Ulva* (alface-do-mar), (Fig. 6.5).

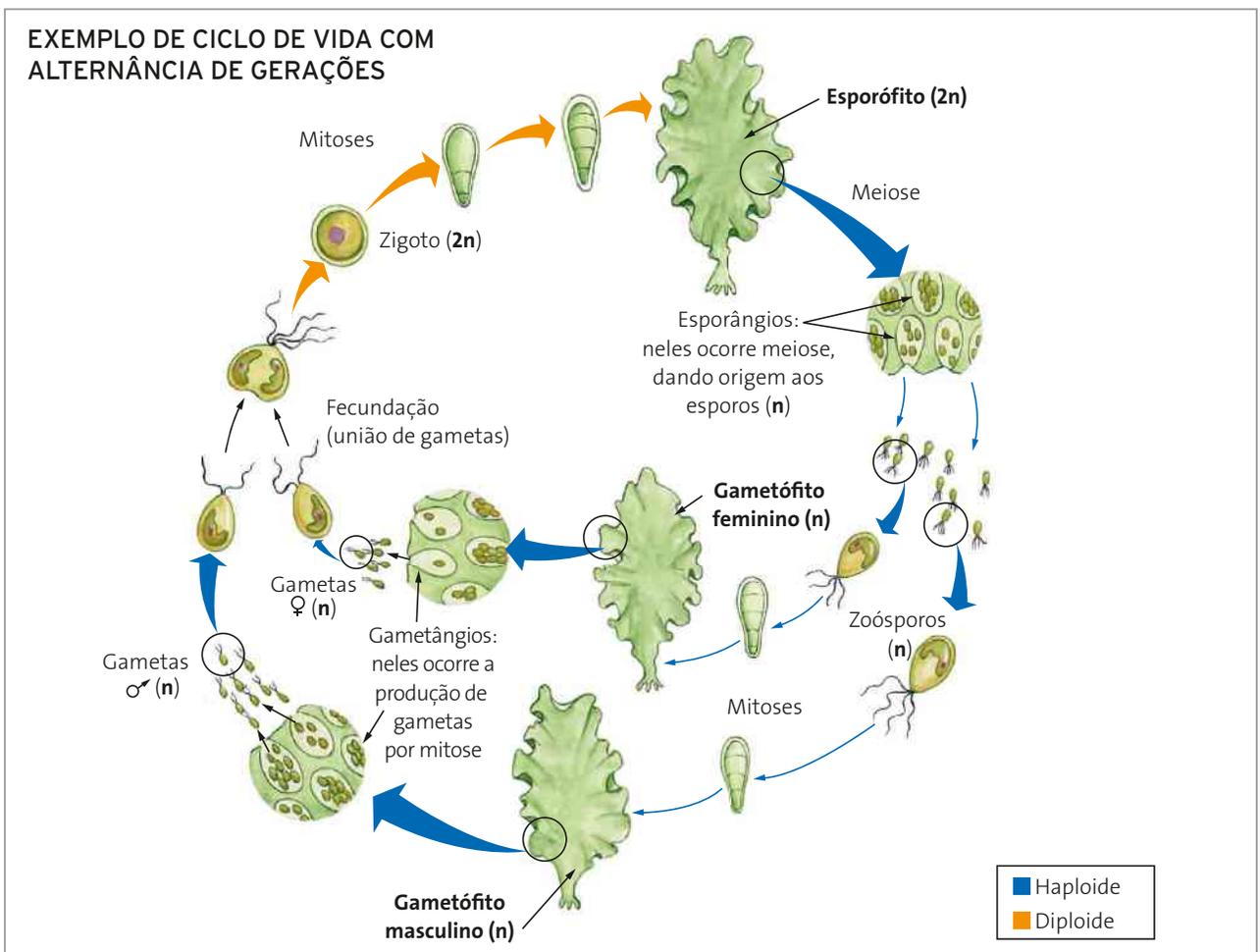


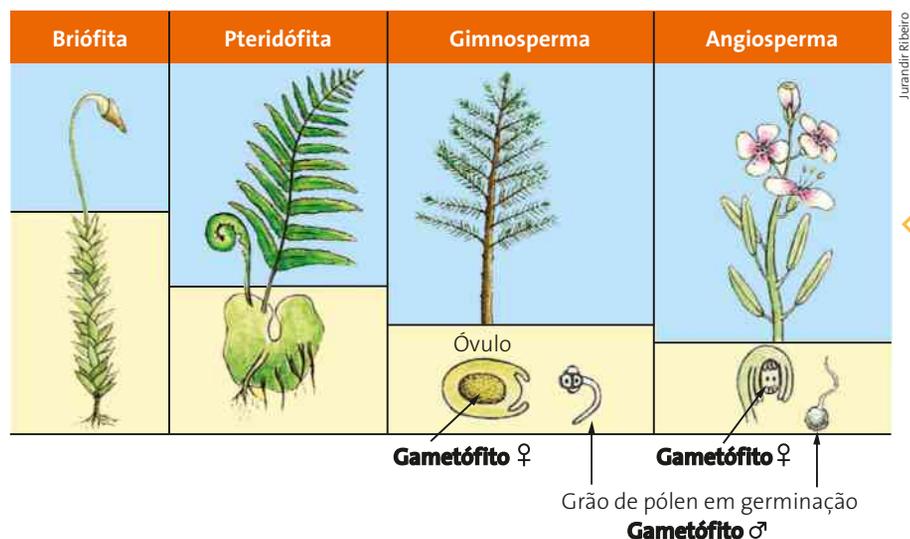
Figura 6.5. Esquema de ciclo de vida com alternância de gerações de *Ulva* sp., uma alga verde membranosa. (Elementos representados em diferentes escalas; cores fantasia.)

Na evolução das plantas terrestres, verifica-se que houve redução da fase gametofítica e maior desenvolvimento da esporofítica (Fig. 6.6).

Nas briófitas, a fase gametofítica (n) é sempre a mais desenvolvida, e a fase esporofítica (2n) cresce sobre a planta haploide, dependendo dela para sua nutrição.

Nas pteridófitas, a fase esporofítica é a mais desenvolvida, além de ser independente da fase gametofítica, que é muito reduzida.

Nas gimnospermas, e especialmente nas angiospermas, a fase gametofítica é extremamente reduzida, não ocorrendo alternância típica de gerações, pois não se formam indivíduos haploides isolados: o gametófito feminino desenvolve-se no interior do **óvulo**, e o masculino, no **grão de pólen**. Nessas plantas, o óvulo não é o gameta feminino; ele constitui uma estrutura que abriga o gametófito feminino, que dará origem ao gameta feminino chamado **oosfera**.



Juandir Ribeiro

Figura 6.6. Esquema das fases gametofítica (fundo amarelo) e esporofítica (fundo azul) comparando o desenvolvimento relativo dessas fases nos ciclos de vida dos diferentes grupos de plantas. (Elementos representados em diferentes escalas; cores fantasia.)

Vamos agora comentar os diferentes grupos de plantas e explorar um pouco mais os aspectos adaptativos desses organismos na conquista do ambiente terrestre.

Professor(a), caso considere pertinente, realize com os estudantes a sugestão de atividade extra “Plantas e ciclos de vida”, descrita nas Orientações didáticas.

3. Algas vermelhas

As algas vermelhas ou rodofíceas (Rhodophyta) podem ser encontradas nos mares, na água doce e também em locais úmidos sobre rochas e troncos de árvores.

Certas espécies de algas vermelhas são apreciadas na alimentação humana, como é o caso do *nori*, utilizado principalmente no preparo de *sushi* (Fig. 6.7), prato típico da culinária japonesa. Essa alga tem sido usada também para combater o escorbuto, graças a seu alto teor de vitamina C.

Há representantes unicelulares, mas a maioria é multicelular, como a alga *Pterocladia* sp. (Fig. 6.8).



Figura 6.7. Fotografia de *sushi*, que é feito com a alga vermelha popularmente conhecida por *nori*.



Figura 6.8. Algas vermelhas do gênero *Pterocladia* (indicadas pela seta) fotografadas durante a maré baixa em costão rochoso. Cada indivíduo mede cerca de 6 cm de altura.

Alvaro E. Migotto

4. Algas verdes

As algas verdes ou clorófitas (Chlorophyta) não formam um grupo monofilético. Elas podem ser uni ou multicelulares. São principalmente aquáticas, podendo ocorrer também em locais úmidos, sobre rochas e troncos de árvore. Certas algas verdes unicelulares, em especial aquelas do gênero *Chlorella*, ocorrem em associação com ciliados, como o *Paramecium* (Fig. 6.9), e com animais, como cnidários e moluscos; são as chamadas zoooclorelas. Uma alga verde muito comum no litoral brasileiro é a *Ulva*, conhecida popularmente por alface-do-mar (Fig. 6.10).

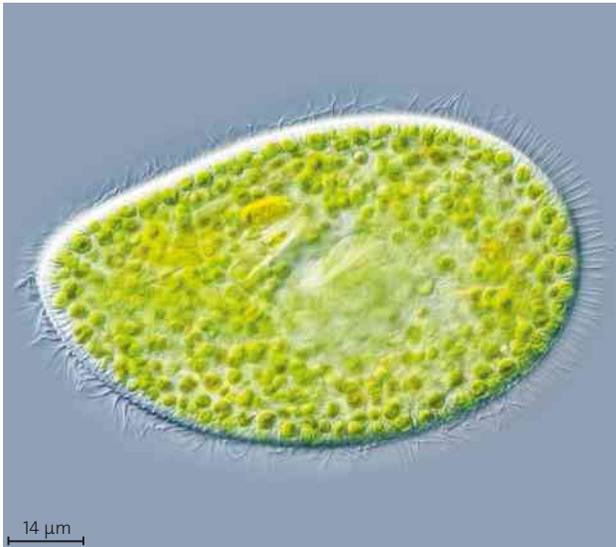


Figura 6.9. Fotomicrografia de *Paramecium bursaria* em relação simbiótica com algas verdes unicelulares do gênero *Chlorella*.



Figura 6.10. Fotografia de indivíduos do gênero *Ulva* (alface-do-mar), comum nos costões rochosos de todo o litoral brasileiro. Mede até cerca de 50 cm.

5. Briófitas

As briófitas são plantas que apresentam características de transição do ambiente aquático para o terrestre.

No ambiente terrestre, a quantidade de água na forma líquida é bem menor que no ambiente aquático, e a maior parte dessa água fica acumulada no solo.

Nas briófitas, a absorção de água do meio ocorre diretamente pela superfície do corpo do gametófito em contato com o substrato, fixo por meio de estruturas denominadas **rizoides**. Uma vez dentro do corpo, a água é transportada de forma mais lenta do que nas plantas vasculares, o que limita o tamanho das briófitas; a maioria delas não ultrapassa 20 cm de altura.

As briófitas ocorrem preferencialmente em ambientes úmidos e abrigados da luz direta, pois não têm estruturas que evitam a transpiração intensa. Assim, essas plantas são encontrados em abundância nas florestas tropicais e nas temperadas.

Essas plantas dependem da água para a reprodução sexuada, já que seus gametas masculinos são flagelados e deslocam-se apenas em meio líquido, chegando aos gametas femininos, que são imóveis.

Nos diversos grupos de plantas terrestres, o gameta feminino, chamado **oosfera**, é sempre imóvel. Nas

briófitas e nas pteridófitas, os gametas masculinos são flagelados e recebem o nome de **anterozoides**. No grupo dos pinheiros dentro das gimnospermas e nas angiospermas, entretanto, os gametas masculinos não são flagelados e são chamados de **células espermáticas**.

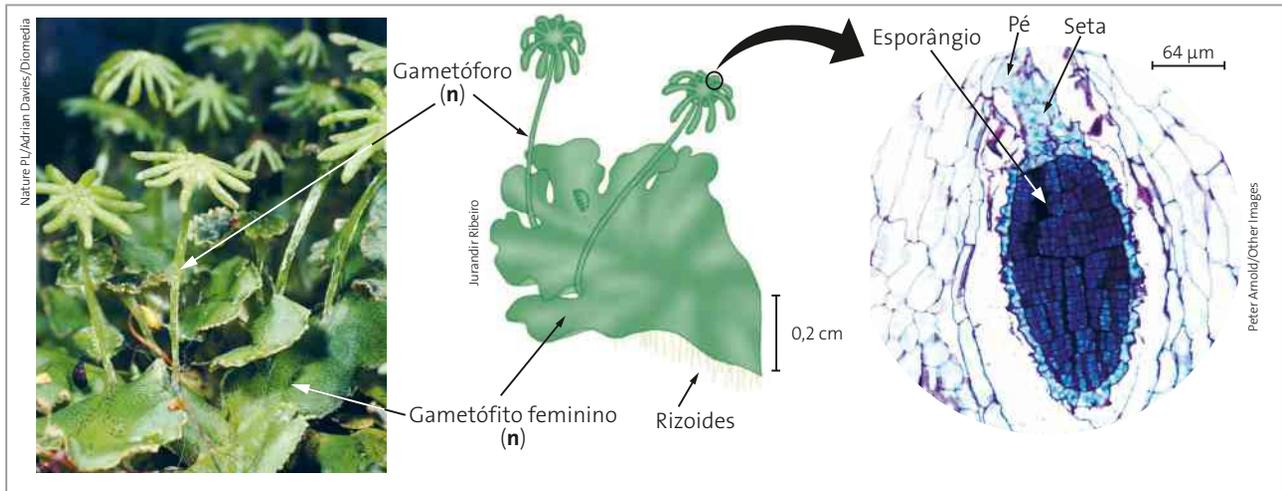
Algumas espécies de briófitas são muito sensíveis à poluição, e a ausência delas indica má qualidade do ar.

Como já comentado, estamos usando o termo briófitas como uma designação coletiva, sem valor taxonômico, pois hoje sabe-se que esse termo se refere, na verdade, a três filos (ou divisões) distintos de plantas:

- **Hepáticas** (Filo Hepatophyta)

O filo das hepáticas (do grego: *hépatos* = fígado) engloba cerca de 6 000 espécies. Os gametófitos têm corpo achatado ou folhoso e se fixam ao solo por meio de rizoides. Exemplo: *Marchantia* (Fig. 6.11). O esporófito (2n) surge após a fecundação da oosfera pelo anterozoide, que ocorre no gametângio feminino.

Além das espécies de hepáticas que vivem em locais úmidos, há algumas espécies que retornaram secundariamente para o ambiente aquático.

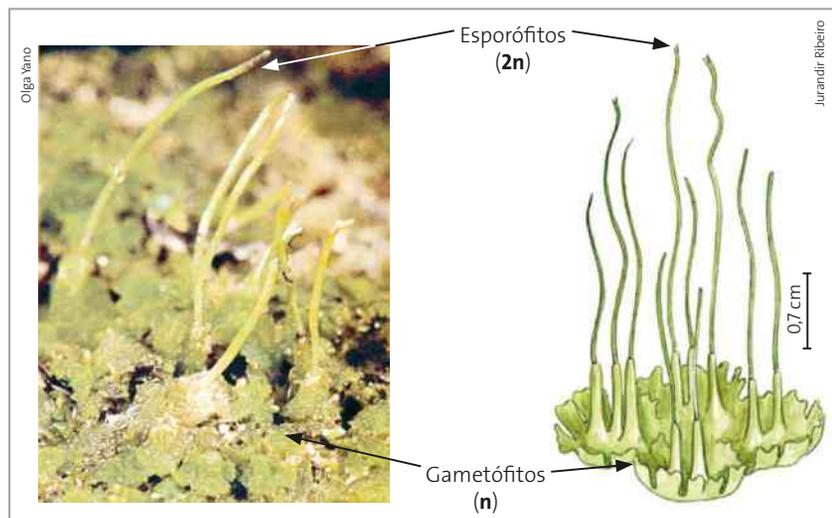


↗ **Figura 6.11.** Fotografia e esquema de *Marchantia* sp., uma hepática, mostrando gametófitos femininos e gametóforos, onde estão os gametângios femininos. No detalhe, fotomicrografia de corte histológico corado de um esporófito ($2n$), que surge após a fecundação. O esporófito é muito reduzido, sendo formado apenas por estruturas que se chamam pé, seta e o próprio esporângio, onde se formam os esporos (n) por meiose.

- **Antóceros** (Filo Anthocerophyta)

Nos antóceros, o gametófito apresenta corpo multilobado e o esporófito é alongado, ereto, chegando a cerca de 5 cm de altura (Fig. 6.12). O nome do grupo se deve justamente ao aspecto do esporófito (do grego: *keras* = corno). Há cerca de 100 espécies nesse filo.

Figura 6.12. Fotografia e esquema de antóceros crescendo aderidos a solos úmidos. >

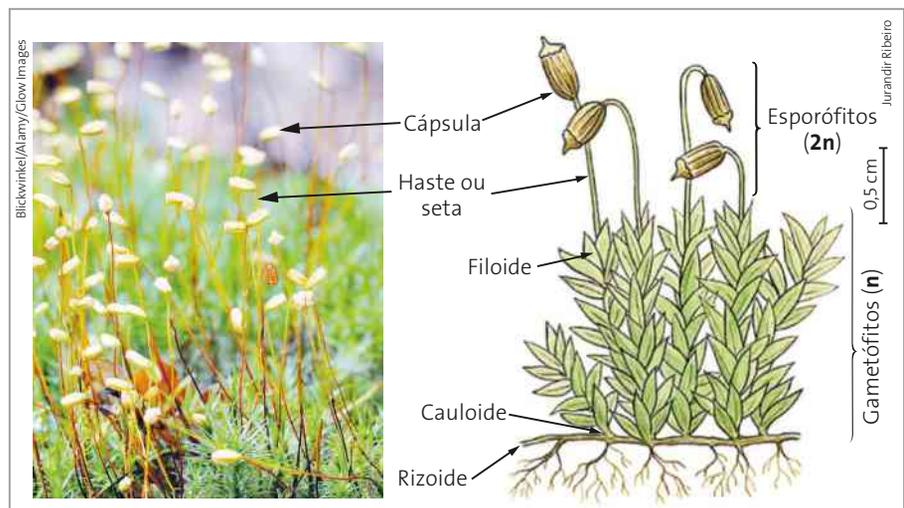


- **Musgos** (Filo Bryophyta)

Grupo com cerca de 9500 espécies. Além de rizoides, os gametófitos geralmente possuem um eixo principal — **cauloide** —, de onde partem os **filoides**. Exemplo: musgos-de-turfeira (gênero *Sphagnum*), utilizada no melhoramento da textura e da capacidade de retenção de água nos solos. Em certas partes do mundo, a turfa é submetida à secagem e usada como combustível.

O esporófito desenvolve-se sobre o gametófito e é formado pelo pé, pela seta e pela cápsula, no interior da qual está o esporângio, onde haverá a formação de esporos por meiose (Fig. 6.13).

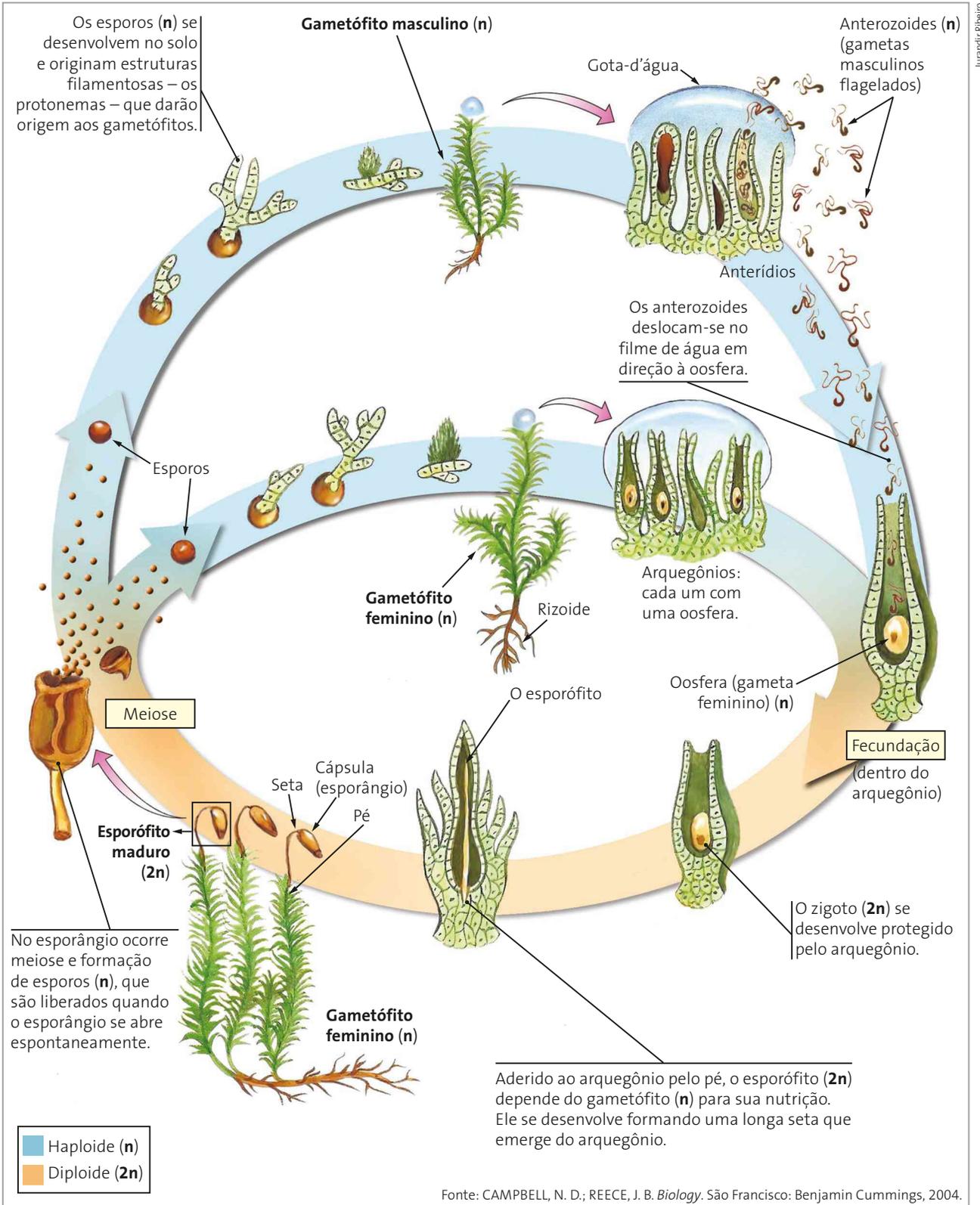
Figura 6.13. Fotografia e esquema de musgo em que é possível ver os gametófitos e os esporófitos. >



5.1. Ciclo de vida dos musgos

Como exemplo de ciclo de vida das briófitas, vamos estudar o ciclo de vida de musgos. Para isso, analise a figura 6.14 e depois acompanhe a descrição pelo texto.

Professor(a), caso considere procedente, realize com os estudantes a atividade extra “Mitose, meiose e ciclos de vida das plantas”, descrita nas Orientações didáticas.



Jurandir Ribeiro

Figura 6.14. Esquema simplificado do ciclo de vida de um musgo — briófito. (Elementos representados em diferentes escalas; cores fantasia.)

A maioria dos musgos possui gametófitos masculinos e femininos separados, que desenvolvem, respectivamente, anterídios (gametângios masculinos) e arquegônios (gametângios femininos).

Os gametângios localizam-se na região apical do gametófito. No anterídio, são formados os anterozoides (gameta masculino), e, no arquegônio, a oosfera (gameta feminino). Os gametas originam-se por mitose e, assim como os gametófitos, são haploides.

A fecundação ocorre por ocasião de chuvas ou garoas: as gotas, ao atingir o ápice do gametófito masculino, fazem com que os anterozoides sejam lançados para fora da planta com os borrifos de água. Caindo no ápice de uma planta feminina, onde já existe água acumulada, esses anterozoides podem nadar em direção

à oosfera, atraídos provavelmente pelo líquido que se forma no canal do arquegônio. Ao entrarem em contato com a oosfera, ocorre a fecundação, originando uma célula-ovo ou zigoto diploide ($2n$). O zigoto desenvolve-se no interior do arquegônio; portanto, no ápice da planta feminina. Esse zigoto forma o esporófito ($2n$), que continua no ápice do gametófito feminino e depende dele para sua nutrição.

Os esporos são formados por meiose na cápsula, que corresponde a um esporângio. Os esporos são, portanto, haploides.

Quando a cápsula se abre, ocorre a expulsão desses esporos, que, ao caírem em substrato adequado, germinam, dando origem ao gametófito. Este cresce e amadurece, reiniciando o ciclo de vida dessas plantas.

6. Pteridófitas

As pteridófitas são as primeiras plantas vasculares. O surgimento de xilema possibilitou o transporte rápido de água e sais minerais do solo até as folhas, e o floema possibilitou o transporte de água e produtos da fotossíntese das folhas para as demais partes da planta. As pteridófitas têm também tecidos de sustentação, o que permitiu que se mantivessem eretas.

O termo “pteridófitas”, já consagrado, pode se referir ao conjunto de todas as traqueófitas sem sementes, ou apenas ao Filo Pterophyta (ou Pteridophyta). Neste livro, vamos adotar, por simplificação, o uso coletivo do termo.

Nesses organismos, os gametófitos são reduzidos e os esporófitos são a fase predominante do ciclo de vida. Nos esporófitos, os esporângios podem ficar reunidos em estruturas especiais chamadas **soros**. Cada soro corresponde a vários esporângios inseridos na face inferior das folhas (Fig. 6.15).

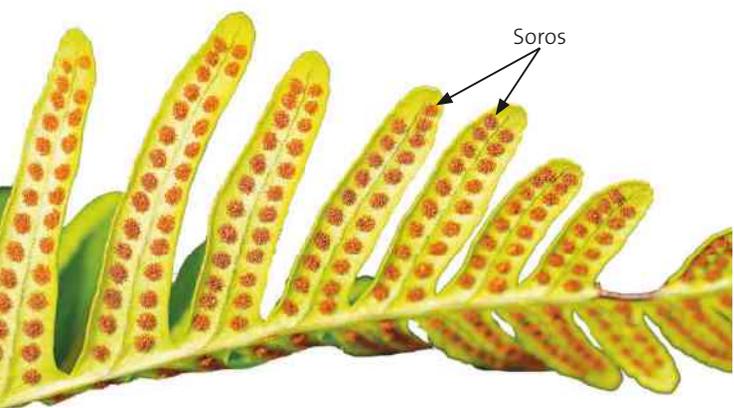


Figura 6.15. Fotografia de soros na face inferior de uma folha de samambaia. Um soro mede cerca de 0,4 cm de diâmetro.

Pteridófitas do grupo das selaginelas possuem os esporângios reunidos em estróbilos (ou cones), ramos curtos com pequenas folhas férteis (Fig. 6.16).

As plantas coletivamente chamadas pteridófitas são atualmente classificadas em dois filós: **Pteridophyta** e **Lycopodiophyta** (selaginelas).

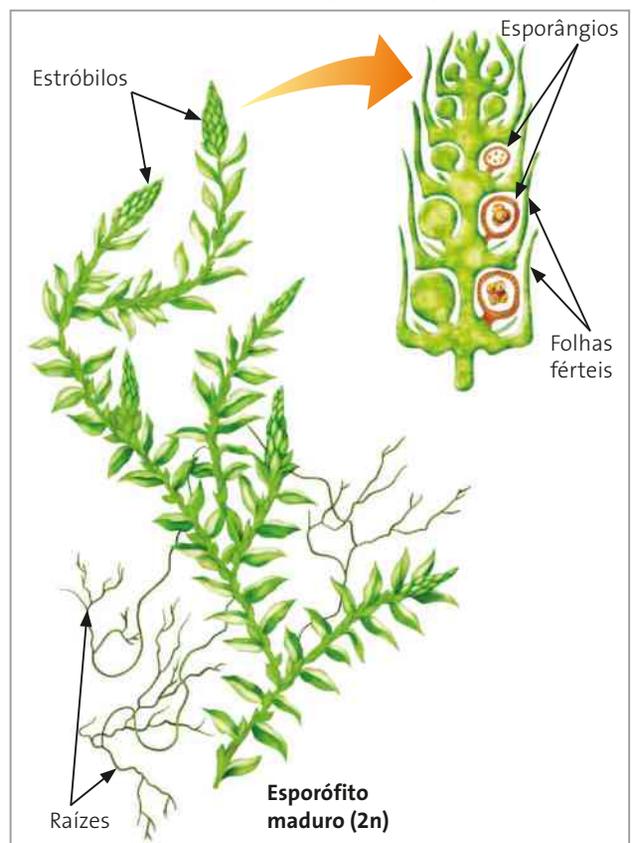


Figura 6.16. Representação esquemática de *Selaginella* sp. No detalhe, esquema de corte de estróbilos mostrando esporângios na base de folhas férteis. O esporófito mede cerca de 5 cm de comprimento. (Elementos representados em diferentes escalas; cores fantasia.)

- **Pterophyta** ou **Pteridophyta** (pterófitas ou pteridófitas).

Os principais representantes são as **samambaias** e as **avencas** (ambas **filicíneas**), que são plantas comuns em regiões tropicais; as folhas jovens das filicíneas formam os **báculos**, designação que decorre da semelhança com bastões altos de extremidade recurvada (Fig. 6.17). Os esporângios ficam localizados em soros.

As samambaias arborescentes (Fig. 6.18) podem apresentar, na base de seus troncos eretos, uma trama de **raízes adventícias** (raízes que partem do caule), que pode alcançar grande volume. Essa trama é conhecida popularmente por **xaxim**, muito utilizado antigamente na fabricação de vasos para algumas plantas ornamentais. O uso irracional desse recurso natural provocou a diminuição das populações naturais de espécies formadoras de xaxim e, por isso, o uso do xaxim está proibido.



Luciano Candiani

⤴ **Figura 6.17.** Fotografia de samambaia com báculos. O tamanho das samambaias pode variar entre os indivíduos e também conforme a espécie.



Fábio Colombrini

⤴ **Figura 6.18.** Fotografia de samambaiacu, pteridófito de caule ereto que forma xaxim. Essa planta tem cerca de 5 m de altura.

- **Lycopodiophyta** ou **Lycophyta**

Agrupa os gêneros *Lycopodium* (Fig. 6.19) e *Selaginella* (Fig. 6.20). As espécies do gênero *Lycopodium* ocorrem desde as regiões árticas até as tropicais, e as do gênero *Selaginella* são muito comuns em matas tropicais, mas também ocorrem em regiões áridas e semiáridas, como desertos e caatingas. Nesses locais, os indivíduos permanecem em estado latente, só se reproduzindo quando há aumento na umidade do ar ou em épocas de chuva. Em função dessa característica, essas espécies de *Selaginella* são chamadas plantas revivescentes. Os esporângios das plantas desse filo ficam reunidos em estróbilos.



Blickwinkel/Alamy/Glow Images

⤴ **Figura 6.19.** Fotografia de exemplar de *Lycopodium* sp. O gênero compreende várias espécies com propriedades medicinais.



Danilo Donadoni/Grupo Keystone

⤴ **Figura 6.20.** Fotografia de indivíduo de *Selaginella denticulata*, uma das mais de 700 espécies do gênero.

6.1. Ciclos de vida nas pteridófitas

Neste livro, vamos nos deter no ciclo de vida das samambaias, ilustrado na **figura 6.21**.

No ciclo de vida das samambaias, os esporos (n) são liberados e, ao germinar, dão origem ao gametófito, que nesse grupo é denominado prótalo. Em um mesmo prótalo desenvolvem-se gametângios femininos e masculinos. Depois da fecundação da oosfera pelo anterozoide, forma-se o embrião que dará origem ao esporófito, reiniciando o ciclo de vida.

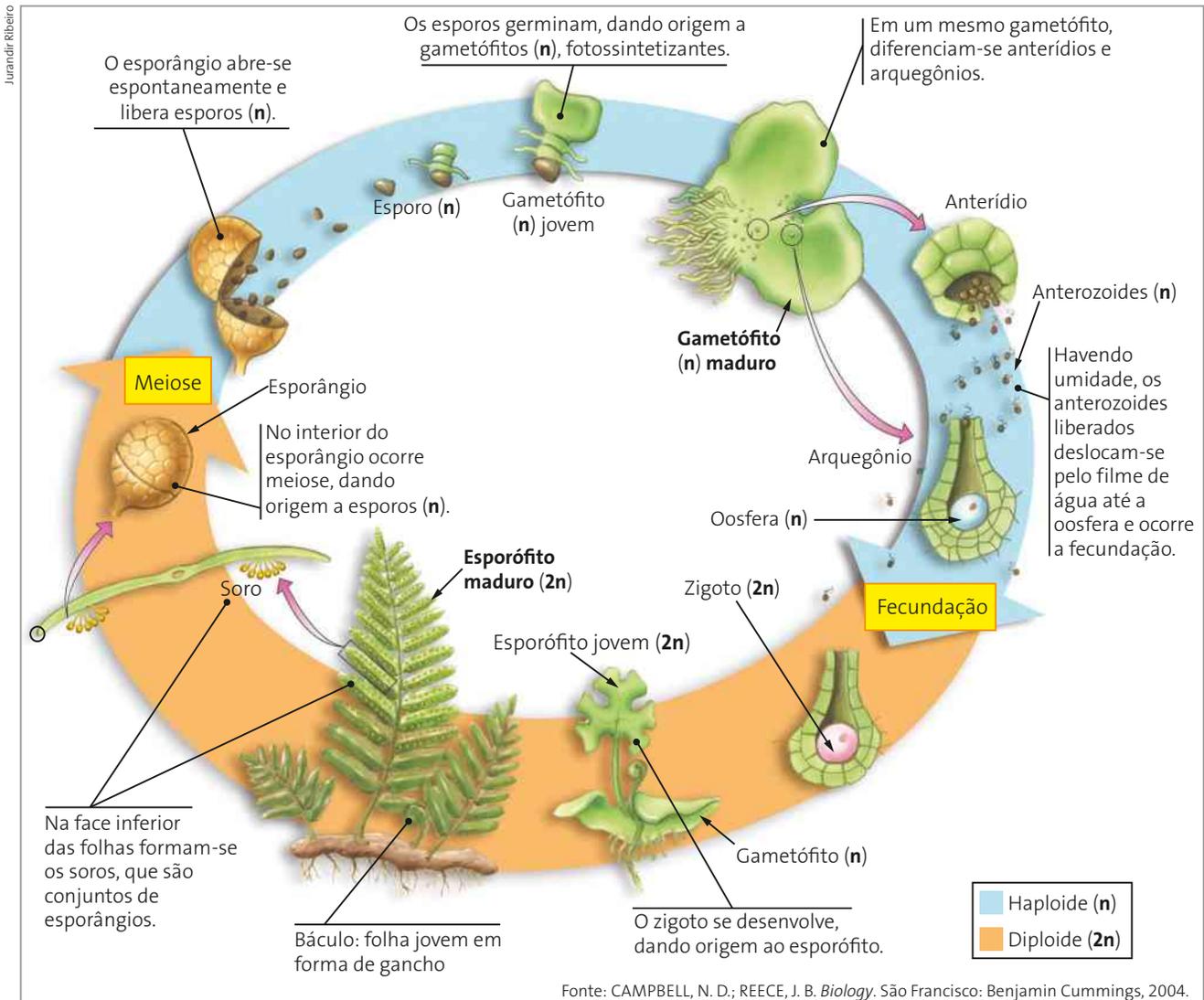


Figura 6.21. Esquema do ciclo de vida de uma samambaia. (Elementos representados em diferentes escalas; cores fantasia.)

7. Gimnospermas

Na evolução das plantas, as gimnospermas foram as primeiras a apresentar adaptações que permitiram sua independência da água para a reprodução sexuada. Nesse grupo surgiram os grãos de pólen, estruturas que contêm o gametófito masculino imaturo protegido por um envoltório resistente. Assim protegidos, esses gametófitos podem ser transportados pelo vento e, ao entrar em contato com o gametófito feminino, germinam, formando o tubo polínico. Este corresponde ao gametófito masculino maduro, que transporta os gametas masculinos até a oosfera.

Outra condição que trouxe vantagens à expansão das gimnospermas no ambiente terrestre foi o surgimento do **óvulo**, que, após a fecundação, dá origem à **semente**. Nas gimnospermas, a semente é nua, ou seja, não fica protegida no interior do fruto. A semente contém o embrião e, ao ser liberada da planta, participa do processo de dispersão da espécie. Na germinação da semente, o embrião inicia o processo de formação de uma nova planta.

Nas gimnospermas, grãos de pólen e óvulos são formados em estróbilos distintos, como analisaremos com mais detalhes ainda neste capítulo.

Na flora atual, há quatro filios ou divisões de gimnospermas.

- **Filo Cycadophyta**

São as cicas, segundo maior grupo atual de gimnospermas. Têm estruturas reprodutivas muito evidentes entre as folhas no ápice da planta (Fig. 6.22).

- **Filo Ginkgophyta**

Esse filo é representado por uma só espécie vivente – *Ginkgo biloba* –, uma árvore que pode chegar a 30 metros de altura e que tem folhas em forma de leque (Fig. 6.23).

- **Filo Gnetophyta**

Inclui a *Ephedra*, que pode ser encontrada em regiões áridas de todo o mundo; produz efedrina, utilizada na medicina como descongestionante.

- **Filo Coniferophyta**

Abrange os pinheiros e as sequoias. É o filo de gimnospermas com o maior número de espécies. No Brasil, a espécie mais conhecida é o pinheiro-do-paraná ou araucária (*Araucaria angustifolia*), planta predominante na **Mata de Araucária** (Fig. 6.24), que ocorria desde o Paraná até o Rio Grande do Sul. Atualmente, essa mata está muito reduzida em função, principalmente, da exploração da madeira dessa árvore. Outra espécie conhecida é o pinheiro do gênero *Pinus*, introduzido com sucesso no Brasil (Fig. 6.25).

Na araucária os sexos são separados, o que não ocorre nos pinheiros do gênero *Pinus*, que apresenta dois tipos de estróbilos na mesma planta.



Haroldo Palo Jr.

⤴ **Figura 6.22.** Fotografia de cicas com detalhe do estróbilos masculino, localizado entre as folhas. A cicas mede cerca de 2 m de altura.



Dorling Kindersley/Getty Images

⤴ **Figura 6.23.** Fotografia de detalhe das folhas de *Ginkgo biloba*. Cada folha mede cerca de 4 cm de largura.



Ismar dos Santos

⤴ **Figura 6.24.** Fotografia de indivíduos de *Araucaria angustifolia*. As árvores adultas medem cerca de 35 m de altura.

Detalhe dos estróbilos masculinos (microsporangios) de *Pinus* sp., que são bem menores que os estróbilos femininos (ovulados), medindo cerca de 3 cm de comprimento.

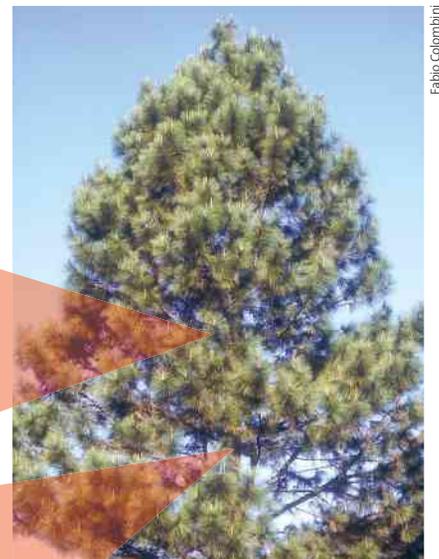


Luciano Caribeani



Luciano Caribeani

Detalhe dos estróbilos femininos (ovulados) de *Pinus* sp., que podem chegar a 10 cm de comprimento. ⤴

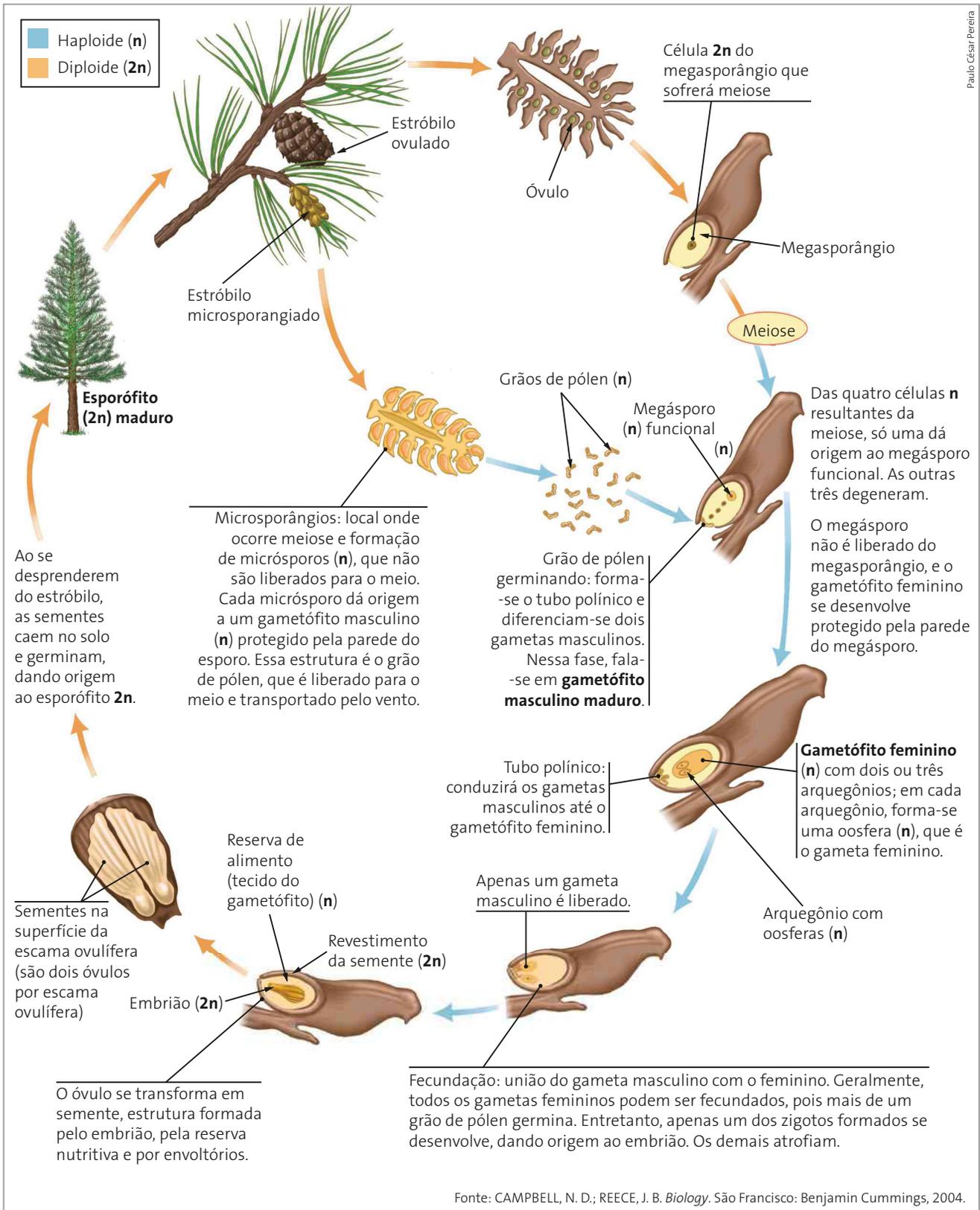


Fabio Colombini

⤴ **Figura 6.25.** Fotografia de *Pinus* sp., planta que foi introduzida no país inicialmente para ornamentação e atualmente é cultivada pelas indústrias de móveis, celulose e papel, entre outras.

7.1. Ciclo de vida de pinheiro do gênero *Pinus*

Escolhemos o pinheiro do gênero *Pinus* como exemplo para ilustrar o ciclo de vida de uma gimnosperma. Analise o ciclo (Fig. 6.26) e, depois, acompanhe a descrição pelo texto.



Paulo César Pereira

Figura 6.26. Esquema do ciclo de vida do pinheiro, uma gimnosperma. (Elementos representados em diferentes escalas; cores fantasia.)

Como você pôde notar no esquema, nesses pinheiros há dois tipos de estróbilos: os que formam micrósporos e os que formam megásporos. Os micrósporos originam-se nos microsporângios (do grego: *mikrós* = pequeno; *aggeion* = vaso, urna) localizados em folhas especiais, que formam os estróbilos denominados microsporangiados (ou masculinos). Os megásporos são formados nos megasporângios (do grego *mega* = grande) localizados em ramos modificados, as escamas ovulíferas, que compõem os estróbilos ovulados (ou femininos).

Como nas demais plantas, os esporos originam-se por meiose, mas, ao contrário do que ocorre com os esporos das plantas que já estudamos neste capítulo, nas gimnospermas e nas angiospermas os esporos não são liberados do corpo do esporófito, ficando no interior dos esporângios. Nos microsporângios, cada micrósporo inicia a formação do gametófito masculino (n) imaturo. Este é muito reduzido, sendo composto apenas de quatro células, das quais duas merecem destaque: a **célula do tubo** e a **célula generativa** ou **geradora**.

O gametófito masculino permanece protegido pela parede do esporo, que passa a apresentar duas projeções laterais: os sacos aéreos. Essa estrutura é o grão de pólen, que só agora é eliminado do esporângio e transportado pelo vento.

Nos estróbilos ovulados, cada óvulo possui um tecido ($2n$) de revestimento denominado tegumento, que protege o megasporângio. No tegumento encontra-se uma abertura denominada **micrópila**, por onde os grãos de pólen penetram.

Em cada megasporângio há um tecido nutritivo chamado **nucelo** ($2n$) e uma célula especial diploide que sofre meiose e dá origem a quatro células haploides. Destas, três degeneram e apenas uma é funcional.

Em determinadas épocas do ano ocorre a polinização: os grãos de pólen são liberados dos estróbilos microsporangiados e transportados pelo vento, podendo cair na micrópila do óvulo. Esse tipo de polinização pelo vento é chamado **anemofilia** (do grego: *ánemo* = vento; *filia* = afinidade ou *philos* = que agrada).

Somente após a polinização o esporo feminino se desenvolve no interior do óvulo: esse esporo sofre mi-

tose e origina um gametófito feminino (n), formado por poucas células e que se nutre do nucelo. Na região próxima à micrópila, diferenciam-se dois ou mais arquegônios e em cada um deles forma-se apenas uma oosfera (gameta feminino n).

O grão de pólen também inicia sua germinação originando o gametófito masculino maduro. A célula do tubo dá origem a uma estrutura longa, o **tubo polínico**, que cresce em direção a um dos arquegônios do gametófito feminino. Enquanto isso, a célula generativa divide-se por mitose, formando duas **células espermáticas**, os gametas masculinos, que nas coníferas não têm flagelos. As células espermáticas penetram no tubo polínico, e uma delas fecunda a oosfera, gerando um zigoto ($2n$); a outra célula degenera.

Geralmente, as oosferas de todos os arquegônios são fecundadas por núcleos espermáticos de grãos de pólen diferentes. Todos os zigotos começam a se desenvolver, mas apenas um deles continua, dando origem ao embrião.

O embrião ($2n$) permanece no interior do gametófito feminino (n), que passa a acumular reservas nutritivas, formando um tecido nutritivo haploide. Enquanto isso, o tegumento do óvulo origina uma “pele” delgada de cor marrom ao redor do gametófito. A escama ovulífera cresce, envolvendo o tegumento e o gametófito. Essa escama endurece, dando origem a uma casca dura. Origina-se, assim, a semente.

A semente permanece presa ao estróbilo até amadurecer, quando se desprende e cai no solo. Encontrando condições adequadas, essa semente inicia a germinação, e o embrião dá origem ao esporófito ($2n$), que reiniciará o ciclo.

Na araucária, a semente é popularmente conhecida por **pinhão**, e o estróbilo feminino é denominado **pinha** (Fig. 6.27).

O surgimento da semente contribuiu para aumentar a sobrevivência do embrião e facilitar a dispersão da espécie, possibilitando que essas plantas ocupassem mais amplamente o ambiente terrestre.

Fotografias: Luciano Candiani



◀ **Figura 6.27.** Fotografia de pinha (estróbilo feminino); os pinhões são as sementes. No detalhe, uma semente germinando.

8. Angiospermas

As angiospermas vêm sendo atualmente classificadas no filo **Anthophyta** (do grego: *ánthos* = flor), destacando o surgimento de flor nessa linhagem. Atualmente, é o maior grupo de plantas, com cerca de 235 000 espécies. São exemplos as mangueiras, os coqueiros, as laranjeiras, as bananeiras e muitas outras plantas floríferas.

8.1. A flor

Existem várias morfologias de flor. Para discutirmos a estrutura básica da flor, vamos considerar uma flor completa, que é aquela que apresenta todos os elementos: **pedicelo** ou **pedúnculo**, que se prende ao caule por uma extremidade e apresenta na outra o **receptáculo**, onde se inserem os **verticilos florais** (Fig. 6.28).

Os verticilos florais são conjuntos de folhas modificadas e formam as seguintes estruturas:

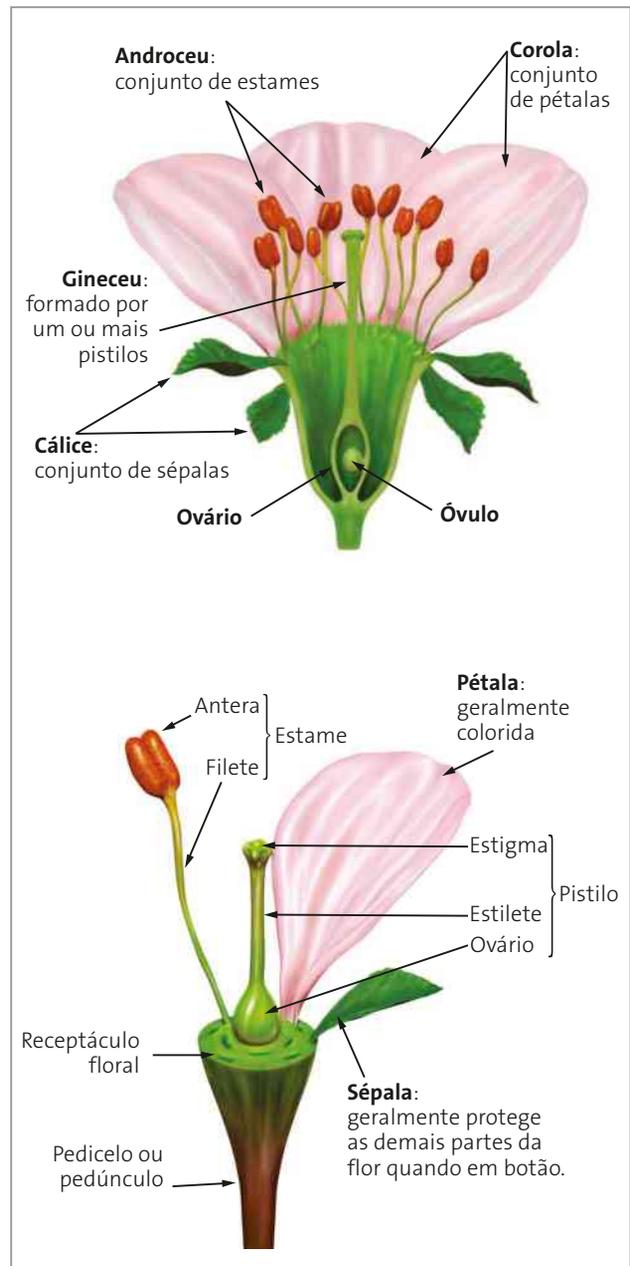
- **cálice**: conjunto de sépalas, geralmente verdes, mas podem apresentar outras cores;
- **corola**: conjunto de pétalas, que podem ser de diversas cores;
- **androceu**: formado pelos estames, folhas modificadas em cuja extremidade diferencia-se a antera, no interior da qual estão os grãos de pólen;
- **gineceu**: formado por um ou mais **pistilos**. O pistilo é formado por uma ou mais folhas modificadas chamadas **carpelos**, que se fundem dando origem a duas partes: uma porção basal dilatada, denominada **ovário**, que contém o óvulo, no qual se desenvolve o gametófito feminino que forma a oosfera (gameta feminino), e uma porção alongada, denominada **estilete**, cujo ápice é o **estigma**.

O **perianto** da flor (*peri* = em torno; *anto* = flor) é o conjunto cálice-corola. Às vezes pétalas e sépalas têm a mesma coloração, sendo indistinguíveis e, nesses casos, são chamadas de **tépalas** e o conjunto de **perigônio** (*peri* = em torno; *gônio* = elementos reprodutores).

Qualquer um dos quatro verticilos florais (sépalas, pétalas, estames, pistilo) pode faltar, mas sempre há, pelo menos, estames ou pistilos. Quando estames e pistilos ocorrem na mesma flor, dizemos que elas são hermafroditas. Geralmente, há mecanismos que dificultam a autofecundação, o que garante aumento da

variabilidade genética. Um deles é a dicogamia, onde androceu e gineceu amadurecem em épocas diferentes.

Quando as flores não são hermafroditas, caso apareçam flores masculinas (estaminadas) e femininas (pistiladas) em uma mesma planta, a espécie é monoica; se houver indivíduos só com flores masculinas ou só com flores femininas, a espécie é dioica.



⚡ **Figura 6.28.** No alto, esquema de um corte longitudinal de flor. Embaixo, esquema de uma flor em que se manteve, para fins didáticos, apenas um exemplo de cada verticilo floral. As partes que formam os estames e os pistilos estão indicadas. (Elementos representados em diferentes escalas; cores fantasia.)

As flores podem estar agrupadas de diversas maneiras, formando agregados chamados **inflorescências**. Duas delas estão exemplificadas na **figura 6.29**.

Ao contrário das gimnospermas, em que a polinização é feita apenas pelo vento (**anemofilia**), nas angiospermas a polinização pode ser feita também por insetos (**entomofilia**), aves (**ornitofilia**) e morcegos (**quiropterofilia**). Nesses casos, as flores são vistosas ou apresentam odor característico, o que atrai os animais. Nas plantas anemófilas, as flores apresentam estigmas plumosos e são, em geral, pouco vistosas.

As flores geralmente têm **nectários**, estruturas que produzem o néctar, um líquido nutritivo que serve de alimento para insetos, pássaros e morcegos. Ao se alimentarem do néctar, esses animais atuam como elementos polinizadores.



▲ **Figura 6.29.** Esquema simplificado de duas inflorescências comumente encontradas nas angiospermas: a espiga e o capítulo. (Elementos representados em diferentes escalas.)



Despertando ideias

Professor(a), veja nas Orientações didáticas os comentários e as respostas das questões dissertativas.



Conhecendo as flores

Objetivo

A flor é o órgão reprodutivo das angiospermas. Nesta atividade, vamos conhecer um pouco mais da estrutura floral de algumas plantas que têm flores hermafroditadas com os verticilos florais de fácil observação. É importante ressaltar que há grande diversidade de flores, e você poderá notar as enormes variações que existem analisando outras flores que encontrar.

Materiais (por grupo de alunos)

- Espátula;
- lupa de mão;
- flores (sugestões):
 - azaleia ou azalea (*Rhododendron* sp.);
 - lírio-amarelo ou lírio-branco (*Hedychium* sp.);
 - ipê-amarelo ou rosa (*Tabebuia* sp.);
- cartolina;
- fita adesiva;
- lápis ou caneta;
- um prato pequeno;
- quaresmeira (*Tibouchina* sp.);
- agapanto (*Agapanthus* sp.).

Procedimento e observações

Em grupo, analisem duas flores da mesma planta, considerando os seguintes aspectos:

- a) Identifiquem as partes da flor: cálice, corola, androceu e gineceu. Todas essas partes estão presentes nas flores que seu grupo está analisando? É possível diferenciar o cálice da corola? Há casos em que as sépalas e as pétalas não se diferenciam entre si, então chamamos as estruturas de tépalas. É o caso da flor que estão analisando?
- b) Com cuidado, retirem as pétalas e as sépalas, ou, se for o caso, as tépalas. Usando fita adesiva, fixem-nas, de modo criativo e informativo, em uma cartolina. Com uma caneta ou lápis, escrevam os nomes ao lado das estruturas fixadas: pétalas, sépalas ou tépalas. Quantas há de cada uma delas?
- c) Descrevam como é o androceu da flor de seu grupo. Quantos estames estão presentes? Separem um estame e fixem-no com a fita adesiva na cartolina. Com lápis ou caneta, façam a identificação da estrutura, assim como fizeram para as demais.
- d) Peguem outro estame da mesma flor e coloquem-no sobre o prato. Com a espátula, pressionem a ponta do estame para obter os grãos de pólen. Para observarem melhor, usem a lupa de mão. Como são essas estruturas? Façam uma ilustração no caderno.
- e) Descrevam, agora, o gineceu. Quantos pistilos estão presentes? Retirem o pistilo de uma das flores e cole na cartolina, fazendo a identificação. Façam uma ilustração dessa estrutura no caderno.
- f) Agora que seu grupo já explorou a estrutura da flor, apresentem a cartolina com os verticilos florais fixados e expliquem para os demais colegas as características da flor que vocês estudaram.

Resultados

- Depois que todos os grupos fizerem suas apresentações, construa uma tabela no caderno, contendo, nas colunas, o nome das plantas e nas linhas, as seguintes informações:

- | | | |
|-----------------------------|-----------------------------|---------------------------------|
| a) número e cor de sépalas; | c) número e cor de tépalas; | e) número de pistilos; |
| b) número e cor de pétalas; | d) número de estames; | f) número de lóculos no ovário. |

Professor(a), as atividades extras “Ciclo de vida das algas verdes”, “Plantas e ciclos de vida” e “Mitose, meiose e ciclos de vida das plantas” poderão ser realizadas neste momento, pois relacionam conceitos de genética com os ciclos de vida das plantas.

8.2. Ciclo de vida de uma angiosperma

A figura 6.30 mostra de forma resumida o ciclo de vida de uma angiosperma. Analise-o e acompanhe a descrição pelo texto.

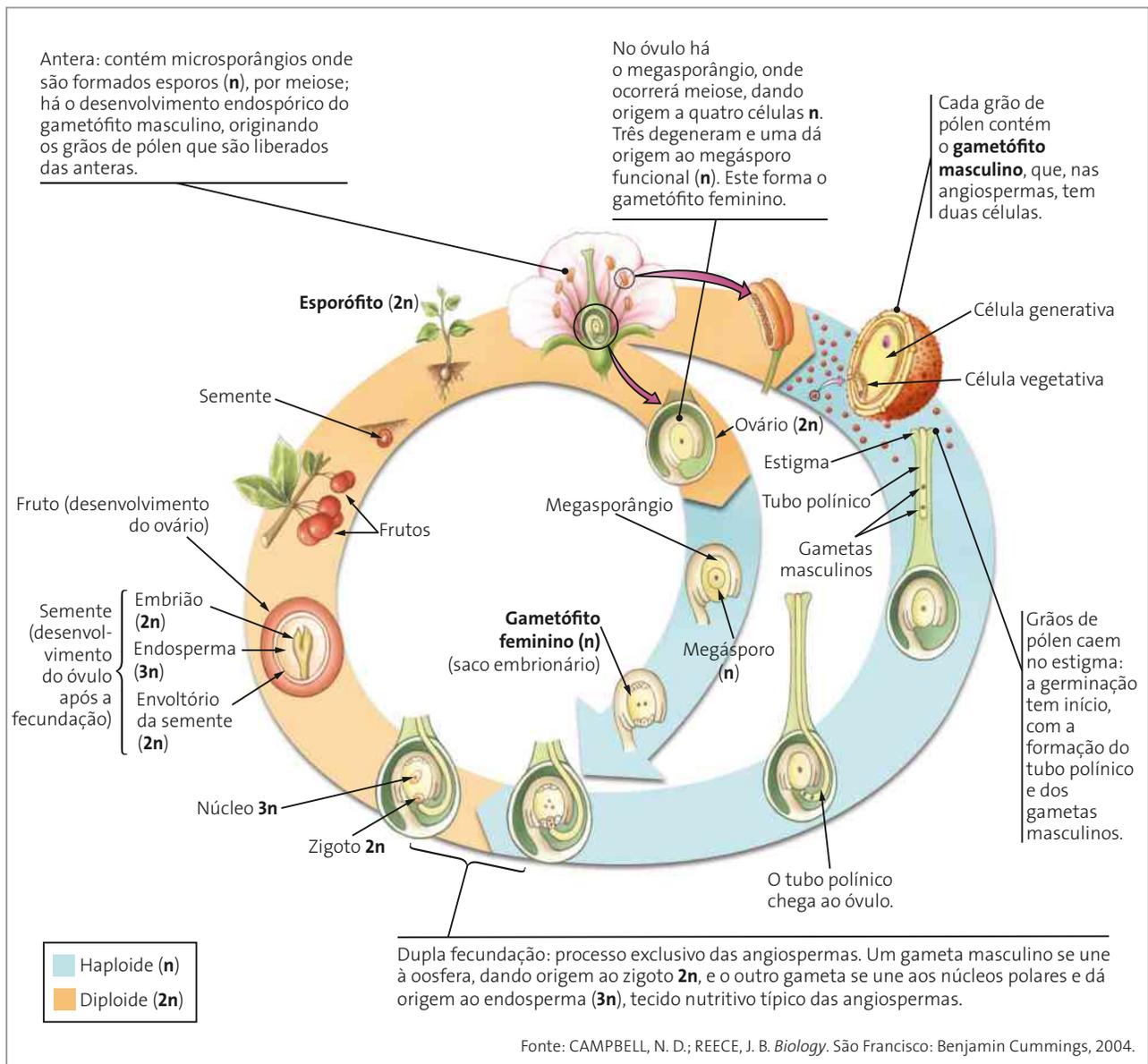
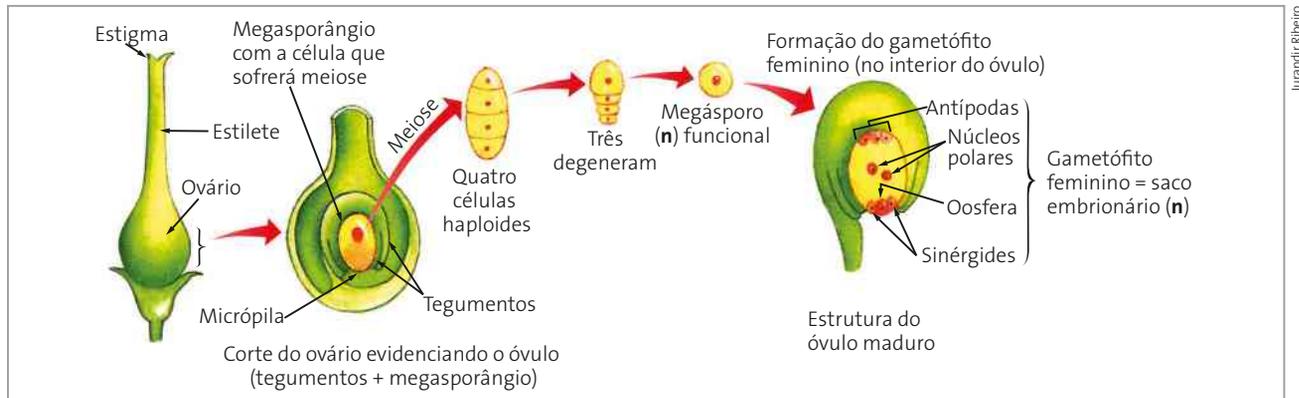


Figura 6.30. Esquema mostrando o ciclo de vida de uma angiosperma. (Elementos representados em diferentes escalas; cores fantasia.)

Vamos começar a análise do ciclo de vida a partir da estrutura do óvulo. Nas angiospermas, os óvulos possuem dois tegumentos, nos quais há um orifício de passagem chamado **micrópila**. Esses tegumentos protegem o megasporângio, que apresenta uma célula $2n$ especial que formará, por meiose, o megásporo (n).

O megásporo dá origem ao gametófito feminino (n), chamado **saco embrionário**, estrutura em que não há formação de arquegônios, mas há diferenciação direta de uma oosfera (n), que é o gameta feminino. O saco embrionário também possui outras poucas células e dois núcleos (n), denominados **núcleos polares**, que podem se fundir, originando um núcleo diploide, chamado **núcleo secundário do saco embrionário** (Fig. 6.31).



▲ **Figura 6.31.** Esquema de pistilo mostrando a formação do saco embrionário. (Elementos representados em diferentes escalas; cores fantasia.)

Comparando o óvulo maduro de uma angiosperma com o de uma gimnosperma, verifica-se que nas angiospermas o óvulo é mais simples, possuindo um gametófito feminino ainda mais reduzido, que não apresenta diferenciação de arquegônios.

Após a polinização, inicia-se a germinação do grão de pólen: origina-se o tubo polínico, que leva até o gametófito feminino duas células espermáticas. Uma delas une-se à oosfera, formando o zigoto, que, por várias divisões mitóticas, dá origem ao embrião. A outra une-se a dois núcleos n do gametófito feminino (núcleos polares), formando um núcleo $3n$, que dará origem a um tecido nutritivo chamado **endosperma**. Fala-se, então, em **dupla fecundação**, uma característica exclusiva das angiospermas.

Com o desenvolvimento do embrião, os tecidos do óvulo tornam-se desidratados e impermeáveis, e a estrutura toda passa a ser denominada semente. A semente é, portanto, o óvulo desenvolvido após a fecundação.

Em algumas angiospermas, o endosperma é digerido pelo embrião antes de entrar em dormência. O endosperma digerido é transferido e armazenado geralmente nos cotilédones, folhas embrionárias que se tornam ricas em reservas nutritivas. Isso ocorre, por exemplo, em feijões, ervilhas e amendoins. Já no caso do milho, o endosperma não fica no cotilédone.

À medida que a semente se forma, a parede do ovário também se desenvolve, dando origem ao fruto. O fruto é formado pelo desenvolvimento do ovário.

Ao germinar, a semente dá origem à planta jovem (plântula), que, por sua vez, origina a planta adulta.

A proteção oferecida pelos frutos favoreceu tanto a dispersão das sementes que as angiospermas se tornaram as plantas mais abundantes em número de espécies. Elas ocorrem em ampla diversidade de habitats, existindo desde espécies aquáticas, inclusive marinhas, até espécies adaptadas a ambientes áridos, como os cactos.

8.3. Os grupos de angiospermas

As angiospermas eram agrupadas em: **monocotiledôneas** e **dicotiledôneas**. A característica que deu o nome a esses grupos foi o número de cotilédones na semente: as monocotiledôneas têm um cotilédone, enquanto as dicotiledôneas têm dois. Hoje, no entanto, se sabe que as dicotiledôneas não formam um grupo monofilético. Duas linhagens podem ser definidas mais claramente: as **magnoliídeas** e as **eudicotiledôneas**. As magnoliídeas, apesar de terem dois cotilédones, compartilham características com as monocotiledôneas, como a presença de grãos de pólen com apenas uma abertura e flores trímeras (verticilos florais organizados na base do número três). Alguns exemplos de magnoliídeas são: abacateiro, magnólia, pimenta-do-reino, fruta-do-conde, papo-de-peru, louro e canela. As eudicotiledôneas possuem grãos de pólen com três aberturas e flores tetrâmeras ou pentâmeras (verticilos organizados com base no número quatro ou cinco, respectivamente); mais raramente apresentam flores dímeras. Dessa forma, atualmente as angiospermas são divididas em pelo menos três grupos: as monocotiledôneas, as eudicotiledôneas e as magnoliídeas.

Há ainda outras plantas (antigamente consideradas dicotiledôneas) que não pertencem a nenhum desses três grupos. Elas são coletivamente chamadas angiospermas basais e estão representadas pelas vitórias-régias e pelos lírios-d'água.

As monocotiledôneas diferem das eudicotiledôneas por várias outras características, que estão resumidas no quadro abaixo (Fig. 6.32). Professor(a), retome a tabela que os estudantes construíram na discussão da atividade **Despertando ideias**, “Conhecendo as flores”.

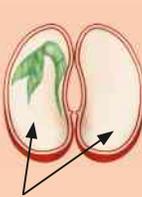
Monocotiledôneas		Eudicotiledôneas			
Exemplos de monocotiledôneas	Características		Exemplos de eudicotiledôneas		
 <p>Orquídea (<i>Lemboglossum rossii</i>) (a flor mede de 5 cm a 8 cm de diâmetro).</p>	Semente		 <p>Amapola-da-califórnia (<i>Eschscholzia californica</i>) (a flor mede cerca de 5 cm de diâmetro).</p>		
	 <p>Palmeira (<i>Phoenix roebelenii</i>) (as folhas medem cerca de 1,5 m de comprimento).</p>	 <p>Um cotilédone</p>		 <p>Dois cotilédones</p>	
 <p>Lírio (<i>Lilium</i> sp.) (as flores têm cerca de 15 cm).</p>	Nervuras das folhas		 <p>Rosa-silvestre (<i>Rosa canina</i>) (a flor mede de 4 cm a 6 cm de diâmetro).</p>		
	 <p>Cevada (<i>Hordeum vulgare</i>), uma gramínea (a planta mede de 20 cm a 120 cm de altura).</p>	 <p>Nervuras geralmente paralelas.</p>		 <p>Nervuras geralmente reticuladas.</p>	
 <p>Guisante-azul (<i>Lathyrus nervosus</i>), um legume (a planta pode medir até 1,2 m de altura).</p>	Estrutura interna do caule		 <p>Abóbora (<i>Cucurbita pepo</i>) (a flor mede cerca de 70 mm a 100 mm de diâmetro).</p>		
	 <p>Feixes vasculares dispersos.</p>	 <p>Feixes vasculares geralmente dispostos em forma de anel.</p>			
 <p>Sistema radicular fasciculado: não há uma raiz principal.</p>	Raízes		 <p>Sistema radicular pivotante ou axial: há uma raiz principal.</p>		
	 <p>Grão de pólen com uma abertura.</p>	 <p>Grão de pólen com três aberturas.</p>			
		Pólen			
		Flores			
		 <p>Verticilos organizados com base no número 3 ou seus múltiplos (flores trímeras).</p>	 <p>Verticilos organizados com base no número 4 ou 5 ou seus múltiplos (flores tetrâmeras ou pentâmeras, respectivamente).</p>		

Figura 6.32. Quadro comparando características de monocotiledôneas e de eudicotiledôneas e apresentando alguns exemplos dos grupos. (Elementos representados em diferentes escalas; cores fantasia.)

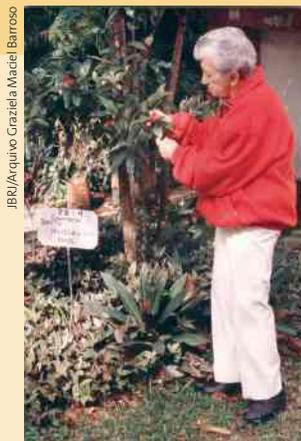


Colocando em foco

A PRIMEIRA GRANDE BOTÂNICA BRASILEIRA

A botânica Graziela Maciel Barroso é uma referência na área de sistemática de plantas [...] Responsável pela catalogação de vegetais das diferentes regiões do Brasil, tem cerca de 25 plantas batizadas com seu nome e é responsável pela formação de gerações de biólogos. Teve uma trajetória acadêmica inusitada. Aos 30 anos, começou a trabalhar no Jardim Botânico do Rio de Janeiro, ingressando no curso de Biologia da Universidade do Estado da Guanabara aos 47 anos e defendendo tese de doutorado aos 60. A cientista também escreveu dois livros adotados como referência por cursos de botânica [...]. Como professora, Graziela atuou nas Universidades Federais do Rio de Janeiro e de Pernambuco (UFRJ e UFPE), na Universidade Estadual de Campinas (Unicamp) e na Universidade de Brasília (UnB). Também foi a única brasileira a receber, nos Estados Unidos, a medalha Millenium Botany Award, entregue a botânicos dedicados à formação de pessoal na área. Nascida em 1912, morreu em 2003, um mês antes de ser empossada na Academia Brasileira de Ciências.

Instituto Brasileiro de Informação em Ciência e Tecnologia (IBICT). Graziela Maciel Barroso. *Canal Ciência*. Disponível em: <<http://www.canalciencia.ibict.br/menu/quemsomos/equipe.html>>. Acesso em: maio 2016.



JBRJ/Arquivo Graziela Maciel Barroso

◀ **Figura 6.33.** Graziela Barroso (1912-2003), pesquisadora botânica brasileira.



Herbário RB/Jardim Botânico do Rio de Janeiro

▶ **Figura 6.34.** *Grazielodendron riodicensis*, planta nomeada em homenagem à botânica Graziela Barroso. Amostra preservada (exsicata).

Professor(a), explique aos estudantes como são preparadas as exsiccatas e explore a importância dos herbários para o estudo das plantas. Para mais informações, acesse a publicação disponível em: <http://inct.florabrasil.net/wp-content/uploads/2013/11/Manual_Herbario.pdf>. Acesso em: maio 2016.

9. Reprodução assexuada das plantas

Nas algas unicelulares pode ocorrer reprodução **assexuada** por bipartição e nas algas multicelulares ocorre por fragmentação ou esporulação.

A reprodução por **fragmentação** ocorre na generalidade das algas, quando uma porção é separada do corpo e dá origem a um novo indivíduo.

Na reprodução por **esporulação** há formação de **esporos**, células especializadas que, ao ser liberadas do corpo do indivíduo que as produziu, têm a capacidade de se desenvolver diretamente em um novo indivíduo.

O principal meio de reprodução assexuada nas briófitas também é a **fragmentação**: mas há outros processos, principalmente em hepáticas e musgos.

Nesses grupos verifica-se a formação de **propágulos**, estruturas formadas por células meristemáticas, que são capazes de produzir uma nova planta. Os propágulos geralmente ficam abrigados no interior de estruturas especiais em forma de taça, denominadas **conceptáculos**, como mostra a figura 6.35.

Nas plantas vasculares, a forma mais comum de reprodução assexuada é a **propagação vegetativa**, que ocorre principalmente a partir de caules, pois eles apresentam **botões vegetativos** ou **gemas**. Estas são formadas por tecidos indiferenciados que podem originar raízes e toda uma nova planta. Um exemplo é o caule de batata (*Solanum tuberosum*), que é subterrâneo (Fig. 6.36).

Science Source/Biophoto Associates/Diomedea



▶ **Figura 6.35.** Fotografia da hepática *Marchantia polymorpha* com vários conceptáculos (dois deles indicados pelas setas).

Brian Bowes/SPY/LatinStock



▶ **Figura 6.36.** Fotografia da batata com botões vegetativos já em início de germinação.

Em alguns casos, as folhas também podem dar origem a novos indivíduos, como se pode observar na fortuna (*Kalanchoe* sp.), (Fig. 6.37) na qual os brotos nascem da margem do limbo; e na begônia, na qual os brotos nascem da base do pecíolo.

Figura 6.37. Fotografia de folha da fortuna (*Kalanchoe* sp.) com brotos (indicados pelas setas). A planta adulta mede cerca de 30 cm. >



Danilo Donadoni/Grupo Keystone

10. Cultivo de plantas

Os mecanismos descritos no item anterior ocorrem espontaneamente na natureza, mas podem também ser provocados pelo ser humano, principalmente para o cultivo de plantas de interesse econômico.

A reprodução assexuada mantém o patrimônio genético constante ao longo das gerações e, em função disso, é um mecanismo muito empregado na agricultura para produzir grandes quantidades de uma mesma planta, mantendo suas características de interesse comercial. Para isso, o ser humano desenvolveu vários mecanismos de propagação vegetativa, por exemplo: a **estaquia**, a **mergulhia**, a **alporquia** e a **enxertia** (Fig. 6.38).

Danilo Donadoni/Keystone

<p>Estaquia</p>	<p>Reprodução por meio de estacas, que são ramos caulinares cortados, contendo gemas. A extremidade cortada da estaca deve ser enterrada no solo, e a gema apical deve ser removida para não interferir na “pega” da muda ou da estaca, pois a gema apical inibe o desenvolvimento das gemas laterais.</p>
<p>Mergulhia</p>	<p>Mantém-se parte de um ramo da planta enterrado até que se formem raízes. Isso ocorrendo, separa-se o ramo com as raízes, plantando-o a seguir.</p>
<p>Alporquia</p>	<p>Faz-se um pequeno corte em um ramo, colocando nesse local terra úmida envolta por um saco, ou por uma lata, preso ao ramo. Deixa-se até enraizar e, então, separa-se o ramo com as raízes, plantando-o em seguida.</p>
<p>Enxertia</p>	<p>É o transplante de uma muda, chamada cavaleiro ou enxerto, em outra planta provida de raízes, denominada cavalo ou porta-enxerto. O cavalo deve ser feito com uma planta da mesma espécie do cavaleiro ou de espécies próximas. Na enxertia é importante que o cavaleiro tenha mais de uma gema e que o câmbio (tecido meristemático) do cavalo entre em contato com o câmbio do cavaleiro. Além disso, deve-se retirar as gemas do cavalo, para evitar que a seiva seja conduzida a elas, e não às gemas do cavaleiro. Ao lado, estão esquematizados três tipos de enxertia.</p>

> **Figura 6.38.** Quadro comparando diferentes mecanismos de propagação vegetativa utilizados em agricultura.

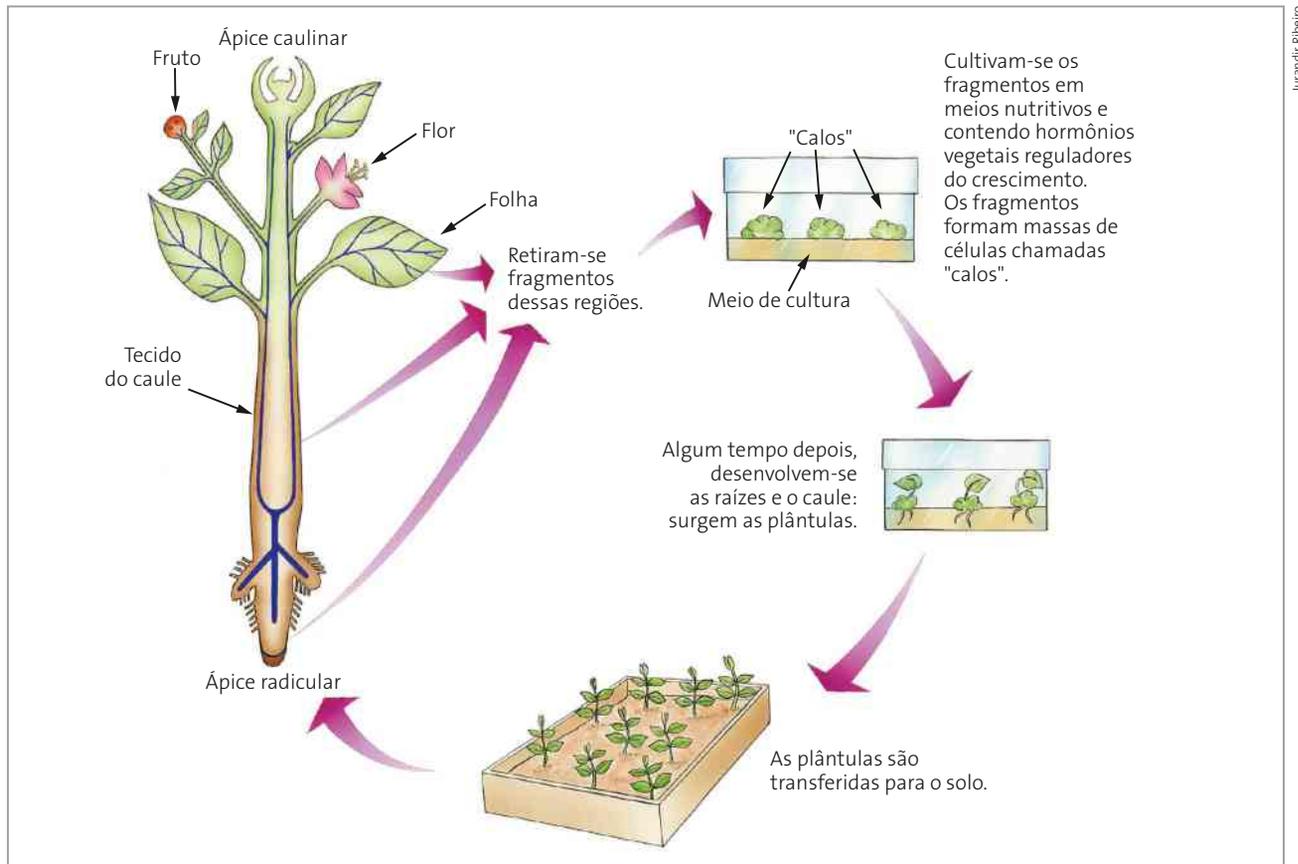
Entre esses mecanismos, a enxertia é o mais utilizado. Essa técnica é vantajosa por vários motivos, dos quais se destacam os seguintes:

- a muda (cavaleiro) já encontra um cavalo munido de raízes e, com isso, o desenvolvimento é mais rápido;
- podem-se selecionar plantas com raízes resistentes a certas doenças e utilizá-las como cavalo. Com isso, a reprodução vegetativa de espécies sensíveis a essas doenças torna-se mais eficiente.

Atualmente, tem sido utilizada frequentemente a técnica da propagação vegetativa por **cultura de tecidos**.

Teoricamente, qualquer célula nucleada da planta que não esteja envolta por parede celular espessa é potencialmente capaz de regenerar um organismo inteiro. Em função dessa característica, diz-se que as células vegetais são **totipotentes** (*totus* = inteiro).

De células ou de tecidos e órgãos separados dos corpos das plantas podem-se fazer culturas em laboratório e regenerar plantas inteiras (Fig. 6.39). Nesses meios de cultura são adicionados substâncias nutritivas e hormônios vegetais responsáveis pelo crescimento e pela diferenciação das plantas.



▲ **Figura 6.39.** Esquema simplificado do procedimento para cultura de tecidos em laboratório. (Elementos representados fora de escala; cores fantasia.)

Em culturas de tecido, tem sido possível modificar o material genético de plantas de interesse econômico por meio de técnicas especiais que integram a chamada engenharia genética ou tecnologia do DNA recombinante, com o objetivo de desenvolver novas características que tragam benefícios para o cultivo comercial.

Nesses casos, introduzem-se nas células das plantas trechos da molécula de DNA de outras espécies, por exemplo, de bactérias. Esses trechos são incorporados ao DNA da planta, que fica alterada geneticamente: são as **plantas transgênicas**. (Fig. 6.40)

Professor(a), veja nas Orientações didáticas a sugestão de leitura sobre organismos geneticamente modificados.



▲ **Figura 6.40.** Plantas cultivadas em laboratório de cultura de tecidos vegetais. Na fotografia, cultivo de plantas de arroz (*Oriza sativa*) transgênicas.



Polinização e o desaparecimento das abelhas

Das angiospermas conhecidas, cerca de 88% dependem de animais polinizadores para produzir frutos. Das angiospermas importantes na produção de alimentos para a espécie humana, cerca de 70% depende de polinização por abelhas.

As abelhas, no entanto, vêm desaparecendo da natureza e dos apiários (centros de criação de abelhas tanto para a produção de mel quanto para a polinização de plantas economicamente importantes). Na época da reprodução de plantas em cultivos comerciais, alguns agricultores contam com abelhas criadas em apiários para polinização e, como consequência, para a produção de frutos economicamente importantes.



Os primeiros relatos de desaparecimentos de abelhas em larga escala vieram dos EUA, mas atualmente há descrições desse fenômeno no mundo todo, inclusive no Brasil. Desde então, o desaparecimento e a morte das abelhas têm desafiado a comunidade científica. As causas provavelmente são múltiplas e interdependentes e, por isso, é mais difícil entender os complexos fenômenos envolvidos e traçar planos para preservação e conservação das espécies.

Uma das causas relacionadas ao complexo processo de desaparecimento das espécies de abelhas é o uso de agrotóxicos nas plantações. Os plantios de grandes lavouras de monoculturas estão associados a desmatamentos de extensas áreas de biomas e transformação dos ecossistemas. Nas monoculturas, os riscos de surgimento de pragas são maiores: a redução do hábitat natural está relacionada ao aumento da proliferação de certos insetos herbívoros que, ao encontrarem um local com comida abundante, se reproduzem muito e acabam se tornando verdadeiras pragas agrícolas. Para matá-los ou controlá-los, é comum o uso de agrotóxicos, como inseticidas, que acabam por eliminar também as abelhas nativas. Mesmo que os inseticidas e os outros agrotóxicos não matem as abelhas imediatamente, eles contaminam os grãos de pólen e o néctar, alimentos de vários insetos, inclusive abelhas, e podem levar à contaminação de toda a colmeia.

Fonte dos dados: Sem abelhas sem alimento. Disponível em: <<http://www.semabelhasemalimento.com.br/>>.

Acesso em: fev. 2016.

Professor(a), veja nas Orientações didáticas os comentários e as respostas das questões dissertativas.

- Façam, em grupo, uma pesquisa a respeito do sumiço das abelhas e da importância delas na polinização das plantas cultivadas. Elaborem um *slogan*, uma charge ou uma vinheta em defesa das abelhas e da necessidade de se desenvolver soluções agrícolas que garantam a qualidade do meio ambiente e das colheitas, essenciais para garantir a quantidade de alimentos para sustentar a população humana crescente.



Retomando

Agora que você conhece melhor a diversidade de plantas, suas características principais e seu ciclo de vida, retome suas respostas às questões do **Pense nisso** e reescreva-as. Com qual grande grupo de plantas você tem mais contato no seu cotidiano? Você conhece algum ambiente onde o grupo que você mencionou não seja o dominante?

Professor(a), veja nas Orientações didáticas os comentários e as respostas das questões dissertativas.



Ampliando e integrando conhecimentos

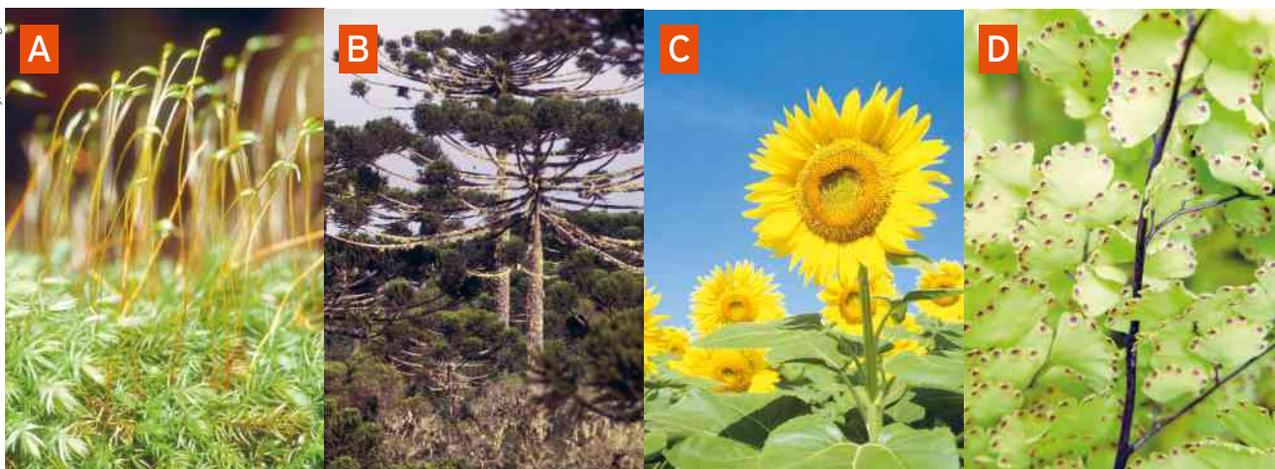
REGISTRE
NO CADERNO



Atividade 1 Principais grupos de plantas Habilidades do Enem: H13, H14, H16, H17, H28.

Considere as fotografias abaixo, que mostram quatro espécies de plantas:

A - Fabio Colombini B - Ricardo Azouy/Pulsar Imagens



C - Afte RM Relax/Diomedea D - Trevor Sims/ACB Photo Library

^ Fotografias de plantas de alguns grupos vegetais. Elementos representados em diferentes escalas.

- Classifique cada uma delas em seus respectivos grupos de plantas, desde a categoria mais ampla até a menor categoria possível, considerando o que foi discutido neste capítulo. Justifique suas respostas.
- Considerando cada uma dessas espécies como representantes dos grandes grupos vegetais, monte um cladograma colocando esses grupos nos terminais. Em seguida, aponte, nos devidos locais, as estruturas que surgiram ao longo da evolução e que estão relacionadas com a independência da água para a reprodução sexuada e com a condução da seiva.
- Os indivíduos mostrados nas fotografias são considerados gametófitos ou esporófitos? Justifique suas respostas.
- Esquematize o ciclo de vida das plantas representadas pela fotografia A. Adicione legendas explicativas ao seu esquema.
- Considere a fotografia D. A que correspondem as manchas marrons presentes na periferia das folhas?
- Considere a fotografia C. O que ela mostra em destaque representa flores ou inflorescências? Justifique sua resposta.
- As plantas mostradas na fotografia B formam que tipo de estrutura relacionada com a reprodução sexuada? Descreva essas estruturas.

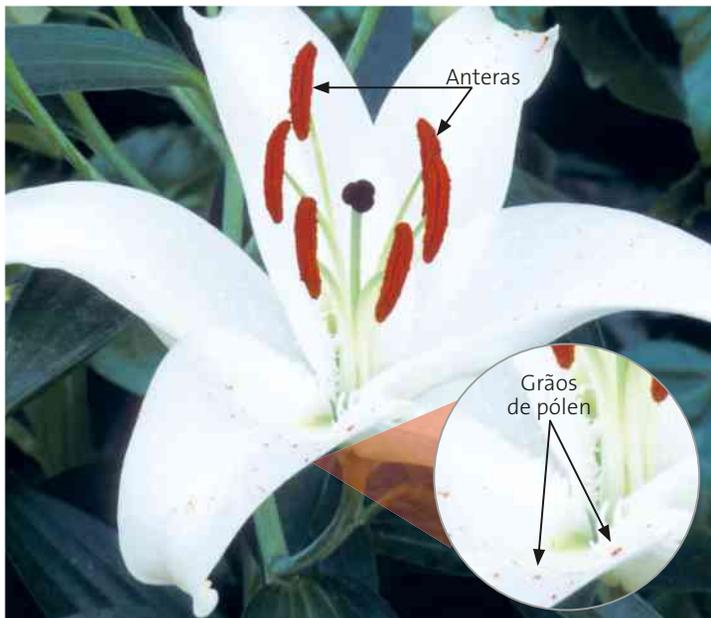
Atividade 2 Gametófitos diminutos! Habilidades do Enem: H3, H13.

Entender o ciclo de vida das plantas nos permite compreender melhor uma das condições importantes na evolução desses organismos e na conquista do ambiente terrestre: a redução da geração gametofítica e o desenvolvimento da esporofítica. Nesta atividade, vamos observar a geração gametofítica mais reduzida que existe, a que ocorre nas angiospermas. Vamos trabalhar neste momento com o gametófito masculino.

Materiais

- Flores (por exemplo, flor de azálea, lírio, quaresmeira, hibiscos etc. Observe na fotografia um exemplo de estrutura em que estão os grãos de pólen;
- pires;
- água com açúcar (mais ou menos 5 g de açúcar em 100 mL de água);
- lupa de mão;
- colher de sobremesa;
- caderno de anotações;
- lápis.

Fotografia de flor de lírio, em que se pode notar as anteras ricas em grãos de pólen (estruturas alaranjadas). Mede cerca de 15 cm. >



Procedimento

1. Coloque as anteras da flor que você escolheu em um pires. Com a colher de sobremesa, amasse as anteras para liberar os grãos de pólen. Observe-os com o auxílio da lupa de mão e faça registros detalhados no caderno do que está observando (ilustre os grãos de pólen e calcule a ampliação usada). Esses grãos abrigam em seu interior o gametófito masculino imaturo, ou seja, que ainda não formou os gametas masculinos.
2. Vamos provocar a germinação desses grãos. Adicione duas colheres de sobremesa da solução açucarada nos grãos de pólen. Com a lupa de mão, faça observações a cada 10 minutos, durante 30 minutos. Descreva o que está acontecendo e represente com desenhos no caderno. O que você pôde observar?

Atividade 3 Construindo um terrário Habilidades do Enem: H8, H9, H13, H14, H17, H29.

Como atividade para a classe toda, propomos a construção de um terrário com samambaias e avencas que possa ficar na sala de aula durante todo o período letivo. Assim, será possível acompanhar o que está acontecendo com as plantas nele colocadas. Esse terrário comporá um ecossistema artificial autossustentável, de modo que não serão necessárias intervenções após sua construção.

Materiais

- Um pote de vidro transparente, de preferência largo, com tampa (pode ser um vidro de conservas) ou uma garrafa PET de 2 L ou mais, cortada acima da metade de sua altura;
- pedriscos, terra adubada e areia na quantidade necessária para ocupar 1/4 do pote de vidro;
- uma peneira fina;
- samambaias e avencas de pequeno porte e que caibam no recipiente escolhido. Provavelmente, você precisará podar as plantas antes de introduzi-las no recipiente. Se possível, obtenha também tufo de musgos;
- uma colher;
- varetas ou palitos de sorvete;
- filme plástico e fita adesiva (se for usar garrafa PET cortada);
- etiquetas;
- pano limpo ou papel absorvente.

Procedimento

1. Usando sabão neutro, lave o pote de vidro ou a garrafa PET e os pedriscos; enxague-os bem e deixe-os secar.
2. Lave a areia apenas com água e deixe-a secar.
3. Peneire a terra e deixe-a secar.

4. Com esses materiais já secos, use a colher para colocar uma camada de pedriscos cobrindo todo o fundo do pote ou garrafa PET; sobre ela, deposite uma camada de areia com cerca de 2,5 cm de altura; em seguida, adicione uma camada de aproximadamente 3 cm de terra adubada e peneirada.
5. Plante nesse substrato as plantas escolhidas com o auxílio das varetas ou dos palitos de sorvete; sugerimos que as plantas maiores fiquem no centro e as menores na periferia.
6. Após o plantio, acrescente mais um pouco de terra peneirada para deixar as plantas bem fixas ao substrato. Com a colher, aperte um pouco a terra para que fique firme.
7. Acrescente água, mas sem encharcar o substrato. Com um pano, papel absorvente ou algodão, limpe o interior do recipiente.
8. Feche o pote com a tampa ou, se optou pela garrafa PET, cubra sua abertura com o filme plástico, prendendo-o com fita adesiva de modo a vedar bem o recipiente. Pronto, seu terrário já está construído! Etiquete-o com o nome de sua classe e a data em que foi montado.
9. Deixe-o em local iluminado, mas não exposto diretamente à luz solar. Não haverá necessidade de colocar mais nada dentro dele, pois você terá montado um ecossistema autossustentável. Acompanhe o que acontece com as plantas no interior do terrário ao longo do ano letivo, registrando suas observações. Use as questões seguintes como roteiro:
 - a) Como as plantas conseguiram sobreviver nesse ambiente fechado sem que mais água fosse adicionada?
 - b) Houve reprodução de alguma das plantas presentes no terrário? Em caso positivo, qual foi essa planta e como se deu o processo reprodutivo?

Ao final do ano, discuta com os colegas os dados obtidos e analise os processos que ocorreram dentro do terrário.

Aproveitem para fazer a revisão de tudo o que aprenderam sobre o ciclo de vida dessas plantas.



Rita Barreto

▲ Fotografia de um terrário.

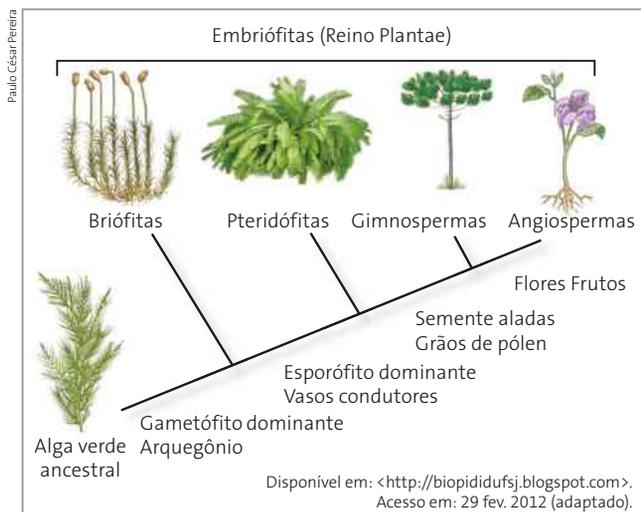


Testes

REGISTRE
NO CADERNO



1. (Enem) A imagem representa o processo de evolução das plantas e algumas de suas estruturas. Para o sucesso desse processo, a partir de um ancestral simples, os diferentes grupos vegetais desenvolveram estruturas adaptativas que lhes permitiram sobreviver em diferentes ambientes. Qual das estruturas adaptativas apresentadas contribuiu para uma maior diversidade genética?



- a) As sementes aladas, que favorecem a dispersão aérea.
- b) Os arquegônios, que protegem o embrião multicelular.
- x c) Os grãos de pólen, que garantem a polinização cruzada.
- d) Os frutos, que promovem uma maior eficiência reprodutiva.
- e) Os vasos condutores, que possibilitam o transporte de seiva bruta.

2. (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.
 - x e) angiospermas, como as árvores frutíferas.

3. (Unesp) Um estudante recebeu nove cartões, cada um apresentando uma característica ou o nome de uma estrutura presente em diferentes grupos de plantas.

1 Xilema	2 Sementes	3 Cones
4 Rizoides	5 Gameta masculino natante	6 Gameta masculino não móvel
7 Endosperma 3n	8 Alternância de gerações	9 Anterozoides

Sua tarefa era formar dois grupos de três cartões, de modo que no grupo I fossem incluídos apenas cartões com características ou estruturas encontradas em briófitas e, no grupo II, apenas cartões com características ou estruturas encontradas em angiospermas.

Indique a alternativa que, no quadro, apresenta possibilidades de formar corretamente os grupos I e II.

	Grupo I – Briófitas	Grupo II – Angiospermas
a)	3, 5 e 9	1, 2 e 4
b)	4, 5 e 7	1, 2 e 7
c)	3, 4 e 5	2, 6 e 8
d)	4, 5 e 9	4, 6 e 8
x e)	4, 5 e 9	1, 2 e 7

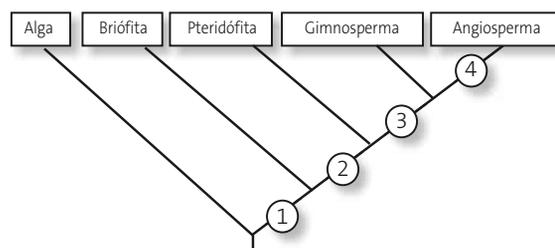
4. (Unicamp-SP) Considerando os respectivos ciclos de vida e de reprodução, um pinheiro-do-paraná pode ser diferenciado de um jequitibá pela:

- a) ausência de sementes e presença de flores.
 b) ausência de sementes e de frutos.
 x c) presença de sementes e ausência de frutos.
 d) presença de frutos e ausência de sementes.

5. (Fuvest-SP) Ao longo da evolução das plantas, os gametas:

- x a) tornaram-se cada vez mais isolados do meio externo e, assim, protegidos.
 b) tornaram-se cada vez mais expostos ao meio externo, o que favorece o sucesso da fecundação.
 c) mantiveram-se morfológicamente iguais em todos os grupos.
 d) permaneceram dependentes de água, para transporte e fecundação, em todos os grupos.
 e) apareceram no mesmo grupo no qual também surgiram os tecidos vasculares como novidade evolutiva.

6. (Fuvest-SP)



O diagrama representa as relações filogenéticas entre as algas e os principais grupos de plantas atuais. Cada círculo numerado indica uma aquisição evolutiva compartilhada apenas pelos grupos representados nos ramos acima desse círculo. Por exemplo, o círculo 1 representa “embrião dependente do organismo genitor”, característica comum a todos os grupos, exceto ao das algas. Os círculos de números 2, 3 e 4 representam, respectivamente:

- a) alternância de gerações; fruto; semente.
 b) alternância de gerações; tecidos condutores; fruto.
 c) tecidos condutores; fruto; flor.
 x d) tecidos condutores; semente; fruto.
 e) semente; flor; tecidos condutores.

7. (Fuvest-SP) Representantes do Reino das Plantas são classificados em diferentes grupos, de acordo com suas características, como indicado na tabela abaixo.

X	Possuem vasos condutores de seiva. Produzem sementes, mas não produzem frutos.
Y	Possuem vasos condutores de seiva. Não produzem sementes.
Z	Não possuem vasos condutores de seiva. Não produzem sementes.
W	Possuem vasos condutores de seiva. Produzem sementes, flores e frutos.

Assinale a alternativa que apresenta corretamente a provável ordem evolutiva dos diferentes grupos de plantas, começando pelos mais primitivos e terminando com os mais recentes, bem como um exemplo de planta pertencente a cada um dos grupos.

x a)	Z musgo	Y samambaia	X pinheiro-do-paraná	W goiabeira
b)	W goiabeira	X pinheiro-do-paraná	Y samambaia	Z musgo
c)	Z samambaia	Y musgo	X goiabeira	W pinheiro-do-paraná
d)	X pinheiro-do-paraná	W goiabeira	Z musgo	Y samambaia
e)	Y musgo	W pinheiro-do-paraná	Z samambaia	X goiabeira

Histologia e morfologia das angiospermas

Luciano Candiani



Figura 7.1. Em vasos ou em jardins, as orquídeas são apreciadas por suas flores. O Brasil é um dos países com a maior diversidade de orquídeas do mundo, principalmente na Floresta Amazônica e na Mata Atlântica. Desvendar a diversidade de plantas nos diferentes ambientes do Brasil nos coloca diante de adaptações impressionantes: orquídeas são exemplos de plantas que têm algumas dessas adaptações. No alto das árvores, em densas florestas onde a luz é disputada, conseguem sua parte desse recurso. Adaptações são notadas também nas raízes, que apresentam um tecido único capaz de reter nutrientes e água da chuva, o chamado velame. Isso permite que essas plantas vivam sobre troncos e não dependam do solo. As flores de orquídeas variam de poucos milímetros a flores de até 20 cm.



Pense nisso

- Procure explicar como as orquídeas propagam-se e instalam-se nos galhos das árvores.
- Uma atividade bastante comum é colocar um grão de feijão em algodão embebido em água e esperar que ocorra a germinação. O que representa para a planta o grão de feijão e qual é a importância da água no processo de germinação?
- Proponha hipóteses para explicar como ocorre o crescimento do caule e da raiz de uma árvore.
- Usando o vocabulário popular, liste o nome de frutas, legumes e verduras que você conhece. Diga a qual parte da planta cada um deles corresponde.

1. A planta em desenvolvimento

Neste capítulo, vamos analisar a estrutura e o funcionamento das angiospermas.

Iniciaremos o estudo com a germinação das sementes e descreveremos o surgimento dos tecidos vegetais e o processo de organização deles no corpo da planta. A área da Biologia que estuda os tecidos das plantas é a Histologia Vegetal, e ela será tratada neste capítulo. Por fim, estudaremos os tipos de raiz, caule, folha, fruto e semente.



Despertando ideias

REGISTRE
NO CADERNO

Estudo das sementes

Objetivos

Analisar sementes de eudicotiledôneas e de monocotiledôneas.

Materiais

- Copo com água;
- sementes de feijão ou de ervilha;
- grãos de milho (o grão de milho não é uma semente, mas, sim, um fruto que tem uma semente que ocupa todo o seu interior);
- espátula pequena;
- prato de sobremesa.

Procedimento

1. Coloque todas as sementes e os grãos de milho no copo com água e deixe por cerca de 20 minutos.
2. Retire os materiais do copo e coloque-os no prato, removendo a casca.
3. Com o auxílio da espátula, separe os dois cotilédones dos feijões ou das ervilhas com cuidado. Essas são sementes de eudicotiledôneas.
4. No caso do milho, que é o grão de uma monocotiledônea, use a espátula para cortá-lo ao meio.

Resultados

Professor(a), veja nas Orientações didáticas os comentários e as respostas das questões dissertativas.

1. Desenhe no caderno o aspecto interno dessas estruturas e indique as partes que conseguir identificar.
2. Dessas partes identificadas, quais delas contêm a reserva de alimento para a planta iniciar sua germinação e qual delas virá a ser a planta já germinada?

A germinação da semente depende de vários fatores, entre eles a entrada de água por um fenômeno físico denominado **embebição**. Esse processo promove o aumento de volume da semente e o rompimento de seu tegumento. O embrião cresce, e a primeira parte do corpo que emerge é a radícula (raiz embrionária), fixando ao solo a planta em desenvolvimento. Crescendo e se diferenciando, a radícula dá origem à raiz primária. Nas monocotiledôneas, a raiz primária logo degenera, e surgem raízes **adventícias**, que recebem esse nome pois derivam de regiões caulinares da planta, e não de regiões de outras raízes. Nas eudicotiledôneas, a raiz primária permanece, e dela surgem as raízes laterais.

A extremidade da raiz é protegida pela **coifa**, estrutura com aspecto de capuz formada por células vivas. O caulículo e as folhas embrionárias emergem em seguida. Analise as imagens a seguir, que mostram a germinação em uma monocotiledônea, o milho (Fig. 7.2), e em uma eudicotiledônea, o feijão (Fig. 7.3). No milho e em outras monocotiledôneas, o ápice do caulículo, onde se localiza a zona apical de proliferação celular, é protegido por uma bainha especial de células denominada **coleóptilo**. Esta emerge do solo, fazendo com que a porção mais delicada do ápice caulinar cresça protegida. Depois, o ápice caulinar emerge dessa bainha e forma o caule e as folhas. Nesses casos, durante a germinação o cotilédone permanece

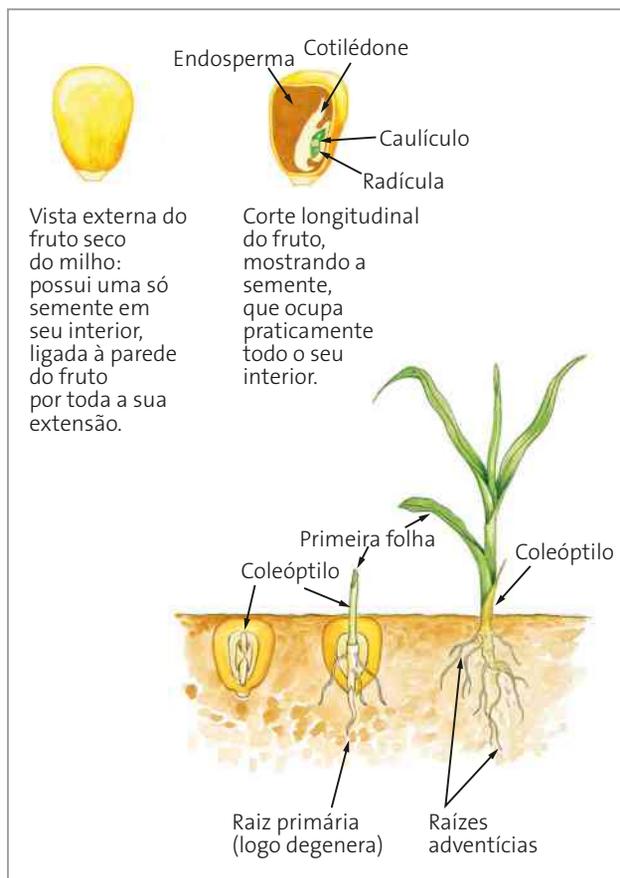
dentro do solo, tratando-se de uma **germinação hipógea** (do grego: *hupó* = abaixo de; *geo* = terra; germinação com o cotilédone dentro do solo).

No feijão e em outras eudicotiledôneas, após a radícula emergir da semente, a porção do caulículo entre a radícula e os cotilédones cresce muito e emerge do solo, carregando os cotilédones. Estes protegem os tecidos meristemáticos do ápice caulinar, não ocorrendo nessas plantas a formação do coleóptilo.

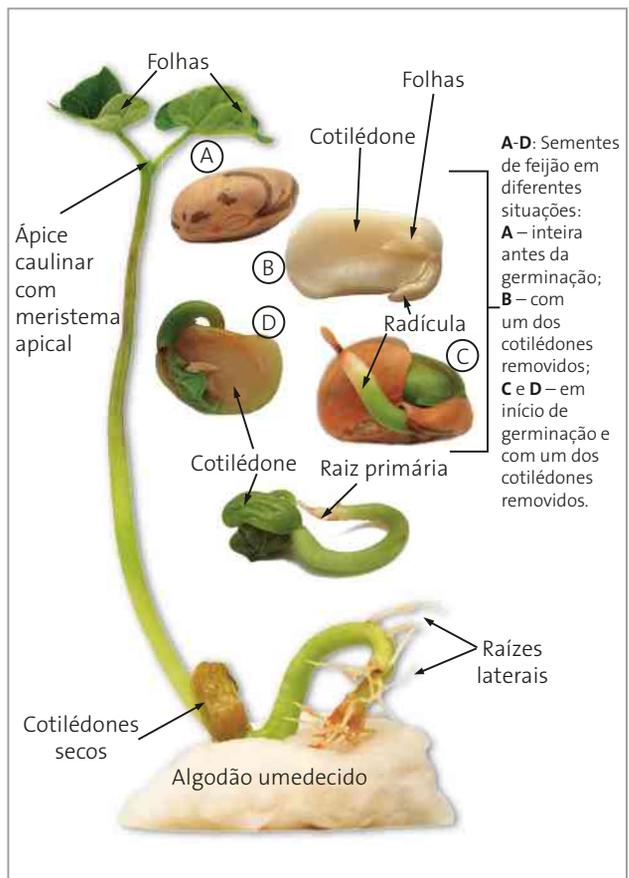
Na germinação do feijão, os cotilédones emergem do solo: trata-se de uma **germinação epígea** (do grego: *epi* = em cima; *geo* = terra). Depois que a planta desponta do solo, o ápice caulinar fica protegido por folhas modificadas.

À medida que a planta se desenvolve, as reservas contidas na semente vão sendo consumidas, ao mesmo tempo que novas folhas se formam e começam a realizar fotossíntese.

A planta jovem, com raízes absorvendo água e sais minerais do solo e com folhas verdes sintetizando alimento por fotossíntese, é agora uma planta independente, composta de tecidos e órgãos necessários para sua sobrevivência e seu crescimento.



▲ **Figura 7.2.** Esquema da germinação hipógea em milho. Durante a germinação, o cotilédone permanece dentro do solo. (Elementos representados em diferentes escalas; cores fantasia.)



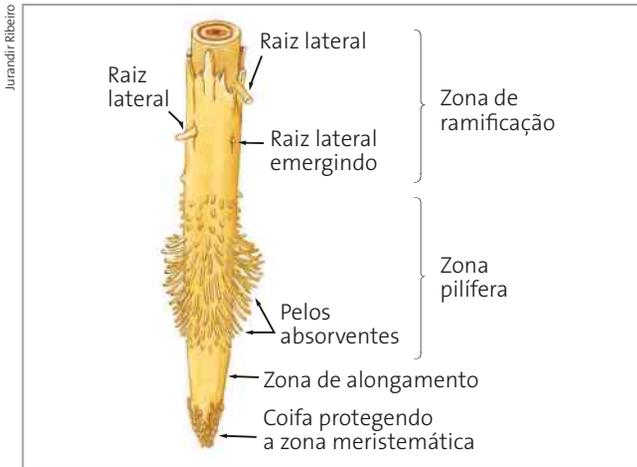
▲ **Figura 7.3.** Fotografias mostrando a germinação epígea em feijão. Durante a germinação, os cotilédones vão para fora do solo. (Elementos representados em diferentes escalas.)

2. A planta em crescimento

O crescimento em comprimento da planta é chamado **crescimento primário** e depende em parte da atividade dos meristemas ou gemas apicais. Neles, as células são pequenas, não especializadas e com paredes delgadas. A atividade mitótica é intensa, propiciando aumento do número de células.

Analisando a raiz de eudicotiledôneas, da extremidade ao início do caule, podemos notar as seguintes regiões ou zonas (Fig. 7.4, na página seguinte):

- **zona meristemática** protegida pela **coifa**;
- **zona de alongamento** ou lisa, onde as células formadas na zona meristemática passam por um processo de alongamento que é o principal responsável pelo crescimento em comprimento da raiz;
- **zona pilífera**, onde estão os pelos absorventes, correspondendo à região da raiz na qual ocorre a absorção de água e de nutrientes do meio;
- **zona de ramificação**, onde surgem as raízes laterais.



▲ **Figura 7.4.** Esquema de raiz de eudicotiledônea mostrando suas regiões (Cores fantasia.)

No caule não há coifa, e o meristema apical, chamado **gema apical**, muitas vezes é protegido por folhas modificadas. No caule também existem as gemas **laterais** ou **axilares**, que originam os ramos (Fig. 7.5). Nas raízes não existem gemas axilares, e as ramificações surgem de um tecido interno, como veremos mais adiante.

A região do caule de onde partem as folhas e as gemas axilares é denominada **nó**. Nós sucessivos são formados inicialmente muito próximos entre si. Gradualmente, ocorre alongamento das células entre dois nós consecutivos, que ficam separados por uma região caulinar denominada **entrenó** (Fig. 7.5).



▲ **Figura 7.5.** Esquema de um trecho apical de ramo caulinar. (Cores fantasia.)

É por causa do alongamento das células dos entrenós que ocorre o crescimento em comprimento do caule. Em geral, esse alongamento acontece apenas nas porções apicais dos caules.

Os meristemas apicais originam a **protoderme**, o **meristema fundamental** e o **procâmbio** (Fig. 7.6). Os tecidos derivados desses meristemas são denominados tecidos primários.

A protoderme origina a **epiderme**, tecido que reveste o corpo da planta, impede a perda excessiva de água e permite trocas de gases necessários à respiração e à fotossíntese.

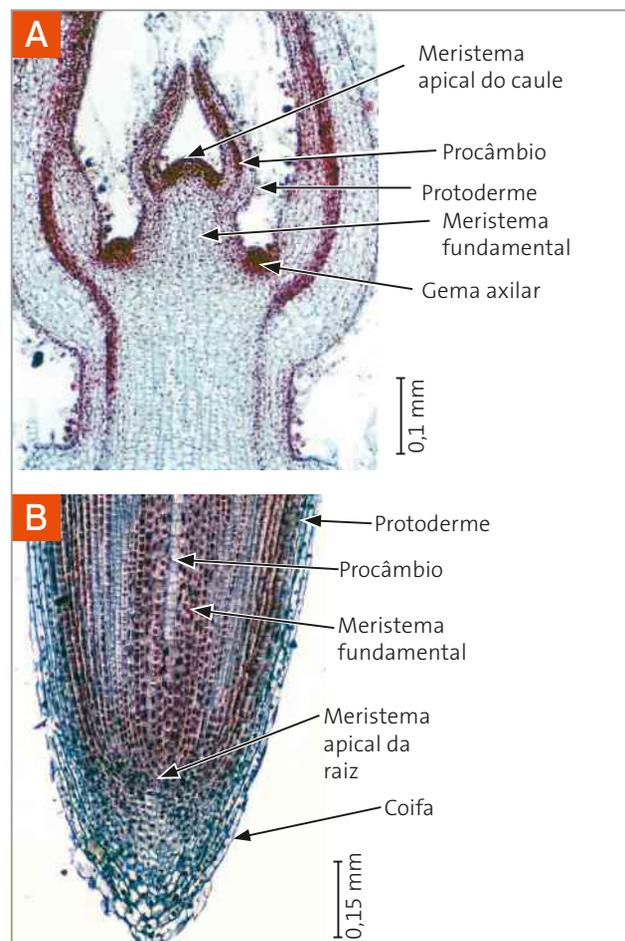
O meristema fundamental dá origem ao **parênquima**, ao **colênquima** e ao **esclerênquima**.

O procâmbio origina o sistema vascular primário, que compreende o **xilema** ou lenho primário e o **floema** ou líber primário.

Na maioria das monocotiledôneas e em certas eudicotiledôneas herbáceas, só há crescimento primário. Nas eudicotiledôneas lenhosas (árvores e arbustos), a raiz e o caule apresentam, além do crescimento primário, o **crescimento secundário**, que é em espessura e decorre da atividade de outros meristemas, os chamados **câmbio vascular** e **câmbio da casca** (ou **felogênio**). Os tecidos derivados desses câmbios são chamados tecidos secundários.

Os tecidos não meristemáticos organizam-se em sistemas, que são:

- **dérmico** ou de revestimento: formado pela epiderme (tecido primário) e periderme (substitui a epiderme nas plantas com crescimento secundário);
- **fundamental**: parênquima, colênquima e esclerênquima (tecidos primários);
- **vascular**: xilema e floema (podem ser primários ou secundários).



▲ **Figura 7.6.** Fotomicrografias de corte histológico longitudinal corado do ápice caulinar (A) e da extremidade da raiz (B), mostrando os tecidos meristemáticos.

Fotografias: Jane E. Kraus

3. Sistema dérmico ou de proteção

Professor(a), veja no endereço eletrônico <<http://atlasveg.ib.usp.br>>, acesso em: fev. 2016, um excelente material de histologia vegetal.

3.1. Epiderme

A epiderme é geralmente uniestratificada, formada por células justapostas, achatadas, aclorofiladas e com grande vacúolo (Fig. 7.7).

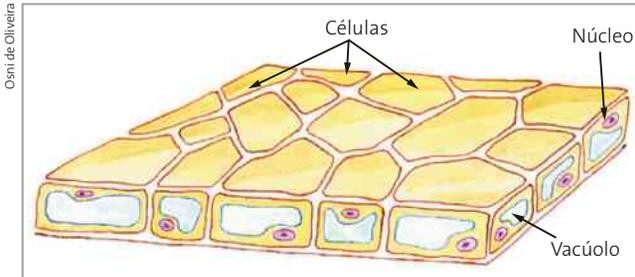


Figura 7.7. Esquema de epiderme, vista em corte. (Cores fantasia.)

Na superfície externa pode haver deposição de **cutina** ou **cera**, que são substâncias impermeabilizantes. Na epiderme diferenciam-se estruturas anexas, como **estômatos**, **tricomas**, **pelos** e **acúleos**.

Cada estômato é formado por duas células clorofiladas chamadas **células-guarda**, que se dispõem de modo a deixar entre elas uma abertura denominada **ostíolo** (alguns botânicos preferem restringir o termo estômato somente ao ostíolo) (Fig. 7.8). Essas células podem abrir e fechar o ostíolo, controlando a transpiração e as trocas gasosas entre a planta e o ambiente.

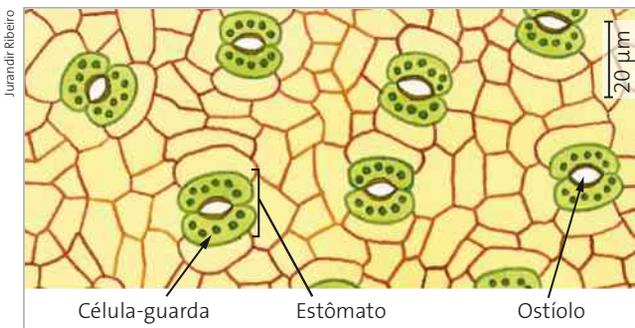


Figura 7.8. Esquema de epiderme em vista frontal, feito com base em observações ao microscópio de luz, mostrando os estômatos, únicas estruturas clorofiladas da epiderme. (Cores fantasia.)

Os tricomas geralmente são estruturas especializadas em evitar a perda de água por excesso de transpiração. São comuns em plantas de clima quente. Também podem ser secretores, produzindo secreções oleosas, digestivas ou urticantes. As plantas carnívoras apresentam tricomas “digestivos”, e a urtiga, planta que provoca irritação na pele, tem tricomas urticantes (Fig. 7.9).

Os pelos ocorrem na epiderme da raiz, sendo responsáveis pela absorção de água e de sais minerais do solo.

Simon Evans/Alamy/Fotoarena



Joe Peterburger/National Geographic

Figura 7.9. Fotografia de urtiga (*Urtica* sp.). No detalhe, fotografia de tricomas urticantes localizados na parte inferior da folha. A planta pode chegar a 1 m de altura.

Os **acúleos**, estruturas pontiagudas com função de proteção da planta contra predadores (Fig. 7.10), são frequentemente confundidos com espinhos, que são folhas ou ramos modificados (Fig. 7.11). Os “espinhos” da roseira são, na realidade, acúleos. Eles são facilmente destacáveis do caule, o que não ocorre com os espinhos verdadeiros.



Fabio Colombini

Figura 7.10. Fotografia de ramo de roseira em detalhe, mostrando os acúleos, um deles recém-removido. Medem cerca de 0,5 cm.



Fabio Colombini

Figura 7.11. Fotografia de coroa-de-cristo em detalhe, mostrando os espinhos, que medem cerca de 1 cm.

3.2. Periderme

A atividade do felogênio produz, em direção à parte externa da planta, o **súber** ou felema e, em direção à parte interna da planta, a **feloderme**. O conjunto súber-felogênio-feloderme constitui a **periderme**.

O **súber** é um tecido formado por células que acumulam **suberina** em suas paredes, substância pouco permeável que impede as trocas gasosas. Com isso, depois de algum tempo, as células morrem e o conteúdo protoplasmático é substituído por ar.

O súber é, portanto, um tecido morto, que atua como isolante térmico e como proteção contra choques

mecânicos. Devido à morte de suas células, todos os outros tecidos da planta mais externos ao súber também morrem, pois deixam de receber água e nutrientes.

O súber maduro, também denominado **cortiça**, é pouco denso e impermeável à água devido ao efeito da suberina. O súber pode ter grande espessura, como ocorre no sobreiro (*Quercus suber*), árvore mediterrânea da qual é extraída a cortiça comercial. Muitas árvores dos campos brasileiros também produzem espessas camadas de súber que protegem as plantas contra a evaporação e o calor.

4. Sistemas de tecidos fundamentais

4.1. Parênquimas

Os parênquimas são tecidos formados por células vivas, com parede celular delgada. Elas se comunicam por pontes citoplasmáticas, os plasmodesmos. Assim, há continuidade entre protoplasmas das células parenquimáticas, formando uma unidade funcional chamada **simplasto**. Os parênquimas desempenham várias funções, como preenchimento de espaço, assimilação e reserva.

Os parênquimas com função de preenchimento localizam-se basicamente no **córtex** e na **medula** da planta, sendo denominados, respectivamente, **parênquima cortical** e **parênquima medular**.

Os parênquimas com função de assimilação têm células ricas em cloroplastos, sendo os principais tecidos vegetais responsáveis pela fotossíntese. Eles são denominados **parênquimas clorofilianos** ou **clorênquimas**.

Nas folhas, há dois tipos de clorênquima: o **paliçádico** e o **lacunoso** (ou esponjoso). O clorênquima paliçádico localiza-se sob a epiderme superior da folha e apresenta células prismáticas altas e justapostas. O clorênquima lacunoso situa-se abaixo do paliçádico e é constituído por células de formato irregular, com poucos cloroplastos. Por não serem justapostas, essas células deixam muitos espaços entre si, que são importantes nos mecanismos de trocas gasosas (Fig. 7.12).

Os parênquimas de reserva são formados por células sem cloroplastos e, por isso, são denominados **parênquimas incolores**. Eles são responsáveis pelo armazenamento de substâncias, recebendo nomes especiais conforme as substâncias armazenadas. São exemplos:

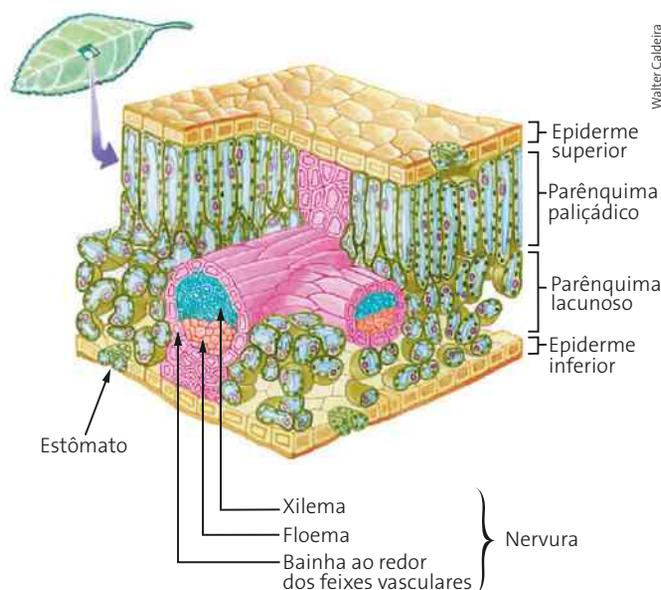
- **parênquima amilífero**: suas células contêm grãos de amido;
- **parênquima aquífero**: armazena água;

- **parênquima aerífico** ou aerênquima: armazena ar.

Os parênquimas de reserva de substâncias nutritivas, como o amilífero, são geralmente encontrados em órgãos que não ficam expostos à luz, como em raízes e caules subterrâneos.

Os parênquimas aquíferos são desenvolvidos em plantas que vivem em ambiente seco ou salino, uma adaptação que possibilita armazenar água. Suas células são volumosas e apresentam vacúolo que ocupa praticamente todo o volume celular.

Os parênquimas aeríficos ocorrem principalmente em plantas aquáticas, auxiliando em sua flutuação.



▲ **Figura 7.12.** Esquema da estrutura interna de uma folha, em corte transversal, baseado em observações ao microscópio de luz. (Elementos representados em diferentes escalas; cores fantasia.)

4.2. Colênquima e esclerênquima

O colênquima e o esclerênquima são tecidos de sustentação das plantas, sendo o primeiro formado por células vivas e o segundo, por células mortas.

No colênquima, as células apresentam parede celular espessa constituída de celulose, pectina e outras substâncias, mas **não contêm lignina**. Já no esclerênquima há deposição de lignina, o que impede as trocas gasosas, provocando a morte das células.

Células alongadas do esclerênquima de certas plantas são utilizadas comercialmente como fibras têxteis, como é o caso da juta e do linho.

5. Tecidos vasculares

Tanto no xilema como no floema existem vários tipos de célula, que podem ser originárias de meristemas primários ou secundários. Nas angiospermas, as estruturas mais importantes no transporte da seiva do xilema são os **elementos de vaso** que, juntamente com as **traqueídes**, estão presentes no xilema; durante a maturação, essas células passam a apresentar reforços de lignina e perdem o protoplasma, tornando-se, assim, células mortas só com a parede celular.

As estruturas mais características do floema e responsáveis pelo transporte da seiva são as **células crivadas**, que contêm áreas crivadas (local de passagem de seiva elaborada na parede das células), e os **elementos de tubo crivados**, que contêm placas crivadas nas paredes terminais e áreas crivadas nas paredes laterais. São células vivas, apesar de não apresentarem núcleo. Essas células estão associadas a células

vivas especiais, com núcleo, que são respectivamente as **células companheiras** e as **células albuminosas**. Elas contribuem para a sobrevivência das células anucleadas (Fig. 7.13).

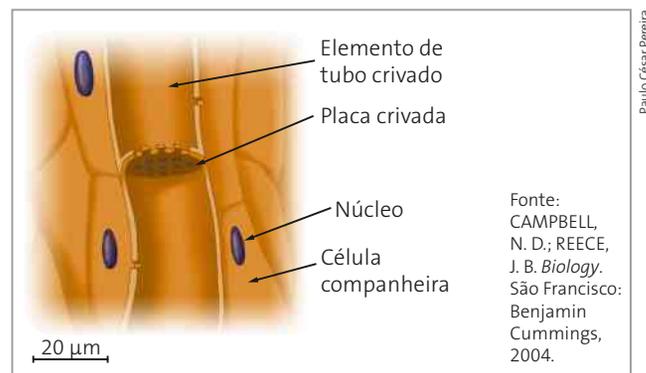


Figura 7.13. Esquema de elemento de tubo crivado e de célula companheira do floema. (Cores fantasia.)

6. Disposição dos tecidos nas raízes

Vamos analisar apenas a estrutura primária das raízes de monocotiledôneas (Fig. 7.14) e de eudicotiledôneas (Fig. 7.15). Analise inicialmente o esquema e as fotomicrografias da figura 7.14.

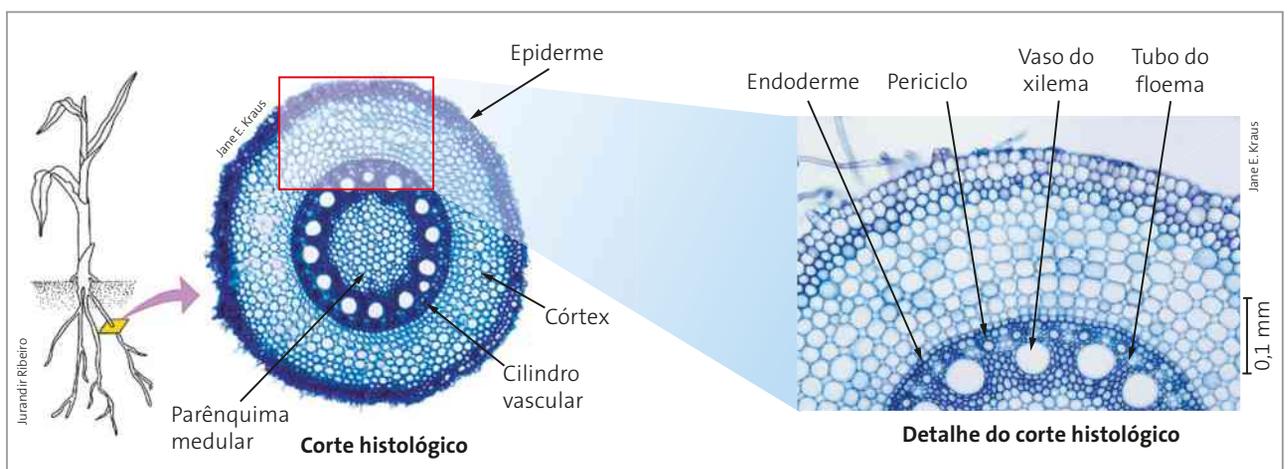


Figura 7.14. Esquema de monocotiledônea e fotomicrografias de cortes histológicos corados, transversais a uma das raízes. Observe os detalhes pelo esquema. (Elementos representados em diferentes escalas.)

Observe, nesses cortes histológicos, que existem duas regiões bem definidas: a cortical e a central, que é denominada cilindro vascular ou central. Nesse cilindro estão os feixes vasculares, cuja disposição varia nas diferentes espécies.

Nas monocotiledôneas, o padrão mais comum apresenta no centro o parênquima medular ou o esclerênquima e, ao redor, o xilema alternando-se com o floema.

Agora analise a **figura 7.15**.

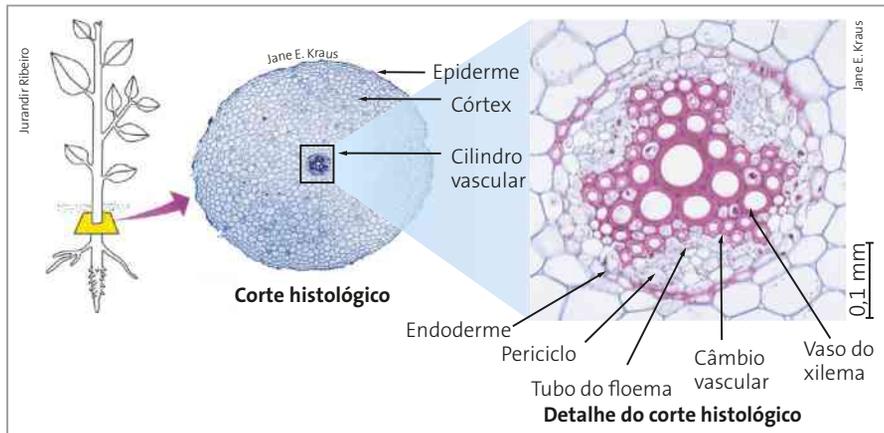


Figura 7.15. Esquema de eudicotiledônea e fotomicrografias de cortes histológicos corados, transversais à raiz (Elementos representados em diferentes escalas.)

Nas eudicotiledôneas, também há região cortical e cilindro vascular ou central. Nele, o padrão mais comum corresponde ao xilema no centro e, mais periféricamente, os feixes do floema alternam-se com as projeções do xilema.

Ao redor dessa estrutura vascular central existe o **periciclo**, tecido originado do procâmbio, do qual se desenvolvem as raízes laterais ou secundárias. Entre o periciclo e o parênquima cortical há a **endoderme**, formada por células que possuem parede celular com uma faixa de suberina formando a **estria de Caspary**. O modo como essa faixa se dispõe faz com que a água e os sais minerais absorvidos do meio passem obrigatoriamente pelo citoplasma das células da endoderme antes de chegarem aos vasos condutores da seiva do xilema no cilindro central (Fig. 7.16).

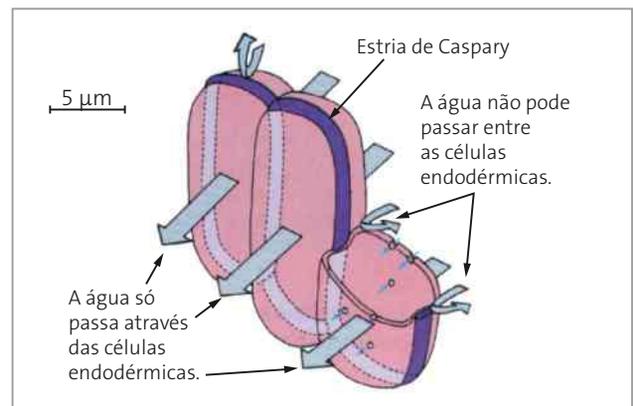


Figura 7.16. Esquema de células endodérmicas mostrando a disposição da estria de Caspary, com base em observações ao microscópio de luz. (Cores fantasia.)

7. Disposição dos tecidos nos caules

Nas monocotiledôneas, os feixes vasculares estão distribuídos difusamente pelo parênquima, não havendo limites distintos entre córtex e medula (Fig. 7.17).

Nas eudicotiledôneas, os feixes vasculares dispõem-se formando um círculo ao redor da medula. As células do xilema ficam voltadas para o centro do caule, enquanto as células do floema ficam voltadas para o córtex (Fig. 7.18).

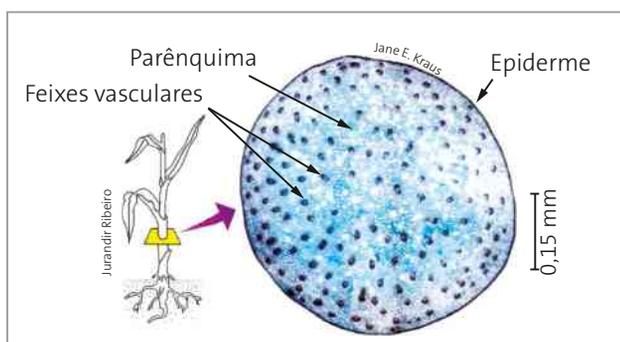


Figura 7.17. Esquema de monocotiledônea e fotomicrografia de corte histológico corado, transversal ao caule (Elementos representados em diferentes escalas.)

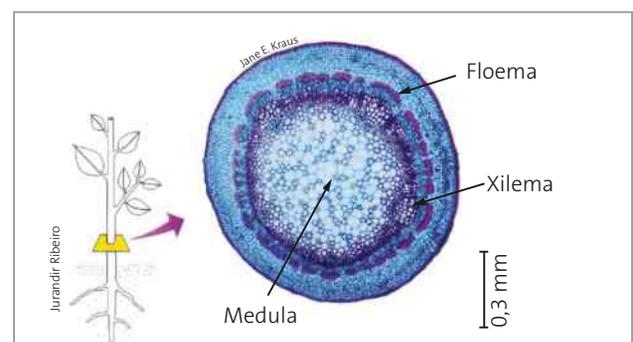


Figura 7.18. Esquema de eudicotiledônea e fotomicrografia de corte histológico corado, transversal ao caule. (Elementos representados em diferentes escalas.)

7.1. Madeira, cerne e alburno

Nas plantas com crescimento secundário, o xilema secundário de espécies arbóreas é denominado **madeira** e tem grande aproveitamento econômico.

As madeiras, quando analisadas em cortes transversais, apresentam zonas concêntricas sucessivas denominadas **anéis de crescimento**, mais evidentes em plantas que crescem em regiões onde as estações do ano são bem definidas, como nas regiões temperadas. As plantas tropicais apresentam os chamados falsos anéis de crescimento, pois eles não são tão bem definidos como os das plantas de regiões temperadas. Nestas, cada anel é formado pelo conjunto do xilema primaveril ou inicial, menos denso e mais claro, e do xilema estival ou tardio, com células mais espessadas (Fig. 7.19).



Figura 7.19. Fotografia de um caule em seção transversal de um pinheiro. Note os anéis de crescimento anual.

À medida que as plantas crescem e envelhecem, a região mais interna dos caules, formada principalmente pelo xilema, pode perder sua funcionalidade. Essa parte central do caule, que não tem mais função de condução, recebe o nome de **cerne**.

No cerne verifica-se a impregnação das células por diversas substâncias, como óleos, resinas e taninos, que o escurecem, o tornam resistente ao ataque de decompositores e, algumas vezes, produzem um aroma característico para cada espécie de planta.

Nem todo o xilema deixa de ser funcional, o que evita a morte da planta. A parte mais externa permanece funcional e recebe o nome de **alburno**, apresentando coloração mais clara que o cerne. A espessura do cerne e do alburno varia de acordo com a planta (Fig. 7.20).

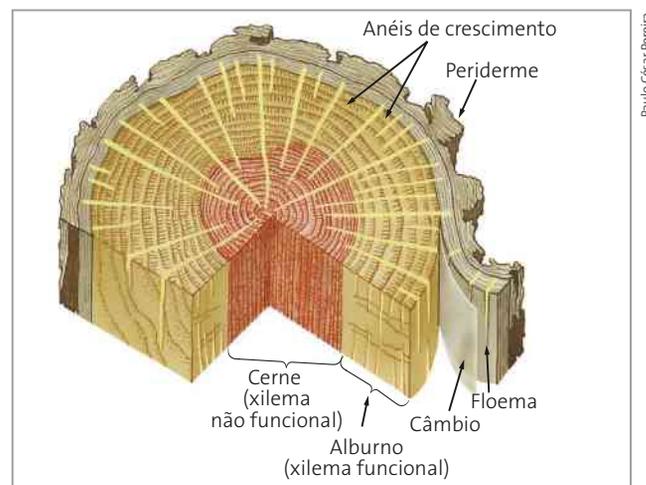


Figura 7.20. Esquema de corte transversal de caule em que se removeu um setor. (Cores fantasia.)

8. Disposição dos tecidos nas folhas

A forma e a anatomia das folhas relacionam-se a duas funções: fotossíntese e transpiração.

A lâmina ou limbo das folhas forma uma superfície ampla que favorece a absorção de luz importante na fotossíntese. Além de ampla, a lâmina é delgada, de modo que mesmo suas células mais internas não ficam muito distantes da superfície. Essas características facilitam as trocas gasosas entre a folha e o meio externo.

Reveja a figura 7.12. O revestimento da folha é feito pela epiderme, onde estão presentes os estômatos. Dependendo do ambiente onde a planta vive, os estômatos podem ocorrer tanto na epiderme superior do limbo como na inferior, ou em apenas uma delas. Em ambientes com pouca umidade e muita luminosidade, eles são mais comuns na face inferior das folhas, sendo raros ou ausentes na face superior, onde a perda de água seria maior.

Entre as epidermes superior e inferior das folhas existe o **mesofilo**, composto de tecidos fundamentais representados pelos clorênquimas paliádico e esponjoso. No mesofilo também podem estar presentes os **cistólitos**, as **drusas** e as **ráfides**, que são acúmulos de cristais de cálcio no interior de algumas células.

Imersas no mesofilo, encontram-se as **nervuras**, que correspondem aos feixes vasculares condutores de seiva, associados ou não a elementos de sustentação. Em cada feixe vascular encontram-se o xilema voltado para a epiderme superior e o floema voltado para a inferior. Além da função de condução, os feixes vasculares dão suporte mecânico aos tecidos do mesofilo.

As folhas não apresentam crescimento secundário. Assim, não há nelas tecidos meristemáticos como os câmbios e o felogênio.

9. Sistemas radiculares

Existem dois tipos principais de sistema radicular nas angiospermas: o pivotante ou axial, típico das eudicotiledôneas, e o fasciculado, típico das monocotiledôneas (Fig. 7.21).

No sistema radicular **pivotante** há uma raiz principal, chamada **pivotante** ou axial, derivada da primeira raiz que surge na germinação da semente. Dela partem várias outras, laterais ou secundárias, que podem apresentar ramificações, razão pela qual esse sistema é também conhecido por sistema radicular ramificado.

No sistema radicular **fasciculado** não há raiz principal, pois a raiz primária, originada na germinação da semente, logo degenera. Da base do caule partem numerosas raízes relativamente finas, formando um feixe ou cabeleira. Como não derivam de uma estrutura radicular, essas raízes são chamadas **adventícias**.

Em muitas monocotiledôneas, como a grama de jardim, o sistema fasciculado é pouco profundo e forma um emaranhado que se adere às partículas do solo.

Graças a essa característica, essas plantas são muito utilizadas para prevenir a erosão dos solos.

Esses dois sistemas radiculares são os mais comuns, mas existem outros relacionados com a adaptação das plantas a diferentes condições ecológicas. Vamos estudá-las a seguir.

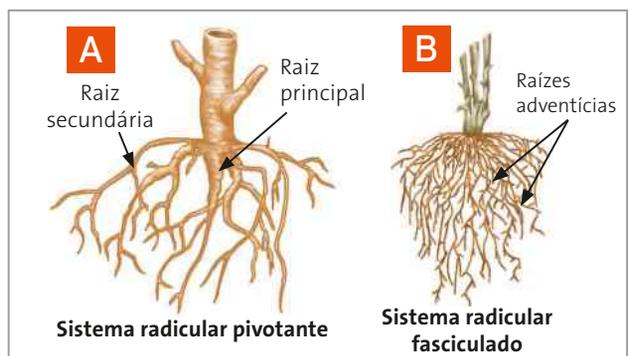


Figura 7.21. Esquemas de sistema radicular de eudicotiledônea (A) e de monocotiledônea (B). (Cores fantasia.)

9.1. Adaptações especiais da raiz

- **Raízes-suporte:** raízes aéreas que dão suporte e equilíbrio à planta. Ocorrem geralmente em plantas que vivem em solo pantanoso ou que possuem base pequena em relação à altura, caso do milho e do *Pandanus* (Fig. 7.22);
- **raízes tabulares:** tipo especial de raiz-suporte em que os ramos radiculares se fundem com o caule, adquirindo um aspecto que lembra tábuas, de onde vem o seu nome (tabular). Essas raízes são importantes auxiliares na fixação das plantas ao solo e atuam também como raízes respiratórias (Fig. 7.23);
- **raízes estrangulantes:** raízes aéreas de certas plantas epífitas como as figueiras-mata-pau, que, ao crescerem em direção ao solo, podem envolver o tronco da planta hospedeira (Fig. 7.24). Tanto as raízes dessas epífitas quanto o tronco da planta hospedeira apresentam crescimento secundário e, portanto, aumentam em espessura. Com o passar do tempo, essas raízes podem comprimir o caule, interrompendo a circulação da seiva do floema na planta hospedeira, razão de seu nome. No entanto, quando o caule da hospedeira não apresenta crescimento em espessura, não há estrangulamento e a raiz da epífita é considerada apenas uma variação de raiz-escora; por esse motivo o nome “estrangulante” tem sido contestado. Além disso, esse processo não é ativo, mas passivo, decorrente do crescimento normal da raiz da epífita e do caule da hospedeira;



Figura 7.22. Fotografia de raízes-suporte em *Pandanus* sp. Esta árvore apresenta tamanho médio de 20 m.

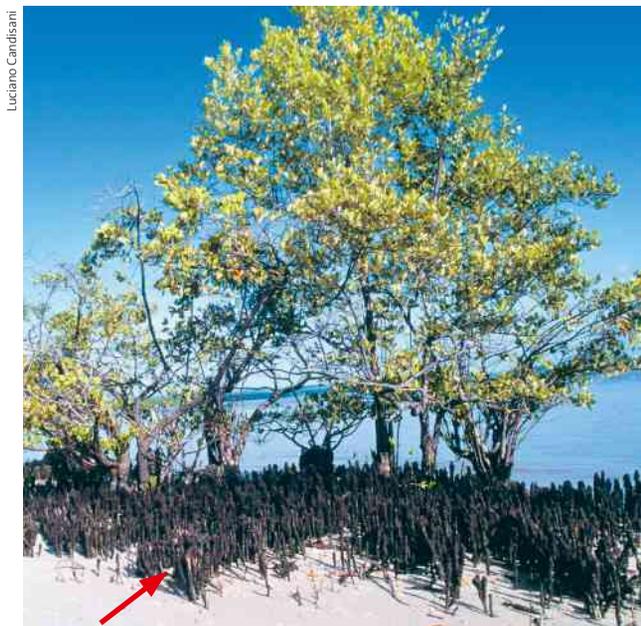


Figura 7.23. Fotografia de raiz tabular de figueira da Mata Atlântica. Note o homem em pé na fotografia para estimar o tamanho desta raiz.



Figura 7.24. Fotografia de raiz estrangulante (indicada por seta).

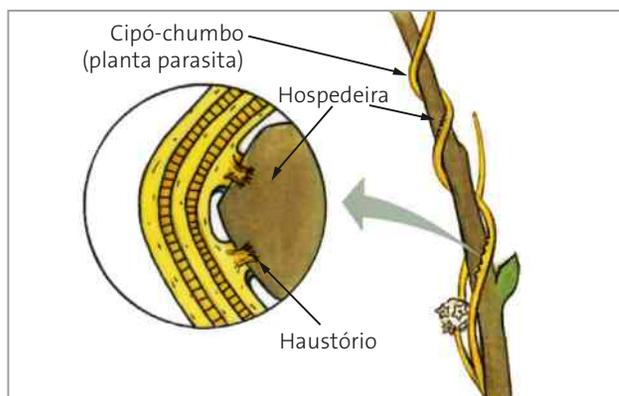
- **raízes respiratórias** ou pneumatóforos: raízes aéreas que ocorrem em certas plantas que vivem em solos pobres em oxigênio, como a espécie *Avicennia schaueriana*, comum nos manguezais brasileiros (Fig. 7.25). Essas raízes são dotadas de pequenos orifícios, os **pneumatódios**, pelos quais se faz a aeração;



Luciano Candiani

▲ **Figura 7.25.** Fotografia de indivíduos da espécie *Avicennia schaueriana*, em manguezal brasileiro, mostrando as raízes respiratórias (indicadas por seta). As árvores medem cerca de 2 m de altura.

- **raízes sugadoras** ou haustórios: raízes aéreas de plantas parasitas e hemiparasitas; são muito finas e penetram o caule da hospedeira. Nas plantas parasitas (como o cipó-chumbo, que não tem clorofila e é amarelado), atingem os vasos liberianos, dos quais retiram a seiva do floema; nas hemiparasitas (como a erva-de-passarinho, que tem clorofila), atingem os vasos lenhosos, retirando seiva do xilema, que não contém nutrientes orgânicos (Fig. 7.26);



Walter Caldeira

▲ **Figura 7.26.** Esquema de cipó-chumbo em planta hospedeira. Observe, no detalhe, as raízes sugadoras ou haustórios. (Elementos representados em diferentes escalas; cores fantasia.)

- **raízes tuberosas:** raízes subterrâneas que atuam também como órgãos especiais de reserva, caso da cenoura, da batata-doce, do nabo, da beterraba, do rabanete e da mandioca (Fig. 7.27).



Fabio Colombini



Fabio Colombini

▲ **Figura 7.27.** Fotografias de raízes tuberosas: nabo e mandioca.

10. Sistemas caulinares

As duas funções básicas dos caules são:

- **suporte:** as folhas, principais órgãos fotossintetizantes da planta, são sustentadas pelo caule;
- **condução:** transporte de seiva do xilema e de seiva do floema.

Como vimos, a organização básica do caule é um eixo de sustentação que apresenta nós, onde existem as gemas laterais, e entrenós, que são os intervalos entre dois nós sucessivos. As gemas laterais são responsáveis pela formação de ramos e folhas.

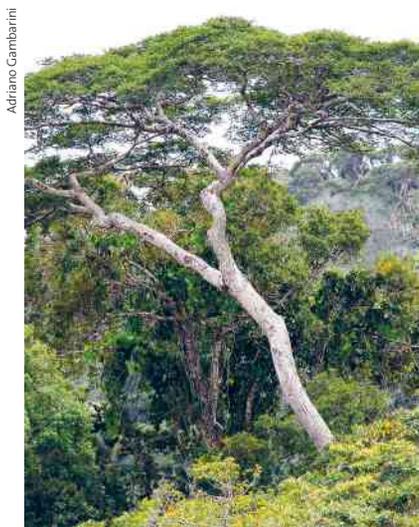
Um tipo de caule comum nas eudicotiledôneas é o **tronco**, que é aéreo e ereto, com ramificações. Pode ser observado, por exemplo, em árvores como a mangueira, a laranjeira e o jequitibá (Fig. 7.28).

No feijoeiro e em muitas ervas, ocorre um tipo de caule aéreo muito delicado denominado **haste**.

Nas monocotiledôneas, os caules mais comuns são colmo e estipe.

O **colmo** é um caule cilíndrico em que se observam nitidamente os nós e os entrenós formando gomos, como ocorre na cana-de-açúcar e no bambu (Fig. 7.29). Nesse último, os entrenós (gomos) são ocós, enquanto na cana-de-açúcar são cheios.

O **estipe** também é cilíndrico, com nós e entrenós bem evidentes, mas é mais espesso que o colmo e apresenta folhas apenas no ápice (Fig. 7.30), como se observa nas palmeiras.



Adriano Gambarini

⤴ **Figura 7.28.** Fotografia mostrando tronco de jequitibá-rosa, árvore que pode atingir até 50 m de altura.



Juarez Silva

⤴ **Figura 7.29.** Fotografia de bambu. Seu caule, do tipo colmo, é utilizado em atividades variadas e pode medir até 30 m de altura.



Juarez Silva

⤴ **Figura 7.30.** Fotografia de buriti. Seu caule, do tipo estipe, atinge de 30 cm a 50 cm de diâmetro.

10.1. Adaptações especiais do caule

Muitas plantas apresentam caules com adaptações especiais, como resumido a seguir.

- **rizóforo**: ramos caulinares que crescem em direção ao solo e formam raízes adventícias; auxiliam na sustentação e na estabilização de plantas. Ocorrem, por exemplo, em *Rhizophora mangle*, planta comum nos manguezais brasileiros; até há pouco tempo essas estruturas eram interpretadas como raízes-espora (Fig. 7.31);
- **caule volúvel**: caule aéreo que não é capaz de sustentar suas folhas; eleva-se do solo enrolando-se em qualquer suporte ereto. Ocorre em certas plantas trepadeiras (Fig. 7.32);
- **caule rastejante** ou prostrado do tipo sarmento: caule aéreo incapaz de sustentar suas folhas, desenvolvendo-se rente ao chão. Fixa-se ao solo por meio de raízes que se formam em apenas um ponto (Fig. 7.33). Exemplos: caules do chuchu, da aboboreira e certas ipomeias;

Professor(a), veja comentários sobre *R. mangle* nas Orientações didáticas.



Luciano Candibani

⤴ **Figura 7.31.** Fotografia mostrando detalhes de rizóforos de *Rhizophora mangle*. A maior parte dos indivíduos dessa espécie apresenta cerca de 6 m de altura, mas pode chegar a 24 m.

Figura 7.32. Fotografia de parte de um exemplar de *Ipomoea* sp. Essa planta trepadeira é muito utilizada como planta ornamental.



Jane E. Kraus



Juarez Silva

⤴ **Figura 7.33.** Fotografia de caule rastejante (indicado por seta).

- **cladódio:** caule aéreo modificado com função fotossintetizante e/ou de reserva de água. Ocorre em certas plantas que vivem em regiões com escassez de água. Um exemplo é o cacto (Fig. 7.34), cujo caule é sempre verde e apresenta folhas atrofiadas, transformadas em espinhos, o que reduz a perda de água por transpiração;
- **caule rastejante do tipo estolho** ou estolão: caule aéreo rastejante em que há enraizamento em vários pontos. Se a ligação entre um enraizamento e outro for interrompida, de cada ponto pode se formar uma nova planta, representando uma forma de propagação vegetativa, como ocorre em morangueiros (Fig. 7.35);
- **rizoma:** caule subterrâneo que se desenvolve paralelamente à superfície do solo. Dele podem emergir folhas aéreas, como acontece com a espada-de-são-jorge e com a bananeira (Fig. 7.36);



Andre Doby/Pulsar Imagens

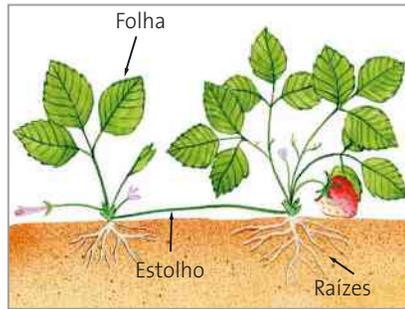


Figura 7.35. Esquema de estolho de morangueiro. (Cores fantasia.)

Figura 7.34. Fotografia de cacto quipá (*Tacinga inamoena*) com caule aéreo do tipo cladódio. Mede cerca de 1 m de altura.

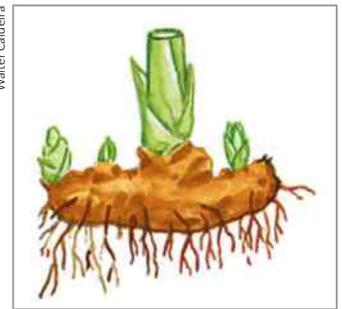
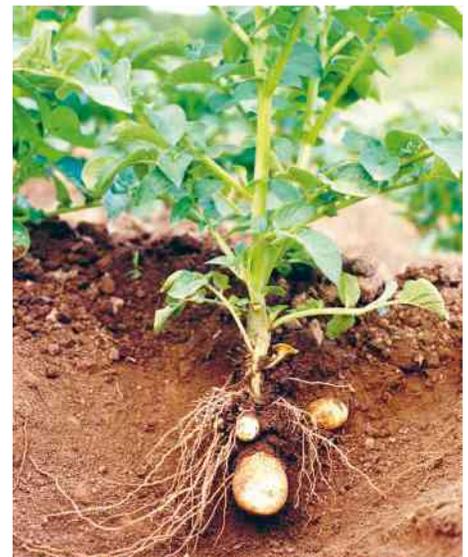


Figura 7.36. Esquema de rizoma de bananeira. (Cores fantasia.)

Walter Caldera

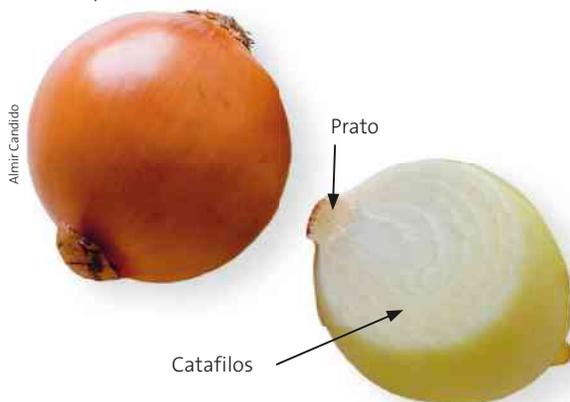
- **tubérculo:** caule subterrâneo rico em material nutritivo. O exemplo típico é a batatinha comum (*Solanum tuberosum*) (Fig. 7.37), em que é possível observar, como em todo caule, a presença dos botões vegetativos ou gemas, popularmente conhecidos por “olhos”. Por meio deles distinguem-se tubérculos de raízes tuberosas, pois estas são desprovidas de tais formações;
- **bulbo:** é a um só tempo caule e folhas subterrâneas. A parte caulinar é comprimida, reduzida a um disco basal (prato), de onde partem os **catáfilos**, folhas modificadas que no bulbo têm a função de acumular substâncias nutritivas. A cebola e o alho são dois exemplos (Fig. 7.38). No alho, cada dente é um pequeno bulbo, e por isso é classificado como **bulbo composto**;



Encyclopedia/Corbis/Latinstock

Figura 7.37. Fotografia de batatinha (*Solanum tuberosum*), cujo caule é um tubérculo.

Bulbo simples



Almir Candido

Bulbo composto

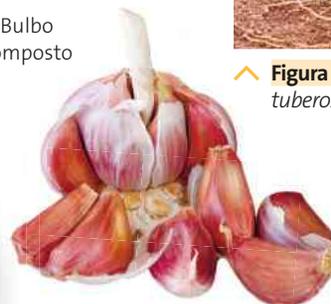


Figura 7.38. Fotografia de cebolas, um exemplo de bulbo simples, e de alhos, um exemplo de bulbo composto.

- **cormo**: caule subterrâneo espessado e comprimido verticalmente, geralmente envolvido por catafilos secos. Ocorre na palma-de-santa-rita (Fig. 7.39);
- **xilópodio**: estrutura subterrânea, geralmente lignificada e dura. É comum em espécies de cerrado, podendo ser formado parcialmente por caule e raiz (Fig. 7.39).

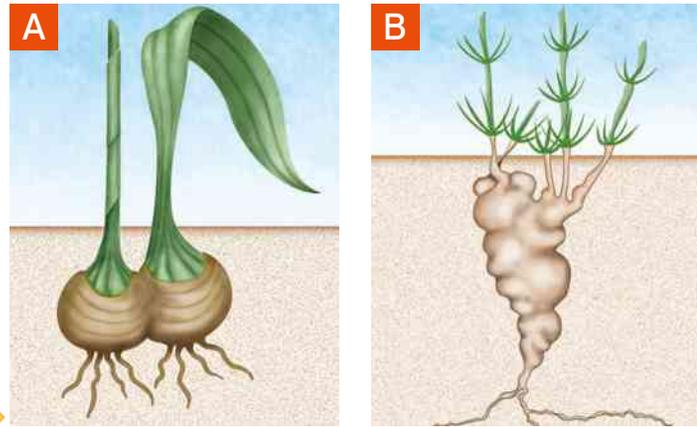


Figura 7.39. Esquemas de caules dos tipos cormo (A) e xilópodio (B). (Cores fantasia.) >

Ilustrações: Conceitograf

11. Morfologia da folha

Uma folha completa é constituída de **limbo** (ou lâmina), **pecíolo**, **bainha** e **estípulas**. Qualquer uma dessas partes pode estar ausente em uma folha, mas é raro ocorrer a falta de limbo.

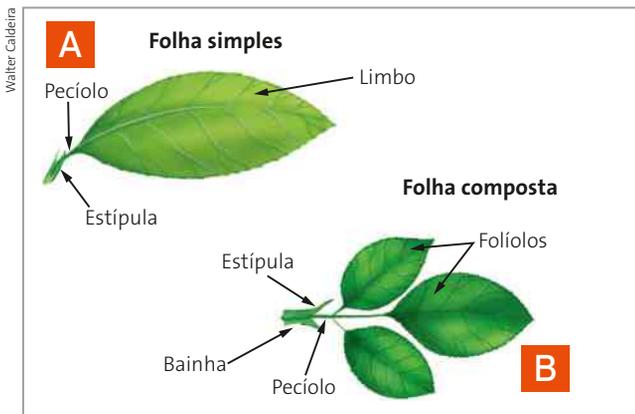
O limbo é a porção achatada e ampla da folha e é a principal estrutura responsável pela fotossíntese e pela transpiração. Ele pode ser simples ou dividido em várias partes, todas com aspecto de pequenas folhas — os **folíolos**; nesse caso fala-se em folha composta. Esta é encontrada em leguminosas, como angelim, barbatimão, jacarandá, sibipiruna e tipuana (Fig. 7.40).

As folhas de eudicotiledôneas geralmente são **peciola-**

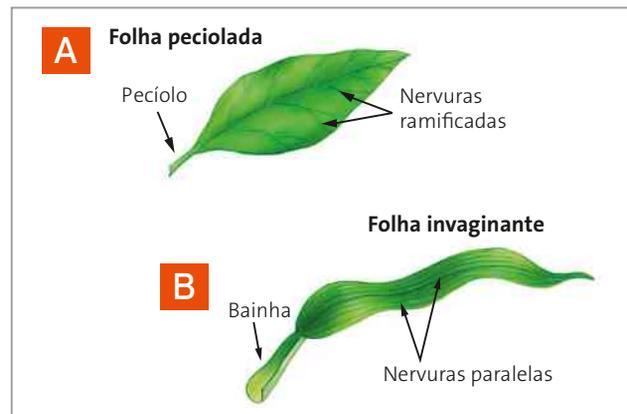
das, isto é, o limbo prende-se ao ramo caulinar por meio de um pecíolo; as folhas de monocotiledôneas são invaginantes, pois se prendem por uma bainha (Fig. 7.41).

Outra diferença entre folhas de eudicotiledôneas e de monocotiledôneas refere-se às nervuras. As folhas de eudicotiledôneas são **peninérveas**, isto é, apresentam nervuras ramificadas, enquanto as folhas de monocotiledôneas são **paralelinérveas** (têm nervuras paralelas).

Existem, no entanto, algumas exceções a essa regra. Por exemplo: a quaresmeira é uma eudicotiledônea com folhas curvinérveas, e o copo-de-leite é uma monocotiledônea com folhas peninérveas.



> **Figura 7.40.** Esquema de folha simples de pereira (A) e de folha composta de roseira (B). (Cores fantasia.)



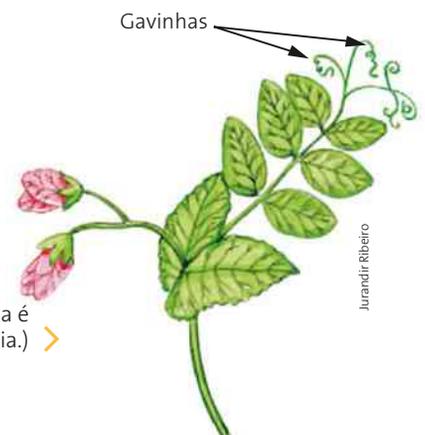
> **Figura 7.41.** Esquema de folha de eudicotiledônea peciolada (A) e de folha de monocotiledônea invaginante (B). (Cores fantasia.)

11.1. Adaptações especiais das folhas

Adaptações morfológicas especiais permitem às folhas desempenhar novas funções. Algumas dessas adaptações estão resumidas a seguir:

- **gavinhas**: têm função de prender a planta a um suporte. Exemplo: pé de ervilha (Fig. 7.42). Entretanto, as gavinhas nem sempre são modificações de folhas. Elas podem ser modificações do caule, como ocorre no pé de maracujá e de uva, ou de raízes, caso de certas orquídeas;

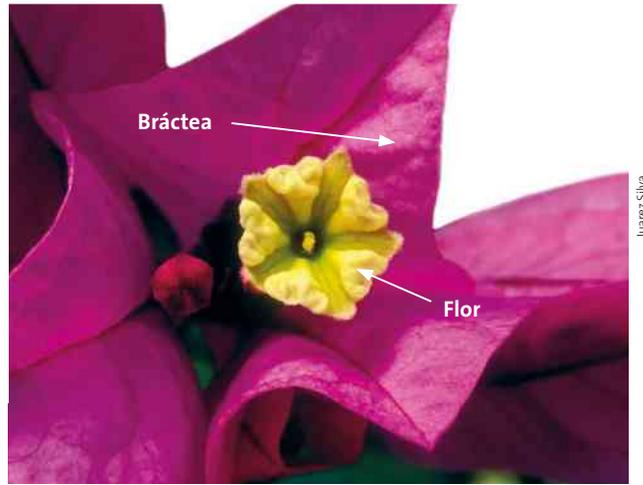
Figura 7.42. Esquema de pé de ervilha — planta em que parte da folha é transformada em gavinhas. (Cores fantasia.) >



Jurandir Ribeiro

- **brácteas:** folhas presentes na base das flores e que são geralmente pouco vistosas. Porém, podem ser coloridas, atuando como estruturas de atração de polinizadores, como no bico-de-papagaio e na primavera (Fig. 7.43);
- **folhas de plantas carnívoras:** folhas modificadas que permitem a captura e digestão de insetos e de outros pequenos animais. É o caso da *Drosera* e da *Dionaea* (Fig. 7.44).

Figura 7.43. Fotografia de primavera, planta que pode medir de 1 m a 12 m de altura. Apresenta três flores rodeadas por três brácteas coloridas. Nesta imagem, apenas uma das flores está bem evidente. >



Juarez Silva



Peter Arnold/Getty Images

> **Figura 7.44.** Fotografia de folhas de plantas carnívoras. *Drosera* (A); os insetos são capturados ao pousarem nas folhas em forma de roseta (que medem cerca de 1 cm de comprimento), ficando aderidos à mucilagem secretada; *Dionaea* (B); captura pequenos insetos que entram em contato com as folhas (que medem cerca de 3 cm de comprimento), atraídos por sua forte coloração. Ao tocar na folha, ela se fecha e o inseto é digerido.

12. Frutos e sementes

Os frutos são estruturas auxiliares no ciclo reprodutivo das angiospermas: protegem as sementes e auxiliam em sua dispersão. Eles correspondem ao ovário desenvolvido após a fecundação, contendo em seu interior as sementes. Estas correspondem ao óvulo fecundado e desenvolvido (Fig. 7.45).

Nos casos em que o ovário origina o fruto sem que tenha ocorrido a fecundação, não há formação de sementes, e o fruto chama-se **partenocárpico**, caso da banana e da laranja-da-baía.

A parede desenvolvida do ovário passa a ser denominada **pericarpo**, que corresponde ao fruto propriamente dito.

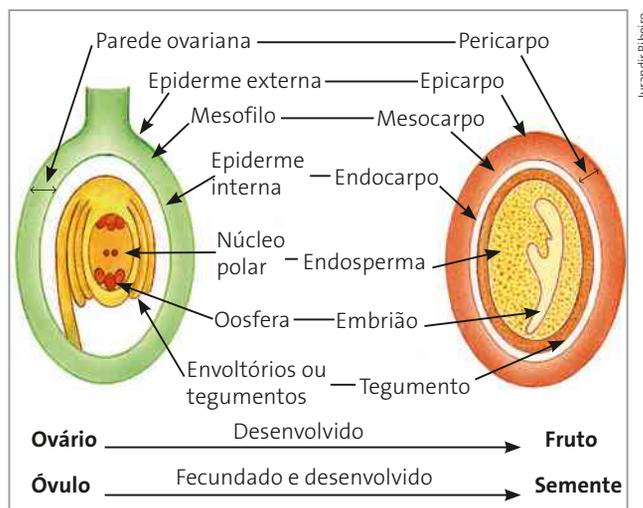
O pericarpo é formado por:

- **epicarpo:** modificação da epiderme externa do ovário;
- **mesocarpo:** modificação do tecido localizado entre o epicarpo e o endocarpo;

Figura 7.45. Esquemas vistos em corte da correspondência entre as diferentes partes do ovário e do óvulo com as estruturas das sementes e dos frutos das angiospermas. (Elementos representados em diferentes escalas; cores fantasia.) >

- **endocarpo:** modificação da epiderme interna do ovário.

O pericarpo envolve a semente, que é formada por **tegumento** e **amêndoa**. O tegumento origina-se dos tegumentos do óvulo, e a amêndoa é formada pelo embrião e endosperma.

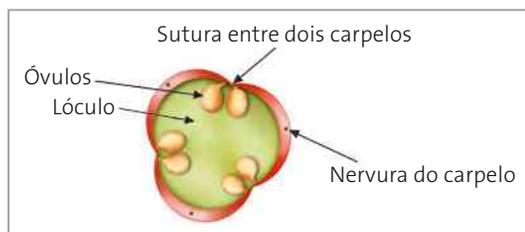


Jurandir Ribeiro

Lembre-se de que um ovário é, em termos evolutivos, resultado da fusão de carpelos dispostos em um ciclo floral (os carpelos são folhas modificadas férteis, em cujas bordas desenvolvem-se os óvulos) (Fig. 7.46).

Professor(a), caso considere adequado, realize com os estudantes a sugestão de atividade extra sobre reconhecimento de frutos e pseudofrutos, indicada nas Orientações didáticas.

Figura 7.46. Esquema de um ovário formado por três carpelos suturados pelas margens. (Cores fantasia.)



12.1. Classificação dos frutos

Os frutos podem ser classificados em simples e compostos.

Frutos simples

Os frutos simples são os que derivam do desenvolvimento de um único ovário de uma só flor. Em certas classificações de frutos, apenas esses são considerados frutos verdadeiros.

Os frutos simples podem ser dos seguintes tipos:

Carnosos

São frutos com pericarpo suculento, coriáceo ou fibroso. São classificados em:

- **baga:** formado por um ou mais carpelos; em geral tem várias sementes, facilmente separáveis do fruto. Exemplos: uva, tomate, laranja, mamão, melancia, pimentão, abóbora, goiaba (Fig. 7.47);



Figura 7.47. Fotografia de goiabas, exemplo de fruto do tipo baga. Medem de 3 cm a 10 cm de diâmetro.

- **drupa:** formado por um carpelo e uma semente; o tegumento da semente é fundido à parede interna do pericarpo (endocarpo), formando um caroço. O pericarpo pode ser também coriáceo ou fibroso. Geralmente apresenta uma só semente. Exemplos: ameixa, azeitona, pêssego (Fig. 7.48).



Figura 7.48. Fotografia de pêssegos, exemplo de fruto do tipo drupa. Medem cerca de 6 cm de diâmetro.

Secos

São frutos com pericarpo seco. Podem ser:

- **deiscentes:** abrem-se naturalmente quando maduros:
 - **legume** ou vagem: formado(a) por um carpelo, mas abre-se por duas linhas longitudinais; ocorre na maioria das plantas leguminosas, como feijão e ervilha;
 - **lomento:** divide-se em segmentos na maturação. Ocorre no carrapicho conhecido como beicho-de-boi (Fig. 7.49).



Figura 7.49. Fotografia de carrapicho (em verde), exemplo de fruto do tipo lomento, aderido ao caroço de um tênis. Mede cerca de 4 cm de comprimento.

- **indeiscentes:** não se abrem quando maduros:
 - **cariopse** ou grão: com uma só semente ligada à parede do fruto por toda a sua extensão. Exemplos: grãos do trigo, milho e arroz;
 - **aquênio:** com uma só semente ligada à parede do fruto por um único ponto. Exemplo: fruto do girassol;
 - **sâmara:** com a parede do ovário formando expansões aladas. Exemplos: tipuana (Fig. 7.50), cabreúva.



Figura 7.50. Fotografia de sâmaras de tipuana. Essas estruturas têm cerca de 7 cm de comprimento.

Frutos compostos

Os frutos compostos são os que surgem a partir de duas situações distintas:

- a partir do desenvolvimento de vários ovários de uma só flor, sendo nesses casos chamados frutos agregados. Ex: morango (Fig. 7.51), em que vários aquênios ficam agregados a uma parte carnosa derivada do receptáculo floral;
- a partir do desenvolvimento de ovários de muitas flores de uma inflorescência, que crescem juntos em uma única estrutura, sendo chamados de frutos múltiplos ou infrutescência. Ex: abacaxi (Fig. 7.52).

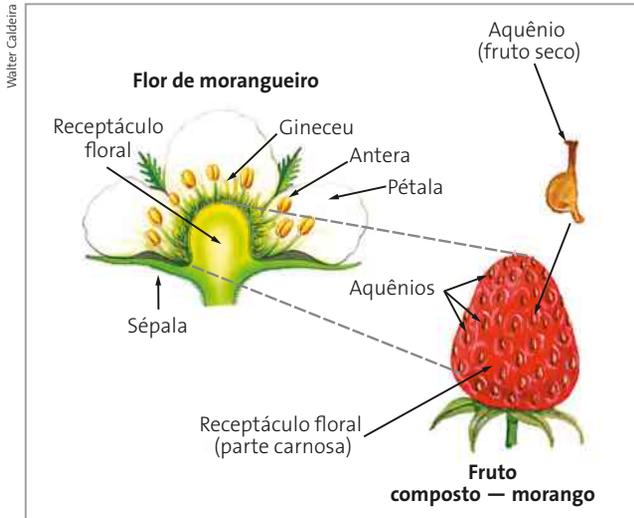


Figura 7.51. Esquema da flor de morangueiro (representada em corte) e do fruto agregado, o morango (vista externa). Observe, no detalhe, o fruto seco. (Elementos representados em diferentes escalas; cores fantasia.)

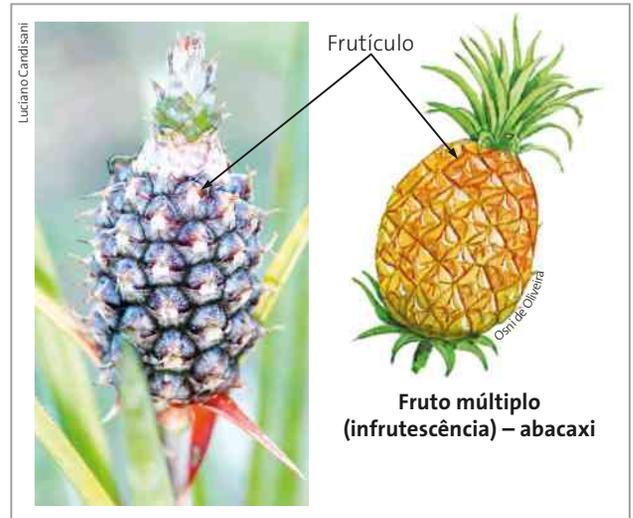


Figura 7.52. Fotografia e esquema de abacaxi, um fruto múltiplo (infrutescência). Esquema em cores fantasia.

Pseudofrutos

Os pseudofrutos são estruturas suculentas que contêm reservas nutritivas, mas que não se desenvolvem a partir do ovário. É o caso da maçã (Fig. 7.53) e da pera, em que a parte suculenta é proveniente do desenvolvimento do receptáculo da flor. Outro exemplo de pseudofruto é o caju, no qual a parte suculenta deriva do pedúnculo floral (Fig. 7.54). O fruto verdadeiro do caju é uma drupa e corresponde à estrutura que contém a semente comestível, conhecida como castanha-de-caju.

Em certas classificações, todos os frutos compostos são considerados pseudofrutos.

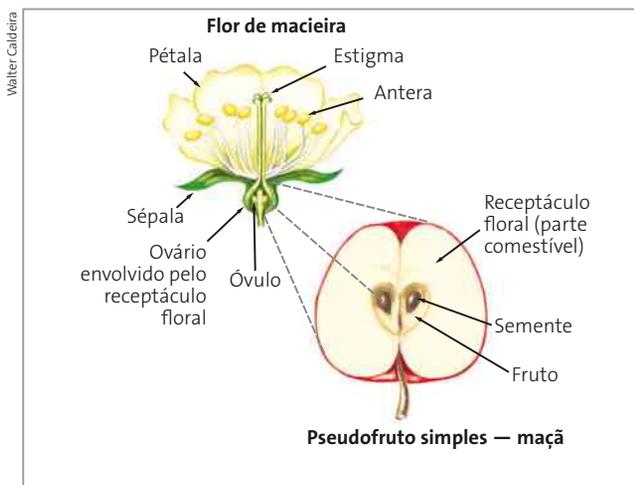


Figura 7.53. Esquema da flor da macieira e do pseudofruto simples (representados em corte longitudinal para mostrar as estruturas internas). Observe que, na flor, o ovário fica envolto pelo receptáculo floral. (Elementos representados em diferentes escalas; cores fantasia.)

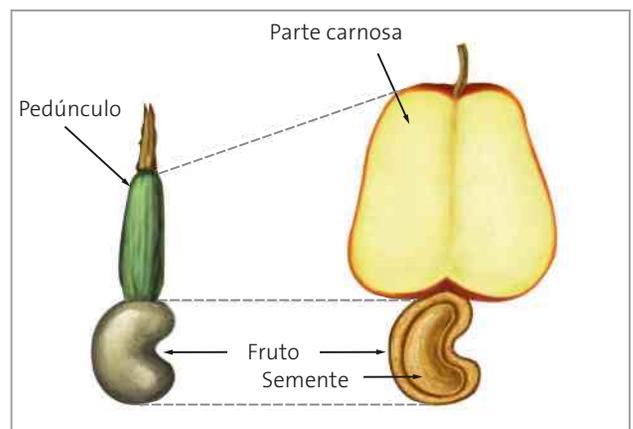


Figura 7.54. Esquema do caju, um pseudofruto simples, no início de seu desenvolvimento e, depois, já maduro (representado em corte longitudinal para mostrar as estruturas internas). Observe que a parte suculenta, conhecida como “polpa do caju”, desenvolve-se do pedúnculo. O fruto é uma drupa. (Elementos representados em diferentes escalas; cores fantasia.)

13. Dispersão dos frutos e das sementes

A dispersão pode ocorrer pelo vento (**anemocoria**), por meio de animais (**zoocoria**) ou pela água (**hidrocoria**).

As espécies anemócoras apresentam sementes ou frutos leves, com pelos ou expansões aladas, facilitando seu transporte pelo vento (Figs. 7.55 e 7.56).

Duas situações são comuns em espécies zoócoras: os frutos são atraentes, servindo de alimento para os animais, e as sementes são eliminadas com as fezes em outros locais; ou os frutos são secos, mas apresentam formações que os prendem ao corpo de animais, possibilitando que sejam levados a grandes distâncias, caso dos carrapichos e picões (Fig. 7.57).

As espécies hidrócoras produzem frutos ou sementes que retêm ar. Dessa forma, podem ser transportados flutuando na água, como ocorre com o coco-da-baía, que possui mesocarpo fibroso, cheio de ar (Fig. 7.58).



Figura 7.55. Esquemas de sementes e frutos alados. (Elementos representados em diferentes escalas; cores fantasia.)



Figura 7.56. Fotografia de frutos de dente-de-leão sendo dispersos pelo vento. Medem entre 1 cm e 2 cm de comprimento.

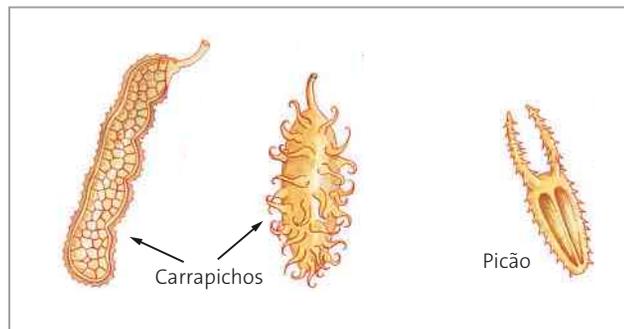


Figura 7.57. Esquemas de frutos secos. (Elementos representados em diferentes escalas; cores fantasia.)

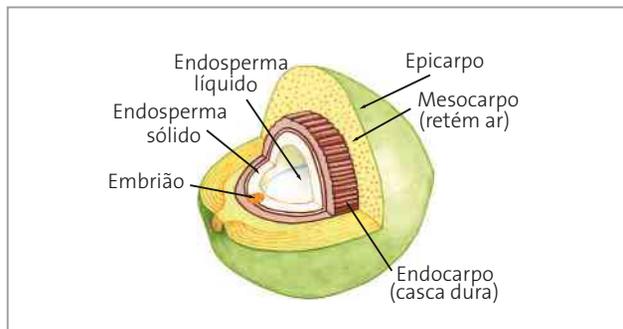


Figura 7.58. Esquema do fruto do coco-da-baía (*Cocos nucifera*), com parte removida para mostrar as estruturas internas. (Cores fantasia.)



Tema para discussão

REGISTRE NO CADERNO

Plantas medicinais e plantas tóxicas

De modo geral, as plantas produzem uma diversidade muito maior de substâncias do que os animais. Além de sintetizarem todas as substâncias indispensáveis a suas células, as plantas produzem compostos que aparentemente não estão envolvidos com os processos metabólicos essenciais. Essas substâncias são os metabólitos secundários, denominação que os distingue dos metabólitos primários: proteínas, carboidratos, lipídios e ácidos nucleicos.

Muitos metabólitos secundários, quando introduzidos no organismo animal, são capazes de alterar sua fisiologia, isto é, possuem atividade farmacológica. Por isso eles são de interesse medicinal, podendo exercer efeitos medicinais ou tóxicos. Um mesmo metabólito secundário pode exercer efeito medicinal ou tóxico, dependendo da quantidade introduzida no organismo animal.

Há diversas classes de metabólitos secundários. Os alcaloides são os mais importantes, porque são

com frequência utilizados medicinalmente. A cafeína, a quinina e a estricnina são exemplos familiares de alcaloides. Os terpenoides ocorrem nos óleos voláteis de folhas aromáticas, como as de eucalipto e menta. Os taninos possuem atividade adstringente, isto é, “amarram a boca” quando comemos alguma parte da planta que os contém, caso de alguns frutos imaturos.

Os metabólitos secundários presentes nas plantas medicinais e tóxicas, responsáveis por seus efeitos farmacológicos, recebem o nome genérico de princípios ativos.

Plantas medicinais

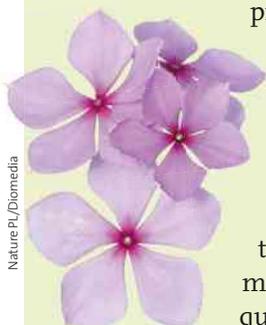
As plantas medicinais são usadas em medicina popular, na forma de chás, tinturas, garrafadas etc., ou na medicina tradicional. Neste último caso, o uso das plantas é respaldado por estudos anteriores sobre os princípios ativos, suas atividades farmacológicas etc. Muitas vezes o conhecimento das propriedades medicinais das plantas inicia-se a partir de informações obtidas da etnobotânica, ou seja, do estudo da utilização popular ou tradicional das plantas. Por essa razão, atualmente dá-se grande valor a esse campo de pesquisa botânica.

O maior interesse econômico no uso de plantas medicinais é como fontes de princípios ativos. Os princípios ativos são isolados e passam a fazer parte de medicamentos sob diversas formas, como comprimidos, drágeas e injetáveis. Trata-se de uma atividade realizada por grandes indústrias e laboratórios, em geral multinacionais.

• Plantas fornecedoras de princípios ativos usados no tratamento do câncer

Muitas plantas foram e estão sendo pesquisadas, porém muito poucas têm se mostrado realmente eficazes como fontes de princípios úteis na cura ou regressão de alguma forma de câncer. São apresentadas a seguir três plantas entre as mais utilizadas atualmente para esse fim. As substâncias obtidas dessas plantas têm atividade antimitótica, algumas delas agindo de maneira semelhante à colchicina, que atua impedindo a formação do

fuso mitótico. A colchicina também é um produto vegetal, obtido de sementes de *Colchicum autumnale*.



↑ Fotografia de *Catharanthus roseus*, uma das plantas conhecidas como maria-sem-vergonha.

Catharanthus roseus, uma planta nativa de Madagascar, é atualmente cultivada em vários países tropicais. No Brasil, é muito comum e conhecida como vinca e maria-sem-vergonha, sendo aqui usada apenas como planta ornamental. É uma erva com flores róseas ou brancas.

A planta contém mais de cem alcaloides, vários deles medicinalmente importantes. As folhas fornecem dois alcaloides, chamados vincristina e vimblastina, muito usados no tratamento e cura de certas formas de câncer, inclusive leucemia infantil. Para que sejam obtidos 3 g desses alcaloides requer-se 1 tonelada de partes aéreas secas da planta! Por isso, há uma intensa pesquisa para se conseguir a obtenção dos alcaloides por culturas de células da planta, em laboratório.

A digoxina e a digitoxina são substâncias largamente usadas para o tratamento de insuficiência cardíaca e taquicardia. São obtidas de *Digitalis lanata* e *D. purpurea*, ervas nativas da Europa, conhecidas como dedaleiras. Sua importância é tanta que elas são cultivadas, especialmente na Holanda, apenas para a extração de princípios ativos. No Brasil, em alguns locais montanhosos, como Gramado e Campos do Jordão, cultivava-se *Digitalis* para fins ornamentais. São plantas vistosas, com uma longa inflorescência em cacho.



↑ Fotografia de *Digitalis purpurea*, dedaleira.

As cascas de laranja e de outros frutos do gênero *Citrus* são fontes de hesperidina e diosmina, usadas no tratamento de fragilidade capilar e também na prevenção do aborto. A rutina é outra substância usada para os mesmos fins. Ela é obtida de poucas fontes vegetais, entre elas os frutos de duas leguminosas arbóreas nativas do cerrado conhecidas como barbatimão-de-folha-miúda, *Dimorphandra mollis* e *D. ledgeriana*.

• O Brasil e a flora medicinal

Grande parte da motivação pela preservação da biodiversidade se deve ao potencial que reside na flora ainda inexplorada cientificamente como fornecedora de novos princípios ativos. O interesse de países desenvolvidos em ter acesso aos recursos genéticos existentes nas plantas medicinais

é muito grande, pelas enormes possibilidades de investimento e retorno financeiro envolvidos na pesquisa e na produção de medicamentos baseados em novos produtos naturais. A maior parte dos produtos naturais hoje utilizados em medicamentos provém de plantas nativas de regiões tropicais. Isso tem gerado um debate acirrado entre os países do Hemisfério Norte (detentores de tecnologia, mas desprovidos de recursos genéticos) e os países tropicais do Hemisfério Sul (sem tecnologia, mas detentores de grande biodiversidade).

O Brasil abriga em seu território algo em torno de um quinto de todas as espécies de angiospermas, ou seja, aproximadamente 50 mil espécies, das quais grande parte é ainda totalmente desconhecida. De plantas nativas do Brasil conseguem-se princípios ativos de grande relevância, como os curares (obtidos de *Chondodendron tomentosum*, da Amazônia brasileira e peruana, e *Strychnos toxifera*, do Mato Grosso) e a pilocarpina (obtida de espécies de *Pilocarpus*). Atualmente, pesquisas indicam que das raízes de *Pfaffia paniculata* (outra planta nativa do Brasil) podem-se obter substâncias úteis no tratamento de leucemia e anemia falciforme. No entanto, apenas uma ínfima proporção de plantas brasileiras foi analisada para a verificação de seu potencial medicinal. Por essa razão, muitos cientistas veem com preocupação a rápida extinção de espécies que ocorre no Brasil. É muito provável que neste momento estejamos eliminando da biosfera, irreversivelmente, várias espécies produtoras de princípios ativos que poderiam auxiliar na resolução de problemas de saúde de nossos descendentes.

Plantas tóxicas

Muitas plantas apresentam, pelo menos em algumas partes, princípios ativos com ação tóxica. No entanto, a simples presença desses princípios em uma planta não a qualifica necessariamente como tóxica. Para que ela seja incluída na lista das espécies tóxicas, é necessário que haja pelo menos uma referência na literatura de um caso de intoxicação, em seres humanos ou animais domésticos, motivada por ingestão ou contato com uma planta.

Damos a seguir alguns exemplos muito comuns de plantas tóxicas para o ser humano.

Manihot esculenta – mandioca

Apesar de ser uma planta largamente consumida, se for preparada inadequadamente, a mandioca causa uma intoxicação que, não raro, torna-se fatal. A raiz da mandioca contém uma

substância chamada linamarina, que sob a ação de uma enzima presente nos tecidos da própria raiz decompõe-se, liberando, entre outras substâncias, o cianidreto. Este é o mesmo gás utilizado em alguns locais dos Estados Unidos para a execução de condenados na câmara de gás.

Certas variedades de mandioca acumulam quantidades muito maiores de linamarina: são as chamadas mandiocas-bravas. Sem análise química, não é possível distinguir as variedades “bravas” das “mansas”. A linamarina ocorre em maiores quantidades na casca da raiz, mas a polpa branca, comestível, também contém quantidades consideráveis dessa substância.

Na circulação sanguínea o cianidreto libera o íon cianeto, que é transportado pela hemoglobina. Nas células, o cianeto liga-se fortemente ao citocromo mitocondrial, responsável pelo transporte de elétrons na respiração celular. Por essa razão, a pessoa intoxicada passa por um processo de asfixia celular que, dependendo da quantidade de cianeto no sangue, pode provocar a morte.

A maneira mais segura de preparar a mandioca para a alimentação é eliminar uma boa espessura dos tecidos mais externos sob a casca, deixar as partes descascadas imersas em água por 1 hora ou 2 horas (o que causa a morte das células e a decomposição da linamarina) e cozinhá-las em água fervente por pelo menos 1 hora (para garantir a decomposição do que restou da linamarina).

Dieffenbachia picta – comigo-ninguém-pode

O comigo-ninguém-pode é uma planta herbácea muito cultivada em residências e estabelecimentos comerciais (bares, mercearias).

As folhas dessa planta são muito vistosas, apresentando uma distribuição irregular de áreas verdes e albinas. Em Biologia, esse padrão de pigmentação foliar é interpretado como um sinal de alerta para os animais, sinalizando plantas potencialmente tóxicas.

O comigo-ninguém-pode é uma das plantas mais perigosas no ambiente doméstico, pois é capaz de provocar uma reação muito intensa e de extrema gravidade bastando uma simples mastigação de pequenas porções da folha. Portanto, é muito importante ensinar isso às crianças e mantê-las sob vigilância para evitar eventuais acidentes com intoxicação.

É importante, também, cuidar para que animais domésticos não se intoxicuem com comigo-ninguém-pode.

Rhododendron sp. – azálea

As azáleas (ou azaleias) são muito comuns como plantas cultivadas, embora não sejam nativas do Brasil. Suas folhas, flores e néctar são fontes de terpenoides tóxicos, sendo um deles a andromedotoxina. A andromedotoxina age afetando a fisiologia do coração e da respiração. As formas de intoxicação mais comuns são motivadas por ingestão de flores, néctar ou mel originado do néctar de azáleas. Além dos distúrbios digestivos, os sintomas observados nessas intoxicações são hiper e hipotensão, bradicardia e arritmias.



▲ Fotografia de *Rhododendron* sp., azálea. Mede até 2 m de altura.

O que fazer nos casos de intoxicação por plantas

É importante conhecer as principais plantas tóxicas presentes em residências, jardins, locais públicos e arredores, como terrenos baldios. Neste texto foram apresentadas apenas algumas plantas que podem representar riscos de intoxicação para o ser humano. Deve-se assumir como norma rigorosa e geral o aconselhamento das pessoas, principalmente de crianças, para não ingerirem nenhuma parte de plantas, cultivadas ou não, que sejam desconhecidas ou das quais não se tenha absoluta certeza sobre sua inocuidade. Deve-se combater a noção totalmente infundada, mas infelizmente muito comum, de que “se as plantas não fazem bem, mal também não fazem”. Na verdade, na ingestão de qualquer parte de uma planta desconhecida é muito mais provável a ocorrência de manifestações indesejadas do que a total inocuidade.

Finalmente, no caso de uma intoxicação, chame um médico. Tenha à mão um ramo da planta que causou o acidente ou partes dela, mesmo que sejam fragmentos retirados da boca da pessoa intoxicada ou de seu vômito. É importante saber se existe um Centro de Intoxicações local, que muitas vezes é essencial para o tratamento de intoxicações em geral, incluindo as causadas por plantas.

Texto escrito especialmente para este livro por Antonio Salatino, Prof. Titular do Departamento de Botânica do Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo.

Professor(a), veja nas Orientações didáticas os comentários e as respostas das questões dissertativas.

1. Façam, em grupo, uma pesquisa a respeito das plantas medicinais e das tóxicas, ampliando as informações aqui apresentadas. Montem um cartaz com fotografias e explicações curtas para cada planta. Com a coordenação de seu (sua) professor(a), apresentem e discutam com os colegas as principais conclusões da pesquisa.
2. Procure saber se na região onde você mora existe algum serviço de apoio contra intoxicações por plantas. Discuta um modo de divulgar a importância do conhecimento das plantas tóxicas e de alertar as pessoas de que as plantas não devem ser ingeridas indiscriminadamente.



Retomando

Você aprendeu neste capítulo sobre as principais características dos tecidos e dos órgãos que compõem as angiospermas. Com esse novo conhecimento, retome as perguntas da seção **Pense nisso** e reescreva as respostas. Além da alimentação, utilizamos as plantas para diversas finalidades. Liste alguns exemplos desses usos, associando-os aos órgãos e aos tecidos que estão envolvidos.



Ampliando e integrando conhecimentos

REGISTRE NO CADERNO

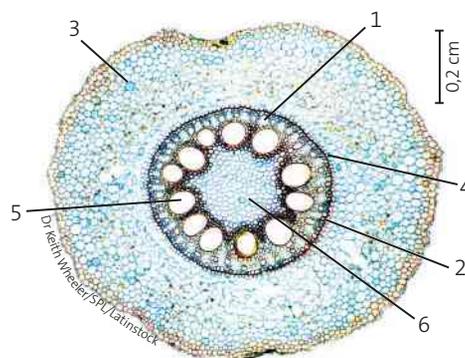
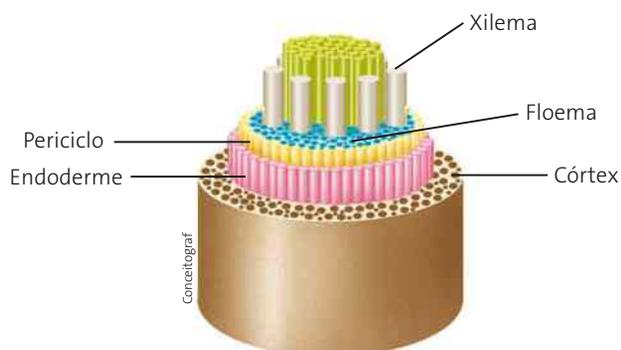


Atividade 1 Botânica na feira Habilidades do Enem: H3, H16.

Em uma barraca de feira havia três placas identificando os vegetais que estavam sendo vendidos: sob a placa **Frutas** havia maçã, morango, mamão e laranja; sob a placa **Legumes** estavam vendendo chuchu, tomate, couve-flor, abobrinha, vagem, batata-inglesa e cenoura; sob a placa **Verduras** colocaram espinafre, couve e repolho. Usando os conceitos de Botânica, reclassifique esses vegetais em fruto simples, fruto composto, pseudofruto, raiz tuberosa, tubérculo, flor e folha.

Atividade 2 Interpretando esquemas Habilidade do Enem: H17.

Observe as imagens abaixo e responda às questões.



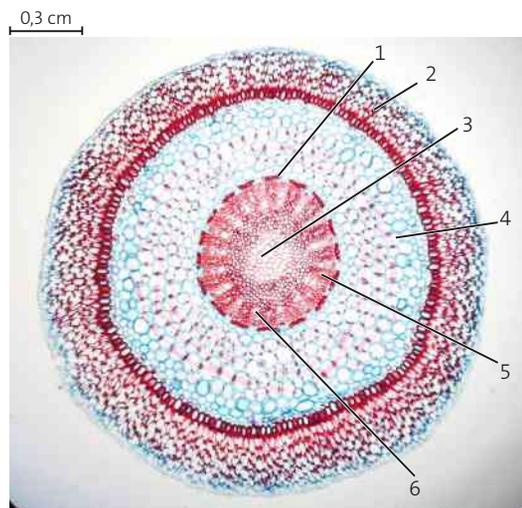
À esquerda, esquema tridimensional da estrutura de um órgão vegetal e, à direita, fotomicrografia de corte histológico transversal corado do mesmo órgão.

- Qual é o órgão representado nas imagens? Pertence a uma monocotiledônea ou a uma eudicotiledônea? Justifique sua resposta.
- Associe a cada parte identificada no esquema o número correspondente na fotografia. No corte histológico, há uma parte indicada que não está representada no esquema. A que ela corresponde?

Atividade 3 Uma adaptação de orquídeas Habilidade do Enem: H17.

A figura ao lado mostra um corte transversal da raiz de uma orquídea. A raiz dessas plantas possui um tecido especial, o **velame**, que funciona como uma esponja, absorvendo passivamente água e sais minerais. O velame deriva da proto-derme e consiste em uma epiderme pluriestratificada. Tente encontrar uma orquídea e observe a parte exposta de suas raízes. Atente para a capa esbranquiçada que recobre esse órgão e sinta sua consistência. Essa camada é o velame. Com base nessas informações e no que foi discutido no capítulo, responda em seu caderno:

- Localize, no corte histológico ao lado, a camada correspondente ao velame. A que número essa camada corresponde?
- Identifique as demais estruturas numeradas, apontando os respectivos nomes.



Lâmina cedida por Nana L. de Menezes/Foto: Jaina M. Meyer

Fotomicrografia de corte histológico corado de raiz de orquídea.

Atividade 4 Mono ou eudicotiledôneas? Habilidade do Enem: H4.

Durante a construção de uma estrada, foi necessário deixar exposta a encosta de um morro. Sem vegetação, as chuvas arrastariam a terra para a pista, causando inúmeros transtornos. Para evitar o problema, a encosta foi recoberta por vegetação. Na sua opinião, que plantas eles deveriam usar para solucionar esse problema: monocotiledôneas como o capim ou árvores de eudicotiledôneas? Justifique sua resposta.



1. (Enem) Muitas espécies de plantas lenhosas são encontradas no Cerrado brasileiro. Para a sobrevivência nas condições de longos períodos de seca e queimadas periódicas, próprias desse ecossistema, essas plantas desenvolveram estruturas muito peculiares.
- As estruturas adaptativas mais apropriadas para a sobrevivência desse grupo de plantas nas condições ambientais do referido ecossistema são:
- a) cascas finas e sem sulcos ou fendas.
 - b) caules estreitos e retilíneos.
 - c) folhas estreitas e membranosas.
 - x d) gemas apicais com densa pilosidade.
 - e) raízes superficiais, em geral, aéreas.
2. (Uece) O fenômeno da desdiferenciação celular consiste na reaquisição da capacidade de células adultas, já diferenciadas, voltarem ao estado embrionário. Isso ocorre na(s) seguinte(s) região(ões) meristemática(s) dos vegetais:
- a) procâmbio, originando o lenho e o súber.
 - b) protoderme, originando a epiderme dos vegetais.
 - x c) câmbio e felogênio, que constituem o meristema secundário nos vegetais.
 - d) meristema fundamental, produzindo os tecidos responsáveis pela fotossíntese, sustentação, armazenamento de substâncias, entre outros.
3. (UFV-MG) Correlacione os tecidos vegetais presentes na primeira coluna com suas respectivas funções na segunda coluna.
- | | |
|------------------------|--|
| 1. Parênquima aquífero | • Transporte de água e sais minerais |
| 2. Epiderme | • Sustentação com células vivas |
| 3. Xilema | • Crescimento da planta |
| 4. Colênquima | • Armazenamento de água |
| 5. Meristema apical | • Sustentação com células lignificadas |
| 6. Floema | • Revestimento |
| 7. Esclerênquima | • Transporte da seiva elaborada |
- A sequência **correta** é:
- x a) 3, 4, 5, 1, 7, 2 e 6.
 - b) 6, 3, 5, 1, 2, 4 e 7.
 - c) 3, 4, 1, 5, 6, 7 e 2.
 - d) 3, 5, 4, 1, 7, 6 e 2.
 - e) 6, 4, 5, 7, 1, 2 e 3.
4. (Uece) No cardápio da merenda de uma escola de Fortaleza, quarta-feira é o dia da fruta. Dentre as opções preferidas pelas crianças estão a pera, a maçã e o caju. Sobre essas frutas oferecidas na merenda, é correto afirmar-se que:
- a) são frutos verdadeiros, pois são comestíveis.
 - b) são frutos múltiplos, porque não foram polinizados.
 - c) não podem ser considerados frutos, e sim frutas, pois são doces.
 - x d) são pseudofrutos, já que sua parte comestível não se desenvolve do ovário.
5. (Unesp) Um rapaz apaixonado desenhou no tronco de um abacateiro, a 1,5 metro do chão, um coração com o nome de sua amada. Muitos anos depois, voltou ao local e encontrou o mesmo abacateiro, agora com o dobro de altura. Procurou pelo desenho que havia feito e verificou que ele se encontrava
- a) praticamente à mesma altura e mantinha o mesmo tamanho e proporções de anos atrás.
 - b) a cerca de 3 metros do chão e mantinha o mesmo tamanho e proporções de anos atrás.
 - c) a cerca de 3 metros do chão e mantinha as mesmas proporções, mas tinha o dobro do tamanho que tinha anos atrás.
 - d) a cerca de 3 metros do chão e não tinha as mesmas proporções de anos atrás: estava bem mais comprido que largo.
 - x e) praticamente à mesma altura, mas não tinha as mesmas proporções de anos atrás: estava bem mais largo que comprido.
6. (Uel-PR) A peroba-rosa (*Aspidosperma polyneuron*), símbolo presente no logotipo da Universidade Estadual de Londrina, foi intensamente explorada pela construção civil no início do povoamento de Londrina, devido à rigidez e à qualidade da madeira.
- Com relação à constituição do tronco de uma árvore, considere as afirmativas a seguir.
- I. Os três tecidos mais periféricos no tronco de uma árvore são: câmbio, floema e casca.
 - II. O tecido encontrado no centro do tronco é formado por vasos lenhosos mais antigos.
 - III. O tecido adjacente ao câmbio vascular apresenta vasos lenhosos ainda em atividade.

IV. O alburno, diferentemente do cerne, é duro e resistente ao ataque de decompositores.

Estão corretas apenas as afirmativas:

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

7. (UFPR) Atualmente, as angiospermas dominam o ambiente terrestre. Para isso, essas plantas desenvolveram, ao longo do processo evolutivo, características que lhes permitiram colonizar os diferentes biomas terrestres. Identifique, nas características listadas a seguir, aquelas que foram importantes para o desenvolvimento do atual processo reprodutivo das angiospermas.

1. Fase gametofítica masculina reduzida.
2. Presença de elementos traqueais, como os elementos de vasos e respectivas placas de perfuração.
3. Presença da cutícula – uma estrutura de revestimento –, que é uma substância graxa, de composição química de natureza complexa.
4. O produto da reprodução sexuada é protegido pelo fruto.
5. Desenvolvimento da estrutura floral, concomitante com o processo de polinização biótica.

Assinale a alternativa correta:

- a) Somente as afirmativas 1, 2 e 4 são verdadeiras.
- b) Somente as afirmativas 1, 3 e 5 são verdadeiras.
- x c) Somente as afirmativas 1, 4 e 5 são verdadeiras.
- d) Somente as afirmativas 2, 3 e 4 são verdadeiras.
- e) Somente as afirmativas 2, 3 e 5 são verdadeiras.

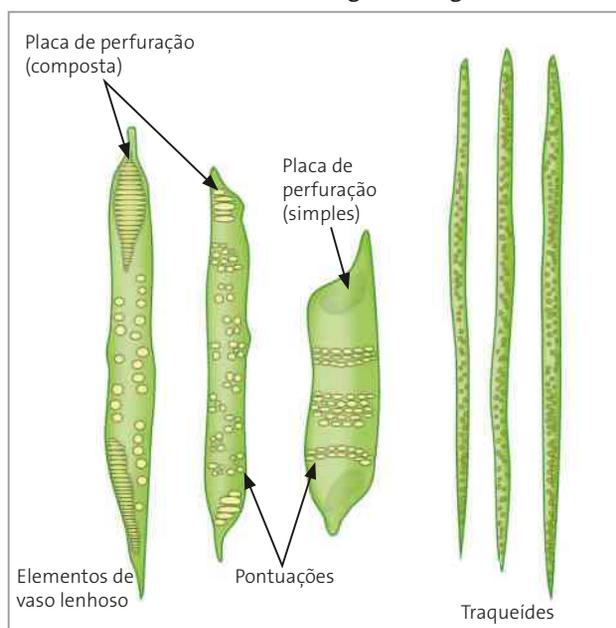
8. (UFPE) Todas as células de uma planta derivam dos meristemas. Os meristemas podem ser primários (originam-se diretamente de células embrionárias) e secundários. Com relação a esse tema, podemos afirmar:

- v as plantas vasculares jovens são revestidas pela epiderme, que é formada por células justapostas, achatadas e com grande vacúolo;
- v a periderme, revestimento que substitui a epiderme (quando há crescimento secundário), é constituída pelo felogênio, pelo feloderma e pelo súber;
- v os meristemas secundários, como por exemplo o felogênio, surgem por desdiferenciação de tecidos diferenciados, geralmente parênquimas;

F o câmbio vascular origina vasos liberianos (floema) para a região interna do caule, e vasos lenhosos (xilema) para a região externa dele;

F o parênquima aquífero ocorre principalmente em plantas que vivem em ambiente seco ou salino, enquanto o parênquima aerífero ocorre principalmente em plantas aquáticas.

9. (Uenal) O transporte de água e sais minerais através do corpo das plantas é um processo fundamental para o desenvolvimento delas. Esse transporte é feito por células especializadas do xilema chamadas traqueídes e elementos de vaso lenhoso, conforme mostra a figura a seguir:



Sobre este tema assinale a alternativa correta.

- a) O movimento da seiva no xilema ocorre por difusão célula a célula e por isso é um processo lento.
- b) A teoria da tensão-coesão é a mais aceita atualmente para explicar como a seiva bruta é levada até as folhas.
- c) A transpiração é um processo de perda de água na forma de vapor pelas folhas, que não possui nenhuma relação com o movimento de água pelo xilema.
- d) As células do xilema são todas vivas e possuem reforço de lignina em sua parede celular.
- x e) Nas folhas e caules, as principais estruturas responsáveis pela gutação (perda de água na forma líquida) são as lenticelas.

Fisiologia das angiospermas

Luciano Candisani



Figura 8.1. Analise atentamente esta fotografia. Por incrível que pareça, são plantas angiospermas aquáticas, fotografadas em águas cristalinas. Há as que estão submersas, as que flutuam e outras, cujas folhas ficam sobre a superfície da água, mas que estão fixas ao fundo por um longo pedúnculo. Esta bela imagem ilustra incríveis adaptações dessas plantas ao ambiente do Pantanal, onde a fotografia foi tirada. Estas plantas, típicas do Pantanal brasileiro, só se desenvolvem nas épocas de cheia, brotando assim que têm início as chuvas do verão. Na época da seca, quando os rios voltam aos seus leitos, nenhuma dessas plantas pode ser encontrada. O estudo da anatomia e da fisiologia das angiospermas tem como principal objetivo entender como essas e as demais plantas são e como vivem.



Pense nisso

- Além das plantas mostradas na fotografia acima, que outras angiospermas aquáticas você conhece? Cite exemplos.
- Imagine uma roseira infestada por pulgões em um jardim. Compare a forma como esses dois organismos diferentes obtêm o alimento de que necessitam para sobreviver. De onde retiram esse alimento?
- As folhas não são úmidas externamente, porém, ao partirmos uma, notamos umidade dentro dela. Como essa água foi parar na folha? Ela fica na folha eternamente? Explique sua resposta.
- Qual é a importância da luz para as plantas?
- Plantas como uma roseira fabricam hormônios. Você conhece algum hormônio vegetal? Se sim, você sabe qual a sua função?

1. Introdução

Neste capítulo, estudaremos a fisiologia das angiospermas ao discutir alguns dos principais mecanismos responsáveis por manter essas plantas vivas e adaptadas ao meio.

Primeiro trataremos da **nutrição** vegetal e depois abordaremos alguns aspectos do **crescimento** e do **desenvolvimento**.

Crescimento e desenvolvimento são termos aparentemente semelhantes, mas que dizem respeito a processos distintos. Crescimento relaciona-se com aumentos quantitativos de tamanho, volume e peso, que ocorrem ao longo da vida do organismo. Desenvolvimento relaciona-se com aumentos qualitativos representados pelo surgimento de novos caracteres, qualificando o organismo para o exercício de novas funções.

O crescimento e o desenvolvimento geralmente ocorrem associados, sendo muitas vezes difícil separar um processo do outro. Além disso, são mecanismos regulados por uma série de fatores, como genéticos, ambientais e hormonais.

Analise a **figura 8.2**, que resume algumas funções das plantas que estudaremos neste capítulo e que estão relacionadas com a nutrição. Primeiramente, veremos a transpiração, representada no esquema pelo trecho **A → B**; depois, a absorção, representada pelo trecho **C → D**; a condução da seiva do xilema, representada pelo trecho **D → A**; e a condução da seiva

do floema, representada pelos trechos **A → E**. Entre essas funções, a absorção e a condução de seiva do xilema estão relacionadas com a transpiração, que veremos a seguir.

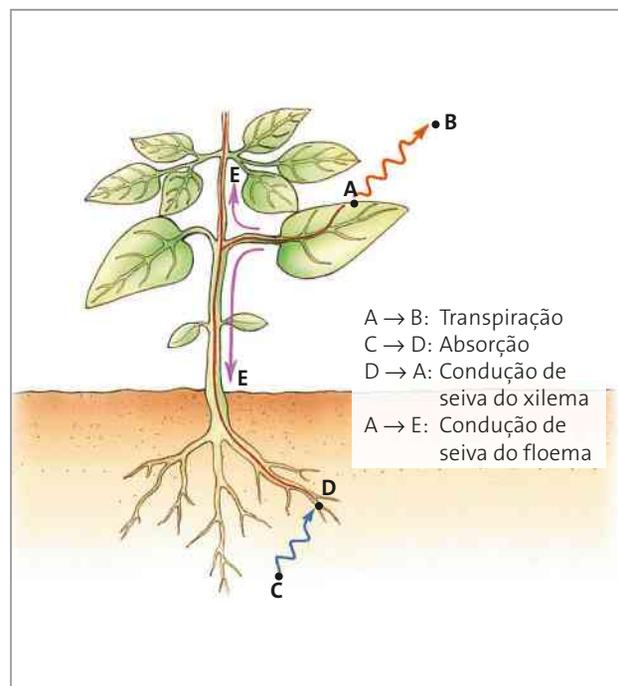


Figura 8.2. Esquema de absorção, condução de seiva do xilema e de seiva do floema e transpiração em plantas. (Cores fantasia.)

2. Transpiração

A transpiração corresponde à perda de água na forma de vapor.

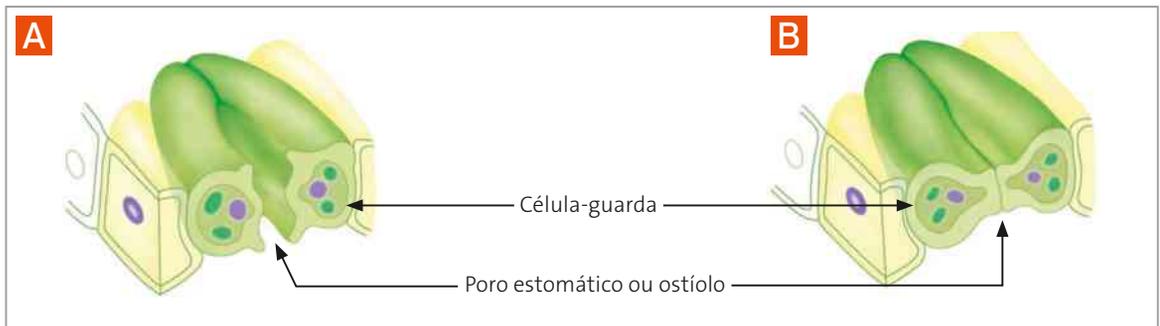
A menor disponibilidade de água e a grande perda desse líquido por transpiração foram dois dos principais problemas que as plantas enfrentaram durante sua adaptação ao ambiente terrestre no curso da evolução.

As plantas terrestres apresentam folhas com superfície ampla, adaptada à melhor absorção de luz e eficiente na obtenção de CO_2 do ar atmosférico, importantes para a realização da fotossíntese. No entanto, essa grande superfície das folhas trouxe como consequência intensa perda de água por transpiração. Estima-se que cerca de 90% da água absorvida pelas raízes seja perdida nas folhas na forma de vapor. Essa água precisa ser reposta por meio de um sistema que a absorva do solo e a conduza até as folhas, de modo rápido e eficiente. As funções de

absorção, condução e transpiração estão, portanto, estreitamente ligadas.

Na folha, a transpiração pode ocorrer pela cutícula que reveste a epiderme, recebendo o nome de **transpiração cuticular**, e pelos estômatos, sendo, então, denominada **transpiração estomática**. A transpiração cuticular é pouco intensa e independe do controle do organismo. A transpiração estomática é o principal mecanismo de perda de água pela planta e depende do controle do organismo.

A abertura e o fechamento dos estômatos são controlados por diversos fatores, sendo a água o principal deles. Se as plantas estiverem com suprimento adequado de água, as células-guarda (estomáticas) permanecerão túrgidas, mantendo o ostíolo (abertura entre as células estomáticas) aberto; com suprimento insuficiente, as células perdem água e, conseqüentemente, o turgor e fecham o ostíolo (Fig. 8.3).



▲ **Figura 8.3.** Esquema de estômatos em corte transversal, com base em observações ao microscópio de luz, mostrando, em **A**, as células-guarda túrgidas e o poro estomático aberto e, em **B**, as células-guarda flácidas e o poro estomático fechado. (Elementos representados em diferentes escalas; cores fantasia.)

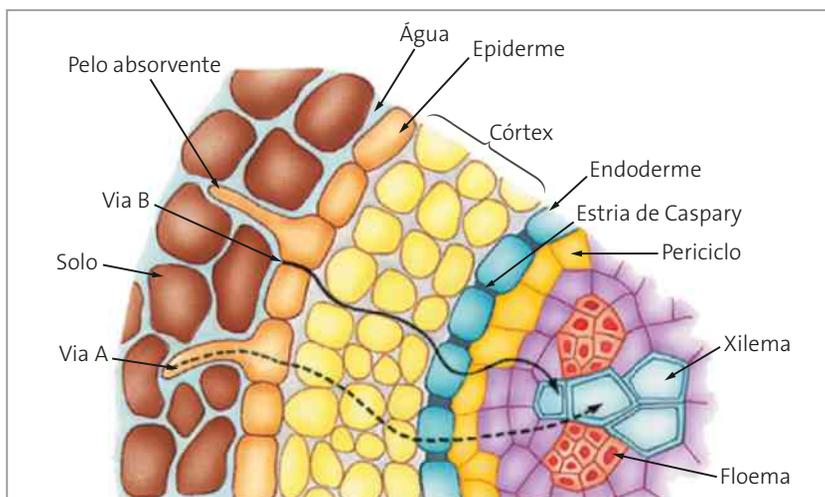
3. Absorção

Nas plantas vasculares, a absorção de água ocorre principalmente na zona dos pelos absorventes que existem nas partes mais jovens da raiz.

A **figura 8.4** mostra um esquema de corte transversal de uma raiz na região dos pelos absorventes e indica, por meio de setas, os caminhos percorridos pela água e pelos sais minerais absorvidos pela planta até chegarem ao interior do xilema.

Note que existem duas vias por meio das quais a água e os sais nela dissolvidos atingem o cilindro central:

- pela via **A** (linha pontilhada), essas substâncias **atravessam o citoplasma** das células do córtex da raiz; os sais são transferidos por **transporte ativo** de uma célula para outra, criando um gradiente de concentração que também resulta no fluxo da água de célula para célula por osmose;
- pela via **B** (linha contínua), água e sais minerais passam **por entre as paredes celulares** e não atravessam o citoplasma das células até chegar à endoderme; nesse caso, os sais são transportados por **difusão**.



◀ **Figura 8.4.** Esquema de corte transversal de raiz, na região dos pelos absorventes. (Elementos representados em diferentes escalas; cores fantasia.)

Por qualquer uma das vias, antes de atingirem o xilema, a água e os sais têm de passar pelo citoplasma das células da endoderme devido às estrias de Caspary.

Ao chegarem ao cilindro central, os sais minerais são transferidos por processo ativo para dentro do xilema, e a água é transferida por osmose. Forma-se, assim, a seiva do xilema, que será distribuída das raízes até as folhas.

Vários são os nutrientes minerais de que a planta necessita para o seu desenvolvimento normal. Alguns deles são necessários em grande quantidade e, por isso, recebem o nome de **macronutrientes**; outros são necessários em quantidades menores e, por isso, são chamados de **micronutrientes**.

Os macronutrientes minerais são o nitrogênio, o potássio, o fósforo, o cálcio, o enxofre e o magnésio; os micronutrientes minerais são o ferro, o manganês, o boro, o zinco, o cobre, o molibdênio e o cloro.

4. Condução da seiva do xilema

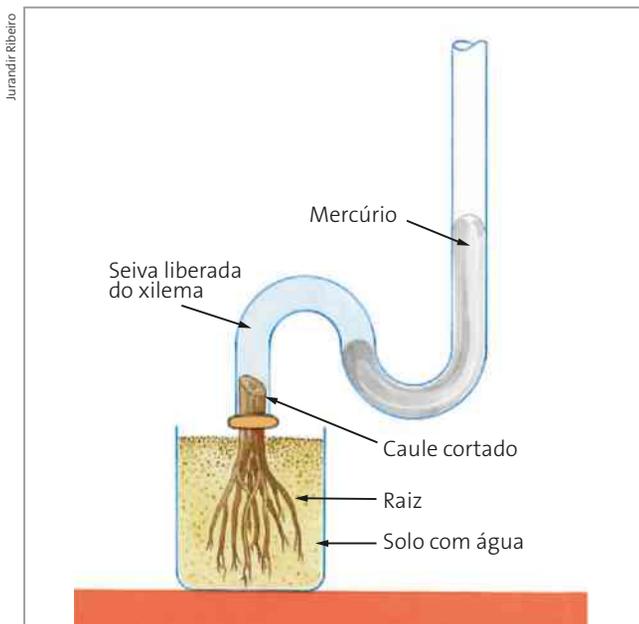
As células do xilema que conduzem água e sais minerais do ambiente para as partes das plantas – **traqueídes** e **elementos de vaso** – são mortas e apresentam reforços de lignina em suas paredes celulares. Essas células se dispõem formando longos tubos cilíndricos com diâmetro muito reduzido, desde as raízes até as folhas.

Há duas teorias para explicar como a seiva do xilema é transportada das raízes até as folhas:

- a água é empurrada da raiz para as folhas: **pressão positiva** ou impulso da raiz;
- a água é puxada por meio das folhas: **coesão-tensão-adesão** (teoria de Dixon).

A pressão positiva, ou impulso da raiz, está relacionada ao transporte ativo de sais para o interior do xilema da raiz, o que provoca aumento da concentração osmótica em relação à solução aquosa do solo. Com isso, há grande entrada de água por osmose, impulsionando a seiva do xilema para cima.

Pode-se medir experimentalmente essa pressão em um caule recém-cortado, como mostra a **figura 8.5**.



↗ **Figura 8.5.** Esquema para demonstração da pressão positiva da raiz: a água é absorvida pelas raízes da planta e sai pelo caule cortado, o que provoca a subida do mercúrio na coluna. A pressão da raiz é estimada em função da diferença entre as alturas inicial e final da coluna de mercúrio. (Elementos representados em diferentes escalas; cores fantasia.)

Esse fenômeno está restrito a algumas plantas de pequeno porte submetidas a certas condições especiais, como solos ricos em água e umidade do ar ele-

vada. Nessas condições, o excesso de seiva do xilema pode inclusive sair em forma de gotas pelos **hidatódios**, estômatos que perderam a capacidade de abertura e fechamento do poro estomático e que se localizam nas bordas das folhas de certas plantas, como o morangueiro (**Fig. 8.6**). Esse fenômeno é chamado **gutação**. Ele ocorre quando a transpiração é muito lenta ou ausente, o que em geral acontece durante a noite, especialmente quando a temperatura está baixa e a umidade relativa do ar é elevada.



↗ **Figura 8.6.** Fotografia de folha de morangueiro com gotículas de seiva do xilema em suas bordas. Essas gotas saíram pelos hidatódios. Cada folíolo mede cerca de 4 cm de comprimento

A pressão positiva da raiz não é suficiente para elevar a água até a copa de árvores altas. Além disso, algumas plantas, como os pinheiros, não apresentam esse mecanismo. Assim, essa teoria não pode ser usada para explicar a condução da seiva do xilema de forma generalizada. A pressão da raiz só pode ser considerada um meio auxiliar de condução em condições especiais e um mecanismo que contribui para a absorção da água resultante do bombeamento ativo de íons para o interior do xilema.

A teoria da coesão-tensão-adesão é a que melhor explica a condução da seiva do xilema. Essa teoria se pauta nas propriedades físico-químicas das moléculas de água, no fato de as células condutoras de seiva do xilema formarem tubos finos e no processo de transpiração, que atuaria como uma forma de sucção da água. Os vasos do xilema são muito finos (capilares), e a água sobe por capilaridade, processo que se deve às propriedades de adesão das moléculas de água às paredes dos

capilares e à coesão que existe entre as próprias moléculas de água. Nas folhas, a perda de água por transpiração faz com que a concentração osmótica de suas células aumente. Com isso, as folhas tendem a absorver, por osmose, água do xilema e, então, sua concentração acaba ficando menor. Como as moléculas de água ficam muito coesas, elas permanecem unidas entre si e são puxadas sob tensão. Forma-se, assim, uma coluna contínua de água no interior do xilema, desde as raízes até as folhas (Fig. 8.7).

Sob essas condições, a água é absorvida do solo rapidamente, mesmo por raízes mortas ou até sem a presença de raiz. Se cortarmos transversalmente o caule de uma planta sob a água, esta subirá até as folhas. É o que devemos fazer para colocar ramos de flores em vasos com água. Esse corte feito sob a água não permite a entrada de ar no xilema, pois, se isso acontecer, a condução de água ficará interrompida.

Segundo a teoria da coesão-tensão-adesão, portanto, os processos de absorção e condução de seiva do xilema estão relacionados com a transpiração.

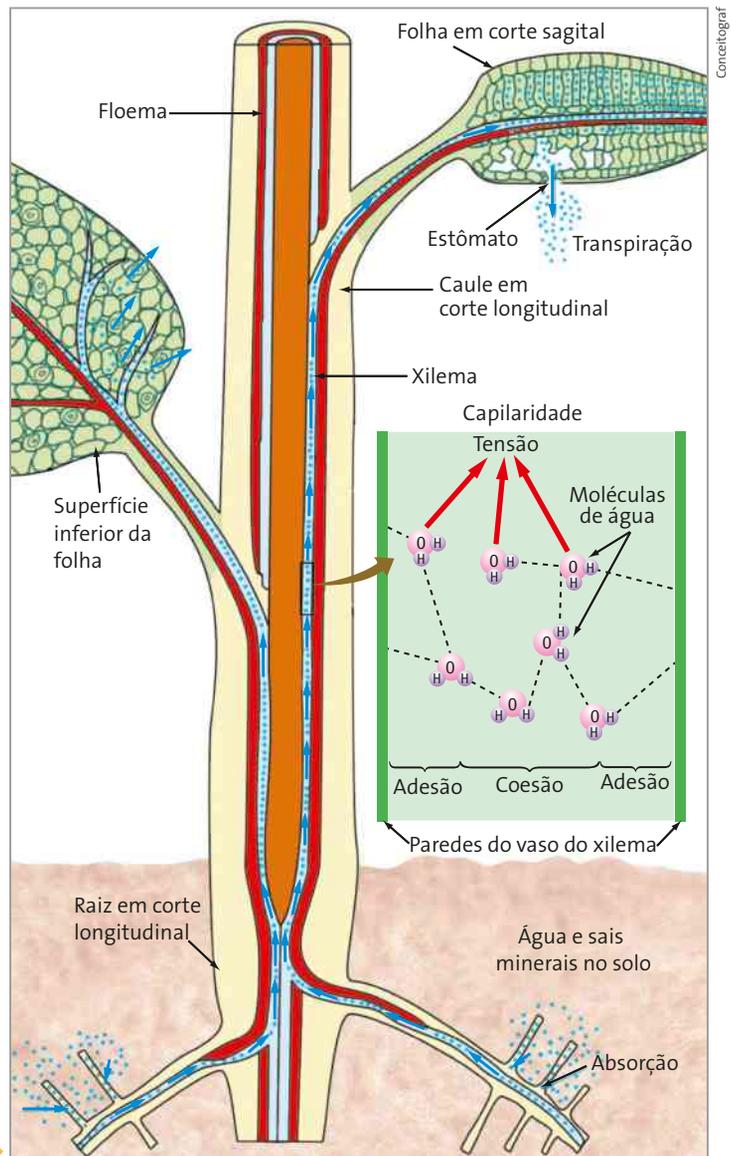


Figura 8.7. Esquema de planta mostrando o processo da transpiração, da absorção e do transporte de seiva do xilema. (Elementos representados em diferentes escalas; cores fantasia.)

Colocando em foco

HIDROPONIA, A TÉCNICA DE CULTIVAR PLANTAS SEM TERRA

A palavra “hidroponia” deriva do grego *húdor* = água e *pónos* = trabalho, significando trabalho em água. Na hidroponia, as plantas são cultivadas sem terra (Fig. 8.8), mas em algum substrato (como cascalho, areia, pedra-pomes etc.) ao qual são adicionadas soluções aeradas contendo os nutrientes minerais necessários para o desenvolvimento normal. É um sistema eficiente para produzir verduras, frutas, flores, ervas aromáticas e plantas ornamentais de excelente qualidade, em espaços reduzidos e sem agredir nem alterar o meio ambiente.



Figura 8.8. Fotografia de cultura hidropônica de morangos em Silveira Martins (RS), em 2014.

A hidroponia é considerada por muitos um sistema de produção agrícola importante nos contextos ecológico, econômico e social. Considera-se que tal importância esteja baseada na grande flexibilidade desse sistema, ou seja, na possibilidade de aplicá-lo com êxito em condições muito distintas e para usos diversos.

A hidroponia apresenta uma série de vantagens, como:

- possibilita a produção de alimentos em zonas áridas, de clima temperado ou frio;
- permite a implementação da agricultura em lugares onde ela não é praticável por debilidade do solo;
- não depende de fenômenos meteorológicos;
- permite colheitas fora de estação ou de temporada;
- não provoca erosão do solo como os cultivos nele realizados;
- proporciona grande economia de água por conta de sua reutilização, contribuindo, assim, para a solução de problemas de conservação de recursos naturais;
- permite a utilização de nutrientes naturais, dispensando o uso de fertilizantes;
- possibilita maior higiene no manejo do cultivo, desde a semeadura até a colheita;
- permite que se cultive próximo ao local de consumo, reduzindo os custos com transporte.

Assim, as técnicas hidropônicas têm se mostrado uma alternativa bastante viável em diversas situações, garantindo a tendência de aumento de sua utilização nas diversas práticas de cultivo de plantas.

5. Condução da seiva do floema

A seiva do floema, rica em açúcares produzidos na fotossíntese, é conduzida das folhas para as demais partes da planta pelos elementos crivados do floema (ou líber).

Nas eudicotiledôneas e nas gimnospermas, os vasos liberianos localizam-se na casca do caule, enquanto os vasos lenhosos, que conduzem a seiva do xilema, localizam-se mais internamente.

Retirando-se a camada externa ao xilema, ao longo de um anel completo ao redor do caule (**anel de Malpighi**), podemos notar, após algumas semanas, que a periferia do caule logo acima do corte fica com acúmulo de seiva do floema, o que estimula a formação de tecido no local (Fig. 8.9).

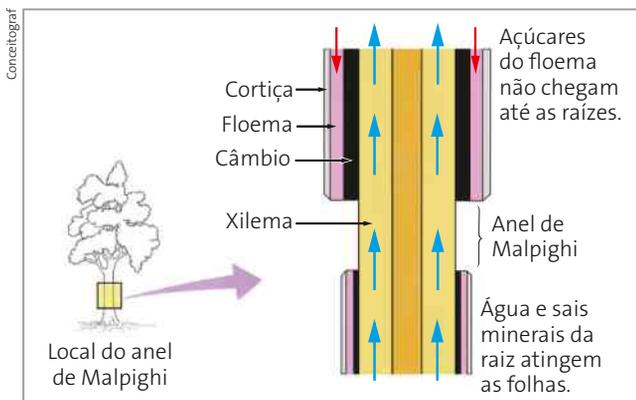


Figura 8.9. Esquema de corte longitudinal para mostrar a movimentação da seiva do xilema (indicada por setas azuis) e da do floema (indicada por setas vermelhas). (Elementos representados em diferentes escalas; cores fantasia.)

As folhas continuam a receber a seiva do xilema, mas as raízes e as demais partes abaixo do corte deixarão de receber a seiva do floema. Dessa forma, por falta de nutrição das raízes, a planta morrerá.

A condução da seiva do floema é denominada **translocação**. A explicação mais aceita para a translocação foi proposta em 1927 pelo botânico alemão Ernst Munch (1876-1946), e é denominada **teoria do fluxo em massa**, teoria do fluxo por pressão ou, ainda, teoria do equilíbrio osmótico. Segundo essa teoria, a seiva do floema move-se pelos vasos liberianos, ao longo de um gradiente decrescente de concentração, desde o local em que é produzida (concentração alta) até o local em que é consumida (concentração baixa) (Fig. 8.10).

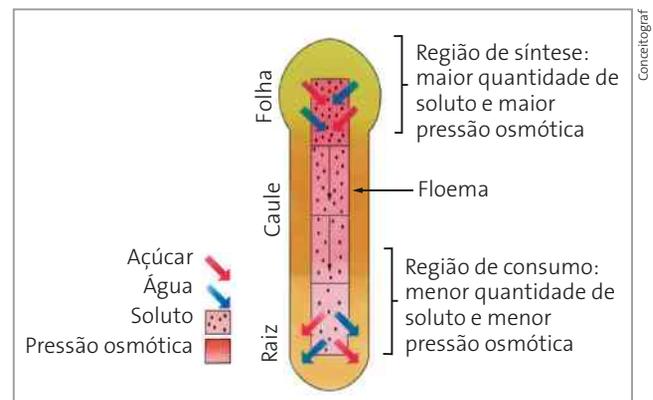


Figura 8.10. Esquema mostrando a relação entre a diferença de pressão osmótica na folha e na raiz da planta e o transporte de seiva no floema. (Elementos representados em diferentes escalas; cores fantasia.)



Interpretando uma montagem experimental

A hipótese do fluxo em massa pode ser demonstrada usando um modelo físico simples. Nele são acoplados dois balões (denominados **A** e **B**), feitos com membranas semipermeáveis, a um tubo de vidro em **U** (Fig. 8.11).

No balão **A** coloca-se uma solução concentrada de açúcar e no **B**, água destilada. Esses balões, assim montados, são mergulhados em um recipiente contendo água destilada.

Verifica-se que a água do recipiente penetra por osmose no balão **A**, onde a pressão osmótica é maior. A entrada de água em **A** determina o deslocamento da solução de açúcar pelo tubo em **U** em direção ao balão **B**, onde a pressão osmótica é inicialmente nula.

Questões

Professor(a), veja nas Orientações didáticas os comentários e as respostas das questões dissertativas.

- Nessa montagem experimental, a qual estrutura da planta corresponde:

- o balão **A**?
- o balão **B**?
- o tubo em **U**?

Justifique suas respostas.

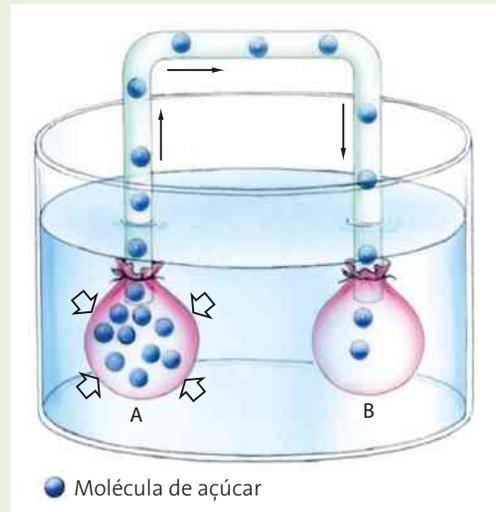


Figura 8.11. Modelo para demonstração da hipótese do fluxo em massa. (Elementos representados em diferentes escalas; cores fantasia.)

Conceitograf

Nas plantas, o açúcar é produzido nas folhas e passa por transporte ativo para o interior dos tubos crivados. Com isso, a concentração nesse local aumenta e ocorre entrada de água por osmose do xilema para o floema, o que “empurra” a seiva pelas células do floema.

Nas raízes, o açúcar sai do floema por transporte ativo e é consumido ou armazenado. A concentração da seiva do floema diminui, reduzindo a pressão osmótica no interior dos tubos crivados.

A diferença de pressão osmótica estabelecida entre o local de síntese (folha) e o de consumo (raiz) determinará o deslocamento da solução de açúcar em direção ao local com pressão mais baixa, que é o de consumo.

É importante lembrar que esse transporte não acontece somente das folhas para a raiz. Pode ocorrer, por exemplo, da folha para o ápice de um ramo em crescimento, que é também uma região de consumo (Fig. 8.12).

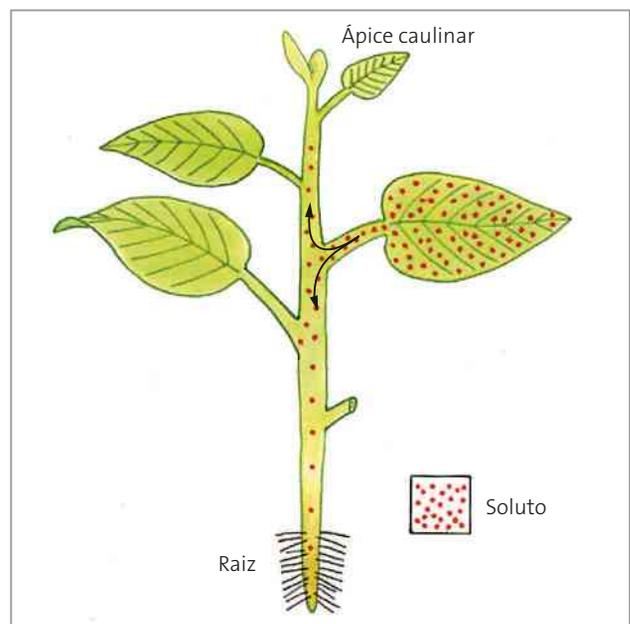


Figura 8.12. Esquema da condução de seiva do floema — sempre feita da região de síntese para a de consumo. (Elementos representados em diferentes escalas; cores fantasia.)

Jurandir Ribeiro

6. Fotossíntese X respiração

Os alimentos produzidos por fotossíntese são utilizados pela própria planta para a execução das diferentes funções vitais. A liberação da energia desses alimentos é feita pela respiração celular. A nutrição e o desenvolvimento da planta dependem, em grande parte, do equilíbrio entre estes dois processos: a fotossíntese, que depende da luz, e a respiração, que não depende da luz (Fig. 8.13).

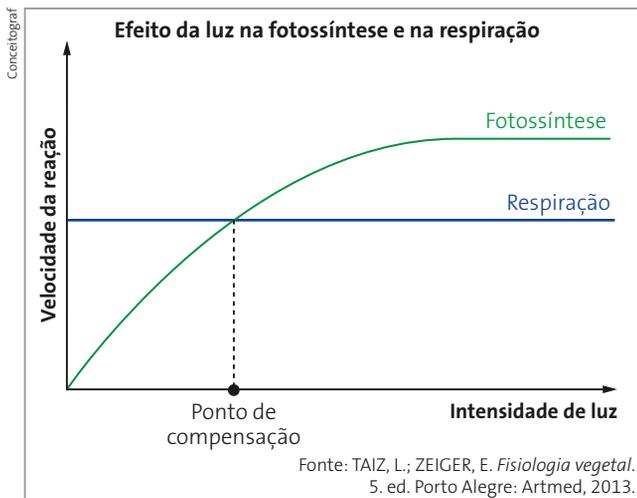


Figura 8.13. Gráfico mostrando o efeito da intensidade de luz na velocidade da fotossíntese; a intensidade luminosa não altera a velocidade da respiração.

Aumentando-se a intensidade luminosa, há aumento da taxa de fotossíntese até certo ponto, quando esta passa a ser constante. Esse limite está relacionado a outros fatores que interferem na taxa de fotossíntese, sendo o principal deles o gás carbônico. Estando a planta em condições ideais de intensidade luminosa e de temperatura (valores acima de 35 °C causam desnaturação proteica e a fotossíntese cessa, pois depende de enzimas), o atual teor de CO₂ do ar atmosférico é um fator limitante para a fotossíntese.

A intensidade luminosa na qual a taxa de fotossíntese se iguala à da respiração é denominada **ponto de compensação fótica (PC)**. Nessa intensidade de luz, todo o oxigênio produzido por fotossíntese é consumido pela respiração, e todo o gás carbônico produzido por respiração é consumido pela fotossíntese.

O valor do PC varia dependendo da espécie de planta. Existem as chamadas plantas de sol, ou **heliófilas** (*helios* = sol; *philo* = amigo), que só se desenvolvem bem com muita luz e têm PC elevado. Já as chamadas plantas de sombra, ou **umbrófilas** (*umbro* = sombra), desenvolvem-se bem, mesmo com pouca luz, e apresentam PC baixo.

7. Hormônios vegetais

Os hormônios vegetais (ou **fitormônios**) atuam sobre o crescimento e o desenvolvimento das plantas. Os principais são: **auxinas, giberelinas, citocininas, etileno** e **ácido abscísico**. Vamos focar nosso estudo nas auxinas.

7.1. Auxinas

Existem vários tipos de auxinas naturais, produzidas pela própria planta, embora existam também auxinas sintéticas, fabricadas em laboratório.

A principal auxina natural é o **AIA** (ácido-indolil-acético), produzido no ápice caulinar, em folhas jovens e em sementes em desenvolvimento.

São vários os efeitos das auxinas sobre as plantas:

- **crescimento do caule e da raiz:** promovem o **alongamento** das células, mas não sua divisão; baixas concentrações de auxinas podem ser suficientes para estimular o crescimento da raiz, mas não do caule. No entanto, nos dois casos existe uma concentração ótima de auxina, em que a resposta de crescimento atinge o máximo. Acima dessa concentração ótima há efeito contrário, com inibição do alongamento celular, e não ocorre crescimento do órgão, como mostra o gráfico representado na figura 8.14. Note que há uma faixa de concentração de AIA na qual o alongamento é estimulado no caule e, ao mesmo tempo, inibido na raiz.

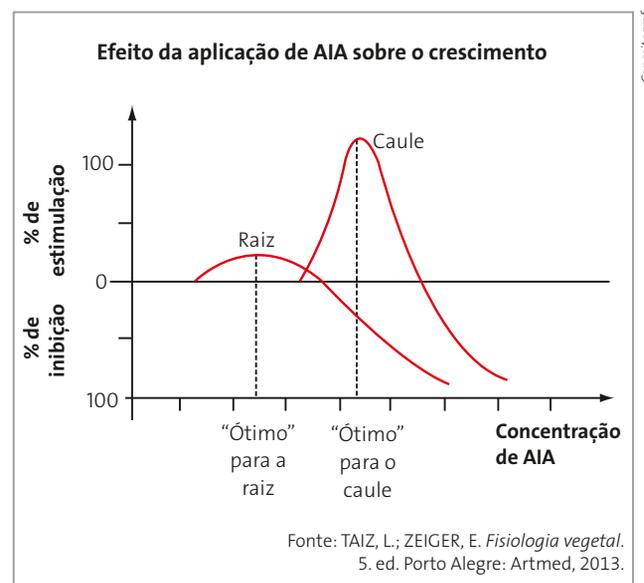
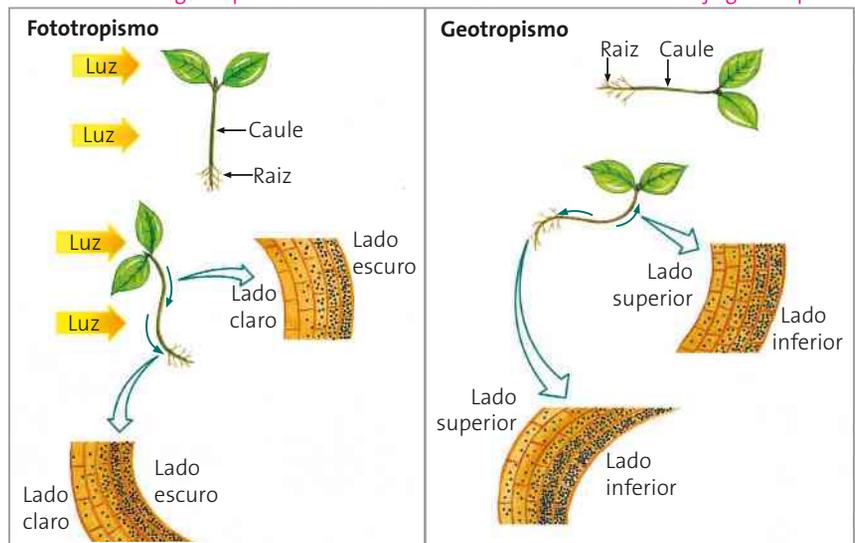


Figura 8.14. Gráfico do efeito da aplicação de diferentes concentrações de AIA sobre o crescimento da raiz e do caule.

Professor(a), nas Orientações didáticas há uma atividade extra sobre geotropismo e estiolamento. Realize-a com os estudantes se julgar adequado.

- **tropismos:** as auxinas controlam os tropismos, que são movimentos orientados por um estímulo e que ocorrem em função do crescimento. São exemplos de estímulos a luz (**fototropismo**) e a força da gravidade da Terra (**geotropismo** ou **gravitropismo**) (Fig. 8.15).

Figura 8.15. Esquemas de fototropismo e geotropismo. Os pontos pretos representam a concentração do hormônio. (Elementos representados em diferentes escalas; cores fantasia.)



Ilustrações: Osni de Oliveira

- **dominância apical:** auxinas produzidas pelo meristema apical do caule e transportadas em direção à raiz inibem a atividade das gemas axilares mais próximas do ápice. Ao se retirar a gema apical, verifica-se que as gemas axilares saem do estado de dormência, originando ramos laterais, folhas e flores. É com base nesse princípio que se efetua a poda das plantas, pois com a poda da gema apical a planta desenvolve ramos laterais.
- **produção de raízes adventícias:** as auxinas fazem grupos de células se desdiferenciarem, voltando a exercer atividade meristemática, formando raízes adventícias.
- **formação de frutos:** após a fecundação, os óvulos dão origem às sementes, que durante seu desenvolvimento produzem grande quantidade de auxina. Das sementes, esse hormônio passa para a parede do ovário, estimulando a distensão de suas células e contribuindo para a formação do fruto. Aplicadas diretamente em ovários, sem que ocorra a fecundação, essas auxinas promovem a formação de frutos sem sementes, ou seja, a partenocarpia.
- **abscisão** (amputação, separação, poda natural): as folhas mais velhas passam a apresentar concentrações de auxina inferiores às encontradas no caule, o que determina a formação de uma camada de abscisão no ponto de inserção do pecíolo e as folhas caem.



Colocando em foco

TROPISMO, TACTISMO E NASTISMO

Os tropismos são **movimentos orientados** por estímulos, e esses movimentos ocorrem em função do crescimento das células. Já comentamos a respeito do estímulo da luz, que causa o fototropismo, e do estímulo da força da gravidade, que causa o geotropismo. Esses movimentos não causam deslocamento da planta.

Os **tactismos** são deslocamentos orientados como respostas a estímulos do meio, caso do deslocamento de euglenas em direção à luz de intensidade adequada ou da fuga delas em intensidade luminosa excessiva.

Os **nastismos** são movimentos não orientados que ocorrem como respostas a estímulos, independentemente de sua direção. Um exemplo de nastismo é o processo de fechamento das folhas da planta carnívora *Dionaea muscipula*. Outro exemplo ocorre nas chamadas “plantas sensitivas”, ou “dormideiras”, como a *Mimosa pudica* (Fig. 8.16).

Figura 8.16. Fotografia de folhas da planta sensitiva (*Mimosa pudica*). Na imagem, percebe-se o fechamento dos folíolos quando tocados, um exemplo de nastismo. Essa planta mede cerca de 1 m de altura.



Fabio Colombini

7.2. Outros fitormônios

O quadro a seguir (Fig. 8.17) resume os efeitos e os locais de produção de outros hormônios vegetais.

Hormônio	Local de produção e efeito
Giberelinas	Produzidas em meristemas, folhas jovens, sementes imaturas e frutos. Estimulam o alongamento e a divisão celular. Promovem alongamento caulinar, germinação de sementes, crescimento de folhas, produção de flores e frutos (também induzem a partenocarpia).
Citocininas	Produzidas nas raízes e conduzidas para toda a planta. Estimulam a divisão e a diferenciação celular, a diferenciação e o crescimento das raízes; induzem o desenvolvimento de gemas laterais e retardam o envelhecimento da planta.
Etileno	Gás produzido em várias partes das plantas. Atua na indução do amadurecimento de frutos e promove a abscisão foliar.
Ácido abscísico (ABA)	Produzido nas folhas, no caule e no ápice radicular. Inibe o crescimento das plantas, induzindo a dormência de gemas e de sementes. Induz o fechamento dos estômatos.

Figura 8.17. Quadro apresentando alguns hormônios vegetais e seus efeitos nas plantas.

8. Efeitos da luz sobre o desenvolvimento da planta

A importância da luz não está restrita apenas ao papel que ela exerce na fotossíntese, mas também na morfogênese, ou seja, no desenvolvimento das formas e da estrutura da planta. Os principais efeitos morfo-genéticos da luz referem-se à germinação das sementes, ao estiolamento, ao desenvolvimento normal e à floração.

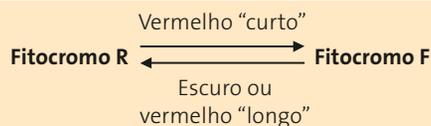
Esses efeitos estão relacionados à captação da luz por um pigmento especial de coloração azul-esverdeada, denominado **fitocromo**. Quimicamente, o fitocromo é uma proteína associada a um radical não proteico, semelhante ao do pigmento ficocianina encontrado nas cianobactérias e algas vermelhas. O fitocromo parece ocorrer principalmente associado à membrana plasmática ou a membranas de organelas celulares, como plastos e vacúolo.

As células que apresentam maior concentração de fitocromo são as meristemáticas, embora esse pigmento também esteja presente em cotilédones, coleótilos, raízes, caules, folhas e frutos.

O fitocromo ocorre sob duas formas: a inativa, chamada **fitocromo R**, e a ativa, chamada **fitocromo F**.

O fitocromo **R** transforma-se em fitocromo **F** ao absorver luz vermelha de comprimento de onda ao redor de 660 nanômetros (vermelho “curto”). O fitocromo **F** desencadeia algumas respostas fisiológicas das plantas, como comentaremos a seguir. Ele pode ser convertido em fitocromo **R** ao absorver luz verme-

lha de comprimento de onda ao redor de 760 nanômetros (vermelho “longo”) ou se permanecer no escuro.



Durante o dia, as plantas recebem tanto o vermelho “curto” como o vermelho “longo”, mas o equilíbrio fica deslocado para o fitocromo **F**. Durante a noite, esse fitocromo converte-se em fitocromo **R**.

Analisaremos os efeitos da luz sobre as plantas agora.

8.1. Luz e germinação das sementes: fotoblastismo

O efeito da luz sobre a germinação das sementes é denominado **fotoblastismo**.

Algumas sementes germinam apenas quando estimuladas pela luz, como as de alface, bétula e estêvia; elas são chamadas fotoblásticas positivas. Outras, como as de melancia, no entanto, têm a germinação inibida pela luz; elas são chamadas fotoblásticas negativas.

Na presença de luz, o fitocromo **F** acumula-se nas sementes, induzindo a germinação das fotoblásticas positivas e inibindo a das fotoblásticas negativas.

8.2. Luz e estiolamento

Estiolamento é o conjunto das características apresentadas por uma planta que se desenvolve no escuro.

As principais características de uma planta estiolada são: ausência de clorofila, apresentando cor branco-amarelada, folhas pequenas, caule muito mais longo do que o normal e ápice caulinar em forma de gancho (Fig. 8.18).

O estiolamento é um mecanismo adaptativo; por meio dele, na germinação de sementes enterradas profundamente no solo, as plantas jovens alongam-se rapidamente em direção à superfície, sem formar folhas, que poderiam ser danificadas pelo atrito com os grãos de terra. Além disso, o ápice caulinar em forma de gancho protege os primórdios foliares e o meristema apical contra o atrito com o solo.

Ao receber luz, a planta passa a ter desenvolvimento normal.

Na presença de luz ou do comprimento de onda correspondente ao vermelho “curto”, maior quantidade do fitocromo **R** transforma-se em **F** e a planta tem desenvolvimento normal. Quando a planta está no escuro, ou submetida ao comprimento de onda do vermelho “longo”, maior quantidade de fitocromo **F** se transforma em fitocromo **R** e a planta apresenta o estiolamento.

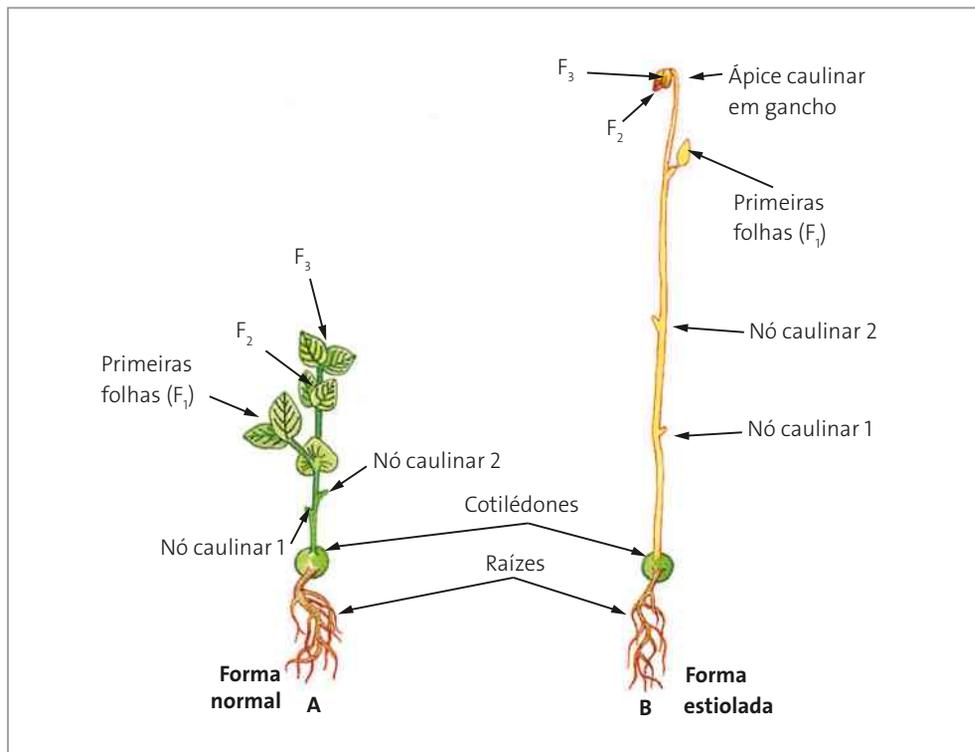
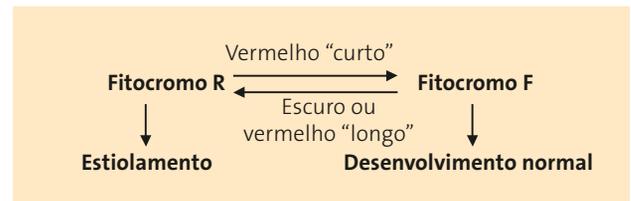


Figura 8.18. Esquema da germinação de sementes de ervilha na luz (A) e no escuro (B). (Elementos representados em diferentes escalas; cores fantasia.)

8.3. Luz e floração: fotoperiodismo

Fotoperiodismo é um conjunto de respostas biológicas relacionadas com a duração dos dias e das noites, a qual varia ao longo das estações do ano. Os fitocromos possibilitam à planta perceber as variações de períodos claros e escuros e influenciam a floração.

Logo no início dos estudos sobre fotoperiodismo, os pesquisadores acreditavam que o fator determinante da floração era a duração do dia. Somente depois é que

verificaram que as plantas apresentam um fotoperíodo crítico, relacionado com a duração do período de escuro, ou seja, o fator determinante é a duração da noite.

Quanto ao fotoperiodismo, as plantas podem ser classificadas em neutras, de dias curtos ou de dias longos.

As **plantas neutras** florescem independentemente do comprimento da noite. É o caso do tomate, do feijão e do milho.

As **plantas de dia curto** florescem quando são submetidas a um período de escuro igual ou superior a determinado valor crítico, chamado **fotoperíodo crítico**. É o caso do picão, do morango, do crisântemo e da primula (Fig. 8.19).

As **plantas de dia longo** florescem quando são submetidas a um período de escuro inferior ao fotoperíodo crítico. É o caso do espinafre, da alface, do trigo e da cevada (Fig. 8.20).

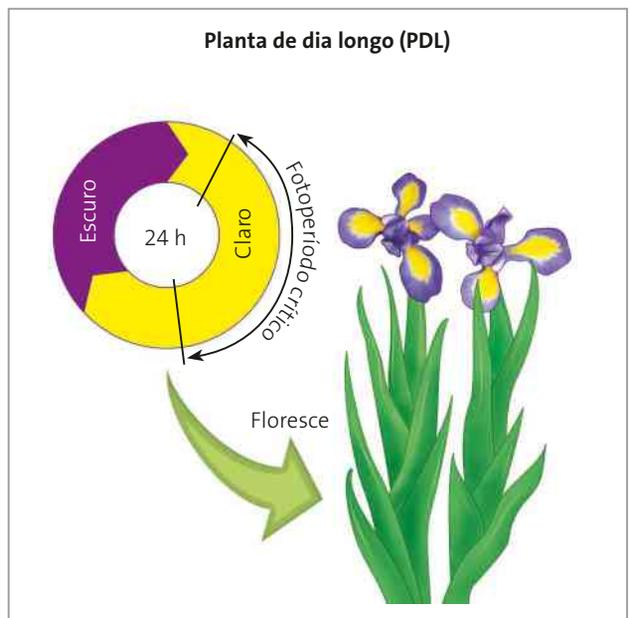
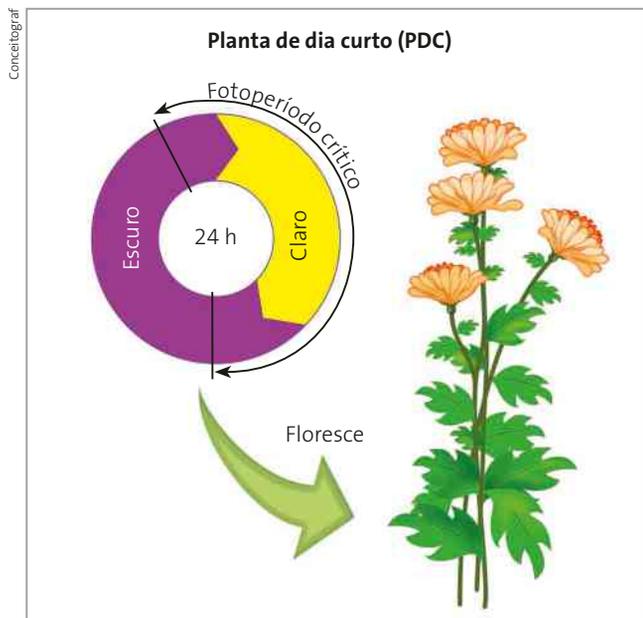
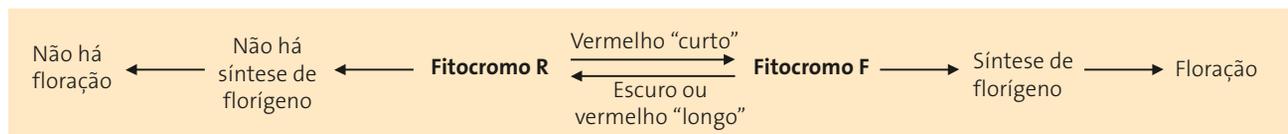


Figura 8.19. Plantas de dia curto florescem quando os períodos de escuro são longos. (Cores fantasia.)

Figura 8.20. Plantas de dia longo florescem quando os períodos de escuro são curtos. (Cores fantasia.)

A interação entre os fitocromos, os florígenos e a floração pode ser resumida do seguinte modo:



Tema para discussão

REGISTRE NO CADERNO

Um triste exemplo de conhecimento biológico mal utilizado

Os conhecimentos biológicos, desde que bem empregados, podem possibilitar convívio harmônico do ser humano com os demais seres vivos e com os fatores abióticos do meio. Apesar de muitas atitudes corretas e de esforços despendidos, isso nem sempre ocorre, infelizmente.

Vamos relembrar aqui a guerra do Vietnã, que durou cerca de 20 anos, de 1954 a 1975, com intervalos entre o final dos anos 50 e o início dos anos 60. Durante essa guerra, aviões pulverizaram sobre o território vietnamita mais de 50 milhões de litros de um potente desfolhante: o agente laranja. Essa ofensiva fazia parte de uma estratégia para destruir as extensas áreas de floresta que serviam de esconderijos aos guerrilheiros. Essa táti-

ca, portanto, era usada para localizar os inimigos. O primeiro efeito que o agente laranja provoca é a queda das folhas, seguida da morte da planta. Esse produto foi desenvolvido tomando como base a atuação dos fitormônios na abscisão foliar.

O agente laranja é um composto formado por duas substâncias sintéticas: o 2,4-D e o 2,4,5-T. O primeiro é muito empregado como herbicida, matando ervas daninhas de folhas largas; já o 2,4,5-T vem acompanhado de dioxina, um potente agente teratogênico (capaz de provocar malformações) que permanece por muito tempo no meio ambiente. Os dois compostos, atuando em conjunto, provocam não somente a queda das folhas, como também tumores nas plantas.

A guerra do Vietnã faz parte do passado, mas os efeitos da dioxina utilizada no desfolhante continuam a causar prejuízos a áreas do Vietnã, do Laos e do Camboja. Os resíduos da dioxina provocaram degradação ambiental intensa, contaminando solo, plantas, água de rios, riachos e córregos. Os seres humanos e os demais animais que consumiram e ainda consomem alimentos contaminados podem gerar descendentes com malformações.

Em 1972, a Convenção de Armas Biológicas e Químicas de Genebra proibiu a produção e esto-

cagem de armas químicas e biológicas no mundo. No entanto, casos de desrespeito a essa convenção vêm sendo observados.

A necessidade de se desenvolver uma postura ética diante do conhecimento biológico se faz mais clara a cada dia. Na medida em que esse conhecimento avança, a capacidade do ser humano de modificar o ambiente aumenta e, embora essas modificações possam proporcionar muitos benefícios, elas também podem causar grandes prejuízos, quando mal utilizadas.

Professor(a), veja nas Orientações didáticas os comentários e as respostas das questões dissertativas.

- Reúna-se com os colegas de grupo, discutam a respeito da interferência do ser humano no meio ambiente e na manipulação dos seres vivos. Depois, troquem informações a respeito de como se pode tentar estabelecer uma relação harmônica objetivando a preservação do meio ambiente e dos seres vivos. Essa troca de ideias pode ser feita em sala de aula ou em fóruns de discussão na internet, coordenados pelo(a) professor(a).



Retomando

Neste capítulo, você viu que as angiospermas apresentam mecanismos fisiológicos complexos, fundamentais na adaptação ao meio em que vivem. Use o conhecimento que adquiriu com esse estudo e reformule as respostas que deu às perguntas da seção **Pense nisso**. Como uma planta pode se comportar quando há falta de água? E quando há excesso de luz?



Ampliando e integrando conhecimentos

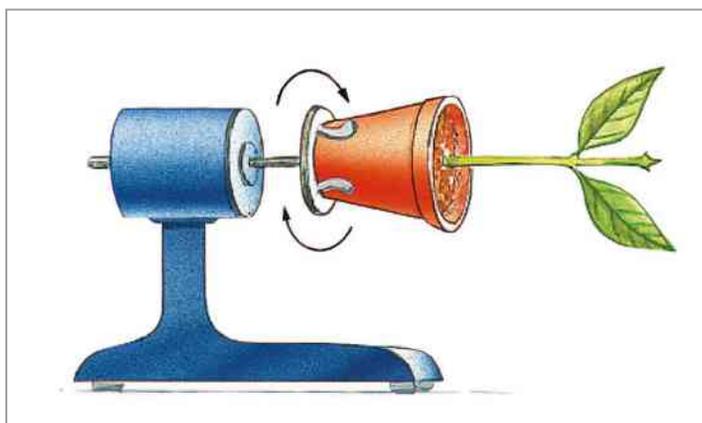
REGISTRE
NO CADERNO



Atividade 1 Geo e fototropismo Habilidades do Enem: H14, H15, H17

Na montagem experimental ao lado, uma planta foi colocada em posição horizontal, adaptada a um disco giratório.

Considere que, no mesmo dia da montagem, outro vaso com planta semelhante a esse foi colocado na horizontal, sobre uma mesa. As duas plantas ficaram expostas às mesmas condições de luz e umidade. Passados alguns dias, as plantas foram cuidadosamente retiradas dos vasos. Na planta que ficou sobre a mesa, a raiz cresceu apresentando uma curvatura voltada para baixo e o caule, para cima. Na planta que ficou girando, a raiz cresceu na mesma direção do caule, sem curvaturas. Explique os resultados obtidos.

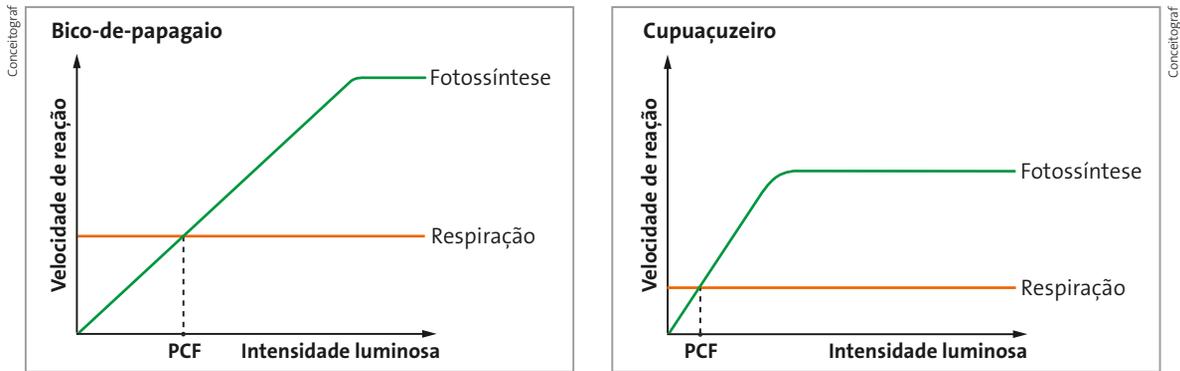


Walter Caldeira

- ⤴ Esquema da montagem experimental no qual a planta, em posição horizontal, está acoplada a um disco giratório.

Atividade 2 Sobre o ponto de compensação Habilidades do Enem: H15, H17, H25, H29.

Observe os dois gráficos a seguir (eixos nas mesmas escalas), que indicam o ponto de compensação fótica (PCF) de duas plantas: o bico-de-papagaio e o cupuaçuzeiro ainda jovem.



Fonte: TAIZ, L.; ZEIGER, E. *Fisiologia vegetal*. 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2013.

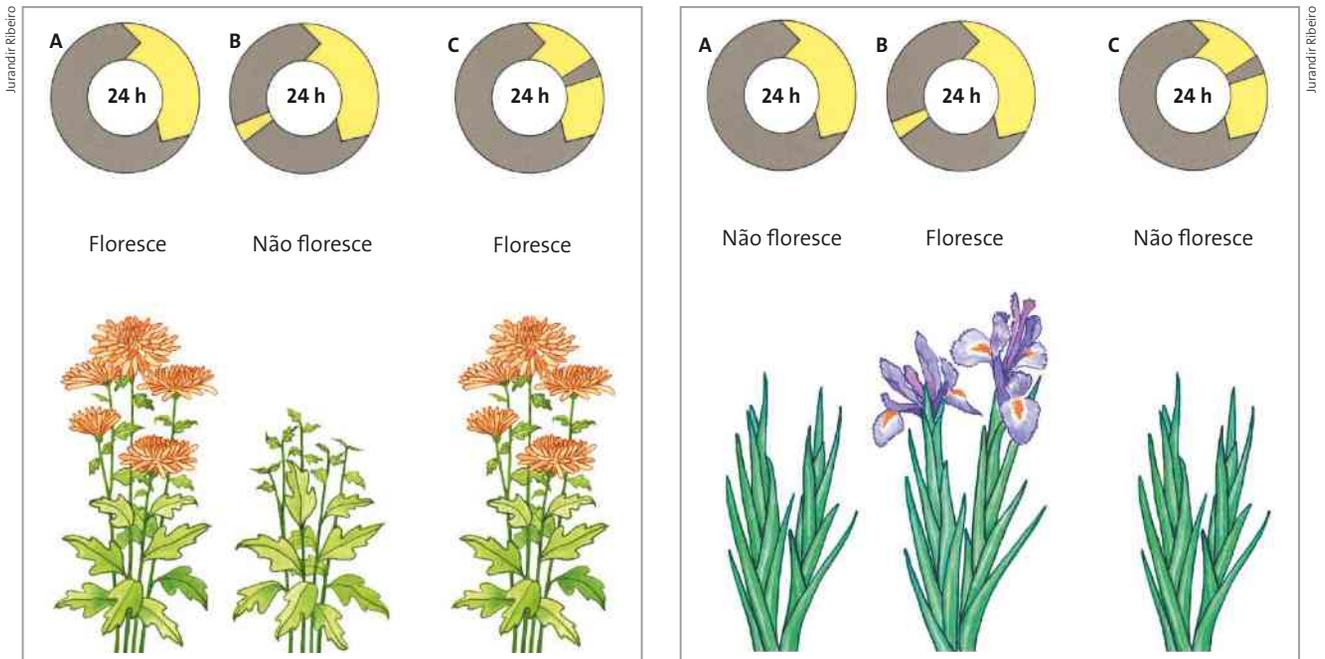
Responda, baseando-se na comparação entre os gráficos:

- Desejando obter cupuaçu entre as frutas de seu pomar, um fazendeiro quer saber qual é o melhor lugar para plantar uma muda de cupuaçuzeiro: em canteiro exposto ao sol ou em local sombreado? Esclareça a dúvida desse fazendeiro e justifique sua resposta.
- Se uma muda de bico-de-papagaio for plantada em terreno muito protegido pela sombra de outras árvores, o que pode acontecer? Justifique sua resposta.

Atividade 3 Interpretando experimentos sobre fotoperiodismo Habilidades do Enem: H15, H17, H25, H29.

Em 1938, os pesquisadores Hanner e Bonner realizaram uma série de experimentos para o estudo do fotoperiodismo das plantas. Analise os esquemas abaixo, que representam alguns desses experimentos.

Interprete os resultados obtidos pelos pesquisadores, com base no que foi discutido neste capítulo sobre fotoperiodismo e floração.

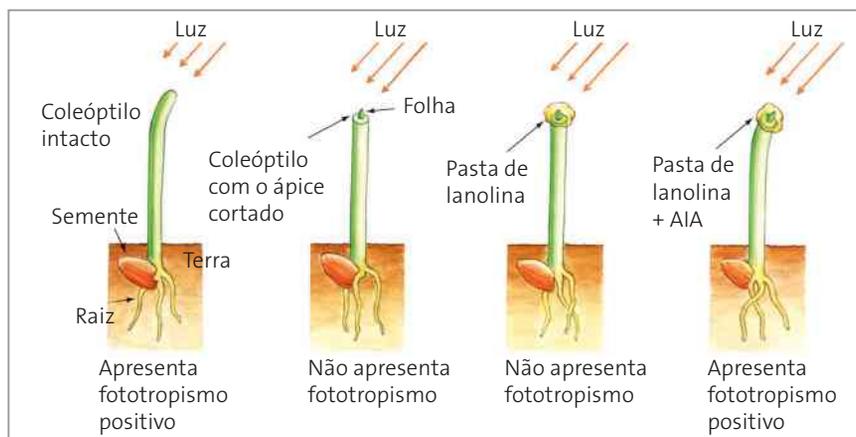


- Uma planta de dia curto foi submetida a três situações: período longo de escuridão (A); período longo de escuridão interrompido por um *flash* de luz com duração de 1 minuto (B); período longo de escuridão e período de luz interrompido por 1 minuto de escuridão (C). (Cores fantasia.)

- Uma planta de dia longo foi submetida às mesmas situações: período longo de escuridão (A); período longo de escuridão interrompido por um *flash* de luz com duração de 1 minuto (B); período longo de escuridão e período de luz interrompido por 1 minuto de escuridão (C). (Cores fantasia.)

Atividade 4 Interpretando experimento sobre fototropismo Habilidades do Enem: H15, H17, H18, H24.

Visando compreender o fototropismo nas plantas, um pesquisador montou experimentações utilizando coleótilos de aveia, que estão esquematizados ao lado. Analise-os e explique a importância, nessa experimentação, de ter sido colocado um coleótilo intacto com os que estão sendo manipulados. Explique também os resultados dessa experimentação.



Esquemas representando os experimentos realizados pelo pesquisador. (Cores fantasia.)

Testes

REGISTRE NO CADERNO

- (Enem) Fenômenos biológicos podem ocorrer em diferentes escalas de tempo. Indique a opção que ordena exemplos de fenômeno biológico do mais lento para o mais rápido.
 - Germinação de uma semente, crescimento de uma árvore, fossilização de uma samambaia.
 - Fossilização de uma samambaia, crescimento de uma árvore, germinação de uma semente.
 - Crescimento de uma árvore, germinação de uma semente, fossilização de uma samambaia.
 - Fossilização de uma samambaia, germinação de uma semente, crescimento de uma árvore.
 - Germinação de uma semente, fossilização de uma samambaia, crescimento de uma árvore.
- (Enem) A lavoura arrozeira na planície costeira da região sul do Brasil comumente sofre perdas elevadas devido à salinização da água de irrigação, que ocasiona prejuízos diretos, como a redução de produção da lavoura. Solos com processo de salinização avançado não são indicados, por exemplo, para o cultivo de arroz. As plantas retiram a água do solo quando as forças de embebição dos tecidos das raízes são superiores às forças com que a água é retirada no solo.

Winkel, H. L.; TSCHIEDEL, M. Cultura do arroz: salinização de solos em cultivo de arroz. Disponível em: <<http://agropage.tripod.com/saliniza.html>>. Acesso em: 25 jun. 2010 (adaptado).

A presença de sais na solução do solo faz com que seja dificultada a absorção de água pelas plantas, o que provoca o fenômeno conhecido por seca fisiológica, caracterizado pelo(a):

 - aumento da salinidade, em que a água do solo atinge uma concentração de sais maior que a das células das raízes das plantas, impedindo, assim, que a água seja absorvida.
 - aumento da salinidade, em que o solo atinge um nível muito baixo de água, e as plantas não têm força de sucção para absorver a água.
 - diminuição da salinidade, que atinge um nível em que as plantas não têm força de sucção, fazendo com que a água não seja absorvida.
 - aumento da salinidade, que atinge um nível em que as plantas têm muita sudação, não tendo força de sucção para superá-la.
 - diminuição da salinidade, que atinge um nível em que as plantas ficam túrgidas e não têm força de sudação para superá-la.
- (UFRN) Leia o fragmento que segue, extraído de *Asa Branca* (Luís Gonzaga e Humberto Teixeira):

*Que brasileiro, que fornaia,
Nem um pé de prantação,
Por farta d'água, perdi meu gado,
Morreu de sede meu alazão...*

As espécies vegetais típicas do contexto geográfico focalizado acima apresentam as seguintes adaptações:

 - rápido mecanismo de abertura e fechamento de estômatos – folhas cerificadas.
 - presença de estruturas foliares modificadas em espinhos – raízes adventícias.
 - aumento significativo da superfície foliar – raízes com alto poder absorvivo.
 - capacidade de armazenamento de água – associação de micorrizas.

4. (Unifesp) Um botânico plantou 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:
- A água que ia sendo absorvida pelas raízes não pôde ser perdida pela transpiração, acumulando-se em grande quantidade nos tecidos da planta.
 - A planta não pôde realizar fotossíntese, porque o fechamento dos estômatos impediu a entrada de luz para o parênquima clorofiliano das folhas.
 - A principal via de captação do CO_2 para o interior da planta foi fechada, comprometendo a fotossíntese.
- A explicação correta corresponde a:
- a) I. b) II. **x** c) III. d) I e II. e) II e III.
5. (Fuvest-SP) Em determinada condição de luminosidade (ponto de compensação fótico), uma planta devolve para o ambiente, na forma de gás carbônico, a mesma quantidade de carbono que fixa, na forma de carboidrato, durante a fotossíntese. Se o ponto de compensação fótico é mantido por certo tempo, a planta:
- morre rapidamente, pois não consegue o suprimento energético de que necessita.
 - continua crescendo, pois mantém a capacidade de retirar água e alimento do solo.
 - continua crescendo, pois mantém a capacidade de armazenar o alimento que sintetiza.
 - x** d) continua viva, mas não cresce, pois consome todo o alimento que produz.
 - continua viva, mas não cresce, pois perde a capacidade de retirar do solo os nutrientes de que necessita.
6. (UFJF-MG) A poda de plantas é um trato cultural que leva ao desenvolvimento de novos ramos. Esse desenvolvimento ocorre em função:
- x** a) do desenvolvimento de gemas laterais, induzido pela diminuição dos níveis de auxina.
 - da formação de novas gemas, induzida pelo aumento do etileno, produzido em resposta ao dano causado pela poda.
 - da quebra da dormência das gemas, promovida pela redução nos níveis de giberelina.
 - da ativação do metabolismo ácido das crassuláceas (MAC), induzida pela diminuição nos níveis de etileno.
 - da ativação de gemas apicais, induzida pelo aumento nos níveis de auxina.
7. (Unesp) O professor chamou a atenção dos alunos para o fato de que todos os ipês-roxos existentes nas imediações da escola floresceram quase que ao mesmo tempo, no início do inverno. Por outro lado, os ipês-amarelos, existentes na mesma área, também floresceram quase que ao mesmo tempo, porém já próximo ao final do inverno. Uma possível explicação para este fato é que ipês-roxos e ipês-amarelos apresentam
- pontos de compensação fótica diferentes e, provavelmente, são de espécies diferentes.
 - pontos de compensação fótica diferentes, e isto não tem qualquer relação quanto a serem da mesma espécie ou de espécies diferentes.
 - x** c) fotoperiodismos diferentes e, provavelmente, são de espécies diferentes.
 - d) fotoperiodismos diferentes, e isto não tem qualquer relação quanto a serem da mesma espécie ou de espécies diferentes.
 - e) fototropismos diferentes, e isto não tem qualquer relação quanto a serem da mesma espécie ou de espécies diferentes.
8. (Enem) Plantas terrestres que ainda estão em fase de crescimento fixam grandes quantidades de CO_2 , utilizando-o para formar novas moléculas orgânicas, e liberam grande quantidade de O_2 . No entanto, em florestas maduras, cujas árvores já atingiram o equilíbrio, o consumo de O_2 pela respiração tende a igualar sua produção pela fotossíntese. A morte natural de árvores nessas florestas afeta temporariamente a concentração de O_2 e de CO_2 próximo à superfície do solo onde elas caíram.
- A concentração de O_2 próximo ao solo, no local da queda, será
- x** a) menor, pois haverá consumo de O_2 durante a decomposição dessas árvores.
 - b) maior, pois haverá economia de O_2 pela ausência das árvores mortas.
 - c) maior, pois haverá liberação de O_2 durante a fotossíntese das árvores jovens.
 - d) igual, pois haverá redução de O_2 pelas árvores maduras restantes.
 - e) menor, pois haverá redução de O_2 pela falta da fotossíntese realizada pelas árvores mortas.

Os animais

“Chegará um dia em que os homens conhecerão o íntimo dos animais e, nesse dia, um crime contra um animal será considerado crime contra a própria humanidade.”

Leonardo da Vinci (1452-1519),
cientista, artista, arquiteto e
engenheiro italiano.

Luciano Candiani



Suçuarana, ou onça-parda (*Puma concolor*), considerada ameaçada de extinção no Brasil. Mede 1,70 m da cabeça à ponta da cauda. Essa fotografia foi tirada na Reserva Legado das Águas, Vale do Ribeira (SP), em 2014.

Origem, evolução e características gerais dos animais

Luciano Candisani



Figura 9.1. Entender a origem e a evolução dos animais foi e ainda é um dos desafios da ciência. Alguns organismos hoje considerados animais não eram assim classificados no passado. As anêmonas-do-mar, por exemplo, apresentam certa semelhança estética com plantas e, por isso, muitos as chamam de flores-das-pedras. O destaque mostrado na fotografia, no entanto, evidencia uma das características surgidas na evolução animal e que foi importante no modo como esses organismos passaram a obter alimento: a boca, que se abre para uma cavidade onde ocorre a digestão. A espécie de anêmona-do-mar da fotografia tem cerca de 15 cm de diâmetro.



Pense nisso

- A legenda acima destaca que, na evolução dos animais, uma das características foi o surgimento da boca, associada à cavidade onde ocorre a digestão do alimento ingerido. Você conhece algum animal que não tenha boca nem cavidade digestória? Se conhece, explique onde ele vive e como se alimenta.
- Quais características são necessárias para considerar um organismo pertencente ao grupo dos animais?
- As anêmonas, como a mostrada na fotografia acima, vivem apenas em ambiente marinho. Liste alguns nomes de animais marinhos e de animais de água doce que você conhece.
- Nos exemplos que mencionou, que animais classificaria como vertebrados? E como invertebrados? Que critério(s) você utilizou para classificar os animais em cada uma das categorias anteriores? Cite outro critério segundo o qual os animais poderiam ser classificados.
- Em um determinado momento da vida, todo animal foi constituído por uma única célula. Justifique essa afirmativa.
- Essa célula, mencionada no item anterior, foi o ponto de partida para a constituição de todo o corpo do animal. Como você explicaria o fato de um animal ser formado por tantas células com formas e funções diferentes, se o material genético de todas elas é o mesmo da célula inicial?

1. A classificação dos animais

Cerca de 1 355 000 espécies recentes estão classificadas no **Reino Animalia** (animal) ou Metazoa (metazoários). Esse número é maior que a soma das espécies atuais e conhecidas que pertencem aos demais grupos de seres vivos.

Muitas espécies ainda serão descobertas tanto no Reino Animal como nos demais grupos que estudamos até aqui. Conhecer essa diversidade e entender as relações evolutivas entre os diferentes grupos é um desafio.

O ramo da Biologia que estuda os animais é a **Zoologia** (*zoo* = animal; *logia* = estudo). Informalmente, os animais podem ser divididos em dois grandes grupos: o dos **invertebrados**, que não apresentam vértebras, e o dos **vertebrados**, que as apresentam. Os invertebrados representam cerca de 95% da diversidade animal.

Essa divisão informal é tradicional na Zoologia, mas ela não reflete uma dicotomia evolutiva entre os ani-

mais, como veremos ao longo deste capítulo. Nele, vamos comentar as características gerais dos animais e uma das hipóteses de relações evolutivas.

As relações filogenéticas entre os cerca de 35 filos animais reconhecidos atualmente ainda envolvem vários pontos de polêmica entre os especialistas. Dirigiremos nosso estudo a nove desses filos. No cladograma a seguir (Fig. 9.2), está esquematizada uma das hipóteses mais aceitas de relação filogenética entre os nove filos animais que estudaremos. Para ser construído, foram consideradas informações sobre a embriologia, a anatomia e os dados de análises moleculares (que comparam informações genéticas entre espécies).

Os dados de embriologia e de anatomia são importantes para entender a evolução animal e estão citados nos ramos do cladograma.

Professor(a), veja informações nas Orientações didáticas que discutem a nova proposta de classificação dos animais apresentada nesta página.

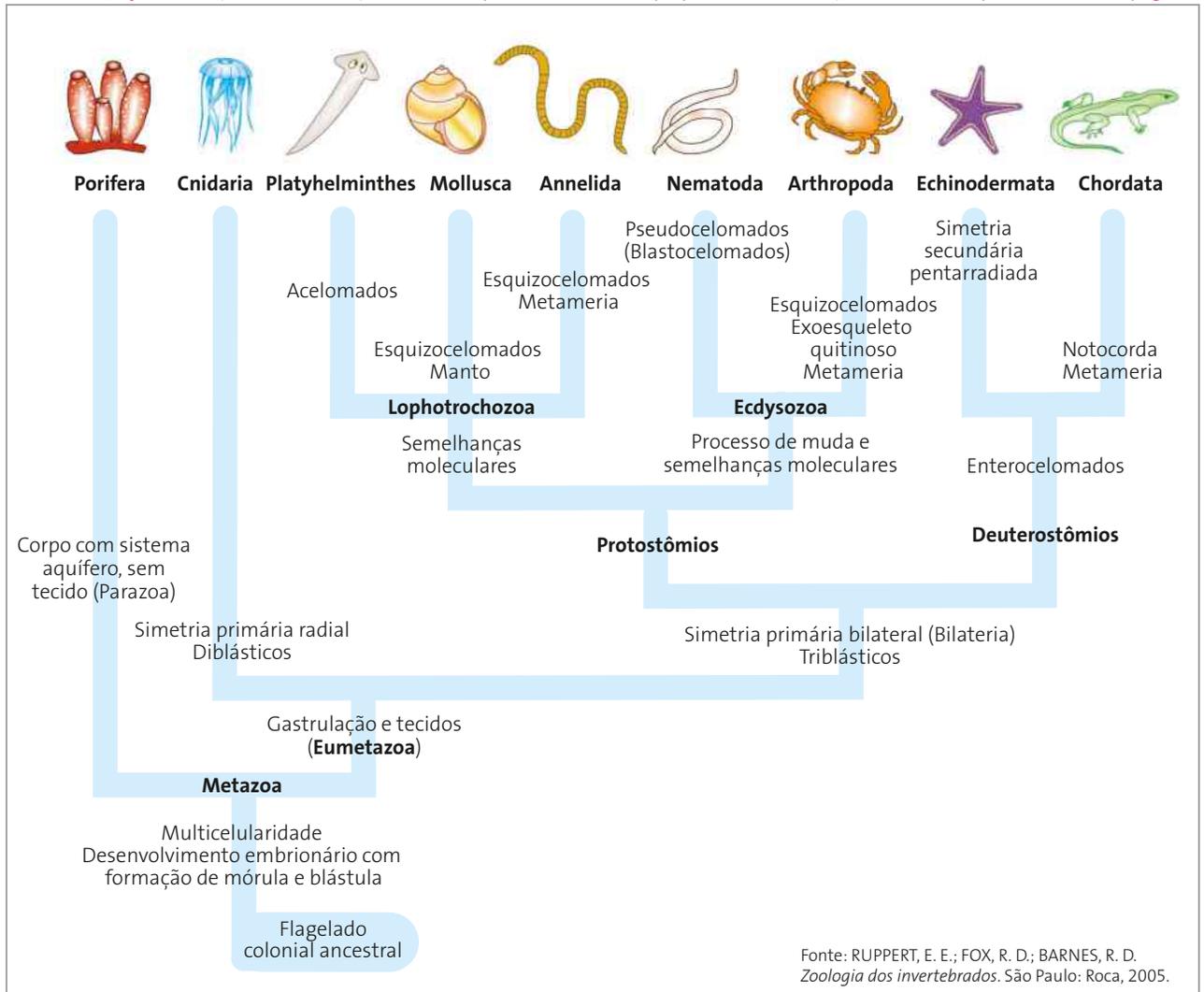


Figura 9.2. Esquema das prováveis relações filogenéticas entre os nove filos animais que serão estudados nesta unidade. (Elementos representados em diferentes escalas; cores fantasia.)

2. Origem e características gerais dos animais

Já vimos que, provavelmente, os animais derivam dos mesmos ancestrais protistas flagelados heterótrofos que deram origem aos fungos. O surgimento dos animais deve ter ocorrido na Era Pré-Cambriana, há cerca de 700 milhões de anos.

O registro fóssil indica que a diversificação dos animais aconteceu muito rapidamente na escala de tempo geológico. Em especial no início do Cambriano, no período compreendido entre 545 e 525 milhões de anos atrás, ocorreu o que se chama de **explosão do Cambriano**, pois, nesse curto intervalo de tempo, surgiram praticamente todos os grupos animais que conhecemos até hoje, além de muitos outros que foram extintos e não têm representantes na fauna atual.

Com essa diversificação tão rápida e com muitos representantes de filos distintos ocorrendo no mesmo tempo geológico, fica difícil reconstruir a filogenia dos animais baseando-se somente no estudo do registro fóssil. Além disso, nem todos os organismos foram fossilizados, e, entre os fossilizados, nem todos foram descobertos pelos pesquisadores. Assim, além dos fósseis, os zoólogos procuram se basear em estudos comparados da anatomia e da embriologia dos animais recentes e em dados moleculares, para propor hipóteses de relações entre os diferentes grupos.

Vamos comentar, então, as principais características gerais dos animais.

2.1. Multicelularidade e tecidos

A condição multicelular surgiu em vários momentos na árvore da vida. Um desses momentos foi na origem dos animais: todos são multicelulares.

Entre os grupos animais que vamos estudar, podemos definir dois níveis de complexidade corporal em relação à multicelularidade:

- **parazoários** (*para* = semelhante; *zoa* = animal): não apresentam tecidos (conjuntos de células especializadas que, juntas, desempenham determinada função); é o caso das esponjas;
- **eumetazoários** (*eu* = verdadeiro): apresentam células organizadas em tecidos; são os demais grupos de animais.

Dados moleculares, morfológicos e paleontológicos indicam que o primeiro filo animal a surgir foi o das esponjas. Esses organismos têm apenas poucos tipos de célula que realizam funções específicas, e o nível de especialização dessas células é muito baixo, a ponto de cada uma delas poder dar origem às demais.

Os outros animais apresentam maior especialização celular e formam tecidos.

2.2. Desenvolvimento embrionário

Vários dos termos apresentados no cladograma da página anterior (Fig. 9.2) representam conceitos diretamente relacionados com o desenvolvimento embrionário.

A seguir, vamos discutir esses conceitos passando pela compreensão dos diferentes tipos de ovos e modo de reprodução.

Tipos de óvulo e de fecundação

Os óvulos dos animais são células grandes e imóveis, que contêm reserva de nutrientes, importante no desenvolvimento do embrião. Esses nutrientes compõem o vitelo.

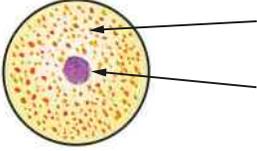
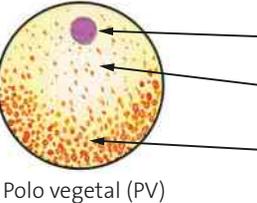
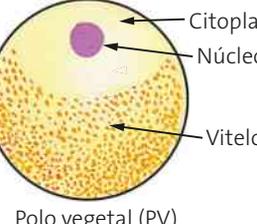
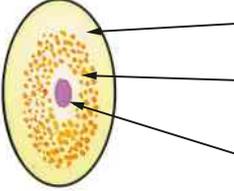
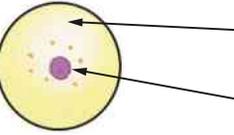
A quantidade e a localização do vitelo são variáveis nos diferentes tipos de óvulo. Há vários grupos de invertebrados em que a substância de reserva não fica dentro do óvulo, mas ao redor dele. Não vamos nos deter nesses casos, apenas nos tipos mais comuns de óvulo que contêm o vitelo em seu interior. Analise a tabela da página seguinte (Fig. 9.3).

Na maioria dos animais, os espermatozoides são produzidos pelo indivíduo do sexo masculino e os óvulos, pelo indivíduo do sexo feminino. Nesses casos, os sexos são separados. Alguns animais, no entanto, são hermafroditas, pois óvulos e espermatozoides são produzidos pelo mesmo indivíduo. A minhoca e o caramujo são exemplos de animais hermafroditas.

Nos hermafroditas pode ocorrer autofecundação, ou seja, a fecundação do óvulo pelo espermatozoide do mesmo indivíduo. Entretanto, geralmente existem mecanismos que impedem esse processo, e, então, os óvulos de um indivíduo são fecundados pelos espermatozoides de outro da mesma espécie, fenômeno conhecido como **fecundação cruzada mútua**.

A **fecundação** pode ser **externa**, quando ocorre fora do corpo, ou seja, no meio ambiente, ou **interna**, quando ocorre no corpo do indivíduo que produz os óvulos.

Nos animais nos quais ocorre fecundação externa, formam-se muitos gametas femininos e masculinos, o que aumenta a chance de encontro casual entre eles, originando maior número de zigotos. Desses inúmeros zigotos, nem todos sobrevivem às adversidades do meio ambiente e apenas um pequeno número forma indivíduos adultos, dando continuidade à espécie. Nos animais em que a fecundação é interna, o número de gametas produzido é menor, assim como o número de descendentes.

Tipos mais comuns de óvulo	
 <p>Vitelo Núcleo</p>	<p>Isolécito ou oligolécito (do grego: <i>isos</i> = igual, <i>lékithos</i> = vitelo, <i>olígos</i> = pouco)</p> <p>Tem pouco vitelo, homogênea ou quase homogêneamente distribuído pelo citoplasma.</p> <p>Exemplos de ocorrência: equinodermos e cefalocordados (anfioxo).</p>
 <p>Polo animal (PA) Núcleo Citoplasma Vitelo Polo vegetal (PV)</p>	<p>Heterolécito (do grego: <i>héteros</i> = diferente)</p> <p>Tem muito vitelo. Distinção entre polo animal, que contém o núcleo, e polo vegetal, que contém o vitelo.</p> <p>Exemplos de ocorrência: anfíbios e alguns peixes.</p>
 <p>Polo animal (PA) Citoplasma } Cicatrícula Núcleo } Vitelo Polo vegetal (PV)</p>	<p>Telolécito (do grego: <i>télos</i> = fim)</p> <p>Óvulos grandes, com muito vitelo no polo vegetal. Nítida separação entre o citoplasma sem vitelo e com núcleo, que forma uma região chamada cicatrícula (polo animal), e o citoplasma rico em vitelo (polo vegetal).</p> <p>Exemplos de ocorrência: répteis, aves, mamíferos prototérios (equidna e ornitorrinco) e alguns peixes.</p>
 <p>Citoplasma Vitelo Núcleo</p>	<p>Centrolécito (do grego: <i>kéntron</i> = meio)</p> <p>O vitelo ocupa praticamente toda a célula, reduzindo a porção do citoplasma sem vitelo a uma pequena região na periferia da célula e junto ao núcleo.</p> <p>Ocorrência: insetos.</p>
 <p>Citoplasma Núcleo</p>	<p>Alécito (do grego: <i>a</i> = sem)</p> <p>O óvulo é praticamente desprovido de vitelo, podendo ser considerado um óvulo alécito, embora também possa ser chamado de oligo ou isolécito.</p> <p>Ocorrência: mamíferos, exceto prototérios.</p>

▲ **Figura 9.3.** Esquemas de tipos de óvulo. (Elementos representados em diferentes escalas; cores fantasia.)

Animais **ovíparos** botam ovos e o desenvolvimento embrionário deles ocorre principalmente fora do corpo materno. Os embriões dependem de material nutritivo presente nos ovos, o vitelo. Como exemplo de animal ovíparo podem-se citar as aves.

Animais **ovovivíparos** retêm os ovos dentro do corpo materno até a eclosão, e os embriões também se alimentam das reservas nutritivas presentes no ovo. Depois da eclosão, os filhotes são liberados do corpo materno. Como exemplo de animal ovovivíparo, temos os lebetes, que são peixes de água doce.

Nos **vivíparos** o embrião depende diretamente da mãe para sua nutrição, que ocorre por meio de trocas fisiológicas entre mãe e feto. Os ovos não têm vitelo ou ele está

presente em pequena quantidade. Não existe casca isolando o ovo. Como regra, o desenvolvimento embrionário completa-se dentro do corpo materno e os indivíduos já nascem formados. É vivípara, por exemplo, a maioria dos mamíferos, como é o caso da espécie humana.

Alguns animais, como os mamíferos, têm desenvolvimento direto, ou seja, não passam por um estágio de larva no ciclo de vida. Há, no entanto, animais que apresentam uma ou mais fases larvais no ciclo de vida, falando-se em desenvolvimento indireto, como é o caso de muitos anfíbios, cuja larva chama-se girino. As larvas diferem do adulto por serem morfologicamente distintas deles, por possuírem hábitos alimentares diferentes e por não terem gônadas diferenciadas.

Mórula e blástula

Existe grande diversidade de padrões de desenvolvimento embrionário entre os animais. Cada padrão depende, em parte, do tipo de ovo, mas todos passam por uma fase chamada **segmentação**, ou **clivagem**.

Na clivagem, as divisões celulares são muito rápidas e as células não têm tempo para crescer. As células que se formam são chamadas **blastômeros**.

O processo de clivagem conduz à formação de um estágio embrionário chamado **mórula**, que é um maciço de células. A seguir, forma-se a **blástula**, que, na maior parte dos casos, contém uma cavidade cheia de líquido, chamada **blastocelo**.

A diferença na quantidade e na distribuição do vitelo no ovo determina diferenças na clivagem: quanto maior a quantidade de vitelo, mais difícil fica a separação das massas citoplasmáticas das células-filhas. Em função disso, podemos classificar a clivagem em:

- **Holoblástica ou total**

Ocorre no zigoto todo; é o tipo de clivagem dos ovos alécitos, isolécitos (ou oligolécitos) e heterolécitos. A **figura 9.4** descreve de forma simplificada a clivagem total em ovos oligolécitos.

- **Meroblástica ou parcial**

Ocorre só em parte do ovo; é o tipo de clivagem dos ovos telolécitos e centrolécitos. Observe a **figura 9.5**. Na blástula originada da clivagem de ovos telolécitos, não se observa a verdadeira blastocela, pois a cavidade formada não é inteiramente delimitada pelos blastômeros. Essa cavidade é delimitada em parte pelos blastômeros e em parte pelo vitelo. Nesse caso, a cavidade formada recebe o nome de **cavidade subgerminal**, que também é preenchida por líquido sintetizado pelas células. A blástula que se forma a partir da clivagem de ovos telolécitos recebe o nome de **discoblástula**.

Entre os filos animais, apenas os poríferos (esponjas) apresentam o desenvolvimento embrionário somente até a fase de blástula. O desenvolvimento é indireto e as larvas formadas correspondem a blástulas. Elas vivem no plâncton e depois fixam-se ao substrato, sofrem metamorfose e dão origem aos adultos. Nas esponjas não ocorrem as outras etapas do desenvolvimento embrionário presentes nos demais animais: a gastrulação e a organogênese.

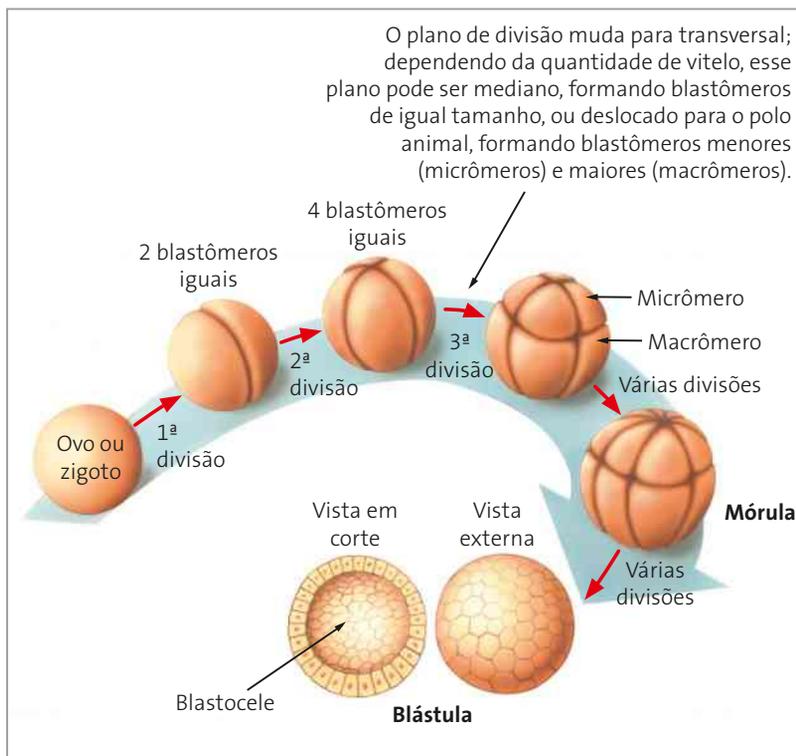


Figura 9.4. Esquema de clivagem total. (Elementos representados em diferentes escalas; cores fantasia.)

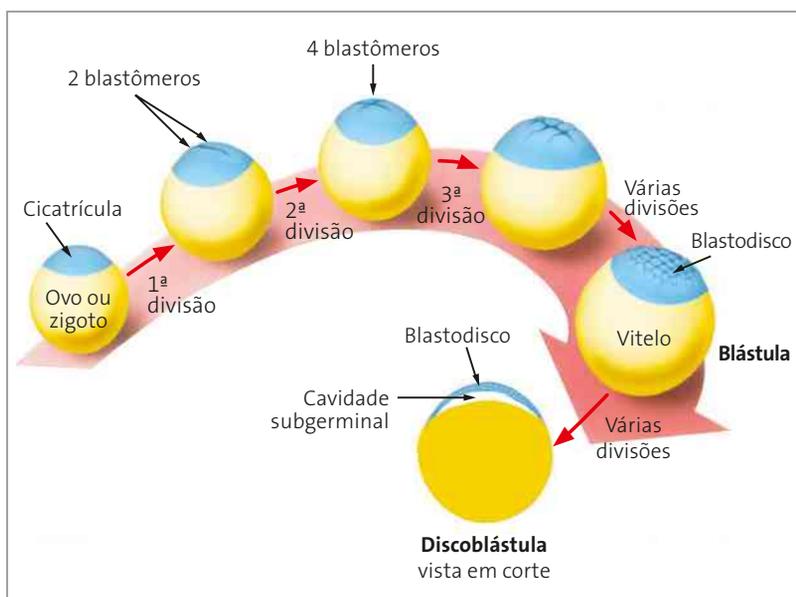


Figura 9.5. Esquema de clivagem parcial. (Elementos representados em diferentes escalas; cores fantasia.)

Jurandir Ribeiro

Jurandir Ribeiro



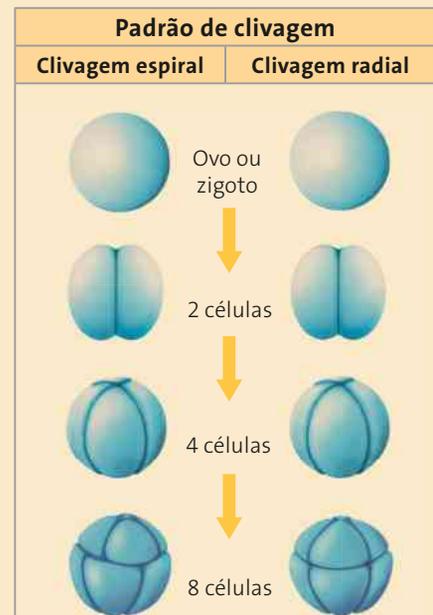
CLIVAGEM E CÉLULAS-TRONCO

Há dois padrões básicos de clivagem holoblástica nos animais: a espiral e a radial (Fig. 9.6).

Na clivagem espiral, os blastômeros se organizam de forma espiral, pois o plano de divisão muda. Note na figura que os quatro micrômeros dispõem-se de forma desencontrada em relação aos macrômeros, o que não se verifica na clivagem radial.

Outra diferença importante é que na clivagem espiral cada blastômero tem destino definido desde o início de sua formação. Se ele for removido, o embrião não terá a estrutura determinada por aquele blastômero. Na clivagem radial isso não ocorre; por isso, ela é chamada indeterminada. Somente a partir da gastrulação é que a diferenciação ocorre.

Uma das consequências desse processo é que os embriões com clivagem radial podem perder uma ou várias de suas células até a fase de blástula e originar um indivíduo completo; além disso, as células removidas podem dar origem a indivíduos completos. Graças a essas características surgem os gêmeos monozigóticos na espécie humana, e há grande campo de pesquisa com as chamadas células-tronco embrionárias: cada uma delas tem a potencialidade de dar origem a qualquer célula do corpo. Essas condições não ocorrem nos animais com clivagem espiral.



Jurandir Ribeiro

Figura 9.6. Esquema das primeiras etapas da segmentação do ovo comparando o padrão de clivagem espiral com o radial. Note a posição dos blastômeros no estágio de 8 células. (Elementos representados em diferentes escalas; cores fantasia.)

Gastrulação e seu significado evolutivo

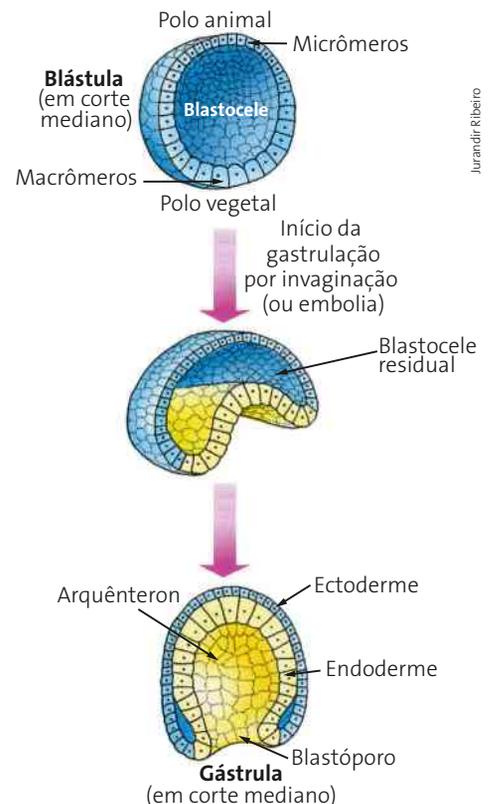
Na **gastrulação** há aumento do número de células e do volume total do embrião, chegando até a formação da **gástrula**. O estágio seguinte ao da gastrulação é a **organogênese**, em que ocorre a diferenciação dos tecidos e órgãos.

Na **figura 9.7** representamos uma das formas de gastrulação que ocorre em embriões com segmentação total. Não discutiremos as outras formas de gastrulação.

Na gastrulação, dois processos importantes acontecem:

- Surge uma cavidade chamada **arquênteron**, ou intestino primitivo, que vai dar origem à cavidade digestória do adulto; essa cavidade se comunica com o exterior por meio de um orifício chamado **blastóporo**, que dará origem à boca e/ou ao ânus. Quando o blastóporo dá origem à boca ou tanto à boca quanto ao ânus, os animais são chamados **protostômios** (*proto* = primeiro; *stoma* = orifício). São protostômios os platelmintos, nematódeos, anelídeos, moluscos e artrópodes. Quando o blastóporo dá origem apenas ao ânus, sendo a boca uma nova formação, os animais são chamados de **deuterostômios** (*deutero* = posterior). É o caso dos equinodermos e dos cordados. As esponjas não passam pela fase de gástrula típica e, assim, não apresentam cavidade digestória nem boca ou ânus.
- Ocorre a formação dos **folhetos germinativos** ou folhetos embrionários, que darão origem aos tecidos do indivíduo.

Professor(a), quando o blastóporo dá origem à boca e ao ânus, ele se alonga, ficando com aspecto de fenda. Ocorre, então, fusão na região intermediária, deixando uma abertura na região anterior (a boca) e outra na região posterior (o ânus).



Jurandir Ribeiro

Figura 9.7. Esquema mostrando a gastrulação por invaginação. (Cores fantasia.)

Na evolução animal, supõe-se que tenha surgido inicialmente a condição de dois folhetos germinativos: a **ectoderme** e a **endoderme**. Animais com apenas esses dois folhetos são chamados **diploblásticos**, ou diblásticos. É o caso dos cnidários.

A ectoderme origina, entre outras estruturas, o tecido de revestimento externo do corpo (epiderme) e as células nervosas; a endoderme origina, entre outras estruturas, o revestimento do tubo digestório.

Mais tarde, no processo evolutivo, teriam surgido animais com mais um folheto germinativo: a **mesoderme**, que fica entre a ecto e a endoderme. Animais com três folhetos são chamados **triploblásticos**, ou triblásticos. É o caso de todos os animais, exceto poríferos e cnidários.

O surgimento da mesoderme trouxe, entre outras implicações, a diferenciação de musculatura verdadeira, com feixes musculares dispostos em várias direções, o que possibilitou aos animais desenvolver maior diversidade de movimentos.

2.3. Cavidades corporais

Durante a fase de gastrulação e organogênese, na maioria dos animais triblásticos surgem cavidades corporais, termo que não se refere à cavidade digestória. Essas cavidades são cheias de um líquido que atua como amortecedor mecânico entre a parede do corpo e o tubo digestório, além de poder atuar na distribuição de substâncias dentro do corpo e em outras funções.

Os platelmintos são triblásticos, mas não têm cavidades corporais, e o espaço entre os tecidos derivados da ectoderme e os derivados da endoderme é preenchido por tecidos derivados da mesoderme. São animais de corpo maciço e chamados **acelomados** (Fig. 9.8).

O surgimento de cavidades corporais preenchidas por líquido criou uma nova arquitetura corpórea: o animal passou a funcionar como um tubo (trato digestório) dentro de outro tubo (formado pela parede do corpo), com certa independência entre eles. Além disso, a presença de líquido sob certa pressão, dentro da cavidade, propiciou uma série de vantagens adaptativas ao adulto, que inclui: o surgimento de um **esqueleto hidrostático**, que contribui na sustentação do corpo e na locomoção, interagindo com a musculatura; um meio para o transporte de gases, ou mesmo um espaço que permite o maior desenvolvimento de órgãos.

Há dois tipos de cavidade corporal (Fig. 9.8):

- **celoma** (do grego: *koílóma* = oco, cavidade): cavidade que é inteiramente delimitada por células derivadas da mesoderme; os animais que apresentam celoma são chamados **celomados**, como é o caso dos moluscos, anelídeos, artrópodes, equinodermos e cordados;

- **pseudoceloma**: cavidade formada a partir da blastocele; é delimitada em parte por tecidos derivados da mesoderme, que ficam localizados na parede do corpo, e em parte por tecido derivado da endoderme, que reveste o tubo digestório; apesar do nome pseudoceloma (*pseudo* = falso), essa cavidade não é um celoma falso, mas uma cavidade verdadeira e funcional, cheia de líquido. Em função disso, ela tem recebido outro nome: **blastoceloma**, pois é uma cavidade derivada da blastocele; ocorre nos nematódeos. Esses animais podem ser chamados pseudocelomados ou blastocelomados.

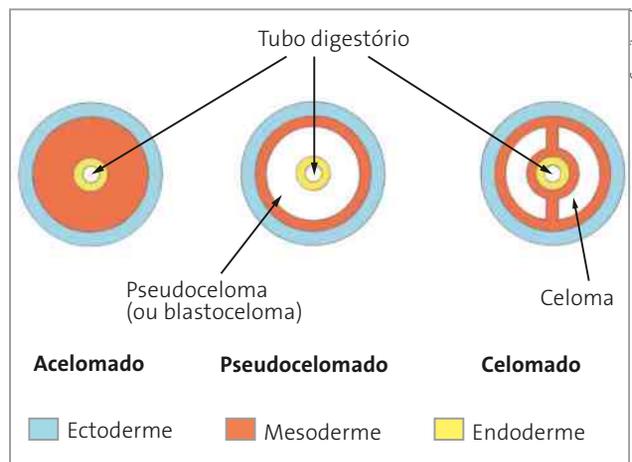


Figura 9.8. Esquema simplificado de cortes transversais ao corpo de animais acelomados, pseudocelomados ou blastocelomados e celomados. (Cores fantasia.)

Modos de formação do celoma

Há duas maneiras de formação do celoma: por esquizocelia (do grego: *esquizo* = fender; *cele* = cavidade) ou por enterocelia (do grego: *enteron* = intestino) (Fig. 9.9).

Na **esquizocelia**, a mesoderme origina-se a partir de células situadas próximo ao blastóporo. Elas se dividem formando um maciço celular e depois se organizam de modo a diferenciar uma membrana que delimita um espaço cheio de líquido: o celoma. O celoma assim formado chama-se **esquizoceloma**, e os animais que o apresentam são denominados **esquizocelomados**. Esse é o tipo de celoma que ocorre nos protostômios.

Na **enterocelia**, a mesoderme surge a partir de evaginações do teto do intestino primitivo, formando bolsas mesodérmicas que se dispõem entre a ectoderme e a endoderme. Essas bolsas se desprendem do intestino primitivo, e a cavidade delimitada por elas é o celoma. Nesses casos, o celoma é denominado **enteroceloma**, e os animais que o possuem, **enterocelomados**. Esse é o tipo de celoma que ocorre nos deuterostômios.

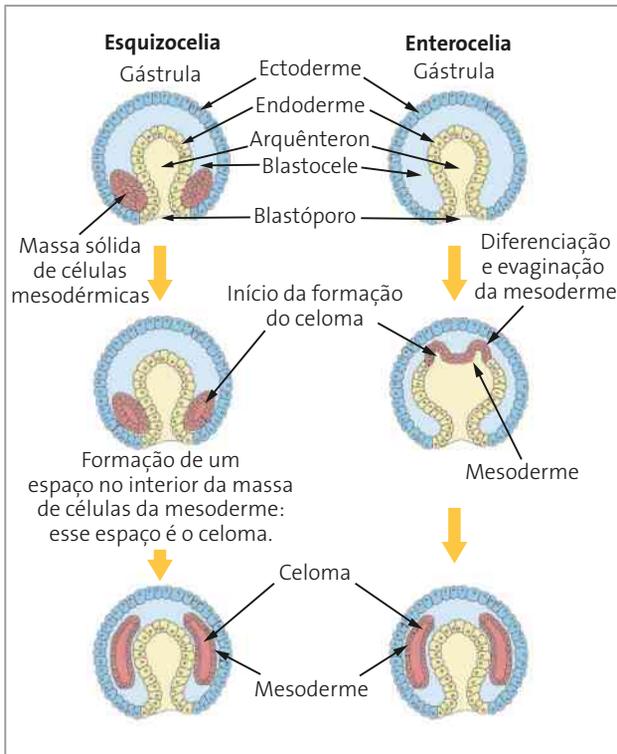


Figura 9.9. Esquema mostrando a formação do esquizoceloma e do enteroceloma. (Cores fantasia.)

Os esquizocelomados apresentam clivagem espiral e determinada, e os enterocelomados apresentam clivagem radial e indeterminada.

2.4. Simetria

Outra característica importante para se entender a evolução dos animais é a **simetria**.

A simetria é a divisão imaginária do corpo de um organismo em frações especulares, ou seja, cada uma das partes é a imagem no espelho da(s) outra(s). Quanto a esse caráter, os animais podem ter basicamente dois padrões principais: simetria **radial** (ou **radiada**) e **bilateral** (Fig. 9.10). Existem, no entanto, animais cujo corpo não pode ser dividido em metades especulares. Nesses casos, não existe simetria, falando-se em **animais assimétricos**.

A maioria dos animais apresenta o mesmo tipo de simetria desde a fase embrionária até a fase adulta. Alguns, entretanto, têm um tipo de simetria na fase embrionária, e outro na fase adulta, caso em que a mudança está geralmente associada a adaptações dos adultos a modos de vida especiais. A simetria observada no embrião ou na larva é denominada **primária**. Se, durante o desenvolvimento embrionário de um indivíduo, a simetria do embrião ou da larva for diferente da simetria do adulto (dizemos, então, simetria **secundária**), a simetria primária fornecerá indícios da real estrutura do corpo do animal, do ponto de vista evolutivo.

A Simetria radial

Região oral (extremidade do corpo onde está a boca)

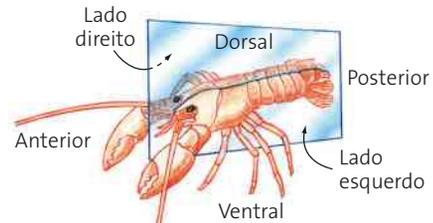


Hidra (cnidário)

Região aboral (extremidade do corpo oposta à boca; *ab* = para longe de)

B Simetria bilateral

Os lados direito e esquerdo do corpo são simétricos.



Lagosta (artrópode)

Fonte: CAMPBELL, N. D.; REECE, J. B. *Biology*. São Francisco: The Benjamin/Cummings Publishing Company, 2004.

Figura 9.10. Esquemas de um animal com simetria radial (A) e de um com simetria bilateral (B). (Elementos representados em diferentes escalas; cores fantasia.)

Os animais com simetria primária radial são chamados **radiados** e estão representados pelos cnidários. Aqueles com simetria primária **bilateral** são chamados **bilatérios** e estão representados pelos demais animais.

As esponjas podem ser assimétricas ou apresentar simetria radial.

Entre os bilatérios, os equinodermos (representados pelas estrelas-do-mar) apresentam simetria secundária radial, que no caso é **pentarradiada** (cinco raios) e considerada uma condição derivada que define o grupo (Fig. 9.11).



Figura 9.11. Estrela-do-mar *Echinaster brasiliensis*, comum no litoral brasileiro, fotografada no Parque Estadual Marinho da Laje de Santos (SP), a cerca de 2 metros de profundidade. O animal mede 15 cm de diâmetro e deixa bem evidente a simetria pentarradiada do corpo.

2.5. Metameria

A **metameria** é uma condição da organização interna do corpo que dá origem a estruturas que se repetem ao longo do eixo anteroposterior dos animais bilaterais. Nesse processo, o corpo fica organizado em partes que se repetem, chamadas **metâmeros** ou **segmentos**.

Uma vantagem da metameria é a formação de blocos musculares que podem se contrair de forma independente em cada segmento, propiciando maior

variedade de movimentos. Em alguns casos, a metameria pode ser notada externamente, como nas minhocas (Fig. 9.12).

Nos cordados, ela é evidente apenas em algumas estruturas internas, como certos músculos que mantêm organização metamérica. O músculo do abdômen humano é um exemplo de estrutura que retém a metameria (Fig. 9.13). Essa musculatura é mais desenvolvida em pessoas que praticam atividades em que se utiliza mais esse grupo muscular.

São animais metaméricos os anelídeos, os artrópodes e os cordados.



Figura 9.12. Fotografia de minhoca, em que se notam os metâmeros (segmentos). O animal da fotografia mede cerca de 8 cm.

Figura 9.13. Esquema de musculatura humana, em que é possível observar a metameria na região do abdômen. (Cores fantasia.)



Tema para discussão

REGISTRE NO CADERNO

O maior bioma do mundo

O Brasil abriga 13% das espécies da fauna e da flora existentes em todo o mundo — e a maior parte delas está na Amazônia. A floresta de 4,2 milhões de quilômetros quadrados é habitada por centenas de milhares de espécies de plantas, animais, fungos, bactérias. Um refúgio de suas matas ou um braço de seus rios pode conter mais espécies do que continentes inteiros.

A Amazônia brasileira tem 1 200 espécies conhecidas de aves. Só num raio de 150 km de Manaus é possível encontrar 800 delas, mais do que nos Estados Unidos e Canadá juntos (que têm 700). E ocorre o mesmo com os peixes: o número de espécies descritas na Amazônia (mais de 2 mil) é dez vezes maior que o de toda a Europa — apenas

200. Só no Lago Catalão, entre os rios Negro e Solimões, em frente a Manaus, há 300 espécies conhecidas, segundo os especialistas do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA).

As estimativas dos cientistas são de que só 10% das espécies existentes na Amazônia brasileira sejam conhecidas. Talvez menos. Ainda assim, na escala amazônica, 10% já englobam números espantosos. Só de anfíbios são 250 espécies catalogadas, ante as 81 da Europa. Os mamíferos são 311, com mais de 70 espécies de macacos e 122 de morcegos. As abelhas são 3 mil; borboletas e lagartas, 1 800. Em uma única árvore da Amazônia já foram encontradas 95 espécies de formigas — dez a menos do que em toda a Alemanha

O besouro mãe-do-sol (*Euchroma gigantea*) é um dos maiores besouros do Brasil e chega a medir 8 cm de comprimento.



Mas há uma imensidão ainda a ser desbravada. [...]

A maior parte da Amazônia ainda é território inexplorado pela ciência. Estima-se que até 70% das coletas feitas sobre biodiversidade na região estão restritas aos entornos de Manaus e Belém — onde estão o INPA, o Museu Goeldi e as principais universidades da região. Diante do tamanho e da heterogeneidade da Amazônia, é o mesmo que observar a região por um buraco de fechadura. Faltam respostas para perguntas básicas: quantas espécies existem na região? Como elas estão distribuídas? Qual o papel de cada uma na natureza? Ninguém sabe dizer ao certo. A maior biodiversidade do planeta é também a mais desconhecida.

Organismos menores e altamente diversos, como os invertebrados (que constituem 95% das espécies animais do planeta), não têm nem estimativas. [...]



< A *Morpho menelaus* é uma borboleta que vive em áreas florestais da América Central e da América do Sul. Ela mede cerca de 15 cm de envergadura.

Não se trata apenas de saciar uma curiosidade científica. A falta de informações é uma ameaça direta à conservação da biodiversidade e dos serviços ambientais prestados por ela. “Como é que vamos entender o funcionamento de um ecossistema

se nem conhecemos as espécies que fazem parte dele?”, pergunta o zoólogo Miguel Trefaut Rodrigues, da Universidade de São Paulo (USP).

O planejamento de obras e a definição de áreas para conservação, por exemplo, dependem diretamente desse conhecimento. [...]

A última Avaliação do Estado do Conhecimento da Biodiversidade Brasileira calculou o número de espécies conhecidas no Brasil entre 168 mil e 212 mil — uma diferença de 44 mil. Prever o número real de espécies (incluindo as desconhecidas) é ainda mais difícil. (...) Baseando-se no ritmo atual, com uma média de 700 novas espécies descritas por ano, serão necessários 1 200 anos até que seja conhecida toda a biodiversidade brasileira — incluindo a da Amazônia.

A lista oficial da fauna ameaçada do Brasil inclui 58 espécies da Amazônia — 9% do total. É pouco, se for levado em conta que muitas espécies provavelmente estão ameaçadas ou já foram extintas sem que os cientistas tenham tido chance de conhecê-las. [...]

ESCOBAR, Herton.
O maior bioma do mundo.
O Estado de S. Paulo,
25 nov. 2007.

O macaco-barrigudo (*Lagothrix lagotricha*) está em risco de extinção. Ele mede cerca de 50 cm de comprimento, sem considerar a cauda. >



- Faça uma pesquisa para obter mais informações e maiores detalhes sobre os temas apresentados aqui. Com base nas informações descritas em sua pesquisa, discuta com seus colegas a questão do desmatamento e das espécies em risco de extinção. Estruturem um trabalho de divulgação na escola usando cartazes, blogs ou redes sociais, a fim de explicar a importância da preservação do meio, tomando a Floresta Amazônica como exemplo. Pense no que um ecossistema muito diversificado pode oferecer: matérias-primas, inclusive para a produção de fármacos, materiais genéticos e outros que puder reconhecer.

Seria interessante levantar a questão do uso da terra pelo ser humano estendendo o assunto para o bioma em que o estudante está inserido. Professor(a), o desmatamento é tratado no volume 1 desta coleção. Se possível, seria adequado resgatar o que foi visto naquela oportunidade. Veja nas Orientações didáticas os comentários e as respostas das questões dissertativas.



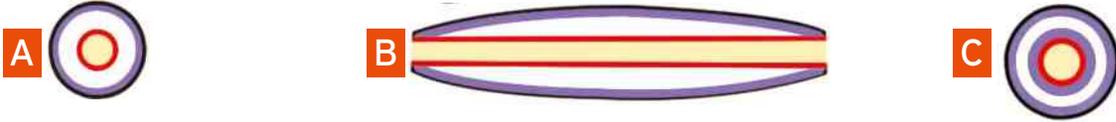
Retomando

Agora que você aprendeu sobre a origem, a evolução e as características gerais dos animais, retome suas respostas às questões do **Pense nisso** e reavalie-as. Que critérios você julga importantes para classificar os animais? Justifique suas escolhas e então compare-as com os caracteres exibidos no primeiro cladograma deste capítulo.



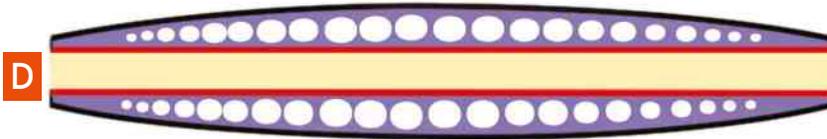
Atividade 1 Transitando entre duas e três dimensões Habilidades do Enem: H15, H17.

Nesta atividade, você deverá relacionar estruturas tridimensionais com imagens em cortes bidimensionais. Para isso, propomos que utilize a técnica da modelagem em massa, que você possivelmente já utilizou na disciplina de Arte. As cores utilizadas não precisam ser as mesmas da ilustração.



Walter Caldeira

Caso não disponha de massa de modelar, você poderá prepará-la com ingredientes simples. Em uma vasilha, misture duas xícaras de farinha de trigo e uma xícara de sal. Acrescente água aos poucos, mexendo sempre, até que se obtenha a consistência desejada. As diferentes cores podem ser obtidas acrescentando-se corante alimentar ou tinta guache.



Esquemas representando cortes transversais e longitudinais de animais hipotéticos. (Cores fantasia.)

As diferentes cores podem ser obtidas acrescentando-se corante alimentar ou tinta guache.

- Com a massa, modele uma estrutura tridimensional de modo que a fatia mediana transversal tenha a estrutura bidimensional representada em A, e a fatia longitudinal, a representada em B.
- Faça dois cortes (transversal e longitudinal) do seu modelo em massa para verificar se ele foi construído corretamente. Se não, refaça-o.
- Considere que seu modelo representa a estrutura básica do corpo de um animal e que os espaços amarelo e branco na ilustração, preenchidos com massa no modelo, representam as cavidades desse corpo. Qual seria a função da cavidade representada em amarelo? Qual seria a cavidade representada em branco?
- Qual seria a origem embrionária do material celular representado em roxo? E do componente em vermelho?
- Que animal poderia ser o representado pelo modelo e pela ilustração? Qual seria a importância, para ele, da cavidade representada em branco?
- Considere, agora, as figuras C e D. As ilustrações representam a estrutura básica de um tipo de animal. Que animal poderia ser esse?
- Nesse caso, como seriam chamadas as cavidades representadas em branco?
- Em relação às cavidades representadas em branco, compare as figuras A e B com C e D. Qual é a diferença?

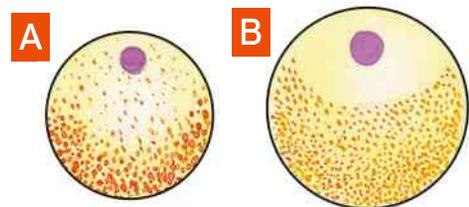
Atividade 2 Tipos de ovo e de clivagem

Habilidades do Enem: H15, H17.

Trabalharemos, agora, a relação entre o tipo de ovo (de acordo com a quantidade e a distribuição de vitelo em seu interior) e o tipo de clivagem associado.

Considere o ovo representado na figura A (a cor amarela representa o vitelo).

- Que tipo de ovo é esse?
- Dê um exemplo de animal cujos ovos são desse tipo.
- Qual é o tipo de clivagem associado (total ou parcial)?
- Faça um modelo do último estágio da segmentação desse ovo, a blástula. Represente-a cortada no plano mediano, indicando os polos animal e vegetal. Com cores diferentes, identifique um dos micrômeros e um dos macrômeros.



Osmi de Oliveira

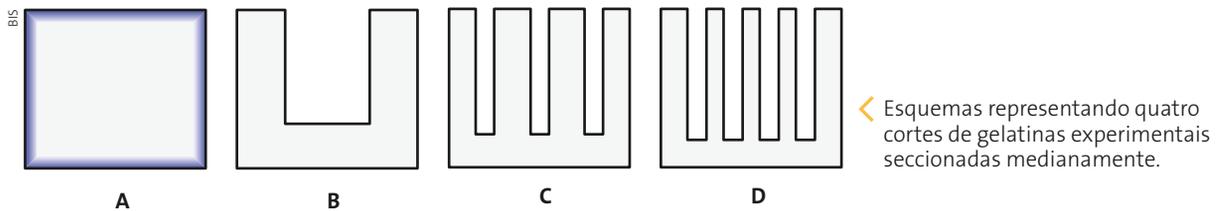
Esquemas representando dois tipos de ovos. (Cores fantasia.)

- Fixe o modelo numa cartolina e, com caneta, desenhe setas indicando os micrômeros e os macrômeros, bem como as partes da blástula. Se o ovo fosse tal como esquematizado na figura B, quais seriam as diferenças esperadas em relação à clivagem e à estrutura da blástula?

Atividade 3 Um problema da multicelularidade Habilidades do Enem: H15, H17.

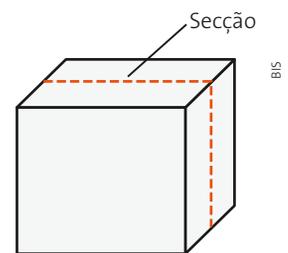
Os animais multicelulares devem ter se originado de formas coloniais de organismos unicelulares primitivos. Nesse evento evolutivo, um dos problemas que surgiram foi a distribuição de substâncias desde a superfície corporal até as células mais internas do corpo. Nesta atividade, propomos que você deduza e interprete os resultados de um experimento simulado. Este experimento visou testar a hipótese de que há dependência entre o grau de ocupação do volume interno de um corpo hipotético por uma substância solúvel e a forma desse corpo.

Para realizá-lo, usaram-se gelatina transparente e corante solúvel em água (como o azul de metileno encontrado nas farmácias, por exemplo). Com a gelatina, foram moldados quatro blocos cúbicos com as mesmas dimensões. Um deles (A) permaneceu sob a forma original. Os outros três foram recortados de forma que, se fossem seccionados medianamente, apresentariam suas estruturas internas como representadas em B, C e D, respectivamente.



A seguir, os quatro blocos foram colocados num recipiente contendo uma solução de azul de metileno, onde permaneceram por alguns minutos. A solução e o tempo de imersão foram os mesmos para os quatro blocos.

Ao final, os blocos foram seccionados no plano indicado na figura ao lado. Em A está representado o aspecto da secção mediana do primeiro bloco: a faixa azulada corresponde à parte da gelatina que coloriu por impregnação do corante. A coloração se deu por difusão simples da solução de azul de metileno pela superfície da gelatina.



- Em seu caderno, copie os desenhos B, C e D. Com um lápis colorido, pinte, dentro desses desenhos, onde o corante seria esperado ao final do experimento.
- Se, em vez de moléculas de corante e gelatina, tivéssemos, respectivamente, moléculas de oxigênio e tecidos de um animal sem cavidade interna e sem sistemas de transporte de substâncias, em qual das situações (A, B, C ou D) o animal teria seus tecidos com melhor oxigenação? Explique.

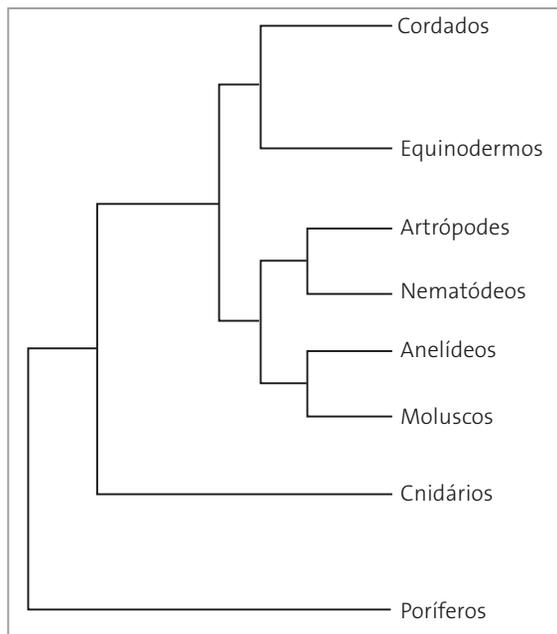
Testes

REGISTRE
NO CADERNO

- (UFC) O filo dos invertebrados mais relacionado ao homem é aquele que inclui as estrelas-do-mar, ou seja, os equinodermas. A justificativa para essa conclusão surpreendente foi baseada principalmente no estudo comparativo:
 - do desenvolvimento embrionário.
 - da simetria dos organismos.
 - do documentário fóssil.
 - da fisiologia.
 - do genoma.
- (UEM) No que se refere ao desenvolvimento embrionário dos animais, assinale o que for **correto**.
 - (01) Os poríferos são os únicos animais que não formam gástrula nem folhetos germinativos.
 - (02) Nos nematódeos (vermes cilíndricos), o mesoderma cresce aderido ao ectoderma, deixando um espaço entre si e o endoderma. Esse espaço é chamado de pseudoceloma.
 - (04) Moluscos, anelídeos e artrópodes apresentam celoma enterocélico e por isso são chamados enterocelomados.
 - (08) Aqueles animais em que o blastóporo dá origem à boca são chamados protostômios.
 - (16) Equinodermos e cordados são deuterostômios.

Resposta: 27 (01 + 02 + 08 + 16)

3. (Fuvest-SP) A figura representa uma hipótese das relações evolutivas entre alguns grupos animais.



Baseado em *Tree of Life Web Project 2002*.

De acordo com essa hipótese, a classificação dos animais em vertebrados e invertebrados:

- está justificada, pois há um ancestral comum para todos os vertebrados e outro diferente para todos os invertebrados.
 - x** não está justificada, pois separa um grupo que reúne vários filões de outro que é apenas parte de um filão.
 - está justificada, pois a denominação de vertebrado pode ser considerada como sinônimo de Cordado.
 - não está justificada, pois, evolutivamente, os vertebrados estão igualmente distantes de todos os invertebrados.
 - está justificada, pois separa um grupo que possui muitos filões com poucos representantes de outro com poucos filões e muitos representantes.
4. (UFPR) Fase do desenvolvimento embrionário caracterizada pelo estabelecimento dos três folhetos germinativos (ectoderma, mesoderma e endoderma) e por intensos movimentos morfo-genéticos:

- clivagem.
- morfogênese.
- x** gastrulação.
- fecundação.
- apoptose.

5. (UFPEL-RS) O desenvolvimento embrionário dos vertebrados é dividido nas seguintes etapas: segmentação, gastrulação e organogênese.

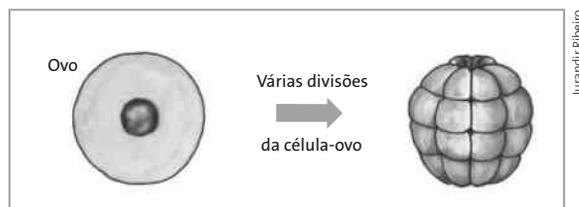


Figura A

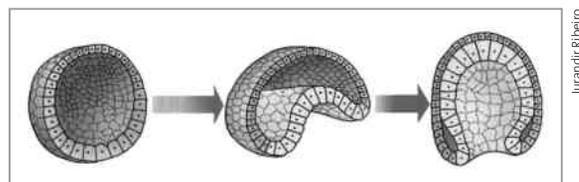


Figura B

Analise as afirmativas.

- A organogênese é uma etapa do desenvolvimento embrionário em que ocorre a diferenciação dos tecidos e dos órgãos do corpo dos animais. Ela inicia com a fase de neurulação.
- A figura **A** representa a fase de segmentação, em que ocorrem várias divisões meióticas a partir do zigoto, porém, no final dessa fase, não há aumento do volume total do embrião em relação ao volume do zigoto.
- A mórula e a blástula estão presentes na fase de gastrulação; ambas são formadas por um conjunto de células, porém a mórula é um maço celular, e a blástula apresenta uma cavidade interna cheia de líquido.
- Na fase de organogênese dos cordados, surge o tubo neural, a notocorda e o arquêntero; o tubo neural e a notocorda estão envolvidos na formação do futuro sistema nervoso, e o arquêntero, do sistema digestório.
- A figura **B** representa a fase de gastrulação. Nessa fase, o embrião aumenta de tamanho e há formação dos folhetos germinativos que darão origem a todos os tecidos do indivíduo.

Estão incorretas as afirmativas:

- I, II e IV.
- III, IV e V.
- x** II, III e IV.
- I, III e IV.
- I, II e V.



Figura 10.1. Ao observarmos esta fotografia do fundo do mar, conseguimos perceber com mais clareza o que já foi comentado no Capítulo 9: estes seres vivos não parecem animais. Um deles lembra uma planta, com seus ramos abertos. Trata-se, no entanto, de um anelídeo marinho, animal do mesmo grupo das minhocas. A foto evidencia a região anterior do corpo desse animal, que tem o restante do corpo protegido no interior de um tubo. O animal rosado é uma esponja-do-mar, e, mais à esquerda da fotografia, aparece um coral-cérebro, que é uma colônia de inúmeros indivíduos parentes das anêmonas-do-mar. É no ambiente marinho que se encontra a maior diversidade de filos animais, e também onde ainda há muito a ser descoberto. O coral-cérebro mede cerca de 20 cm de diâmetro, o anelídeo marinho pode medir até 30 cm de comprimento e a esponja mede cerca de 20 cm de altura.



Pense nisso

- Observe a fotografia acima e suponha que fosse solicitado a você mergulhar nesse ambiente e identificar as esponjas e as colônias pertencentes ao filo das anêmonas-do-mar. Que critérios você utilizaria?
- Agora, imagine um ambiente terrestre qualquer, como um jardim ou uma horta, e liste os animais que você poderia encontrar por lá. Em seguida, relacione aqueles que você classificaria como invertebrados e estabeleça critérios para classificá-los em grupos.
- Cite alguns vermes parasitas do corpo humano. De acordo com os critérios que você estabeleceu no item anterior, esses parasitas pertenceriam a algum grupo animal? Em caso positivo, qual seria esse grupo? Justifique.

1. Introdução

Neste capítulo e nos três seguintes, apresentaremos uma amostra da variedade de espécies dentro dos principais filos animais. Enfatizaremos as características gerais dos animais, seu modo de vida e hábitat.

Ao tratarmos de cada grupo, não vamos nos deter em estruturas e processos relacionados às funções vitais de ingestão, digestão, trocas gasosas, circulação, excreção e regulação osmótica. Essas funções serão estudadas de modo comparativo no Capítulo 14, com

o estudo do sistema nervoso, responsável pela coordenação do organismo.

Ao longo deste e dos próximos capítulos, esperamos que você possa conhecer as características e as necessidades básicas dos diversos animais e, assim, se conscientizar da importância da biodiversidade e da necessidade de sua conservação.

Neste capítulo, estudaremos poríferos, cnidários, platelmintos, nematódeos, moluscos e anelídeos.



Despertando ideias

REGISTRE
NO CADERNO



Safári na mídia

Objetivo

Antes de continuar o estudo dos animais, convidamos você a fazer um safári na mídia a fim de reconhecer as espécies do Reino Animal que receberam alguma atenção da mídia nos últimos anos. Isso será uma base importante para você acompanhar os capítulos de zoologia. Nesse safári, você vai realizar uma busca por animais e, para isso, terá um tempo a ser definido em conjunto com seu (sua) professor(a).

Procedimento

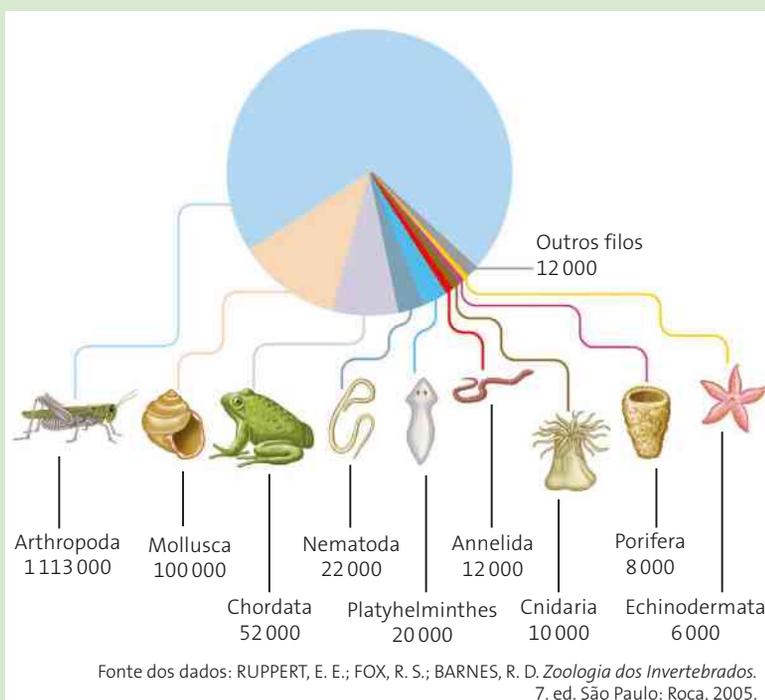
O safári pode ser feito consultando notícias na internet, em revistas e jornais recentes. Recolha imagens e/ou informações dos animais que encontrar. Se a notícia não mostrar a imagem do animal, faça uma pesquisa para saber como é o animal citado e, se possível, obtenha a imagem dele. O objetivo é encontrar na mídia a maior variedade possível de animais, pertencentes ao maior número possível de filos.

A seguir, apresentamos um gráfico de setores com algumas estimativas do número de espécies conhecidas para cada um dos principais grupos animais (Fig. 10.2).

Note que a grande maioria das espécies conhecidas corresponde aos artrópodes, seguidos por moluscos, nematódeos e cordados.

De posse do conjunto já fechado de informações e/ou imagens e com base nos conhecimentos que você já tem e no que foi discutido até aqui neste livro, procure classificar os animais em um dos nove filos citados. Organize esse conjunto de dados na forma de um álbum ou, se possível, em arquivo no computador. Compartilhe as informações com seus colegas de classe e complete com as informações que eles obtiveram, seja por meio da mídia em papel ou publicação em um *blog*.

Figura 10.2. Gráfico do número aproximado de espécies animais dentro de cada um dos principais filos que vamos estudar. (Elementos representados em diferentes escalas; cores fantasia.)



Paulo César Pereira

Questões

Após concluir a organização dos dados, responda:

1. Com base nos seus conhecimentos sobre classificação dos animais, você conseguiu agrupar os animais encontrados em quais dos filos citados? Encontrou representantes de todos os filos?
2. Quais dos animais encontrados no safári você não conhecia?
3. Calcule a porcentagem de espécies por filo animal encontrada no safári.
4. As porcentagens são muito diferentes das que estão representadas no gráfico da página anterior (Fig. 10.2)? Note que nele, embora cada setor represente uma porcentagem do total (que é o disco inteiro), o valor de cada uma não está explícito. Aplique seus conhecimentos de Matemática para calcular a porcentagem do número de espécies de cada filo em relação ao total de animais que

you encontrou. Levante hipóteses para explicar diferenças e semelhanças entre seus dados e os do gráfico de setores apresentado anteriormente.

Agora que já classificou e quantificou as informações que você e seus colegas de classe obtiveram sobre os animais, use o álbum ou o *blog* como fonte de consulta durante todo o estudo da zoologia. Amplie ou reorganize os dados à medida que for aprendendo coisas novas e acrescente fotografias de animais que você encontrar no dia a dia. No decorrer do estudo da zoologia, você poderá fazer também a divisão dos animais em suas classes. Escreva um resumo das características de cada filo e classe e, se necessário, acrescente imagens que ilustrem cada grupo animal.

Essa maneira de lidar com os conteúdos da zoologia vai auxiliar bastante em seu aprendizado. Ao final do curso, você e seus colegas de classe terão um excelente material de consulta e de pesquisa, construído de forma coletiva.

2. Filo Porifera

O filo Porifera (**poríferos**) reúne as esponjas, animais aquáticos que vivem fixos ao substrato, ou seja, que são **sésseis**. A maioria desses animais vive em ambiente marinho, mas há representantes em água doce.

Entre os animais, os poríferos são os que apresentam estrutura corpórea mais simples, sem tecidos e órgãos diferenciados.

O corpo das esponjas possui numerosos poros, característica que deu o nome ao filo (*póros* = poro; *phorus* = portador de). No ápice do corpo desses animais, há uma abertura maior denominada **óstculo**. Internamente, há uma cavidade chamada **átrio** ou espongiocele (*cele* = cavidade), que não é uma cavidade digestória, já que nela não há lançamento de enzimas que atuam na digestão extracelular do alimento.

As esponjas são animais filtradores. Elas promovem a circulação orientada da água dentro do corpo: a água penetra pelos poros, passa para a espongiocele e sai pelo óstculo. Por meio desse padrão de circulação de água, as esponjas obtêm o gás oxigênio e o alimento de que necessitam para viver e eliminam resíduos de seu metabolismo, além de elementos contidos na água e que não foram aproveitados pelo organismo.

Para entender a estrutura das esponjas, vamos analisar o tipo morfológico mais simples, denominado **asconoide** (ascon), representado por esponjas de pequeno porte, que raramente ultrapassam 1 cm de altura. Essas esponjas são geralmente tubulares (Fig. 10.3).

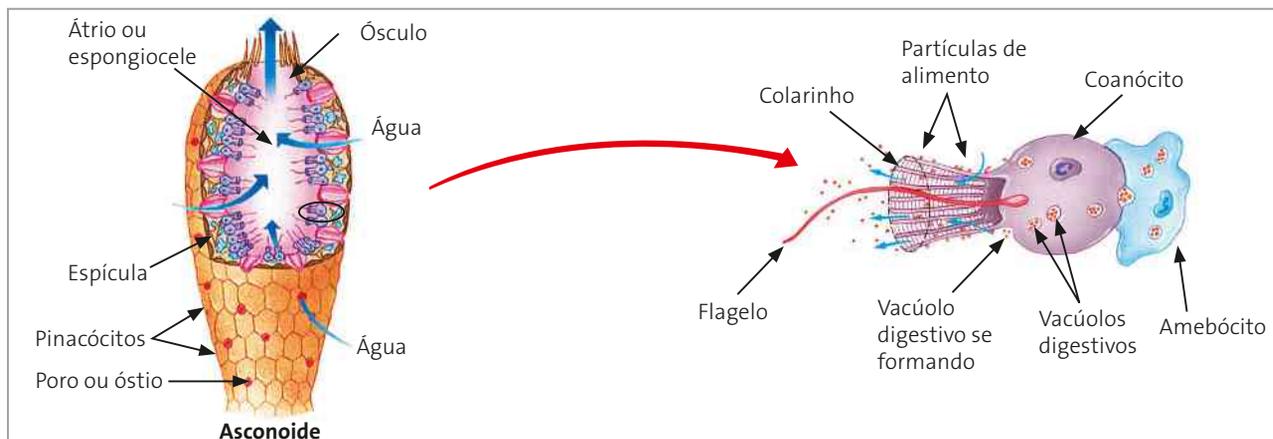


Figura 10.3. Esquema do tipo morfológico mais simples de esponja (cerca de 1 cm de altura), com parte do corpo representada em corte para mostrar a estrutura interna. No detalhe, duas células que ocorrem nos poríferos: o coanócito e o amebócito. As setas azuis indicam o trajeto da água. (Elementos representados em diferentes escalas; cores fantasia.)

A parede externa do corpo é formada por células achatadas denominadas **pinacócitos** (*pinna* = em forma de prancha; *cito* = célula), e toda a espongiocele é delimitada por células flageladas chamadas **coanócitos** (*coano* = funil).

Cada coanócito possui um flagelo rodeado pelo colarinho formado por inúmeras microvilosidades.

Os coanócitos são responsáveis pela circulação orientada da água e pela captura de alimento, que pode ser digerido em seu interior ou transferido para células que também fazem a digestão intracelular, chamadas **amebócitos**. Nas esponjas, a digestão é, portanto, sempre intracelular. Os amebócitos localizam-se no **meso-hilo**, camada gelatinosa situada entre as paredes interna e externa do corpo da esponja. No meso-hilo, há também elementos esqueléticos de sustentação, representados por **espículas** (calcárias ou silicosas) e fibras proteicas de **espongina**. Algumas espécies possuem apenas espículas, outras possuem espículas e espongina e há ainda as que possuem apenas espongina. Esse último caso é o das esponjas de banho, que, por essa característica, são muito macias, especialmente quando umedecidas (Fig. 10.4).



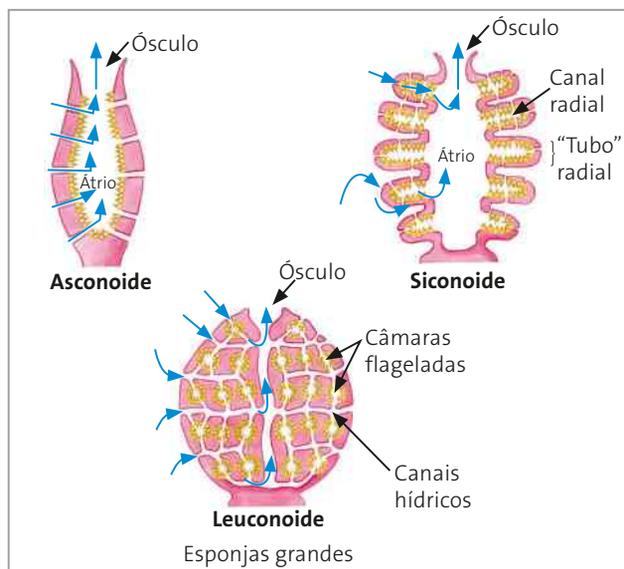
⤴ **Figura 10.4.** Fotografia de esponja de banho: corresponde ao endoesqueleto formado por fibras de espongina. Exemplar com cerca de 15 cm de diâmetro.

2.1. Diversidade de esponjas

Existem três tipos morfológicos de esponjas: **asconoide**, **siconoide** e **leuconoide**.

Esponjas asconoides são as mais simples, e sua estrutura limita o tamanho do corpo do animal. Por serem animais filtradores, as esponjas dependem da água que fazem circular em seu corpo para a realização de suas funções. No tipo asconoide, esse fluxo é mais lento que nos demais, pois a espongiocele é ampla em relação à superfície ocupada pelos coanócitos. Nos de-

mais tipos morfológicos, o fluxo de água é maior em função do aumento da área ocupada pelos coanócitos e da redução da espongiocele, duas condições consequentes de dobramentos da parede do corpo (Fig. 10.5).



⤴ **Figura 10.5.** Esquema mostrando os tipos morfológicos de esponjas, representados em corte. As setas azuis indicam o trajeto da água. (As esponjas estão representadas em diferentes escalas; cores fantasia.)

O tipo morfológico que ocorre na maior parte das esponjas é o leuconoide. É o tipo mais complexo e com maior taxa de filtração, o que propiciou maior crescimento corporal com espécies que podem atingir grandes dimensões (Fig. 10.6).



⤴ **Figura 10.6.** Fotografia de esponja leuconoide que ocorre nos mares da região do Caribe. Note a dimensão da esponja em relação ao corpo da pessoa.



DIVERSIDADE DE PORÍFEROS

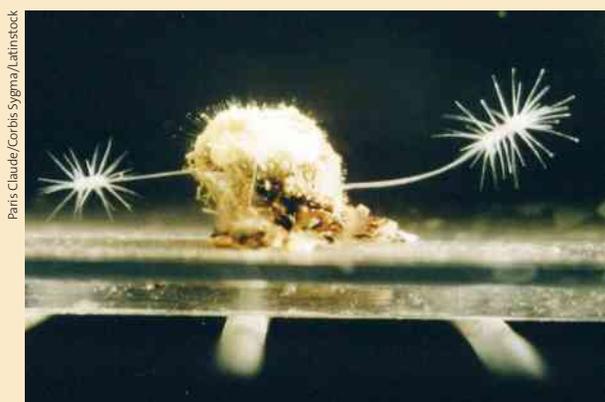
Os poríferos apresentam grande diversidade de formas, com espécies incrustantes, tubulares (Fig. 10.7), em forma de vaso e, até mesmo, perfuradoras de estruturas calcárias. Sua coloração também varia muito, podendo ser amarelada, avermelhada (Fig. 10.8), alaranjada ou de muitas outras cores.



Luciano Candiani

^ **Figura 10.7.** Fotografia de esponja tubular. Mede cerca de 20 cm de altura.

A maior parte das esponjas ocorre em águas rasas dos oceanos, mas algumas vivem em águas profundas. Entre estas destacam-se espécies muito diferentes de todas já conhecidas: as esponjas carnívoras (Fig. 10.9). Elas não têm sistema de fluxo de água, mas capturam animais, com tentáculos especializados. Lançam enzimas digestivas sobre as presas, como pequenos crustáceos, que são digeridas e depois absorvidas pelas células das esponjas.



Paris Claude/Corbis Sygma/Latinstock

^ **Figura 10.9.** Fotografia de esponja carnívora que ocorre em águas marinhas da França. Observe que, nas laterais, estão localizados os tentáculos. No Brasil, uma espécie de esponja carnívora foi encontrada a 4450 m de profundidade, a cerca de 500 km de distância da costa. Mede cerca de 2 cm de diâmetro.

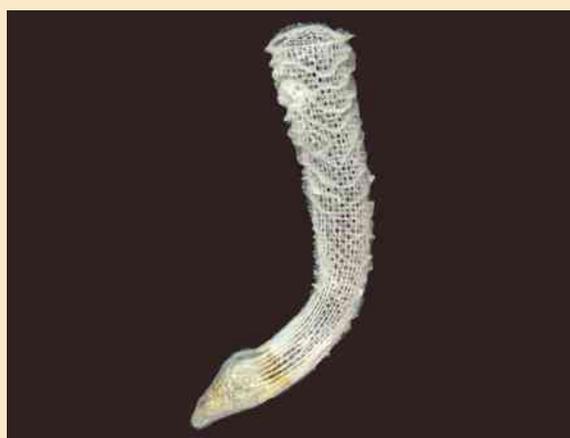


Eduardo Hajdu

^ **Figura 10.8.** Fotografia de esponja do gênero *Tedania*. É comum no litoral brasileiro, desde o Amapá até São Paulo. Mede cerca de 5 cm de altura.

Outro exemplo curioso é o das esponjas-de-vidro (Fig. 10.10). Elas possuem um endoesqueleto formado por espículas silicosas, que se fundem gerando um retículo. Quando suas células morrem, a rede de espículas persiste como um vaso vítreo, característica à qual se deve seu nome. Essas esponjas são muito comuns no Japão e nas Filipinas.

Recentemente foram descobertos importantes compostos químicos com propriedades farmacológicas que são produzidos por esponjas, aumentando o interesse comercial por esse filo animal.



Felipe F. Gúrcio

^ **Figura 10.10.** Fotografia de esqueleto de esponja-de-vidro, conhecida como vaso de vênus. Mede cerca de 20 cm de altura.

2.2. Reprodução nas esponjas

As esponjas podem apresentar reprodução assexuada e sexuada.

A reprodução assexuada pode ser por brotamento, fragmentação ou gemulação.

No **brotamento**, uma esponja inicial produz uma projeção no corpo, o broto, que pode se soltar originando um novo indivíduo (Fig. 10.11). Em muitas espécies, os brotos não se separam, originando colônias.

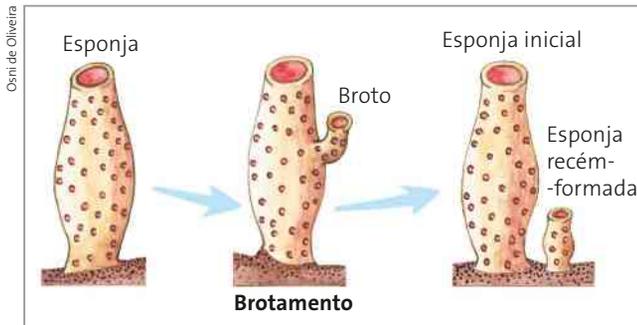


Figura 10.11. Esquema simplificado de brotamento em esponja. (Elementos representados em diferentes escalas; cores fantasia.)

As esponjas têm grande poder de regeneração. Pequenos pedaços delas podem regenerar por completo esponjas inteiras. Essa capacidade permite a elas que apresentem um tipo de reprodução assexuada por **fragmentação**: pequenos pedaços separados eventualmente do corpo podem formar novas esponjas.

A **gemulação** é mais comum em espécies de água doce, onde as condições ambientais podem se tornar temporariamente adversas, como ocorre quando os rios secam. Ao perceberem mudanças ambientais, as esponjas iniciam a produção de gêmulas, formas de re-

sistência que se originam no meso-hilo. Cada gêmula é constituída por um envoltório rígido, com espículas, que protege células indiferenciadas (**arqueócitos**) capazes de formar um novo indivíduo (Fig. 10.12). Quando as esponjas morrem, as gêmulas são liberadas, podendo permanecer no ambiente por longos períodos de tempo, até que as condições ambientais voltem a se tornar adequadas. Nessas condições, os arqueócitos saem por uma abertura presente na gêmula, a **micrópila**, e reorganizam uma nova esponja.

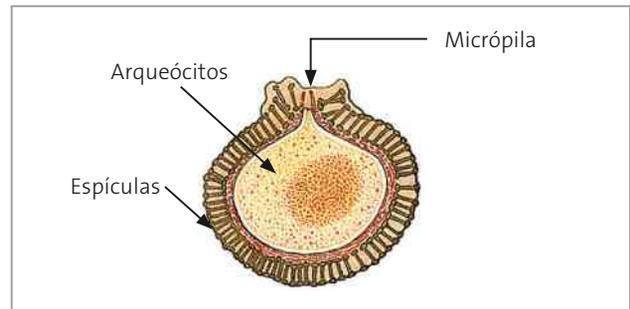


Figura 10.12. Esquema de gêmula em corte mediano, feito com base em observações ao microscópio de luz. (Cores fantasia.)

No caso da reprodução sexuada, existem esponjas hermafroditas e esponjas de sexos separados.

Na **reprodução sexuada**, os espermatozoides são formados a partir dos coanócitos e saem pelo ósculo carregados pela corrente exalante de água. Eles penetram em outras esponjas com a corrente inalante e são captados pelos coanócitos, que os transferem para os óvulos.

Como regra geral, a fecundação é interna. Os óvulos são formados a partir de coanócitos ou de arqueócitos. Do ovo surge uma larva ciliada que abandona o corpo da esponja. Após breve período de vida planctônica, a larva fixa-se a um substrato, sofre metamorfose e dá origem a um novo indivíduo.

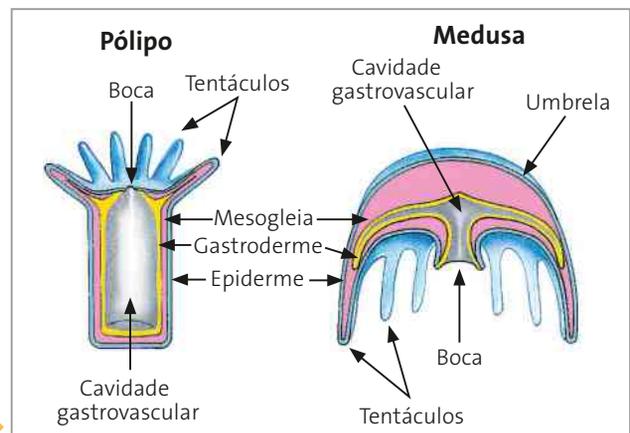
3. Filo Cnidaria

Professor(a), caso considere adequado, realize com os estudantes a sugestão de atividade extra sobre a proliferação e dispersão de organismos, proposta nas Orientações didáticas.

O filo Cnidaria (**cnidários**), antigamente chamado Coelenterata (celenterados), é representado pelas hidras, medusas, anêmonas-do-mar, que são indivíduos isolados, e pelas caravelas e corais, que são coloniais.

São animais diblásticos e apresentam basicamente dois tipos morfológicos: as **medusas**, geralmente natantes, ou seja, que nadam, e os **pólipos**, que vivem fixos ao substrato (sésseis), ou apoiados nele, podendo se deslocar (Fig. 10.13).

Figura 10.13. Esquema comparando um pólipó e uma medusa vistos em corte. (Elementos representados em diferentes escalas; cores fantasia.)



Os pólipos e as medusas, formas de vida aparentemente muito diferentes entre si, possuem características em comum e que definem o filo.

Tanto o pólipo como a medusa apresentam **boca**, mas não têm ânus. O alimento ingerido passa para a **cavidade gastrovascular**, onde é parcialmente digerido e distribuído. Depois é absorvido pelas células que revestem essa cavidade, onde se completa a digestão, que é, portanto, em parte extracelular e em parte intracelular. Os restos não aproveitados são eliminados pela boca.

Na região oral existem **tentáculos**, que participam da captura de alimento e da defesa do animal.

As camadas de células que ocorrem nos cnidários são:

- **epiderme**: derivada da ectoderme do embrião, reveste o corpo externamente;
- **gastroderme**: derivada da endoderme, reveste a cavidade gastrovascular.

Entre a epiderme e a gastroderme há uma camada gelatinosa denominada **mesogleia**, mais abundante nas medusas do que nos pólipos. Por isso, as medusas têm aspecto gelatinoso, fato que lhes valeu a denominação popular “águas-vivas”. O teor de água em seus corpos é elevado: cerca de 98% do peso total do ani-

mal. A região do corpo das medusas rica em mesogleia chama-se **umbrela**.

Nos cnidários, existe um tipo especial de célula denominada **cnidócito**, que aparece em maior quantidade nos tentáculos. Ao ser tocado, o cnidócito dispara a **cnida** (*cnide* = urtiga), cujo tipo mais comum é o **nematocisto**. Essa estrutura intracelular contém um longo filamento, geralmente penetrante, através do qual o líquido urticante presente na cnida é eliminado (Fig. 10.14). Esse líquido paralisa a presa. Em seres humanos, pode causar sérias queimaduras na pele.

Os cnidários apresentam sistema nervoso difuso, e a respiração e a excreção ocorrem por difusão através da superfície do corpo.

Enquanto a maioria dos pólipos é fixa, alguns podem se deslocar. Nas medusas, a locomoção é mais ativa, sendo realizada por um mecanismo denominado **jatopropulsão**: os bordos do corpo se contraem, e a água acumulada na face oral é expulsa em jato, provocando o deslocamento do animal no sentido oposto (Fig. 10.15).

A reprodução dos cnidários pode ser assexuada ou sexuada e será tratada no estudo das classes Anthozoa, Hydrozoa, Scyphozoa e Cubozoa.

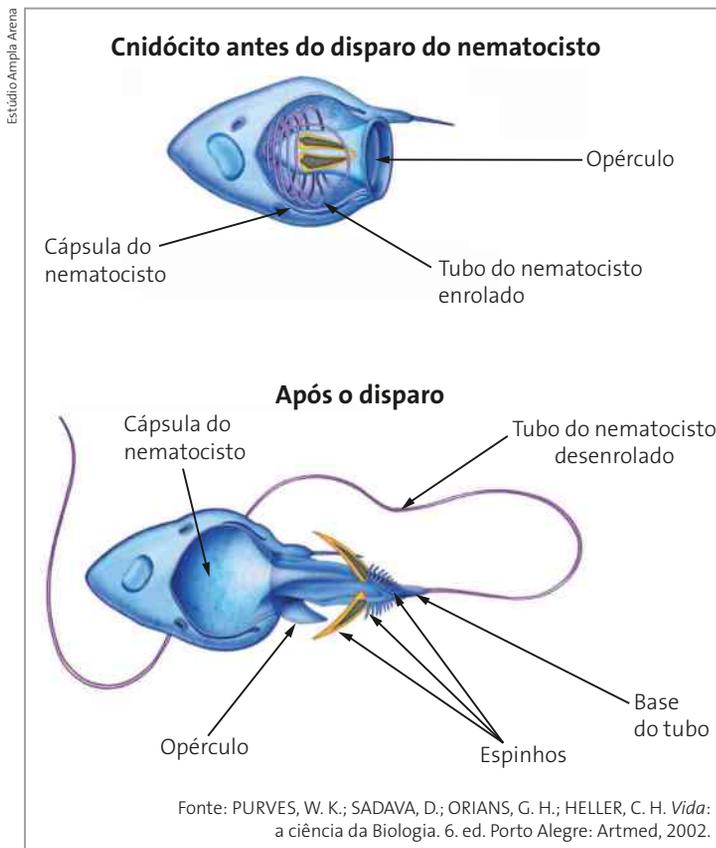


Figura 10.14. Esquemas de um cnidócito antes e depois do disparo, feitos com base em observações ao microscópio de luz. (Elementos representados em diferentes escalas; cores fantasia.)



Figura 10.15. Fotografia de *Phyllorhiza punctata* se deslocando por meio de jatopropulsão. Essa medusa ocorre no litoral brasileiro e chega a medir cerca de 50 cm de diâmetro.

3.1. Diversidade de cnidários

Classe Anthozoa

A classe Anthozoa (**antozoários**) apresenta apenas indivíduos com tipo morfológico de pólipos. Existem espécies solitárias, como as anêmonas-do-mar (Fig. 10.16), e espécies coloniais, como o coral-cérebro (Fig. 10.17) e as gorgônias.



Figura 10.16. Fotografia de pólipos: anêmona-do-mar. Mede cerca de 4 cm de diâmetro.



Figura 10.17. Fotografia de coral-cérebro, colônia sésil comum no litoral brasileiro formada por indivíduos iguais, todos executando as mesmas funções de alimentação, defesa e reprodução. Mede cerca de 20 cm de diâmetro.

Os corais-cérebro e alguns outros corais do grupo dos antozoários são chamados **corais-pétreos**. Eles apresentam um exoesqueleto de carbonato de cálcio secretado pela epiderme do corpo do pólipos, produzindo uma taça esquelética dentro da qual o pólipos se aloja.

Corais-pétreos que possuem zooxantelas (dinoflagelados clorofilados modificados) em simbiose são os principais cnidários construtores de recifes coralíneos.

As gorgônias (Fig. 10.18) possuem endoesqueleto proteico córneo (gorgonina). O endoesqueleto pode também ser calcário, formado por espículas de diferentes formas e cores. Nos preciosos corais vermelhos usados em joalheria (*Corallium rubrum*), o endoesqueleto é formado por espículas bem compactadas de cor avermelhada.

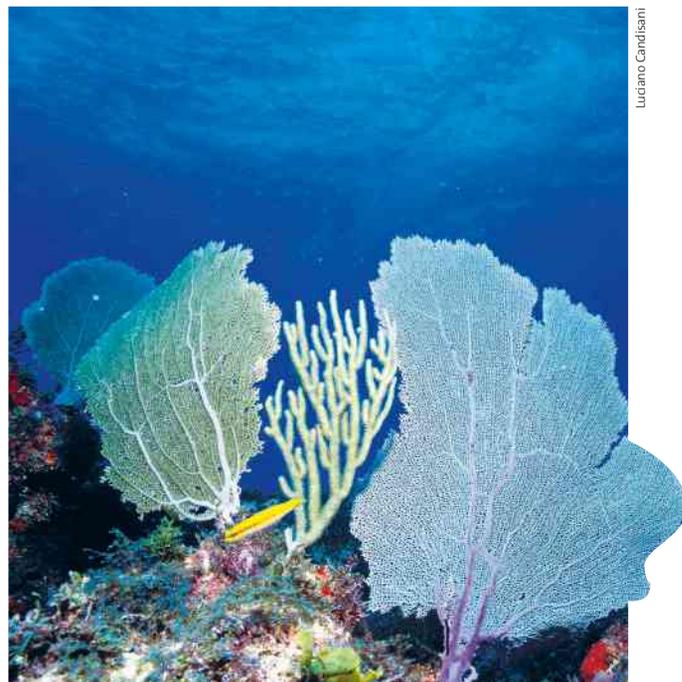


Figura 10.18. Fotografia de colônias de gorgonáceos. Atingem cerca de 30 cm de altura.

Entre os antozoários, há representantes com sexos separados e hermafroditas; a fecundação pode ser externa ou interna. Do ovo surge a larva típica dos cnidários, a **plânula**, que é ciliada e de vida planctônica. Após o assentamento no substrato, a plânula sofre metamorfose e dá origem ao pólipos jovem. Pólipos solitários como as anêmonas-do-mar podem se reproduzir assexuadamente por **laceração pediosa**. Neste caso, ao se deslocarem no substrato, podem deixar para trás alguns fragmentos da sua base, e cada um deles dá origem a um novo pólipos. A forma mais comum, no entanto, de reprodução assexuada nos pólipos é pela divisão longitudinal do corpo.

Classe Hydrozoa

Os **hidrozoários** são os únicos cnidários com representantes marinhos e de água doce.

São exemplos de hidrozoários as hidras (Fig. 10.19), as pequenas medusas dos gêneros *Olindias* (Fig. 10.20) e *Liriope*, e colônias como as caravelas (flutuantes) (Fig. 10.21) e os corais-de-fogo (sésseis).

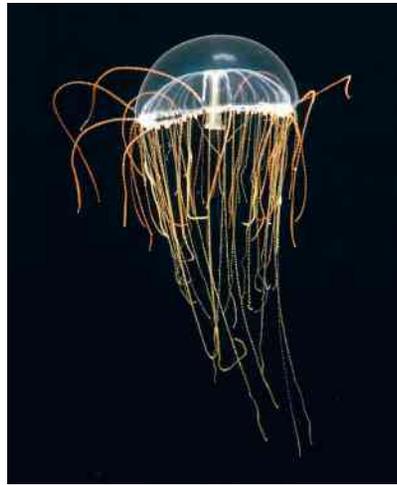
As caravelas são colônias polimórficas, ou seja, apresentam indivíduos com formas e funções dife-

rentes (colônias polimórficas: *poli* = muitos; *morfos* = forma). O indivíduo flutuador é uma bolsa cheia de gás, que possibilita que a colônia se desloque pela ação das ondas e do vento. Ligados a esse indivíduo, existem vários outros diferentes, adaptados a outras funções: alimentação, defesa, reprodução. Os cnidócitos dos tentáculos desses animais podem causar sérias queimaduras na pele das pessoas.

As formas coloniais sésseis podem ser arborescentes, sustentadas por um esqueleto quitinoso ou de carbonato de cálcio.



Clouds Hill Imaging Ltd./Corbis/Latinstock



Alvaro E. Migotto



Biosphoto/Claude Carre/Diomedea

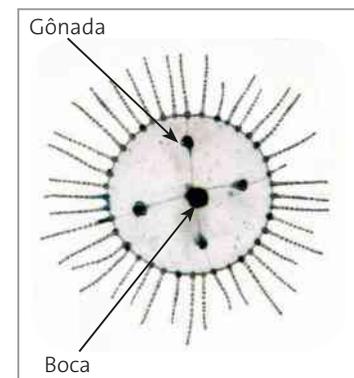
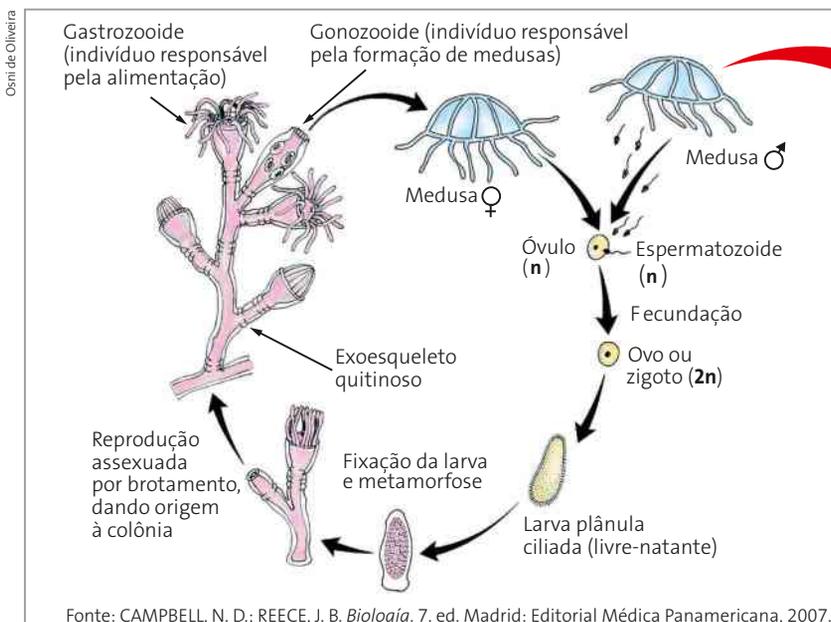
▲ **Figura 10.19.** Fotomicrografia de hidra, que vive em água doce. Mede cerca de 1 cm de altura. Observe o novo indivíduo (menor) surgindo por brotamento.

▲ **Figura 10.20.** Fotografia da medusa da espécie *Olindias sambaquiensis*, responsável por alguns acidentes no litoral do Brasil. Mede até 8 cm de diâmetro.

▲ **Figura 10.21.** Fotografia de caravela. O indivíduo flutuador mede cerca de 15 cm, e os tentáculos podem se estender por alguns metros.

Quanto aos ciclos de vida, podemos considerar três tipos:

- os que só desenvolvem pólipos (exemplo: *Hydra* sp.);
- os que só desenvolvem medusas (exemplo: *Liriope* sp.);
- os que desenvolvem pólipos e medusas, apresentando alternância de gerações ou **metagênese** (exemplo: *Obelia* sp.) (Fig. 10.22). A fase predominante nesse tipo de ciclo de vida geralmente é a polipoide. A alternância de gerações que ocorre nos ciclos de vida de cnidários difere da verificada nas plantas e nas algas multicelulares, pois tanto os pólipos quanto as medusas (Fig. 10.23) são diploides.



Alvaro E. Migotto

▲ **Figura 10.23.** Fotografia de medusa, vista pela umbrela. (Cerca de 2,5 mm de diâmetro.)

▲ **Figura 10.22.** Esquema do ciclo de vida de *Obelia* sp., com alternância de gerações. (Elementos representados em diferentes escalas; cores fantasia.)

Classe Scyphozoa

Na classe Scyphozoa (**cifozoários**), ao contrário do que ocorre entre os hidrozoários, a medusa é a forma predominante do ciclo de vida e geralmente é grande. O pólipo dos cifozoários é muito reduzido e, em alguns poucos casos, ausente.

A reprodução assexuada nesse grupo de cnidários ocorre principalmente por **estrobilação** (Fig. 10.24). Por esse processo os pólipos formam pequenas medusas imaturas, chamadas **éfiras**, que se diferenciarão em medusas adultas, responsáveis pela reprodução sexuada (Fig. 10.25). Geralmente, as medusas são de sexos separados, e a fecundação pode ser externa ou interna.

A alternância de gerações é o padrão comum de reprodução, como exemplificado abaixo, com base no ciclo de vida da espécie *Aurelia aurita*.

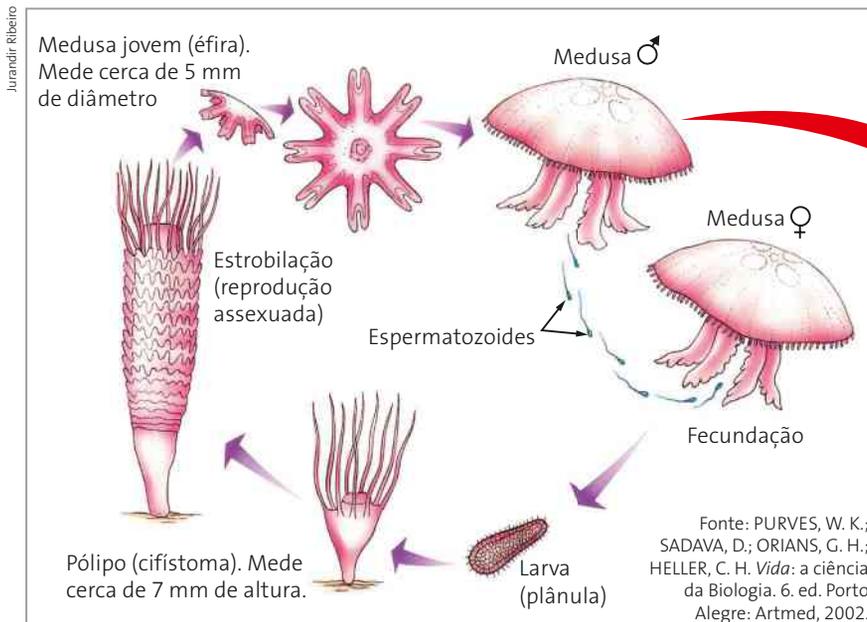


Figura 10.24. Esquema do ciclo de vida da *Aurelia aurita*, que apresenta alternância de gerações. (Elementos representados em diferentes escalas; cores fantasia.)



Figura 10.25. Fotografia de medusas adultas. Mede cerca de 30 cm de diâmetro.

Classe Cubozoa

A classe Cubozoa (**cubomedusas**) agrupa as medusas com umbrela de aspecto cúbico. No ciclo de vida, a larva plânula dá origem à fase de pólipo, que sofre metamorfose completa e se transforma em medusa. Esses cnidários ocorrem principalmente em mares tropicais e subtropicais, especialmente nos oceanos Índico e Pacífico. Entre eles estão representantes que causam graves acidentes em seres humanos, provocando-lhes sérias queimaduras na pele. É o caso da cubomedusa *Chironex fleckeri*, popularmente chamada de vespa-do-mar, que ocorre no litoral australiano e pode causar a morte de uma pessoa.

No litoral brasileiro, duas espécies de cubomedusas podem causar acidentes, mas em geral não tão graves quanto os causados pela espécie australiana. As espécies brasileiras são a *Tamoya haplonema* (Fig. 10.26) e a *Chiropsalmus quadumanus* (Fig. 10.27), mostradas ao lado.



Figura 10.26. Fotografia da cubomedusa *Tamoya haplonema*. Sua umbrela mede cerca de 10 cm de altura.

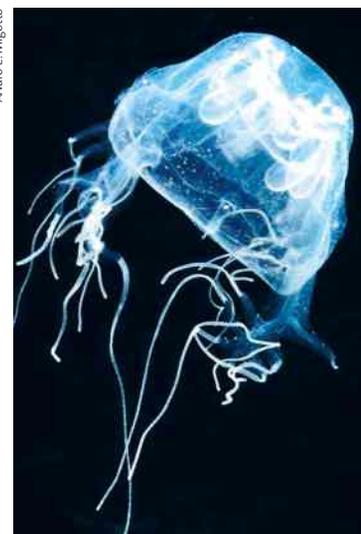


Figura 10.27. Fotografia de *Chiropsalmus quadumanus*, uma espécie de cubomedusa. Sua umbrela mede cerca de 6 cm de altura.

4. Filo Platyhelminthes

Os **platelmintos** são animais triblásticos, acelomados, com simetria bilateral. Como em todos os demais animais com esse tipo de simetria, apresentam uma região anterior, uma posterior, uma dorsal e uma ventral em contato com o substrato. Animais com simetria radial não possuem essas regiões.

O nome desse filo deriva de uma das características dos animais desse grupo: são vermes com o corpo achatado dorsoventralmente (*platýs* = chato; *helminτός* = verme). O termo **verme** é empregado para animais invertebrados de corpo alongado, mas não tem valor taxonômico.

Entre os platelmintos há espécies de vida livre, que são predadoras ou que se alimentam de animais mortos. Ocorrem nos mares, na água doce e em ambientes terrestres úmidos.

Existem também platelmintos que são parasitas de outros animais, inclusive do ser humano. É o caso do *Schistosoma mansoni*, que causa a **esquistossomose** (barriga-d'água), e da *Taenia solium*, que causa a **teníase** e a **cisticercose**.

Há espécies de platelmintos em que os indivíduos são microscópicos, mas há também espécies em que os indivíduos são muito longos, atingindo cerca de 10 m de comprimento, como algumas espécies de tênia ou solitária, que são parasitas intestinais. Independentemente do comprimento, a espessura do corpo dos platelmintos é muito pequena. Com isso, mesmo as células mais internas do corpo não ficam muito distantes da superfície, o que permite a troca de gases respiratórios e a liberação de excretas nitrogenadas (amônia) por difusão através da superfície do corpo.

Das quatro classes atualmente reconhecidas dentro dos platelmintos, vamos estudar alguns exemplos de três delas.

4.1. Diversidade de platelmintos

Classe Turbellaria

Os **turbelários** são platelmintos de vida livre. Vamos nos deter nas **planárias** de água doce (Fig. 10.28).

Na região anterior do corpo dessas planárias existem dois **ocelos**, estruturas sensoriais capazes de perceber a luz (**fotorreceptoras**), mas que não formam imagens. Nas **aurículas**, que são projeções laterais da região cefálica, há células capazes de perceber substâncias químicas dissolvidas na água (células **quimiorreceptoras**), que participam do processo de localização do alimento no meio.

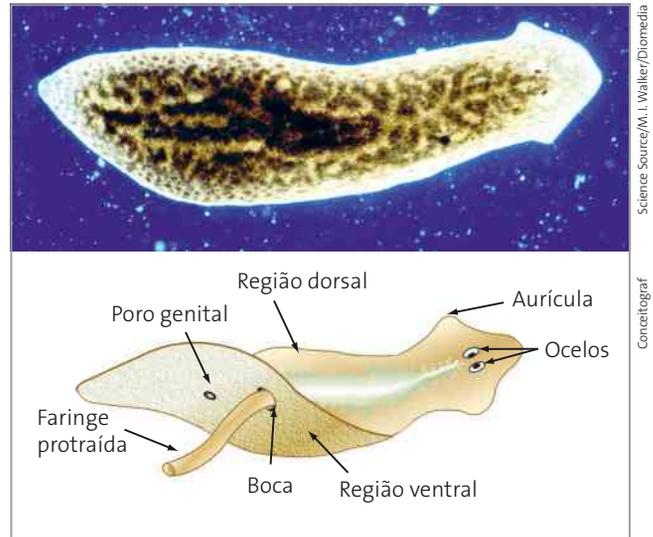


Figura 10.28. Fotografia e esquema de planária de água doce (cores fantasia), que usaremos como modelo para estudar os platelmintos. Mede cerca de 2 cm de comprimento.

As planárias são animais hermafroditas, porém a autofecundação é rara. Na cópula, dois indivíduos se unem e há troca de espermatozoides. Os indivíduos se separam. Após a fecundação, um ou mais zigotos ficam protegidos em cápsulas que são liberadas pelo poro genital. Estas são fixadas ao substrato pelo animal e delas eclodem planárias jovens. O desenvolvimento, portanto, é direto (Fig. 10.29).

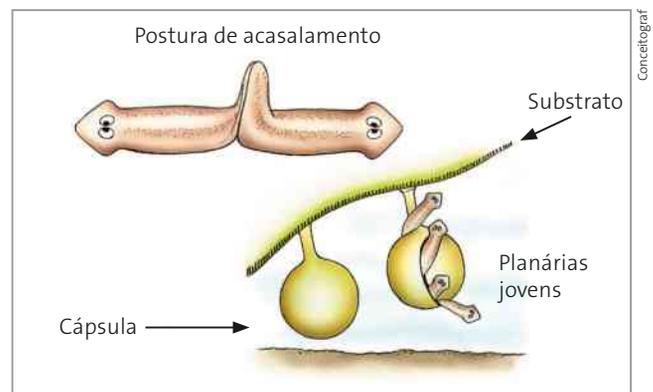


Figura 10.29. Esquema de reprodução sexuada em planária. (Cores fantasia.)

As planárias podem se reproduzir assexuadamente por fissão transversal (Fig. 10.30). Esses animais apresentam grande poder de regeneração em função da presença de células indiferenciadas nos tecidos de preenchimento do corpo, e que têm grande poder de divisão e de dar origem a outros tipos celulares. Até um certo limite, se dividirmos o corpo da planária, cada segmento dará origem a um novo indivíduo.

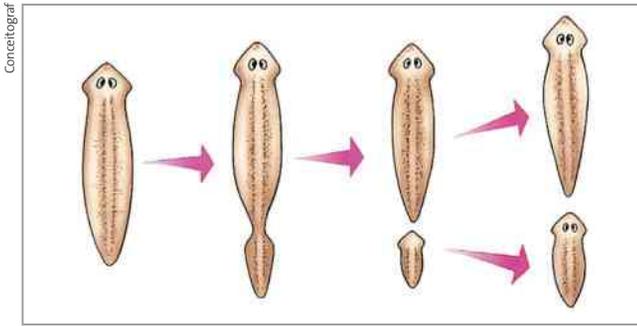


Figura 10.30. Esquema de fissão transversal em planária. (Cores fantasia.)

Classe Trematoda

Os **trematódeos** são platelmintos parasitas que apresentam uma ou duas ventosas usadas na fixação ao corpo do hospedeiro; quando existem duas ventosas, uma localiza-se ao redor da boca, e a outra fica em posição ventral. A boca comunica-se com um esôfago curto, de onde partem dois ramos intestinais, muito reduzidos.

O revestimento do corpo é modificado e desempenha papel importante na proteção do animal contra substâncias produzidas pelo hospedeiro. Na superfície corpórea há absorção de nutrientes, principalmente aminoácidos, por pinocitose. Aí também ocorrem trocas gasosas e liberação de excretas.

Vamos nos deter no estudo de um parasita humano que se destaca no Brasil: o *Schistosoma mansoni*, causador da **esquistossomose** ou esquistossomíase. Essa espécie é uma das poucas entre os platelmintos que apresentam sexos separados. Além disso, tem dimorfismo sexual, ou seja, é possível reconhecer machos e fêmeas pelo aspecto externo do corpo.

Analise o ciclo de vida desse parasita na figura 10.31 e note que, para o ciclo se completar, há necessidade de um hospedeiro intermediário, um caramujo do grupo dos planorbídeos, do gênero *Biomphalaria*.

No corpo humano, após infestação prolongada, surgem lesões no fígado e em outros órgãos. Na forma mais grave da doença, ocorre intenso inchaço do fígado e do baço, daí o nome popular de “barriga-d’água”.

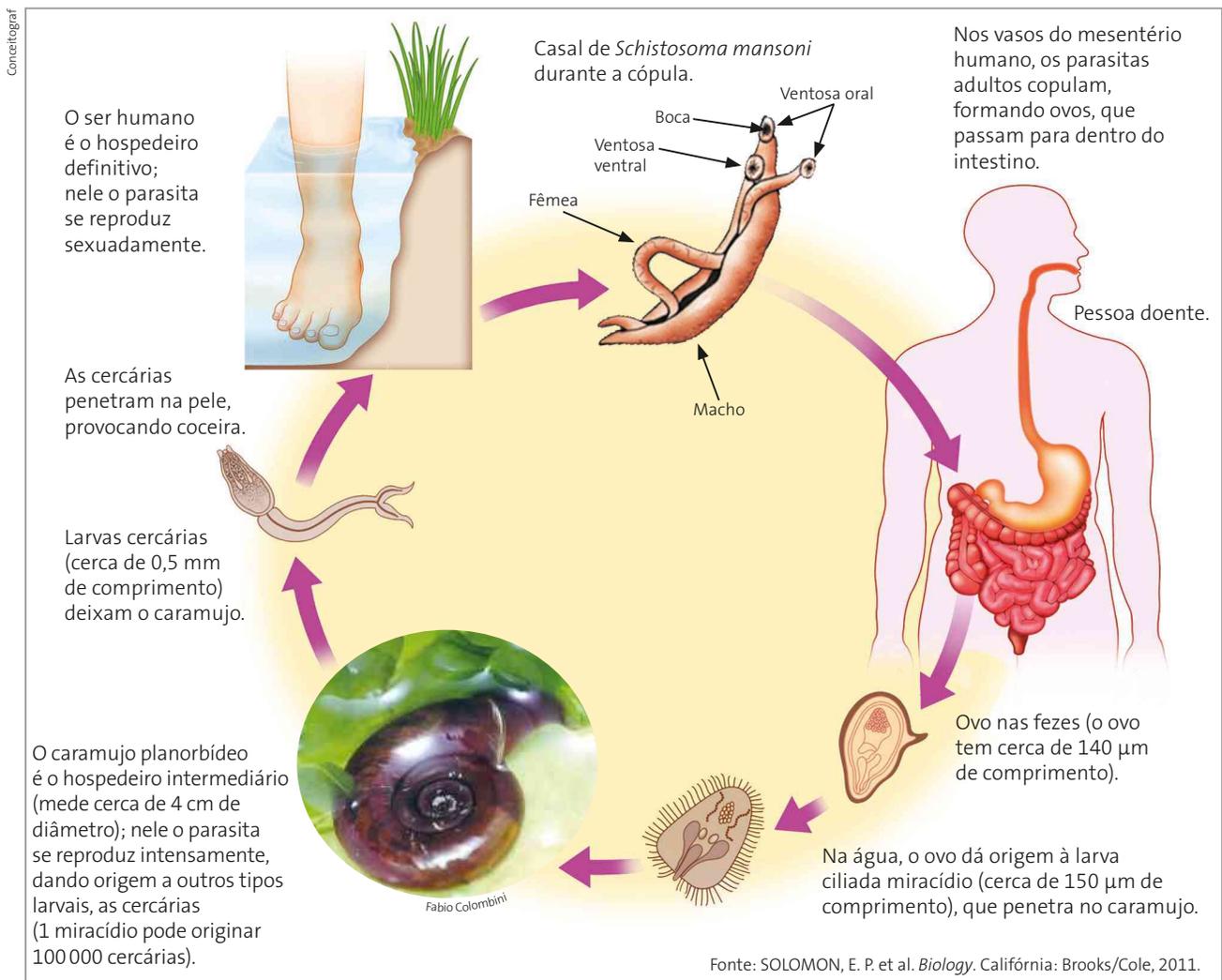


Figura 10.31. Esquema do ciclo de vida de *Schistosoma mansoni*. O tempo entre a penetração da cercária no corpo humano e o aparecimento de ovos nas fezes é de 3 a 4 semanas. (Elementos representados em diferentes escalas; cores fantasia.)

As principais medidas profiláticas para se evitar a esquistossomose são:

- não nadar nem andar nas chamadas “lagoas de coceira”, pois elas estão contaminadas pelas larvas cercárias do esquistossomo;
- saneamento básico, evitando a contaminação do ambiente por fezes de pessoas que possam conter ovos de esquistossomo;
- controlar a população de caramujos planorbídeos, hospedeiros intermediários sem os quais o ciclo do esquistossomo não se completa;
- tratar os doentes.

Classe Cestoda

Os **cestódeos** são platelmintos parasitas, representados principalmente pelas **tênias** (Fig. 10.32), parasitas intestinais. Eles não têm boca nem demais estruturas do sistema digestório; os nutrientes são obtidos apenas por pinocitose ou por absorção através do revestimento do corpo. Este é modificado com características que possibilitam não só absorção de nutrientes, como também proteção contra as substâncias produzidas pelo hospedeiro.

Clouds Hill Imaging Ltd/SP/Latinstock

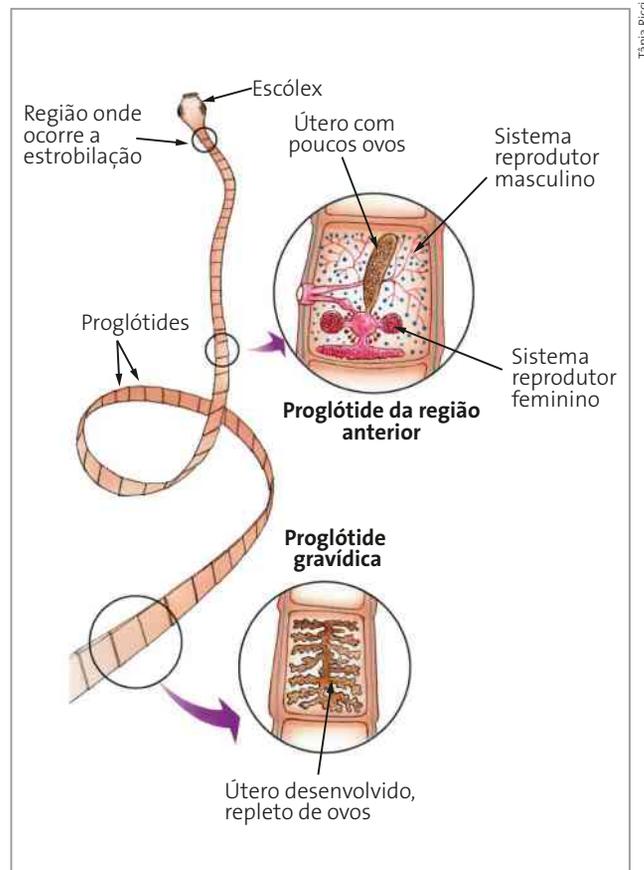


Figura 10.32. Fotografia mostrando parte do corpo de uma tênia. A região anterior, por onde o animal se fixa (seta), é a que tem menor largura.

As espécies mais importantes para o ser humano são: *Taenia solium* e *Taenia saginata*. Esses animais podem atingir no intestino humano até 10 m de compri-

mento. Pelo fato de geralmente existir apenas um indivíduo no corpo do hospedeiro, as tênias são também chamadas **solitárias**.

Analise a figura 10.33 e acompanhe a descrição dela pelo texto.



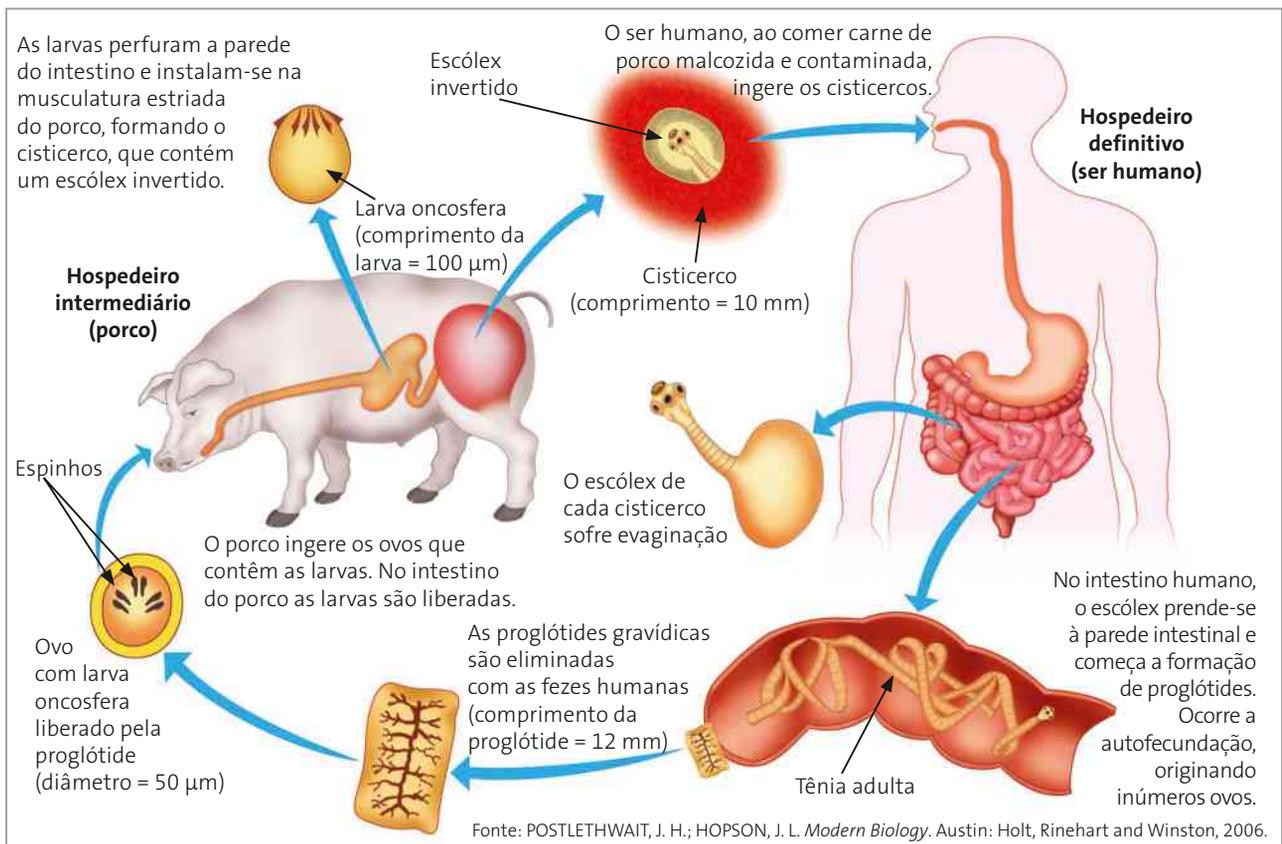
Tânia Ricci

Figura 10.33. Esquema do corpo da tênia, com destaque para uma proglótide da região anterior e para uma proglótide gravídica. Destaques feitos com base em observações ao microscópio de luz. (Elementos representados em diferentes escalas; cores fantasia.)

A região anterior do corpo das tênias é chamada **escólex**, na qual existem estruturas de fixação do animal à parede intestinal do hospedeiro. Logo após o escólex, ocorre a **estrobilação**, processo responsável pelo crescimento desses organismos. Na estrobilação, vão sendo formados diversos gomos, denominados **proglótides**. As proglótides recém-formadas são imaturas e pequenas, mas, à medida que vão ficando mais distantes da região anterior, ou seja, mais velhas, vão se tornando sexualmente maduras e de maior dimensão.

Em cada proglótide existe o sistema reprodutor masculino e o feminino. Esses animais são, portanto, **hermafroditas**. Depois que ocorre a fecundação, o útero enche-se de ovos, dando à proglótide o aspecto gravídico. As proglótides gravídicas são maiores que as demais. Elas se desprendem e são eliminadas com as fezes humanas.

Esquematisamos o ciclo de vida da *Taenia solium* (Fig. 10.34), que é semelhante ao da *Taenia saginata*, diferindo apenas quanto aos hospedeiros intermediários: no caso da *Taenia solium* é o porco e no caso da *Taenia saginata* é o boi.



Conceitograf

Figura 10.34. Esquema do ciclo de vida de *Taenia solium*. (Elementos representados em diferentes escalas; cores fantasia.)

As principais medidas profiláticas para evitar a teníase são:

- saneamento básico;
- inspecionar carnes de porco e de boi nos abatedouros e açougues; os **cisticercos** são visíveis a olho nu como pequenas estruturas amarelo-esbranquiçadas em meio às fibras da carne; essas estruturas são conhecidas popularmente como canjicas;
- cozinhar bem as carnes antes de ingeri-las, pois o cozimento prolongado mata os cisticercos;
- tratar dos doentes.

A *Taenia solium* pode provocar no ser humano uma doença grave: a **cisticercose**. Ela é contraída quando uma pessoa ingere ovos desse parasita e passa a atuar como hospedeira intermediária do verme. Os cisticercos são formados no corpo humano em vários tecidos, podendo alojar-se nos olhos, no cérebro e no coração.

5. Filo Nematoda

O filo Nematoda (*nema* = fio), ou Nemata, compreende animais de corpo alongado, cilíndrico e fino, com as extremidades afiladas. A diversidade no grupo é muito grande. A maioria dos **nematódeos** é de vida livre, medindo entre 1 mm e 5 cm de comprimento (Fig. 10.35). São abundantes em diferentes ambientes: solos, água doce e mares. Para se ter ideia da quantidade desses indivíduos, 1 m² de solo pode conter cerca de 3 milhões desses diminutos animais.



Alvaro E. Migotto

Figura 10.35. Fotomicrografia de um nematódeo marinho de vida livre. Mede cerca de 2 mm de comprimento.

As formas de vida livre têm diferentes hábitos alimentares, havendo nematódeos que se alimentam de detritos ou de animais mortos em decomposição e nematódeos predadores.

Algumas espécies são parasitas de plantas e animais. O tamanho desses parasitas é bastante variável: há representantes com cerca de 40 mm de comprimento, como as filárias, e outros com cerca de 40 cm, como as lombrigas.

A maioria dos nematódeos tem sexos separados, com dimorfismo sexual. Em geral, a fêmea é maior que o macho, e este possui a extremidade posterior do corpo em forma de gancho, usado na cópula para envolver o corpo da fêmea.

Como exemplo desse grupo, nos deteremos nas lombrigas (Fig. 10.36).



Figura 10.36. Fotografia de fêmea de *Ascaris lumbricoides*. Pode medir até cerca de 40 cm de comprimento.

Na extremidade anterior, localiza-se a boca, geralmente circundada por lábios ou papilas sensoriais. Próximo à extremidade posterior abre-se o **ânus**, no caso das fêmeas, e a **cloaca**, no caso dos machos. A cloaca é uma abertura comum aos sistemas digestório e reprodutor. Assim, os machos eliminam espermatozoides e fezes pela cloaca; as fêmeas têm um orifício genital separado do ânus e de localização anterior no corpo. Na cloaca existem espículas copulatórias que são evertidas na hora da cópula e introduzidas no orifício genital da fêmea. A fecundação é, portanto, interna (Fig. 10.37).

Ao contrário dos demais animais, os nematódeos não possuem células ciliadas nem flageladas. Até mesmo seus espermatozoides se deslocam por movimento ameboide.

Após a fecundação, os ovos contendo os embriões em desenvolvimento ficam armazenados no útero, protegidos por um envoltório espesso e resistente. Esses ovos são eliminados pelo poro genital da fêmea. Do ovo eclode uma larva; esse termo, porém, não é muito

apropriado, pois ela possui quase todas as estruturas do adulto, exceto o sistema reprodutor desenvolvido. O termo larva é, no entanto, usual para o grupo.

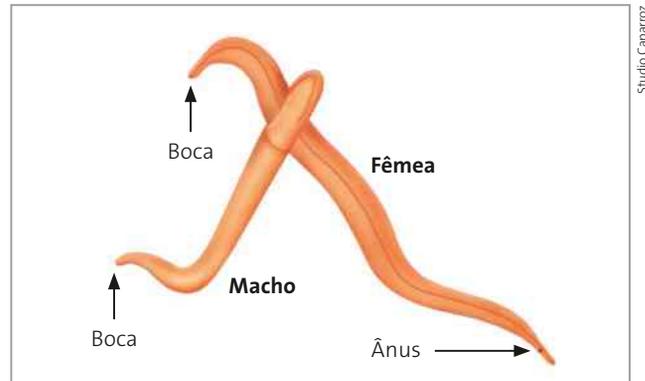


Figura 10.37. Esquema da cópula entre lombrigas. (Cores fantasia.)

O crescimento das larvas é acompanhado por mudas da cutícula: a cutícula antiga se separa da epiderme à medida que uma nova cutícula se forma. Os adultos não apresentam mudas.

A cutícula é rica em fibras colágenas, sendo secretada pela epiderme. Nas espécies que vivem no solo, a cutícula é muito espessa e protege o corpo do animal do atrito com as partículas minerais. Nas espécies parasitas, essa cutícula protege o nematódeo das enzimas e de outros produtos do corpo do hospedeiro.

5.1. Nematódeos parasitas do ser humano

As principais parasitoses humanas provocadas por nematódeos no Brasil estão resumidas a seguir. As espécies mencionadas têm sexos separados, e a fecundação é sempre interna.

Ascaris lumbricoides (lombriga)

- **Doença:** ascaridíase.
- **Ciclo de vida:** os vermes adultos (chegam a medir cerca de 40 cm de comprimento) vivem no intestino humano, onde se reproduzem. Os ovos são eliminados pelo poro genital das fêmeas e misturam-se com as fezes do ser humano. Ao defecar, a pessoa elimina esses ovos e pode contaminar o meio. Se ingeridos pelo ser humano, esses ovos eclodem no intestino, dando origem a larvas que perfuram a parede intestinal e caem na corrente sanguínea. Passam pelo fígado, coração, chegando aos pulmões. Perfuram os alvéolos pulmonares e sobem pelos brônquios até atingir a faringe. São novamente deglutidos e, ao atingirem o intestino, dão origem aos vermes adultos, reiniciando o ciclo.

- **Modo de transmissão:** ingestão de alimentos e de água contaminados por ovos de lombriga. É um parasita **monoxeno**, pois seu ciclo de vida se completa em apenas um hospedeiro. Quando há necessidade de dois hospedeiros, os parasitas são chamados **heteroxenos**.
- **Medidas profiláticas:** saneamento básico; lavar bem os alimentos; tratar com cloro ou ferver a água antes de ingeri-la; lavar as mãos antes das refeições; tratamento dos doentes.
- **Sintomas:** cólicas intestinais e náusea pela presença do parasita no intestino; bronquite e pneumonia em decorrência de migração de larvas do parasita, respectivamente, para brônquios e pulmões.

Ancylostoma duodenale e *Necator americanus*

- **Doença:** ancilostomose, ancilostomíase, necatoríase, opilação ou amarelão.
- **Ciclo de vida:** os adultos (Fig. 10.38) vivem no intestino delgado humano, onde se reproduzem. Eles apresentam estruturas cortantes ao redor da boca, com as quais causam lesões à parede do intestino delgado. As fêmeas eliminam os ovos, que vão se misturar com as fezes do hospedeiro. Ao defecar, a pessoa elimina esses ovos com as fezes, podendo contaminar o meio. Desses ovos eclodem larvas que ficam no solo úmido, de onde podem penetrar ativamente na pele humana. São conduzidas pela corrente sanguínea até o pulmão, perfuram os alvéolos, vão para os brônquios e para a boca. São engolidas, passam para o intestino, dão origem ao verme adulto e reinicia-se o ciclo.

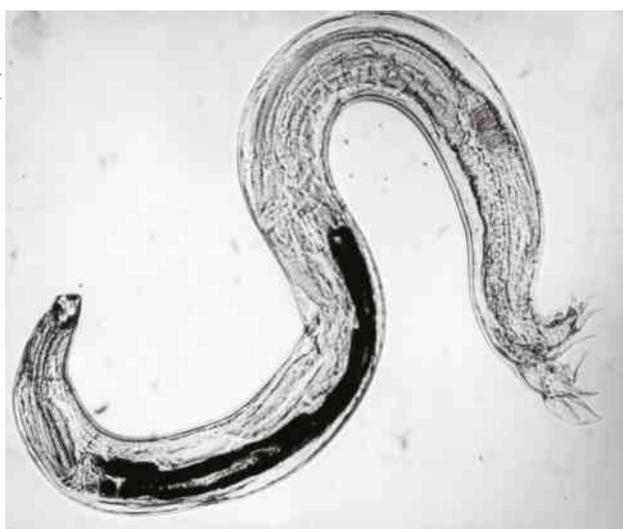


Figura 10.38. Fotomicrografia de exemplar de *Ancylostoma duodenale*. Mede cerca de 15 mm de comprimento.

- **Modo de transmissão:** penetração ativa na pele humana de larvas do parasita presentes no solo. As larvas medem cerca de 700 µm de comprimento.
- **Medidas profiláticas:** saneamento básico; evitar contato da pele com solos contaminados por larvas desses parasitas; tratamento dos doentes.
- **Sintomas:** anemia por perda de sangue nas lesões da parede do intestino delgado provocadas pelos parasitas. A pessoa fica pálida, amarelada (daí essa doença ser chamada de **amarelão**) e fraca. Há também irritação na pele no momento da penetração da larva e problemas pulmonares, em decorrência da fase em que os parasitas atingem os pulmões. No início do século XX o personagem Jeca Tatu, criado por Monteiro Lobato, representava o brasileiro da zona rural, descalço e parasitado por esses vermes intestinais.

Ancylostoma braziliensis

- **Doença:** bicho-geográfico ou larva *migrans*.
- **Ciclo de vida:** os adultos vivem no intestino do cão ou do gato e medem cerca de 15 mm de comprimento. Após a fecundação, os ovos são liberados pelas fêmeas e misturam-se com as fezes do hospedeiro. O cão ou o gato, ao defecarem, eliminam esses ovos. Deles eclodem larvas que ficam no solo. Se essas larvas penetrarem na pele do cão ou na do gato, elas vão para o intestino e dão origem aos vermes adultos, que reiniciam o ciclo. Se penetrarem na pele humana, as larvas passam a se deslocar dentro da pele, irritando-a e deixando linhas avermelhadas. Neste último caso, não há formação dos adultos, e o ciclo do parasita não se completa.
- **Modo de transmissão:** penetração ativa de larvas de *Ancylostoma braziliensis* na pele humana.
- **Medidas profiláticas:** evitar contato da pele com solo ou areia contaminados por larvas do parasita. Não levar cães e gatos para praias ou tanques de areia.
- **Sintomas:** forte irritação da pele, com coceira intensa, especialmente à noite, o que pode causar insônia. A movimentação das larvas na pele produz caminhos sinuosos visíveis, como linhas avermelhadas, por isso o nome bicho-geográfico.

Wuchereria bancrofti (filária)

- **Doença:** filariose, que pode levar à elefantíase.
- **Ciclo de vida:** os adultos (medem cerca de 10 mm de comprimento) vivem nos vasos linfáticos humanos, onde se reproduzem. Os ovos dão origem a larvas,

chamadas **microfilárias**, que passam para a circulação sanguínea. Se ingeridas pelo mosquito hematófago do gênero *Culex* (Fig. 10.39), essas larvas se modificam dentro do corpo do inseto até a fase de larvas infectantes. Ao picar uma pessoa, esse inseto transmite larvas infectantes, que no ser humano dão origem aos vermes adultos, reiniciando o ciclo.

Bios-Eritja Roger/Other Images



Figura 10.39. Fêmea do mosquito *Culex* sp. sugando sangue. Mede cerca de 4 mm de comprimento.

- **Modo de transmissão:** picada de mosquitos do gênero *Culex*, que transmite as larvas desse parasita para o ser humano. Esse inseto tem hábitos noturnos. O parasita é heteroxeno.
- **Medidas profiláticas:** controle da população do vetor; uso de repelentes de insetos; uso de telas em janelas e portas para evitar a entrada do mosquito nas casas; tratamento dos doentes.
- **Sintomas:** inchaço causado pela obstrução dos vasos linfáticos, que são os responsáveis pela remoção do excesso de líquidos nos tecidos. Em casos mais graves, causa a **elefantíase**: grande inchaço principalmente das pernas, do escroto ou das mamas.

6. Filo Mollusca

Os **moluscos** são animais de simetria bilateral, triplásticos, celomados. O celoma é reduzido e geralmente restrito à cavidade pericárdica no adulto.

Existem representantes do filo Mollusca (moluscos) no mar, na água doce e no ambiente terrestre. Depois do filo Arthropoda, é o que reúne o maior número de espécies. O nome Mollusca deriva do fato de os animais desse filo terem o corpo mole (*mollis* = mole). São exemplos de moluscos os caracóis e as lesmas (gastrópodes), as ostras (bivalves), os polvos e as lulas (cefalópodes).

Embora o corpo de todos os moluscos seja mole, surgiu primitivamente no grupo um **exoesqueleto calcário**, inicialmente sob a forma de espículas e depois de **concha sólida**, que abriga e protege o animal. Alguns moluscos, no entanto, passaram a apresentar secundariamente concha interna e reduzida, como as lulas,

Oxyurus vermicularis ou *Enterobius vermicularis*

- **Doença:** oxiurose ou enterobiose.
- **Ciclo de vida:** os adultos medem cerca de 12 mm de comprimento e vivem no intestino humano, onde se reproduzem. A fêmea transforma-se em uma “bolsa de ovos”, que pode ser eliminada com as fezes do hospedeiro ou pode migrar e se fixar ao redor do ânus do hospedeiro, causando coceira. Ao coçar o local, a pessoa contamina suas mãos e, se colocá-las na boca, ingere esses ovos. A ingestão desses ovos também pode ocorrer por meio de alimentos contaminados. Chegando ao intestino, os ovos eclodem dando origem a larvas que se transformam em adultos e reiniciam o ciclo.
- **Modo de transmissão:** ingestão de ovos desse parasita, que pode ser direta, da região anal para a boca, ou indireta, pela ingestão de alimentos contaminados.
- **Medidas profiláticas:** higiene. Como geralmente a migração das fêmeas desses parasitas com ovos ocorre durante a noite, é recomendável à pessoa contaminada lavar a região anal ao levantar-se e trocar a roupa íntima e os lençóis diariamente, fervendo-os e lavando-os separadamente das demais roupas da casa, para evitar a reinfecção; tratamento dos doentes.
- **Sintomas:** doença mais comum em crianças, mas pode ocorrer em adultos. Caracteriza-se por náusea, vômitos, dores abdominais e intenso prurido anal.

enquanto outros perderam totalmente a concha, como os polvos e certas lesmas.

O corpo dos moluscos é dividido em três regiões: **cabeça**, **pé** e **massa visceral**. A concha é produzida pelo **manto**, ou pálio, estrutura exclusiva do grupo e que corresponde à parede externa dorsal do corpo. Em muitos moluscos o manto estende-se como uma ou duas pregas, delimitando entre ele e o corpo uma cavidade denominada **cavidade do manto**, ou cavidade palial. Nela, abrem-se o ânus, os poros excretores e os dutos das gônadas e é onde se localizam as estruturas responsáveis pelas trocas gasosas, que podem ser uma ou mais **brânquias**. Há entre os moluscos os que possuem a cavidade do manto transformada em **pulmão**. As brânquias relacionam-se com a respiração em ambiente aquático, onde os moluscos surgiram e

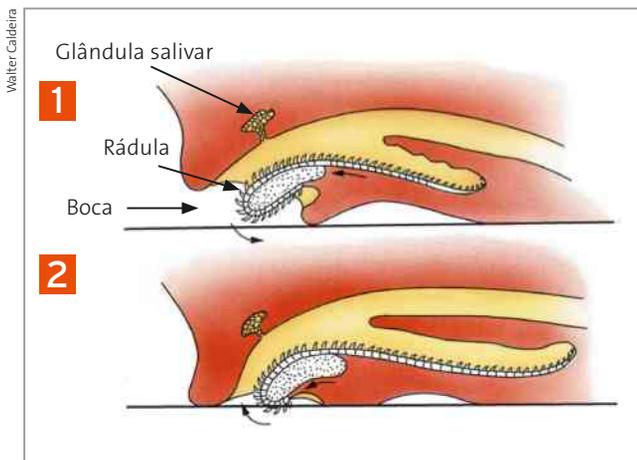
se diversificaram. Alguns gastrópodes conquistaram o ambiente terrestre, e uma das adaptações que lhes permitiu isso foi o surgimento de um pulmão, estrutura relacionada com a respiração aérea. Existem gastrópodes que respiram por pulmão e que também vivem em ambiente aquático; nesse caso, eles vêm à superfície para respirar. Como exemplo, podem-se citar os planorbídeos, gastrópodes pulmonados que vivem na água doce. Eles participam do ciclo de vida de um conhecido parasita humano: o *Schistosoma mansoni*, que causa a esquistossomose.

Na evolução de algumas espécies, como é o caso de certas lesmas, houve, no entanto, perda do pulmão, e as trocas gasosas ficaram restritas à superfície do corpo.

Todos os moluscos terrestres pertencem ao grupo dos gastrópodes, e eles estão restritos a ambientes úmidos, pois não apresentam estruturas eficientes que evitem a perda de água do corpo.

Primitivamente, as brânquias dos moluscos têm cílios, que batem gerando uma corrente orientada de água na cavidade palial. Isso propicia as trocas gasosas, a eliminação de excretas e a liberação de gametas. Nos cefalópodes, no entanto, as brânquias perderam os cílios, e a circulação de água na cavidade palial é feita pela musculatura do manto, que é muito desenvolvida nesses animais. Essas são adaptações ao hábito nadador, com taxas metabólicas mais altas em relação aos demais moluscos, que geralmente são animais lentos ou sésseis.

Na cavidade bucal dos moluscos, com exceção dos bivalves, grupo ao qual pertencem as ostras, existe uma estrutura denominada **rádula**, formada por vários dentes quitinosos que, com movimentos de vaivém, raspam o substrato e contribuem para a ingestão do alimento (Fig. 10.40).



⤴ **Figura 10.40.** Esquema mostrando a ação raspadora da rádula em uma sequência de movimentos — 1 e 2. (Corte longitudinal na região bucal; cores fantasia.)

Quanto à reprodução, os moluscos podem ser de sexos separados ou hermafroditas. Há grande diversidade de padrões reprodutivos, com fecundação interna ou externa. Muitas espécies apresentam desenvolvimento indireto, com formação de larvas, como as trocóforas, ou desenvolvimento direto, no qual indivíduos jovens saem dos ovos já semelhantes aos adultos.

6.1. Diversidade de moluscos

Os moluscos dividem-se em sete classes, mas focaremos nossa atenção em três delas, por serem as que reúnem o maior número de espécies no filo: **Gastropoda**, **Cephalopoda** e **Bivalvia**.

Classe Gastropoda

A classe dos **gastrópodes** é a que apresenta o maior número de espécies entre os moluscos: cerca de 70 mil. É o único grupo de moluscos com representantes no ambiente terrestre, além da água doce e do mar.

Os gastrópodes apresentam também grande diversidade de hábitos alimentares, com espécies herbívoras, carnívoras e detritívoras.

Na região cefálica, encontram-se a boca e estruturas sensoriais bem desenvolvidas, como olhos e tentáculos.

Muitos gastrópodes possuem concha externa espiralada, porém com diferentes padrões de espiral (Fig. 10.41). Existem também os que apresentam concha reduzida e interna e mesmo gastrópodes sem concha (Fig. 10.42).



⤴ **Figura 10.41.** Fotografia de caramujo marinho. Possui concha externa espiralada e respiração branquial. Mede cerca de 6 cm de comprimento.



⤴ **Figura 10.42.** Fotografia de gastrópode marinho do grupo dos nudibrânquios. Não tem concha e possui respiração cutânea. Mede cerca de 3 cm de comprimento.

Alguns gastrópodes não possuem concha, brânquias ou pulmão e apresentam respiração cutânea, como certas lesmas que vivem em ambiente terrestre úmido (Fig. 10.43).

Fabio Colombini



^ **Figura 10.43.** Fotografia de lesma que vive em ambiente terrestre úmido. Não apresenta concha e possui respiração cutânea. Mede cerca de 5 cm de comprimento.

A reprodução nos gastrópodes pode ocorrer de várias maneiras: em algumas espécies os indivíduos apresentam sexos separados e, em outras, os indivíduos são hermafroditas; a fecundação pode ser externa ou interna, e a fase larval pode ocorrer no plâncton ou no interior de ovos.

Para exemplificar a reprodução em gastrópodes hermafroditas com desenvolvimento direto, vamos comentar a espécie *Pomacea canaliculata* (Fig. 10.44). Ela vive em água doce, mas coloca seus ovos na vegetação acima do nível da água. Esses animais apresentam

tanto brânquias, usadas na respiração na água, quanto pulmões, usados na respiração aérea. Em geral, há cópula, com troca mútua de espermatozoides, e a fecundação é interna; colocam ovos protegidos por casca calcária (Fig. 10.45) e do ovo já eclode um jovem.



Lucas Denadai de Campos

^ **Figura 10.44.** Fotografia de concha de *Pomacea canaliculata*. Mede cerca de 8 cm de comprimento.



Visuals Unlimited/Cetty Images

^ **Figura 10.45.** Fotografia de ovos de pomáceas. Os ovos têm revestimento protetor calcário.

Classe Cephalopoda

Essa classe reúne os moluscos mais especializados; todas as 900 espécies estão restritas ao ambiente marinho.

Entre os **cefalópodes** existem representantes com concha externa (*Nautilus*) (Fig. 10.46), com concha interna reduzida (lulas) (Fig. 10.47) e sem concha (polvos) (Fig. 10.48).

Douglas Faulkner/SPL/Latinstock



^ **Figura 10.46.** Fotografia de *Nautilus* sp.: cefalópodes com concha externa que ocorrem no Oceano Pacífico. Medem cerca de 15 cm de diâmetro.

Alvaro E. Migotto



< **Figura 10.47.** Fotografia de lula: cefalópode com concha interna reduzida. Essa espécie ocorre no Brasil e mede cerca de 10 cm de comprimento.

Luciano Candisani



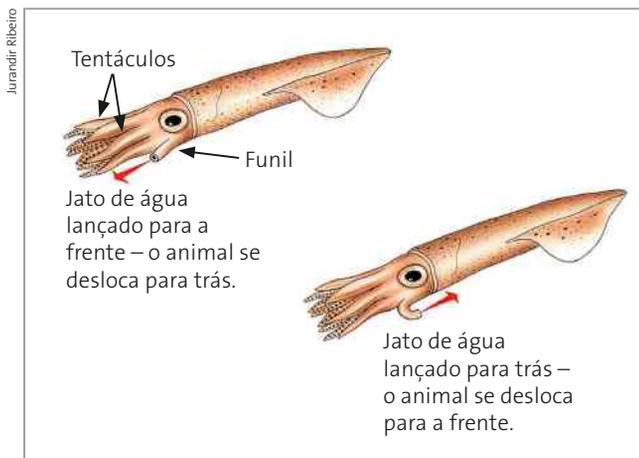
< **Figura 10.48.** Fotografia de polvo: cefalópode sem concha. Esta é uma das espécies que ocorre no litoral brasileiro. Mede cerca de 40 cm de diâmetro.

Na região cefálica, possuem olhos muito desenvolvidos, que se assemelham aos dos vertebrados, sendo capazes de formar imagem e provavelmente de distinguir cores.

Os polvos apresentam uma estrutura cartilaginosa na região cefálica que protege um conjunto de gânglios nervosos. Estes são mais desenvolvidos que nos demais moluscos, o que está relacionado com a capacidade que os polvos possuem de aprender certos comportamentos.

Nos cefalópodes (do grego: *kephalé* = cabeça; *poús* = pé), o pé é modificado e transformado em tentáculos, daí o nome do grupo, que significa “pés na cabeça”.

Nesses animais, o pé também deu origem a outra estrutura, o **funil**, ou sifão, por onde o animal elimina jatos de água usados em sua locomoção por **jatopropulsão** (Fig. 10.49).



⤴ **Figura 10.49.** Esquema do movimento por jatopropulsão em lula. O pé é transformado nos tentáculos e no funil. (Cores fantasia).

O deslocamento por jatopropulsão é o principal meio de locomoção das lulas. Já os polvos o utilizam apenas em certas ocasiões, como para fugir de um predador, uma vez que vivem sobre o fundo do mar, deslocando-se com o auxílio dos tentáculos.

Os cefalópodes produzem uma tinta escura que fica armazenada em uma bolsa localizada na massa visceral. Em situações de perigo, essa tinta pode ser lançada para fora por meio do funil, com o jato de água, formando uma nuvem que confunde o perseguidor.

Nos cefalópodes, os sexos são separados, e a fecundação é interna. As fêmeas colocam ovos, dos quais eclodem jovens completamente formados.

Existem desde espécies muito pequenas até as gigantescas lulas do gênero *Architeuthis*, que vivem nos oceanos entre 300 e 1000 m de profundidade e chegam a medir 19 m de comprimento. Além das lulas, existem os polvos gigantes (*Octopus dofleini*), que vi-

vem a cerca de 20 m de profundidade nas águas frias do oceano Pacífico e que chegam a ultrapassar 5 m de envergadura (Fig. 10.50).



Fred Bavendam/Minden Pictures/Latinstock

⤴ **Figura 10.50.** Fotografia de *Octopus dofleini*: polvo gigante do Pacífico, encontrado no Canadá. Note o tamanho do animal comparando-o com o do mergulhador.

Classe Bivalvia

Os **bivalves** são moluscos com corpo achatado lateralmente e abrigado em uma concha formada por duas valvas, daí o nome Bivalvia. São todos aquáticos, ocorrendo na água doce ou no mar. Compreendem cerca de 20 mil espécies recentes.

Na evolução do grupo, houve grande redução da cabeça e perda da rádula. O hábito alimentar na maioria dos bivalves é filtrador.

Antigamente, os bivalves recebiam também a denominação Pelecypoda, que significa “pé em forma de machado”. Isso porque muitas espécies possuem pé musculoso e achatado, usado para cavar a areia onde vivem. Entretanto, nem todo bivalve tem essa característica. Alguns são livre-natantes, como os pectens, e muitos vivem fixos em costões rochosos e possuem pé reduzido ou ausente, como mexilhões e ostras, respectivamente.

As ostras cimentam uma das valvas ao substrato, e os mexilhões se fixam por meio de fios com grande propriedade adesiva chamados **bisso** (Fig. 10.51), produzidos na base do pé reduzido.

Existem também bivalves perfuradores de substratos duros, como o calcário e a madeira.

As brânquias dos bivalves são ciliadas e responsáveis pela circulação da água na cavidade do manto e pelas trocas gasosas. Além dessas funções, as brânquias da maioria dos bivalves exercem ainda outra função: a de obtenção de alimento. Elas filtram e selecionam por tamanho e densidade o alimento presente na água que entra na cavidade.



Figura 10.51. Fotografia de *Perna perna*, mexilhão comum nos costões rochosos do litoral brasileiro, com destaque para os fios do bisso. Esse bivalve mede cerca de 5 cm de comprimento.

O alimento selecionado é conduzido até a boca, por cílios especiais das brânquias, e é ingerido.

Entre os bivalves existem representantes de sexos separados e representantes hermafroditas; a fecundação pode ser externa ou interna, e a fase larval geralmente ocorre no plâncton.

A importância ecológica dos bivalves é muito grande. Além do papel que exercem nas cadeias alimentares, eles podem atuar como bioindicadores da qualidade da água, pois são animais filtradores e capazes de concentrar toxinas e poluentes presentes nela. Como muitos bivalves são apreciados na alimentação humana, é fundamental saber de onde foram coletados, pois podem estar contaminados.



Colocando em foco

PRODUÇÃO DE PÉROLAS

Sob o ponto de vista econômico, os bivalves também são muito importantes. Além da utilização na alimentação humana, certos bivalves produzem pérolas de valor comercial: são as chamadas **ostras perlíferas**. Esses animais vivem fixos ao substrato e possuem a camada interna da concha formada por um **nácar** ou **madrepérola** brilhante, espesso e muito resistente ao desgaste. Esse nácar pode ser empregado como matéria-prima para fabricação de botões e adornos, o que ocorreu especialmente no passado.

As pérolas **naturais** começam a se formar quando grãos de areia ou vermes penetram acidentalmente entre o manto e a concha desses animais. Como mecanismo de defesa, o bivalve cobre o elemento estranho com sucessivas camadas de nácar secretadas pelo manto, procurando isolar o intruso. A formação da pérola é, portanto, um mecanismo natural de defesa desses animais contra a penetração de elementos estranhos em seu corpo. Na maioria das vezes, as pérolas naturais se formam incrustadas na camada de nácar da concha (Fig. 10.52); raramente a pérola fica embutida nos tecidos do animal.

As pérolas **cultivadas** são produzidas segundo o mesmo princípio, porém o acaso é substituído pela intervenção humana: remove-se um fragmento do manto de uma ostra perlífera jovem e, com ele, envolve-se uma pequena esfera de nácar denominada núcleo. Esse pequeno “pacote” é inserido entre o manto e a concha de ostras perlíferas, iniciando o processo de recobrimento do núcleo com camadas de nácar. A forma da pérola dependerá da forma do núcleo inicial.

As principais ostras perlíferas ocorrem no Indo-Pacífico e estão representadas pelas espécies *Pinctada maxima* e *Pinctada margaritifera*. No Brasil, as espécies de *Pteria* e de *Pinctada* têm camada nacaraada pouco espessa, não formando pérolas de valor comercial.

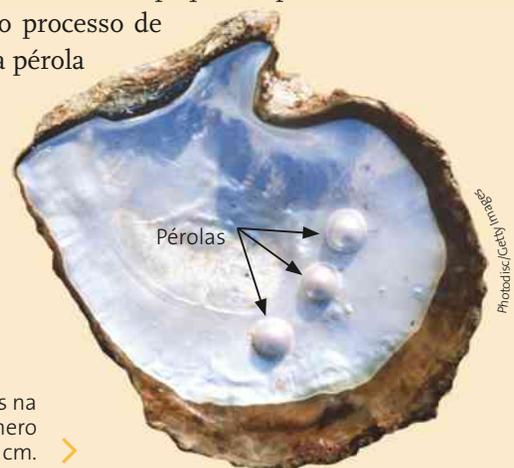


Figura 10.52. Observe três pérolas formadas na camada de nácar da concha deste bivalve do gênero *Pinctada*. A concha da fotografia mede cerca de 10 cm.

7. Filo Annelida

Os **anelídeos** (*annelus* = anel) são animais que pertencem à linhagem dos protostômios celomados com **metameria**. É possível notar a segmentação do corpo mesmo externamente; ele é formado por vários anéis, característica que deu nome ao filo.

Os representantes mais conhecidos do grupo são as minhocas e as sanguessugas, mas existe outro grupo com grande número de espécies: o dos poliquetos.

A seguir, comentaremos cada uma das classes de anelídeos, mas daremos ênfase às minhocas.

A classificação tradicional dos anelídeos em três classes — Polychaeta, Oligochaeta e Hirudinoidea — tem sido revista e uma nova proposta considera duas classes: Polychaeta e Clitellata (reúne as minhocas e as sanguessugas).

7.1. Diversidade de anelídeos

Classe Polychaeta

Apesar de serem principalmente marinhos, os **poliquetos** (*poli* = muitas; *chaeta* = cerda) também ocorrem em água doce e mais raramente no ambiente terrestre úmido. Nos anéis do corpo ocorrem projeções laterais denominadas **parapódios**, onde estão inseridas muitas cerdas (Figs. 10.53 e 10.54).

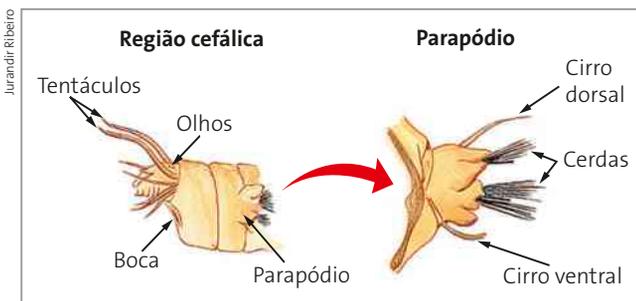


Figura 10.53. Esquema da região cefálica e de um parapódio (localizado na lateral do corpo) de um poliqueto errante. (Elementos representados em diferentes escalas; cores fantasia.)



Figura 10.54. Fotografia de um verme-de-fogo, um poliqueto errante, ou seja, de hábitos nômades, com cerca de 10 cm de comprimento, fotografado no Atol das Rocas, RN.

Entre os poliquetos há grande diversidade de formas e de hábitos alimentares.

Existem poliquetos em que a região anterior é desenvolvida, com estruturas sensoriais, como olhos e tentáculos.

Poliquetos sedentários (Fig. 10.55), isto é, que vivem fixos ao substrato, porém com alguma mobilidade, geralmente apresentam grande diferenciação de tentáculos e outras estruturas peculiares relacionadas com a obtenção de alimento e mesmo com as trocas gasosas.



Figura 10.55. Fotografia de poliquetos sedentários (cerca de 5 cm de altura). Constroem tubos ao redor de seus corpos. Na região cefálica têm tentáculos ciliados que atuam como brânquias e filtram pequenas partículas de alimento, conduzindo-as até a boca.

Os poliquetos em geral são de sexos separados e podem ter diversos padrões reprodutivos. Apresentam como regra reprodução sexuada e fecundação externa. O desenvolvimento é indireto, passando por fase larval. Em alguns casos, pode ocorrer reprodução assexuada.

Classe Clitellata

O nome “Clitellata” se refere à presença de **clitelo**, estrutura relacionada com a reprodução sexuada desses animais, cujos representantes mais conhecidos são as **minhocas** (Fig. 10.56) e as **sanguessugas**.



Figura 10.56. Fotografia de minhoca. Mede cerca de 7 cm de comprimento.

O clitelo corresponde a uma série de segmentos do corpo em que a epiderme é espessada, rica em glândulas. Secretam o muco, importante na cópula, a albumina, importante na nutrição dos embriões, e o casulo, onde os ovos e a albumina são depositados. Os zigotos se desenvolvem dentro do casulo e dele emergem os jovens. O desenvolvimento é, portanto, direto. No clitelo, abre-se o poro genital feminino.

Os Clitellata são hermafroditas e apresentam fecundação cruzada mútua. Não têm parapódios, e as cerdas são em número reduzido ou ausentes.

Os dois grupos de Clitellata são: **Oligochaeta** e **Hirudinoidea**.

Oligochaeta

Os **oligoquetos** receberam esse nome por terem poucas cerdas no corpo (*oligo* = poucos; *chaeta* = cerdas), em contraposição aos poliquetos (*poli* = muitos), que apresentam muitas cerdas.

Muitos dos oligoquetos vivem enterrados em solos úmidos. Outros vivem em ambiente de água doce, como o *Tubifex*, um gênero com representantes resistentes à poluição orgânica. Existem também algumas poucas espécies marinhas. Os oligoquetos não apresentam olhos, com exceção de algumas formas aquáticas, cujos olhos são reduzidos.

Encontramos desde oligoquetos muito pequenos, com cerca de 1 mm de comprimento, até muito grandes, como o minhocuçu (*Rhinodrilus fafneri*), que chega a ter 2 m de comprimento e 2,5 cm de diâmetro. Essa espécie de minhoca gigante ocorre no Brasil e está ameaçada de extinção.

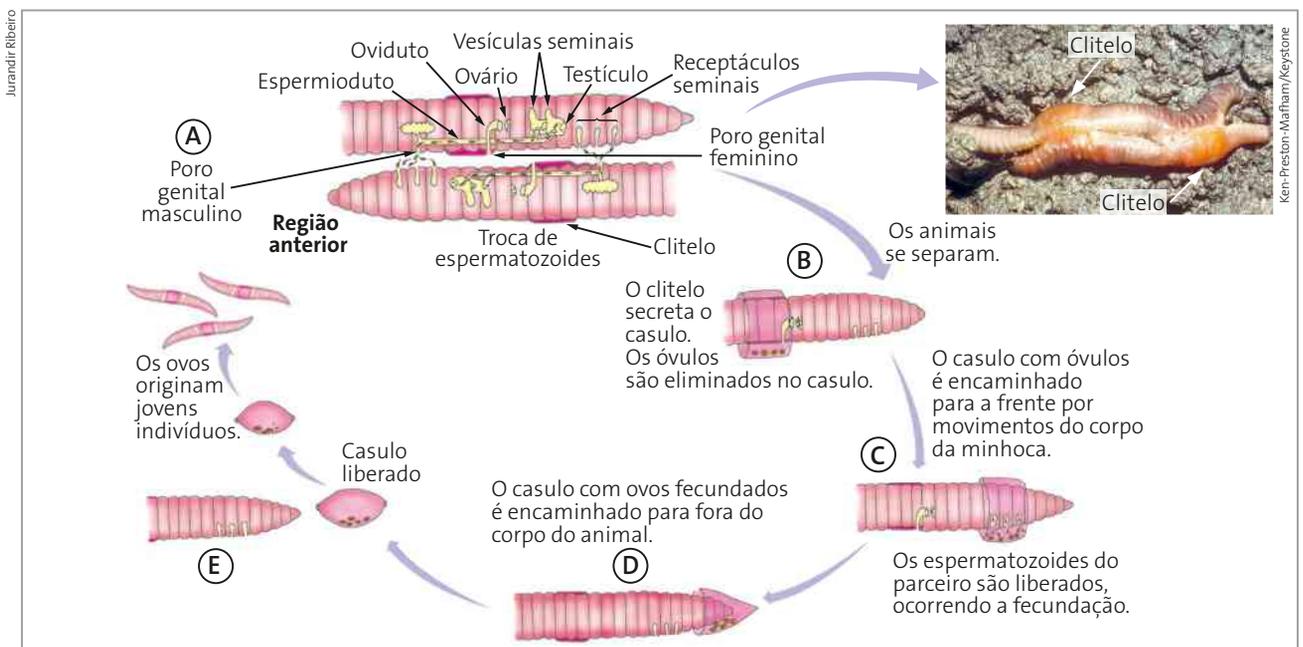
As minhocas que vivem em galerias dentro de solos úmidos são geralmente detritívoras. Elas ingerem o próprio solo e aproveitam a parte orgânica para sua nutrição. À medida que a minhoca vai se alimentando, as galerias no solo vão se estendendo.

O comportamento dessas minhocas é reconhecido há milênios como importante para a atividade agrícola. Ao ingerir e digerir detritos orgânicos, as minhocas quebram as partículas orgânicas do solo em outras menores, que são liberadas nas fezes. Desse modo, facilitam a ação de bactérias e fungos decompositores presentes no solo, acelerando o processo de decomposição. Sem a atividade das minhocas, a transformação dos compostos no solo seria bastante lenta e haveria perda de nutrientes. As fezes das minhocas contribuem para a formação do **húmus**, importante na fertilização do solo.

O deslocamento das minhocas no solo promove um impacto físico positivo: as minhocas retiram partículas de certa profundidade e liberam as fezes na superfície, junto à abertura da galeria. Promovem, assim, movimentação das partículas do solo. As galerias contribuem também para o arejamento do solo e a penetração da água, diminuindo a perda por escoamento superficial.

O húmus de minhoca pode ser utilizado em paisagismo, floricultura, fruticultura, horticultura, viveiro de mudas e agricultura em geral, além de auxiliar na revitalização de terras exauridas por culturas sucessivas.

A minhoca, como todo Clitellata, é hermafrodita. Assim, em um mesmo indivíduo há o sistema reprodutor masculino e o feminino. Acompanhe na **figura 10.57** como ocorre a reprodução com fecundação cruzada mútua.



▲ **Figura 10.57.** Esquema de reprodução em minhocas. (Elementos representados em diferentes escalas; cores fantasia.) No detalhe, fotografia de minhocas no momento do acasalamento.

No acasalamento, dois indivíduos se unem de modo que o poro genital masculino de um coincida com os receptáculos seminais do outro. Assim, os espermatozoides de um passam para os receptáculos seminais do outro indivíduo, e vice-versa.

Após a eliminação dos espermatozoides, os animais se separam; ao redor do clitelo de cada um deles inicia-se a formação de um casulo, dentro do qual se juntam os óvulos liberados pelo poro genital feminino. O casulo contendo óvulos é deslocado por contrações da musculatura do corpo para a região anterior do animal, onde estão localizados os receptáculos seminais com os espermatozoides do parceiro. Ocorre a fecundação dos óvulos produzidos por um indivíduo pelos espermatozoides produzidos pelo outro.

Depois da fecundação, o casulo contendo os ovos é liberado, e dele emergem indivíduos jovens semelhantes aos adultos. Não há estágio larval.

Hirudinoidea

Os **hirudíneos** são popularmente conhecidos por sanguessugas. Ocorrem em água doce, no ambiente marinho e no ambiente terrestre úmido. O tamanho dos representantes do grupo varia de 0,5 a 30 cm de comprimento, dependendo da espécie. Têm corpo achatado dorsoventralmente e duas ventosas: uma na região anterior do corpo, ao redor da boca, e outra na região posterior, com a qual se fixam ao substrato. As cerdas são ausentes.

Vivem fixos ao substrato, mas podem se deslocar com o auxílio da musculatura do corpo e das ventosas em um tipo de deslocamento chamado **mede-palmos** (Fig. 10.58).

Apesar de muitas espécies compreenderem organismos ectoparasitas de vertebrados dos quais sugam o sangue, existem hirudíneos predadores de pequenos invertebrados e outros que se alimentam de animais já mortos.

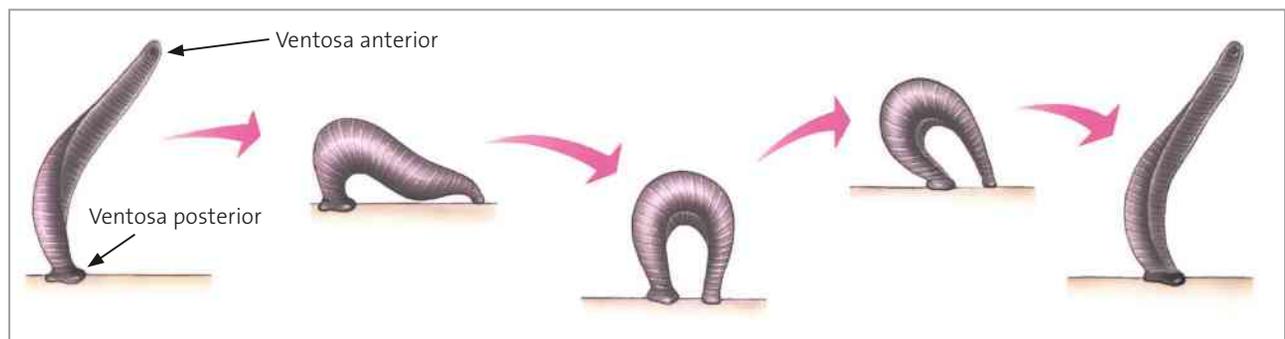


Figura 10.58. Esquema de locomoção de um hirudíneo: a sanguessuga. Mede cerca de 1,5 cm de comprimento. (Cores fantasia.)

As sanguessugas que se alimentam do sangue de vertebrados, quando encontram um hospedeiro, fixam-se nele com a ventosa oral e cortam-lhe a pele com seus denticulos. O hospedeiro não sente a incisão, pois as sanguessugas produzem uma substância anestésica e a introduzem no corpo da vítima.

A faringe das sanguessugas atua como uma potente bomba sugadora enquanto suas glândulas salivares produzem a hirudina, substância que impede a coagulação do sangue. Com isso, elas conseguem ingerir enormes quantidades de sangue, chegando a aumentar seu próprio peso em dez vezes.

O sangue que ingerem é digerido lentamente, o que faz com que esses animais passem longos períodos de tempo sem se alimentar.

As sanguessugas podem ser empregadas na medicina, o que era mais comum

no passado. A fotografia abaixo mostra dois indivíduos da espécie *Hirudo medicinalis* sendo utilizados para diminuir o edema próximo a uma cicatriz (Fig. 10.59).



Figura 10.59. Fotografia de dois indivíduos da espécie *Hirudo medicinalis* sendo utilizados em procedimento médico. Medem de 6 cm a 8 cm de comprimento. As sanguessugas podem ficar até 11 vezes maior após se alimentar.



O escritor e o caipira

Criador de Jeca Tatu, mais tarde Lobato se arrependeu de ter estereotipado o homem do campo.

Hoje, os ambientalistas do mundo inteiro reclamam das queimadas que consomem a Amazônia brasileira [...] de junho a setembro. Não sabem, porém, que esta prática já era combatida por Monteiro Lobato, em um artigo publicado no jornal *O Estado de São Paulo* em 1914. Sob o título “Velha praga”, o escritor atacava a figura do caipira, a quem denominou impiedosamente de “Jeca Tatu”, “Chico Marimbondo” e “Manuel Peroba”, acusados de “antigo e desastroso hábito caipira de tocar fogo no mato...”. O texto causou tanto impacto que o tornou famoso.

Classificando Jeca como “piolho da terra” e “orelha de pau”, Lobato foi na contramão dos patrioteiros plantonistas, que idealizavam os “encantos” dos sertanejos compostos pela minoria – caboclos, negros e caipiras. “(...) uma choça que por eufemismo chamam casa, brota da terra como um urupê. Tiram tudo do lugar, os esteios, os caibros, as ripas, os barrotes, o cipó que os liga, o barro das paredes e a palha do teto. Tão íntima é a comunhão dessas palhoças com a terra local, que dariam ideia de coisa nascida do chão por obra espontânea da natureza – se a natureza fosse capaz de criar coisas tão feias”, escreveu sobre os caipiras.

A fama tornou Lobato requisitado para novos textos e conferências, o que o levou a escrever

Urupês, novamente atacando o sertanejo, lembrando que urupê é uma espécie de fungo que brota da madeira podre.

Songomongas – Mais tarde, o escritor admitiu ter sido injusto, pois passou a entender que o caipira não era um ser preguiçoso por herança genética, mas que assim se encontrava por causa das doenças que grassavam pelo Brasil das primeiras décadas do século XX. No mesmo *O Estado*, através de uma série de artigos transformados no livro *O problema vital*, afirmou que o “Jeca não é assim, está assim”: “(...) a saúde pública brasileira vai mal e a apatia do caipira é decorrente de suas enfermidades, destacando-se a ancilostomose, a leishmaniose, a tuberculose e a subnutrição”.

O livro foi bancado pela Sociedade de Eugenia de São Paulo e pela Liga Pró-Saneamento do Brasil, funcionando como propagador da campanha sanitária liderada por Miguel Pereira, Belisário Pena e Artur Neiva. Dentro de sua nova visão dos caipiras paulistas, Lobato pregou que “milhões de criaturas, no meio de uma natureza tão forte e rica, songomongam rotos, esqueléticos, famintos, doridos, incapazes de trabalho eficiente, servindo apenas de pedestal aos gozadores da vida que literatejam e politicalham nas cidades bradando para o interior”.

[...]

ROSA, J. M. O escritor e o caipira. *Jornal da Unicamp*. Disponível em: <http://www.unicamp.br/unicamp/unicamp_hoje/ju/abril2002/unihoje_ju173lobato_pago6.html>. Acesso em: mar. 2016.

1. Esse texto discute vários problemas sérios. Um deles é o rótulo: julgam-se as pessoas sem saber o motivo de serem ou estarem de determinado modo e se dá a elas um rótulo. Felizmente, Monteiro Lobato conseguiu se rever a tempo e entender que o Jeca Tatu **estava** “assim” e não **era** “assim”. É importante olhar e tratar o próximo sem preconceitos e sem rótulos. As aparências enganam, diz um ditado popular. Outra questão importante discutida no texto é sobre o saneamento básico e a falta de instrução da população, o que eleva o índice de pessoas afetadas pelo amarelão. Aponte outras questões importantes que o texto discute em relação ao problema social e econômico das verminoses e de outras parasitoses no Brasil.
2. Visite um centro de saúde da região onde você mora e colete informações sobre a incidência de verminoses. Divulgue essas informações e as medidas profiláticas para cada tipo de verminose registrada em sua comunidade. Seja ativo socialmente. Exerça a cidadania.

Professor(a), veja nas Orientações didáticas os comentários e as respostas das questões dissertativas.



Retomando

Neste capítulo, você conheceu aspectos importantes de alguns grupos de animais invertebrados. Confronte o conhecimento que adquiriu nesse estudo com as respostas que deu às questões do **Pense nisso** e reescreva-as. A que grupos pertencem os animais que você citou? Que características desses organismos permitem que você afirme isso?

Professor(a), veja nas Orientações didáticas os comentários e as respostas das questões dissertativas.

Atividade 1 Lembrando-se dos poríferos

Habilidades do Enem: H4, H13.

Leia o texto abaixo:

Diferentemente da maioria dos demais metazoários, esponjas não possuem órgãos ou tecidos bem desenvolvidos. Toda sua fisiologia é baseada em tipos celulares especializados, que possuem uma certa mobilidade, sem manter uma posição estática no corpo. Uma característica bastante peculiar nas esponjas é sua enorme capacidade de regeneração. Indivíduos completos podem ser formados a partir de fragmentos pequenos. Este processo é conhecido pela humanidade desde os tempos da Grécia clássica, e utilizado ainda hoje nos cultivos de esponjas de valor comercial. Mesmo uma suspensão de células pode apresentar essa capacidade. Ainda no início do século XX foi verificado que pressionando fragmentos de esponjas através de uma malha de seda obtinham-se células dissociadas. Estas células, quando mantidas em condições adequadas, adquiriam um fenótipo ameboide e se reagrupavam, reconstituindo um novo indivíduo inteiramente funcional.

Texto escrito por Márcio Reis Custódio, Prof. Doutor do Departamento de Fisiologia do Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo.

Com base em seus conhecimentos sobre as esponjas e nas informações do texto, responda:

- Quais são os tipos celulares especializados das esponjas e suas respectivas funções? Faça um desenho de cada um desses tipos.
- Qual é a vantagem da regeneração para a produção comercial de esponjas?
- Poríferos são cultivados para venda como esponjas de banho há séculos. Mas cuidado: isso não vale para todas as espécies de poríferos! Quais são as estruturas presentes na maioria das esponjas e que as tornam impróprias para uso no banho?

Atividade 2 Branqueamento de corais pode ser mau sinal?

Habilidades do Enem: H4, H10, H12, H13, H14, H17, H18, H21, H26, H28.

Leia os trechos a seguir, que foram extraídos do artigo **Esqueceram nossas “florestas marinhas”**, de Marcos Buckeridge.

No mar, a maior parte da biodiversidade está nas regiões costeiras. As correntes marinhas que correm próximas à costa fazem circular os nutrientes e nos locais onde há maior riqueza são encontrados os recifes de corais. Bancos de corais podem ser tão ricos em biodiversidade que são até chamados por alguns de “florestas submersas”.

[...]

[...] Cerca de um quarto do dióxido de carbono liberado na atmosfera se dissolve no oceano. Parte do gás reage com a água, formando ácido carbônico, que, por sua vez, libera íons H^+ . Isso resulta em um aumento da acidez. Estima-se que, desde o início da era industrial, o pH dos oceanos tenha sofrido uma queda média de 0,1 unidade, devendo cair mais 0,3 até o final deste século.

[...] Segundo o IPCC¹, se a tendência atual de acidificação se mantiver, após o ano 2050 o pH deve atingir um valor no qual o balanço químico do sistema carbonato se inverterá. Ao invés de ocorrer acúmulo de carbonato de cálcio nos oceanos, como acontece hoje, o sistema passará a dissolvê-lo. Essa inversão produzirá outra reviravolta: ao invés de absorver CO_2 , como fazem atualmente, os oceanos passarão a emití-lo, agravando ainda mais o efeito estufa. Na costa brasileira, a principal ameaça parece estar relacionada aos extensos bancos de algas calcárias da plataforma continental e aos recifes de coral.

O aquecimento dos oceanos é outra questão preocupante. [...] Um aumento de apenas $1^\circ C$ na temperatura da superfície oceânica submete os recifes de coral a estresses que os levam ao branqueamento, ou seja, à perda das algas que vivem em simbiose com os corais, resultando em sua morte e na desestruturação de todo o sistema.

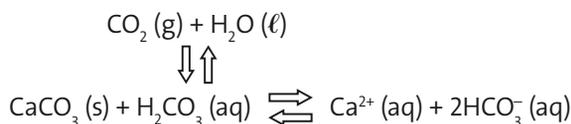
[...]

BUCKERIDGE, M. Esqueceram nossas “florestas marinhas”. *Pesquisa Fapesp Online*, São Paulo. Disponível em: <<http://revistapesquisa.fapesp.br/2008/01/30/esqueceram-nossas-florestas-marinhas/>>. Acesso em: mar. 2016.

¹ IPCC: sigla de Intergovernmental Panel of Climate Change (Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas).

- a) Que organismos são os corais? A que classe pertencem os corais-cérebro e qual é a forma característica do corpo desses animais?
- b) A qual grupo pertencem os organismos que estabelecem relação de mutualismo com os corais?

Considere que, no processo de fotossíntese, as algas simbiontes absorvem intensamente o gás carbônico dos tecidos dos corais; observe os equilíbrios químicos representados a seguir.



g = gás; **ℓ** = líquido; **s** = precipitado (insolúvel); **aq** = em solução aquosa; CaCO_3 = carbonato de cálcio; H_2CO_3 = ácido carbônico; Ca^{2+} = íon cálcio; HCO_3^- = bicarbonato.

Com base nessas informações e resgatando conhecimentos de Química sobre o deslocamento de equilíbrios em reações químicas, responda:

- c) Por que a associação com algas favorece a deposição de calcário na superfície do corpo dos corais e, portanto, a formação do exoesqueleto?
- d) Baseando-se nas mesmas informações, explique por que o aumento do teor de gás carbônico na atmosfera contribui para a solubilização dos depósitos calcários marinhos.
- e) Elabore um texto que relacione: emissões de gás carbônico, aquecimento global, importância do mutualismo corais-algas para os organismos envolvidos, branqueamento dos corais e perda de biodiversidade nos recifes coralinos. Antes de escrever o texto, pense em como será sua estrutura, com bastante atenção à fluência ao apresentar as relações envolvidas. Reconhecendo quais são as causas e os efeitos desse problema, você pode, em seu texto, enfatizar como as causas produzem os efeitos observados.



Testes

REGISTRE
NO CADERNO 

- (UFMS) O Filo Cnidaria inclui as conhecidas hidras, águas-vivas, anêmonas-do-mar e os corais. São animais portadores de tentáculos que circundam a boca e que possuem uma cavidade gastrovascular. Com relação a esses animais, é correto afirmar que:
 - (01) geralmente as formas medusoides apresentam a mesogleia espessa, por isso são comumente conhecidas como águas-vivas.
 - (02) a maioria dos cnidários é marinha, podendo ser sésseis ou livres-natantes.
 - (04) a parede corporal dos cnidários é formada por três camadas básicas: a epiderme, a gastroderme e, entre as duas, a mesogleia; portanto, os cnidários são triploblásticos.
 - (08) a epiderme dos cnidários é composta exclusivamente de nematocistos.
 - (16) geralmente os cnidários são carnívoros e as presas são paralisadas pela descarga dos nematocistos dos tentáculos.
 - (32) os cnidários podem ser solitários ou coloniais.

Dê como resposta a soma dos números associados às proposições corretas.
Resposta: 51 (01 + 02 + 16 + 32)
- (Fuvest-SP) Ao noticiar o desenvolvimento de mecanismos de prevenção contra a esquistossomose, um texto jornalístico trouxe a seguinte informação: *Proteína do parasita da doença "ensina" organismo a se defender dele.* (Folha de S.Paulo, 06/08/2010). Traduzindo a notícia em termos biológicos, é correto afirmar que uma proteína, presente
 - a) no platelminto causador da doença, ao ser introduzida no ser humano, estimula resposta imunológica que, depois, permite o reconhecimento do parasita no caso de uma infecção.
 - b) no platelminto causador da doença, serve de modelo para a produção de cópias de si mesma no corpo do hospedeiro que, então, passa a produzir defesa imunológica contra esse parasita.
 - c) no molusco causador da doença, estimula a produção de anticorpos no ser humano, imunizando-o contra uma possível infecção pelo parasita.
 - d) no molusco causador da doença, atua como anticorpo, no ser humano, favorecendo a resposta imunológica contra o parasita.
 - e) no nematelminto causador da doença, pode ser utilizada na produção de uma vacina capaz de imunizar o ser humano contra infecções por esses organismos.

3. (Fuvest-SP) Um determinado animal adulto é desprovido de crânio e apêndices articulares. Apresenta corpo alongado e cilíndrico. Esse animal pode pertencer ao grupo dos
- répteis ou nematelmintos.
 - platelmintos ou anelídeos.
 - moluscos ou platelmintos.
 - anelídeos ou nematelmintos.
 - anelídeos ou artrópodes.
4. (UFC-CE) “Recifes são ambientes resistentes à ação de ondas e correntes marinhas, estando entre os ecossistemas mais produtivos. Podem ter origem biogênica ou não. Recifes biogênicos são formados por organismos marinhos (animais e vegetais) providos de esqueleto calcário.”

Ciência Hoje, jan.-fev. 2000. p. 19.

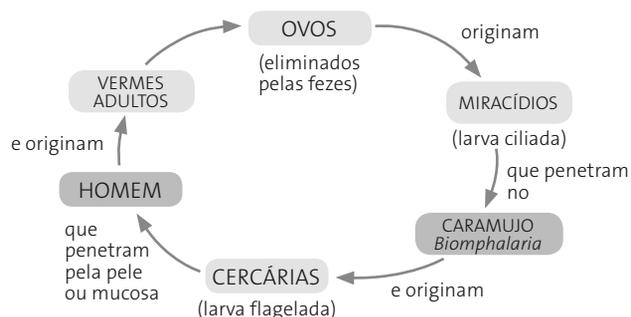
O filo animal mais representativo na formação de recifes e sua respectiva classe é:

- Arthropoda – Crustacea.
 - Mollusca – Gastropoda.
 - Cnidaria – Anthozoa.
 - Mollusca – Cephalopoda.
 - Cnidaria – Scyphozoa.
5. (Unicamp-SP) O filo Mollusca é o segundo maior do Reino Animal em número de espécies. É correto afirmar que os moluscos da classe Gastropoda
- são exclusivamente marinhos.
 - possuem conchas, mas não rádula.
 - são exclusivamente terrestres.
 - possuem pé desenvolvido e rádula.
6. (Enem) Os corais funcionam como termômetros, capazes de indicar, mudando de coloração, pequenas alterações na temperatura da água dos oceanos. Mas, um alerta, eles estão ficando brancos. O seu clareamento progressivo acontece pela perda de minúsculas algas, chamadas zooxantelas, que vivem dentro de seus tecidos, numa relação de mutualismo. O desequilíbrio dessa relação faz com que os pólipos que formam os corais tenham dificuldade em:
- produzir o próprio alimento
 - obter compostos nitrogenados
 - realizar a reprodução sexual
 - absorver o oxigênio dissolvido na água
 - adquirir nutrientes derivados da fotossíntese
7. (Unicamp-SP) A teníase e a cisticercose são doenças parasitárias que ainda preocupam as entidades sanitárias. São medidas que controlam a incidência

de casos dessas parasitoses: lavar bem os alimentos e tomar água fervida ou filtrada, para evitar a

- ingestão de ovos dos platelmintos causadores dessas doenças; e controlar as populações de caramujos, que são hospedeiros intermediários dos platelmintos.
- ingestão de ovos dos nematelmintos, além de cozinhar bem as carnes de porco e de boi, ambos portadores desses nematelmintos.
- ingestão de cisticercos; e controlar a população de insetos vetores, como o barbeiro, que transmite os ovos do parasita ao picar o homem.
- ingestão de ovos do parasita; e cozinhar adequadamente as carnes de porco e de boi para evitar a ingestão de cisticercos.

8. (UFU-MG) A figura representa, esquematicamente, o ciclo de vida de *Schistosoma mansoni*.



A partir da análise do ciclo, considere as afirmativas a seguir.

- A larva do esquistossomo que penetra ativamente pela pele ou pela mucosa das pessoas, infestando-as, é um protozoário flagelado denominado cercária.
- Na profilaxia dessa doença é importante construir redes de água e esgoto, exterminar o caramujo hospedeiro, bem como evitar o contato com águas possivelmente infestadas por cercárias.
- O caramujo *Biomphalaria* representa o hospedeiro intermediário das larvas ciliadas (miracídeos). Estas originam, de modo assexuado, larvas dotadas de cauda (as cercárias).
- A esquistossomose é ocasionada pela presença da larva do *Schistosoma mansoni*, e a infestação do homem é ocasionada pela ingestão de ovos do parasita liberados nas fezes de pessoas infectadas.

Assinale a alternativa que apresenta apenas as afirmativas corretas.

- II e III e IV.
- I e IV.
- I, II e III.
- II, III.

Diversidade animal II

Imagebroker/Keystone Brasil



Figura 11.1. Na fotografia, podemos ver dois animais em destaque: um camarão, que é um crustáceo com cerca de 5 cm de comprimento, e uma estrela-do-mar, animal do grupo dos equinodermos, de aproximadamente 12 cm de diâmetro. As estrelas-do-mar são carnívoras e alimentam-se principalmente de bivalves. Já os camarões são geralmente detritívoros. Artrópodes e equinodermos serão os grupos estudados neste capítulo.



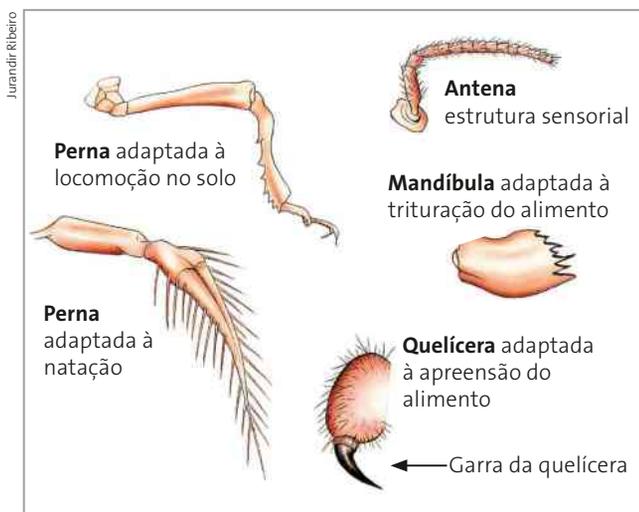
Pense nisso

- Os camarões, como o mostrado na fotografia acima, apresentam exoesqueleto. Que outros animais têm exoesqueleto semelhante? As estrelas-do-mar apresentam endoesqueleto. Que outros animais têm endoesqueleto?
- As lagartas podem ser observadas em vários ambientes, como jardins, pomares e outras áreas cultivadas. Em sua opinião, as lagartas pertencem a qual grupo animal? Do que elas se alimentam?
- As borboletas pertencem ao único grupo de invertebrados que apresenta adaptações ao voo: o grupo dos insetos. Uma dessas características adaptativas é a presença de asas. Quantas asas têm as borboletas? E as moscas? Todos os insetos têm asas?
- Considere os seguintes animais: centopeia, lírio-do-mar, pepino-do-mar, siri, craca, carrapato, gafanhoto, embuá (piolho-de-cobra), ouriço-do-mar e traça-dos-livros. Liste aqueles que você conhece e, em seguida, aponte qual(is) apresenta(m) fase larval no ciclo de vida.

1. Filo Arthropoda

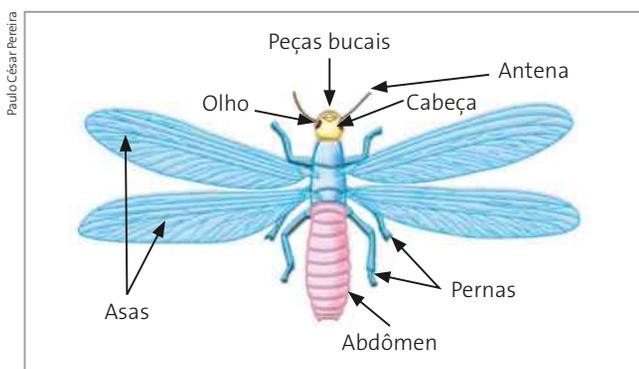
Os **artropodes** constituem o grupo animal com maior número de espécies conhecidas: de cada quatro espécies animais, três são artropodes. Pertencem a esse filo borboletas, moscas, aranhas, caranguejos, escorpiões, centopeias, libélulas, besouros e muitos outros animais.

O nome Arthropoda (*arthros* = articulação; *podos* = pé) se refere a uma característica marcante dos animais classificados nesse filo: **presença de pernas articuladas**. Entretanto, os artropodes não têm apenas as pernas articuladas, mas também outros apêndices, como antenas e peças bucais (Fig. 11.2).



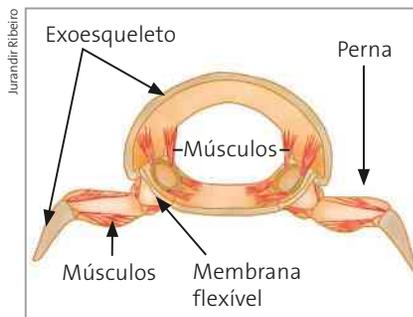
↗ **Figura 11.2.** Esquema de alguns apêndices articulados dos artropodes. (Elementos representados em diferentes escalas; cores fantasia.)

Os artropodes são triblásticos, celomados, de simetria bilateral. Apresentam metameria, sendo comum a fusão de metâmeros formando **tagmas**. Os insetos, por exemplo, têm o corpo dividido em três tagmas: cabeça, tórax e abdômen (Fig. 11.3).



↗ **Figura 11.3.** Esquema mostrando a organização do corpo de um inseto hipotético, em vista dorsal. Observe os tagmas: cabeça (em amarelo), tórax (em azul) e abdômen (em cor-de-rosa). (Cores fantasia.)

Outra característica marcante dos artropodes, e grande responsável pelo sucesso ecológico do grupo, é a presença de **exoesqueleto quitinoso** que reveste todo o corpo do animal. Esse exoesqueleto é formado por placas que se articulam, permitindo os movimentos do corpo e de seus apêndices (Fig. 11.4).



↖ **Figura 11.4.** Esquema de uma secção transversal de um artropode generalizado. Observe as pernas articuladas e o corpo revestido por exoesqueleto. (Cores fantasia.)

Por ser rígido, o exoesqueleto atua como uma estrutura de proteção e de suporte do corpo; por ser articulado, não impede a mobilidade do animal. A combinação entre proteção e suporte, sem sacrifício da mobilidade, é uma característica importante do exoesqueleto dos artropodes. Neles, a pressão hidrostática em cavidades do corpo deixa de ser elemento importante da sustentação.

Recobrendo externamente a quitina, há uma camada de **cera** que torna o exoesqueleto dos artropodes praticamente impermeável à água. Esse fato permitiu a esses animais ocuparem com sucesso o ambiente terrestre, mesmo em regiões áridas.

Como nos artropodes o exoesqueleto envolve totalmente o corpo do animal, o crescimento só ocorre por meio da **muda** ou ecdise (Fig. 11.5), processo regulado pelo **hormônio da muda** ou ecdisona.



↘ **Figura 11.5.** Fotografia de cigarra abandonando o exoesqueleto antigo, com cerca de 5 cm de comprimento.

Periodicamente, os artropodes mudam o exoesqueleto e crescem durante o período em que o novo recobrimento de quitina ainda permite certa distensão.

Em cada muda, o exoesqueleto separa-se da epiderme e rompe-se em locais determinados; então, o animal abandona o exoesqueleto antigo e inicia um crescimento rápido, ao mesmo tempo que a epiderme começa a secretar um novo exoesqueleto.

O novo exoesqueleto espessa e endurece, determinando nova parada do crescimento. Em função disso, a curva de crescimento dos artrópodes difere da curva dos outros animais, exceto dos nematódeos, que também possuem muda (Fig. 11.6).

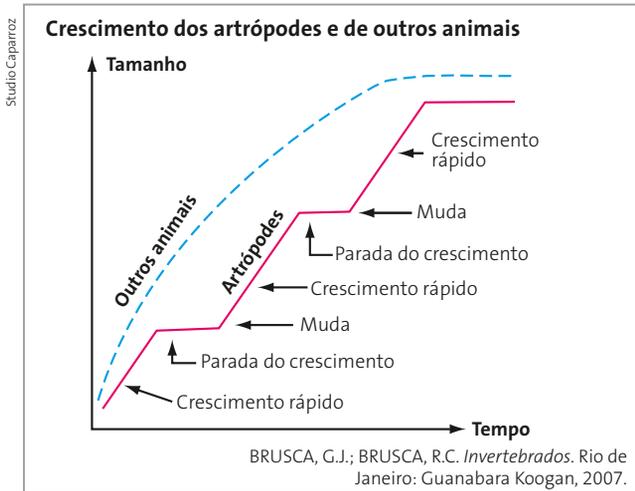


Figura 11.6. Gráfico simplificado comparando o tipo de curva de crescimento dos artrópodes e dos demais animais (exceto nematódeos).

1.1. Diversidade de artrópodes

Há muitas divergências na literatura com relação às interpretações filogenéticas sobre os artrópodes, e, com isso, as propostas de classificação variam entre os diferentes zoólogos.

Vamos adotar aqui uma dessas propostas, que interpreta os artrópodes como um grupo monofilético, com cinco **subfilos**:

- **Trilobitomorpha**: não tem representantes na fauna atual, mas foi um grupo muito abundante nos mares de épocas geológicas passadas (Fig. 11.7), desaparecendo na extinção do Permiano-Triássico.

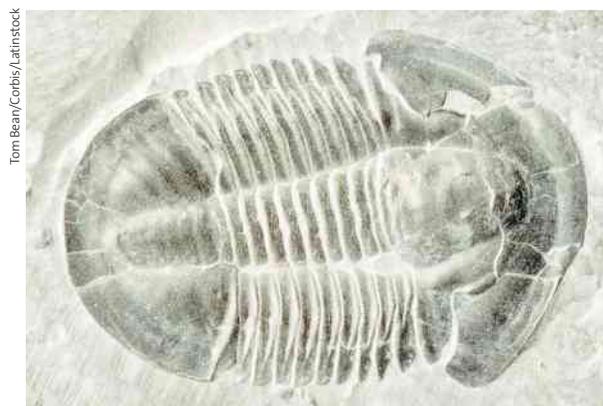


Figura 11.7. Fotografia de um fóssil de trilobita. Esses animais mediam desde poucos milímetros até 70 cm de comprimento.

- **Cheliceriformes**: artrópodes que possuem **quelíceras** e estão representados pelas classes **Merostomata** (límulo ou caranguejo-ferradura) e **Arachnida** (representada principalmente por aranhas, escorpiões e ácaros). Os Merostomata estão representados em especial pelo gênero *Limulus* (Fig. 11.8), animais que vivem na areia de mares rasos; ocorrem no Atlântico Norte.



Figura 11.8. Fotografia de exemplar de *Limulus* sp., vulgarmente conhecido como límulo ou caranguejo-ferradura. É um quelicerado da classe Merostomata. Mede cerca de 60 cm de comprimento, com a cauda.

- **Crustacea**: com várias classes, o grupo inclui lagostas, siris, camarões, cracas e outros.
- **Hexapoda**: com duas classes, **Entognata** e **Insecta**. Entognata reúne hexápodes com peças bucais em uma depressão da superfície da cabeça, sem asas (apterigotos; *a* = prefixo de negação; *pteros* = asas); antigamente, eram classificados como insetos e estão representados principalmente pelos colêmbolos, animais pequenos abundantes no solo e na madeira em decomposição (Fig. 11.9). Nos representantes da classe Insecta, as peças bucais são externas, isto é, não são abrigadas em uma depressão da superfície da cabeça.



Figura 11.9. Eletromicrografia de varredura de um colêmbolo em vista lateral. É muito comum na fauna do solo. Mede cerca de 0,5 mm de comprimento. (Cores artificiais.)

- **Myriapoda**: grupo com quatro classes. Analisaremos apenas as classes **Diplopoda** e **Chilopoda**.

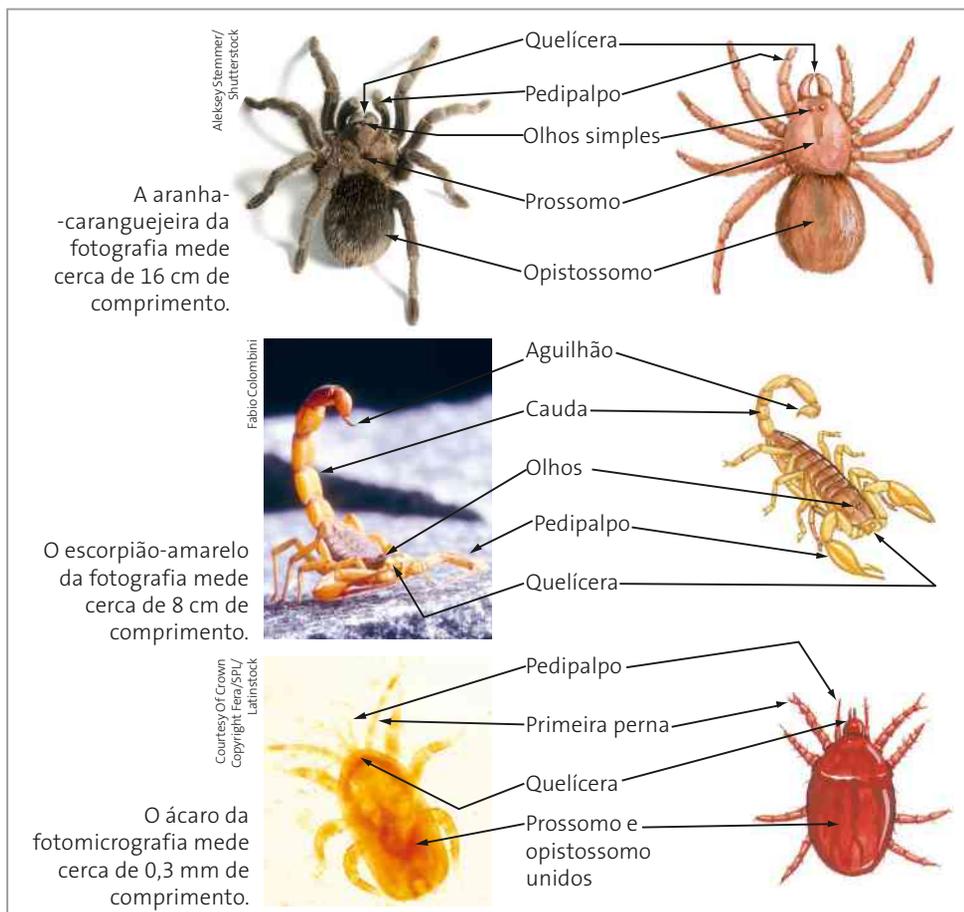
Dos grupos citados estudaremos mais detalhadamente parte dos Cheliceriformes (aracnídeos), os crustáceos, parte dos Hexapoda (insetos) e os dois grupos de Myriapoda (diplópodes e quilópodes). Esses grupos podem ser reconhecidos com base em algumas características de sua morfologia externa, resumidas no quadro a seguir (Fig. 11.10).

Características					
Grupo	Quelíceras	Mandíbulas	Divisão do corpo	Pernas	Antenas
Arachnida	Presentes	Ausentes	Prossomo e opistossomo (embora semelhantes, não são homólogos a cefalotórax e abdômen, respectivamente)	Quatro pares no prossomo	Ausentes
Crustacea	Ausentes	Presentes	Cabeça, tórax e abdômen ou cefalotórax e abdômen	O número varia nas diferentes classes	Dois pares
Insecta	Ausentes	Presentes	Cabeça, tórax e abdômen	Três pares no tórax	Um par
Diplopoda	Ausentes	Presentes	Cabeça e tronco multissegmentado	Dois pares por segmento do tronco	Um par
Chilopoda	Ausentes	Presentes	Cabeça e tronco multissegmentado	Um par por segmento do tronco	Um par

▲ **Figura 11.10.** Quadro apresentando as características dos principais grupos de artrópodes.

Classe Arachnida

O grupo Arachnida (**aracnídeos**) abrange principalmente aranhas, escorpiões e ácaros, incluindo os carrapatos (Fig. 11.11).



◀ **Figura 11.11.** Esquema comparando a organização externa do corpo de três grupos de aracnídeos. À esquerda, fotografias dos animais; à direita, ilustrações, em cores fantasia, feitas com base em fotografias.

O corpo dos aracnídeos é geralmente dividido em **prossomo** e **opistossomo**.

Nos escorpiões, a parte posterior do opistossomo, chamada cauda, é mais estreita. Na extremidade da cauda existe um **agulhão** que abriga o veneno. Nos ácaros, não se percebe a divisão entre o prossomo e o opistossomo, que formam uma estrutura única.

Os aracnídeos apresentam as **quelíceras** como estruturas envolvidas com a manipulação do alimento e, em muitas aranhas, com a inoculação de veneno.

Além de quelíceras, os aracnídeos possuem, ao redor da boca, um par de **pedipalpos**, estrutura que pode atuar como órgão sensorial ou órgão de cópula no macho, além de ser usado na manipulação de alimentos. Os aracnídeos possuem apenas **olhos simples**.

Outra característica importante dos aracnídeos é a presença de quatro pares de pernas no prossomo. O opistossomo não tem apêndices locomotores. Na região posterior e ventral do opistossomo das aranhas existem as **fiandeiras**, estruturas associadas a glândulas de seda, que produzem os fios de seda com os quais as aranhas tecem as teias.

Os aracnídeos são animais de sexos separados, fecundação interna e desenvolvimento direto.

São artrópodes principalmente terrestres. Entre os ácaros, há representantes adaptados secundariamente aos ambientes de água doce e marinho. A maioria dos aracnídeos é predadora, mas entre eles há ácaros parasitas de plantas e de animais. É o caso do ácaro causador da sarna (*Sarcoptes scabiei*), do ácaro parasita dos folículos pilosos do ser humano (*Demodex folliculorum*) e dos carrapatos em geral.

No grupo dos ácaros estão também algumas formas diminutas. Entre elas, a espécie *Dermatophagoides farinae*, que pode ser transportada pelo vento, é uma das principais causas das alergias respiratórias à “poeira” nos seres humanos (Fig. 11.12).



Figura 11.12. Eletromicrografia de varredura de um dos tipos de ácaro causador de alergias respiratórias no ser humano: *Dermatophagoides farinae*. O animal mede cerca de 420 μm de comprimento.

Subfilo Crustacea

O nome Crustacea (*crusta* = crosta; *aceo* = semelhante) deriva do fato de muitas das espécies que compõem esse grupo apresentarem um exoesqueleto enriquecido com carbonato de cálcio, formando uma crosta. É o que ocorre em lagostas, camarões, siris e caranguejos (Fig. 11.13), os representantes mais conhecidos do grupo. Entretanto, a característica mais marcante dos **crustáceos** é a presença de dois pares de antenas na região cefálica.

Entre os crustáceos, há representantes aquáticos e de ambientes terrestres úmidos (tatu-zinho-de-quintal ou tatu-bola) (Fig. 11.14).

A diversidade de formas no grupo é muito grande. Existem representantes macroscópicos, como a lagosta, o camarão e a craca, e representantes microscópicos, como a dáfnia (pulga-d'água) e os copépodes (Fig. 11.15).



Figura 11.13. Fotografia de indivíduo do gênero *Ocyropsis*, caranguejo-fantasma ou maria-farinha, comum nas areias das praias do litoral brasileiro. Sua carapaça mede cerca de 6 cm de largura.



Figura 11.14. Fotografia de tatu-zinho-de-quintal ou tatu-bola. Quando ameaçado, enrola o corpo. Mede cerca de 1 cm de comprimento.

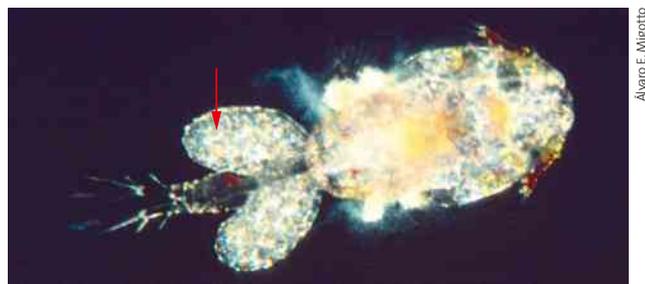


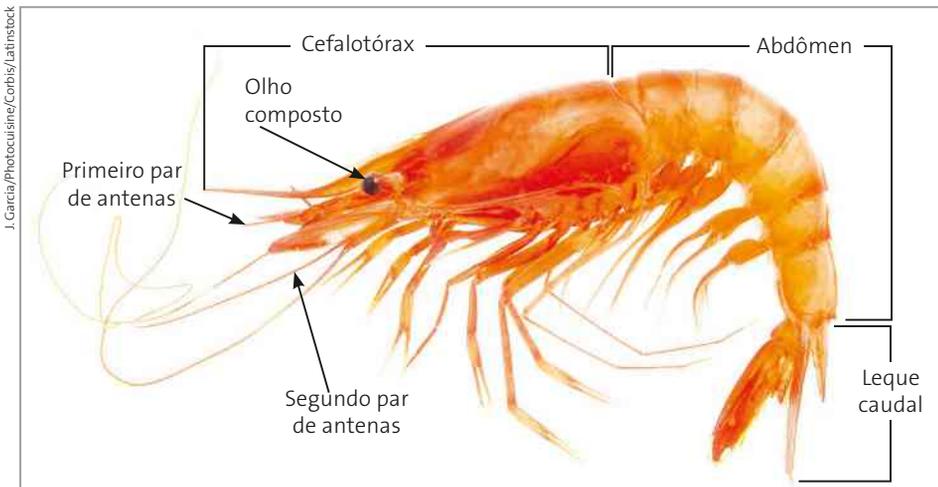
Figura 11.15. Fotomicrografia de copépode marinho com sacos ovíferos (seta). O animal mede cerca de 0,5 mm de comprimento.

O corpo dos crustáceos pode estar dividido em cabeça, tórax e abdômen, ou em cefalotórax e abdômen (Fig. 11.16). Na cabeça estão presentes, além dos dois pares de antenas, dois **olhos compostos** formados por várias unidades chamadas **omatídeos**, geralmente pedunculados. Ao redor da boca há um par de mandíbulas e outros apêndices acessórios utilizados na obtenção de alimento.

As pernas dos crustáceos partem do cefalotórax, como ocorre nos siris e caranguejos, ou do cefalotórax e do abdômen, como ocorre nos camarões.

A maioria dos crustáceos é de sexos separados, embora existam espécies hermafroditas, como é o caso das cracas. Mesmo nas hermafroditas, a fecundação é cruzada, envolvendo copulação.

Em geral, as fêmeas de crustáceos incubam seus ovos ou entre apêndices do corpo (lagostas e caranguejos), ou em sacos ovíferos (copépodes). Na maioria dos casos, o desenvolvimento é indireto, podendo existir mais de um tipo de larva no mesmo ciclo de vida, mas há espécies (lagostim, tatu-bola) em que o desenvolvimento é direto.



< **Figura 11.16.** Fotografia de camarão com suas estruturas indicadas. Mede cerca de 8 cm de comprimento.



Colocando em foco

SIRI OU CARANGUEJO? MACHO OU FÊMEA?

Caranguejos e siris são muito importantes como fonte alternativa de alimento e renda em muitos lugares do Brasil.

Os siris diferenciam-se dos caranguejos por apresentarem cefalotórax achatado, geralmente amplo, e o último par de pernas com a extremidade achatada, em forma de remo, adaptado ao nado. Já os caranguejos possuem cefalotórax mais robusto e o último par de pernas semelhante aos demais, sem adaptação para nadar. Veja a foto do caranguejo-fantasma, na página anterior (Fig. 11.13).

A seguir são apresentados dois siris em vista ventral, para que se possa diferenciar o macho (Fig. 11.17) da fêmea (Fig. 11.18). Nesses animais, o abdômen fica dobrado na superfície ventral do cefalotórax.



Luciano Candisani

^ **Figura 11.17.** Fotografia de siris macho em vista ventral: observe o abdômen estreito, indicado pela seta. A carapaça mede cerca de 8 cm de largura.



Luciano Candisani

^ **Figura 11.18.** Fotografia de siris fêmea em vista ventral: observe o abdômen amplo, indicado pela seta. A carapaça mede cerca de 8 cm de largura.

Classe Insecta

Os **insetos** reúnem o maior número de espécies animais conhecidas. Assim, é o grupo mais diversificado entre os artrópodes e, conseqüentemente, entre todos os animais.

A maioria dos insetos é terrestre, embora algumas espécies tenham se adaptado secundariamente à vida no ambiente de água doce e, mais raramente, na superfície de oceanos e zonas entremarés.

Os insetos têm o corpo nitidamente dividido em cabeça, tórax e abdômen.

O grande sucesso desse grupo no meio terrestre pode ser atribuído principalmente a seu exoesqueleto quitinoso e à evolução do **voo**, características que permitiram aos insetos deslocamento eficiente e rápido, fuga de predadores e busca de novas fontes de alimento ou de locais com condições mais adequadas à sua sobrevivência.

Os insetos são os únicos invertebrados com adaptações ao voo (Fig. 11.19). Eles desempenham importante papel ecológico nos ecossistemas terrestres, onde são responsáveis pela polinização da maioria das plantas floríferas. Entretanto, existem insetos que causam sérios prejuízos à agricultura, tornando-se verdadeiras pragas que destroem ou danificam as

plantações. Um exemplo são os gafanhotos, que chegam a formar as chamadas “nuvens”, dizimando em pouco tempo plantações inteiras.

Além disso, algumas espécies são vetores de doenças, como é o caso dos mosquitos transmissores de malária, elefantíase, dengue e febre amarela; dos piolhos, que transmitem o tifo; das pulgas, transmissoras da peste bubônica; e dos barbeiros, que transmitem a doença de Chagas.

Os insetos surgiram provavelmente de ancestrais sem asas, parecidos com as atuais traças-dos-livros. Na evolução do grupo, as primeiras asas que surgiram eram em número de quatro (um par anterior e outro par posterior) e se dispunham perpendicularmente em relação ao eixo longitudinal do corpo, como nas libélulas atuais (Fig. 11.20).

Depois, muitas modificações ocorreram nesse padrão. Logo a seguir surgiu um mecanismo que propiciou a flexão das asas para trás, sobre o tórax e o abdômen, quando o inseto pousa. Isso permitiu que os insetos se refugassem em locais estreitos.

Em alguns grupos, as asas anteriores sofreram modificações, passando a proteger as asas posteriores, que permaneceram membranosas e responsáveis pelo voo. É o que acontece, por exemplo, com os besouros (Fig. 11.21).



Almir Candido

Figura 11.19. Borboleta com asas membranosas. Mede cerca de 3 cm de comprimento.



Imagebroker RF/Alfred Schaubhuber/Donmedia

Figura 11.20. Asas membranosas de libélula, dispostas perpendicularmente ao corpo. Mede cerca de 6 cm de comprimento.



Gerson Gerloff

Figura 11.21. O par anterior de asas dos besouros protege as asas posteriores, membranosas. Mede cerca de 2 cm de comprimento.

Em outros grupos, houve perda secundária das asas associada principalmente à vida ectoparasitária, caso de piolhos e pulgas, e à vida subterrânea, como nos operários e soldados de cupins e formigas.

Na cabeça dos insetos estão presentes, tipicamente,

um par de antenas, um par de olhos compostos, três olhos simples e apêndices bucais, entre os quais se destaca um par de mandíbulas. Os apêndices bucais podem apresentar inúmeras modificações, que possibilitam grande variedade de hábitos alimentares (Figs. 11.22, 11.23 e 11.24).

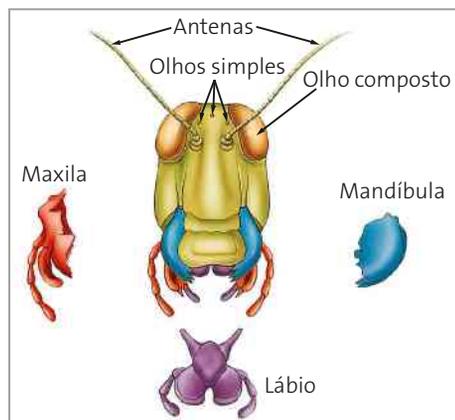


Figura 11.22. Esquema em vista frontal da cabeça de um gafanhoto. As peças bucais estão em destaque. Elas compõem o aparelho bucal do tipo mastigador. (Cores fantasia.)

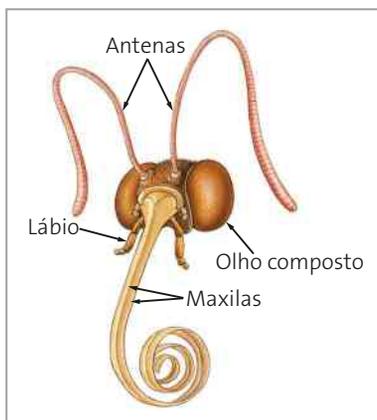


Figura 11.23. Esquema da cabeça de uma borboleta. Observe o aparelho bucal do tipo sugador maxilar. (Cores fantasia.)

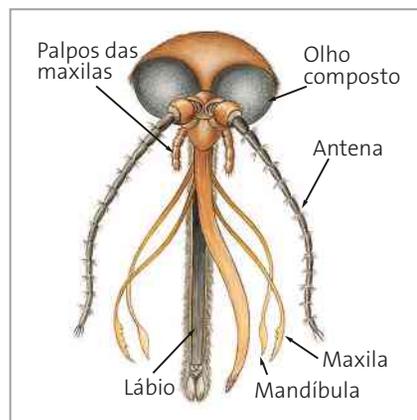
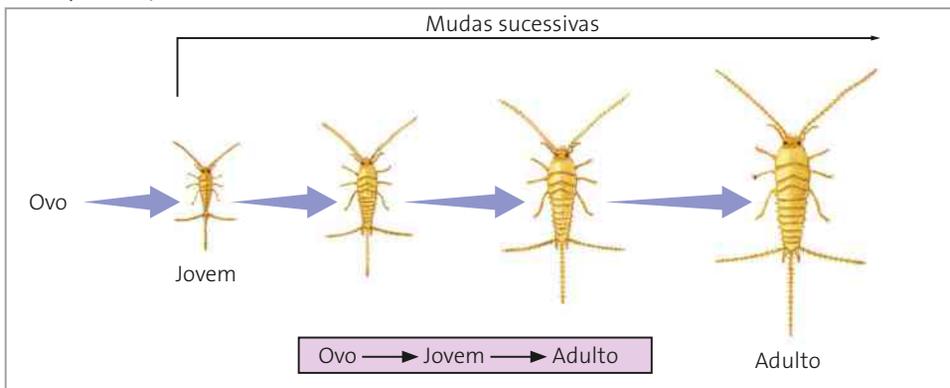


Figura 11.24. Esquema da cabeça de um mosquito, em vista frontal, mostrando peças bucais bem separadas, para melhor visualização. Observe o aparelho bucal do tipo sugador labial. (Cores fantasia.)

Outra característica importante dos insetos é a presença de três pares de pernas no tórax. Nas espécies aladas de insetos, é do tórax que partem as asas.

Os insetos têm sexos separados, e sua fecundação é interna. São animais ovíparos, que podem apresentar três tipos de desenvolvimento:

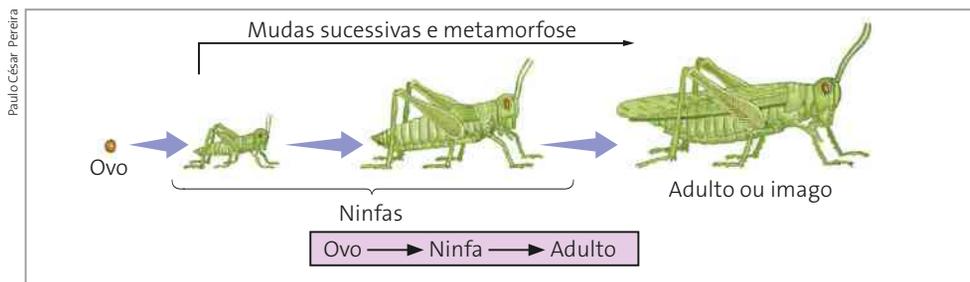
- **direto, sem metamorfose:** desenvolvimento **ametábolo** (*a* = sem; *metábolo* = mudança). Do ovo eclode um indivíduo jovem semelhante ao adulto. O adulto é a fase do ciclo de vida em que as gônadas estão maduras (Fig. 11.25). Exemplo: traça-dos-livros.



Jurandir Ribeiro

Figura 11.25. Esquema do desenvolvimento ametábolo na traça-dos-livros. O adulto mede cerca de 12 mm de comprimento. (Elementos representados em diferentes escalas; cores fantasia.)

- **indireto, com metamorfose gradual ou incompleta:** desenvolvimento **hemimetábolo** (*hemi* = meio). Do ovo eclode uma forma chamada **ninfa**, que é semelhante ao adulto (ou **imago**), mas não tem asas desenvolvidas. A ninfa origina o adulto (Fig. 11.26). Exemplos: barata, percevejo e gafanhoto.



Paulo César Pereira

Figura 11.26. Esquema do desenvolvimento hemimetábolo no gafanhoto. O adulto mede cerca de 5 cm de comprimento. (Elementos representados em diferentes escalas; cores fantasia.)

- **indireto, com metamorfose completa:** desenvolvimento **holometábolo** (*holo* = total). Do ovo eclode uma **larva** bastante distinta do adulto. Essa larva passa por um período em que se alimenta ativamente, para depois entrar em um estágio denominado **pupa**, no qual pode haver a formação de um casulo protetor. É no estágio de pupa que ocorre a metamorfose: a larva transforma-se no adulto ou imago, que emerge completamente formado. Depois da metamorfose, o inseto holometábolo não cresce mais. Exemplos: moscas, pulgas e borboletas. As larvas recebem nomes populares distintos. Por exemplo, as larvas de borboletas e mariposas são chamadas **lagartas**, as de besouro são chamadas **bigatos** e as de moscas, **corós**. Analise a seguir o ciclo de vida de borboletas (Fig. 11.27).

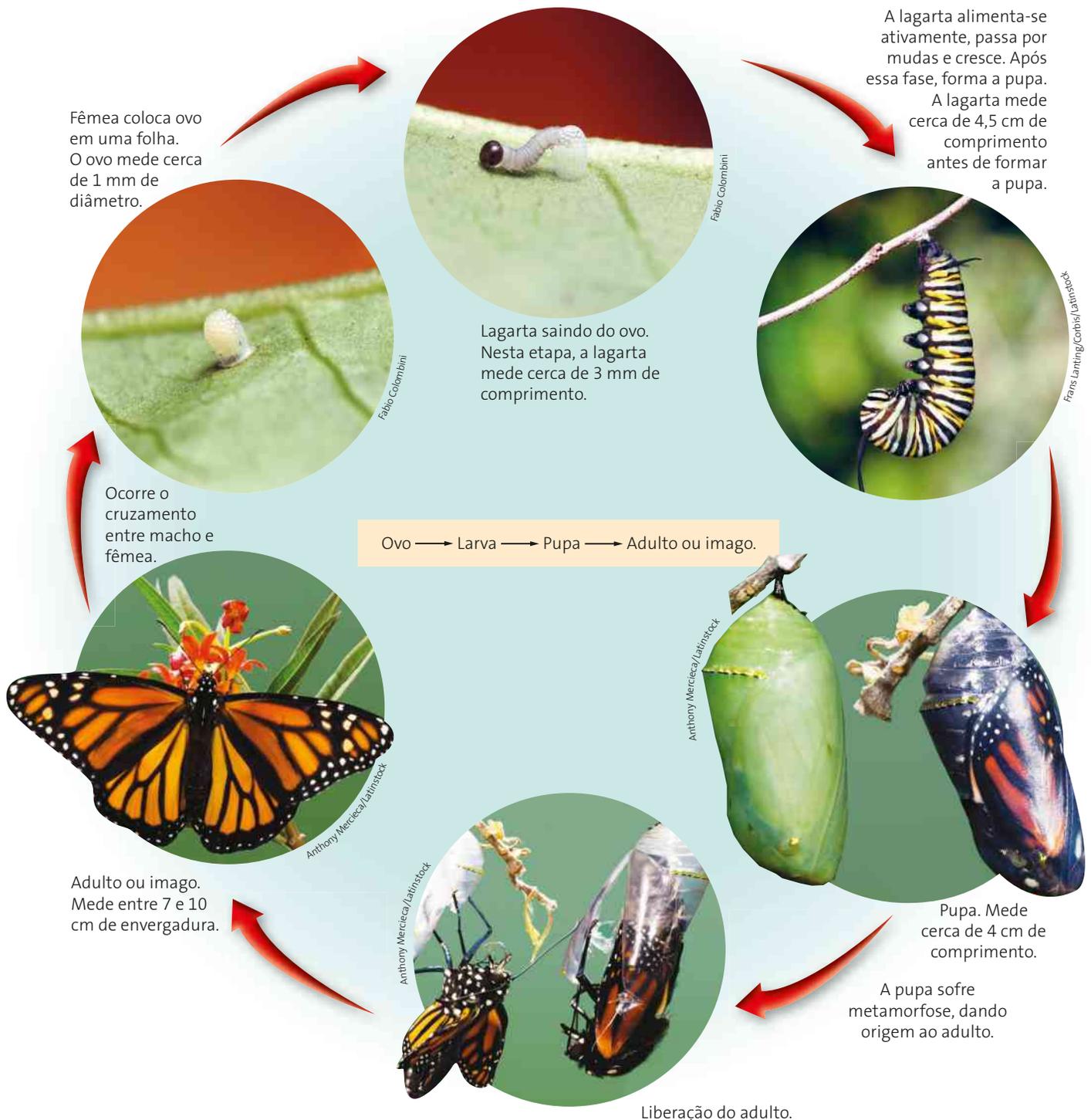


Figura 11.27. Ciclo de vida de uma borboleta, representado com fotografias das diferentes fases. (Elementos em diferentes escalas.)

Evidências indicam que os primeiros insetos que surgiram eram ametábolos. Durante a evolução do grupo, com o surgimento das asas, desenvolveu-se a metamorfose. Inicialmente surgiu a metamorfose incompleta e depois, a completa. Hoje, cerca de 85% dos insetos são holometábolos e, na maioria dessas espécies, adultos e larvas não competem entre si, pois têm hábitos alimentares diferentes.

Alguns insetos holometábolos apresentam fase larval aquática (Fig. 11.28), como é o caso de importantes mosquitos vetores de doença. Como exemplos, podemos citar representantes do gênero *Culex*, que transmitem a filariose, do gênero *Anopheles*, que transmitem a malária, e da espécie *Aedes aegypti*, que transmitem a dengue e a febre amarela (Fig. 11.29).



Figura 11.28. Fotografia de larvas aquáticas de mosquitos do gênero *Aedes* criadas em laboratório para estudos. Medem cerca de 3mm de comprimento.

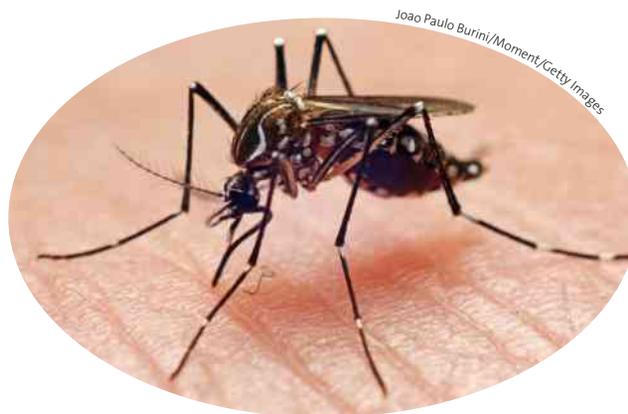


Figura 11.29. Fotografia de adulto de *Aedes aegypti*. Mede cerca de 0,5 cm de comprimento.

Classes Diplopoda e Chilopoda

Esses animais possuem muitas pernas articuladas e são chamados de **miriápodes**.

São animais com sexos separados, fecundação interna e desenvolvimento direto ou indireto, dependendo da espécie.

Os quilópodes e os diplópodes têm o corpo dividido em cabeça e tronco multissegmentado, apresentando um par de antenas e olhos simples.

Nos quilópodes há um par de pernas por segmento, sendo o primeiro par transformado em estruturas

denominadas **forcípulas**, na extremidade das quais se abrem glândulas de veneno. Esses animais são carnívoros predadores e se utilizam do veneno para imobilizar suas presas. São vulgarmente conhecidos por centopeias ou lacraias (Fig. 11.30).

Os diplópodes são animais herbívoros ou detritívoros e não apresentam forcípulas. Possuem dois pares de pernas por segmento. São vulgarmente conhecidos como milípedes, piolhos-de-cobra, gongolôs ou embuás (Fig. 11.31).



Figura 11.30. Fotografia de quilópode do gênero *Scolopendra*. Seu veneno neurotóxico pode causar acidentes com seres humanos. Mede cerca de 8 cm de comprimento.



Figura 11.31. Fotografia de diplópode (piolho-de-cobra). Mede cerca de 8 cm de comprimento.

2. Filo Echinodermata

Os **equinodermos** são animais exclusivamente marinhos. São triblásticos e celomados, e se aproximam dos cordados por serem deuterostômios.

Os equinodermos têm “espinhos na pele”, característica que deu nome ao filo (*echinos* = espinhos; *derma* = pele). Em alguns, como a estrela-do-mar (Fig. 11.32), os espinhos são pouco desenvolvidos; em outros, como o ouriço-do-mar (Fig. 11.33), são fortes e bem desenvolvidos.

Peter Arnold/Getty Images



Figura 11.32. Fotografia de estrela-do-mar (*Hippasteria phrygiana*). Mede cerca de 25 cm de diâmetro.



Alvaro E. Migotto

Figura 11.33. Fotografia de ouriço-do-mar, em Santos (SP). Mede cerca de 6 cm de diâmetro.

Os equinodermos têm simetria primária (simetria da larva) bilateral e simetria secundária (simetria do adulto) radial, organizada com base em cinco raios; diz-se, por isso, que a simetria no adulto é **pentarradial**.

São animais de sexos separados. A fecundação é externa e o desenvolvimento indireto, isto é, passa por estágios larvais.

Muitos equinodermos apresentam grande capacidade de **regeneração**. Uma estrela-do-mar que tenha perdido um ou mais braços consegue regenerá-los (Fig. 11.34). Um braço isolado de estrela-do-mar que ainda retenha parte do disco central pode regenerar uma estrela inteira.

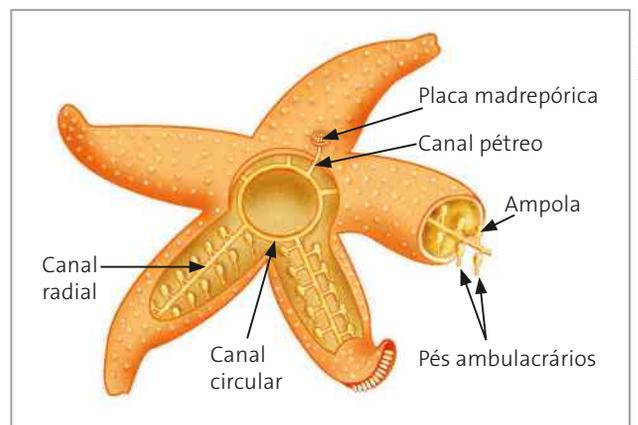
Nos equinodermos representados pelas estrelas-do-mar e pelo ouriço-do-mar distinguimos uma região oral, onde se situa a boca, e uma região aboral, onde se situa o ânus, oposta à boca. Em outros representantes do grupo há variação na posição relativa de ânus e boca, como veremos adiante.

Os equinodermos possuem um sistema exclusivo, relacionado basicamente com a locomoção: o **sistema ambulacrário**, hidrovascular ou, ainda, vascular aquífero (Fig. 11.35).

Luciano Candisani



Figura 11.34. Fotografia mostrando estrela-do-mar com um de seus braços em processo de regeneração. Este indivíduo mede cerca de 10 cm de diâmetro.



Tânia Ricci

Figura 11.35. Esquema mostrando estrela-do-mar com parte do corpo removida, destacando o sistema ambulacrário. (Cores fantasia.)

Nesse sistema há uma placa madreporica, situada na região aboral, que permanece em contato com o meio externo. A água penetra pela placa madreporica, que é perfurada, passa para o canal pético e chega ao canal circular, de onde é distribuída pelos canais radiais às ampolas e aos pés ambulacrários (Fig. 11.36). O sistema ambulacrário é inteiramente revestido por cílios, que promovem a movimentação da água dentro dos canais. A musculatura é mais desenvolvida nas ampolas e nos pés ambulacrários. A contração das ampolas empurra a água para os pés ambulacrários, que se alongam e se fixam ao substrato como ventosas. Em seguida, a musculatura do pé sofre contração, empurrando a água para a ampola, que se distende; nesse momento, os pés

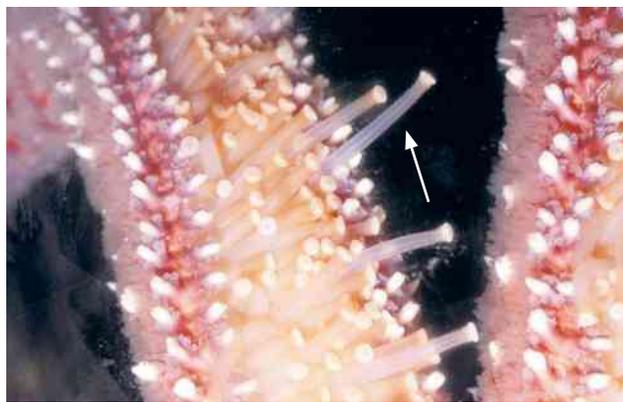
retraem-se. Essa sequência é responsável pela locomoção do animal.

Nos ouriços-do-mar, os espinhos são longos e móveis, participando da locomoção.

Na superfície do corpo de muitos equinodermos, além de espinhos, existem as **pedicelárias**: pequenas estruturas que geralmente possuem um pedúnculo, na extremidade do qual existem peças que se articulam como uma pinça (Fig. 11.37).

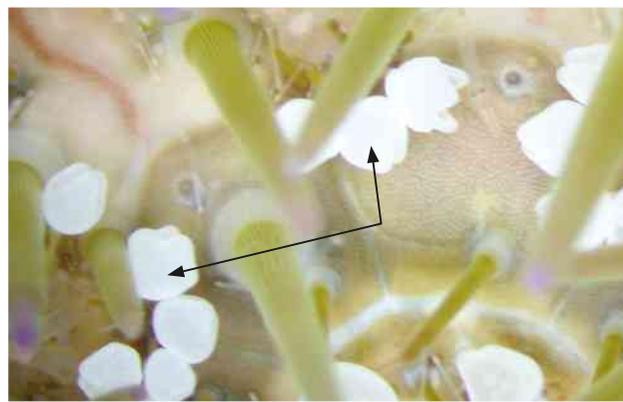
As pedicelárias têm por função remover detritos e fragmentos que se depositem sobre o animal.

Projeções em forma de papilas (**pápulas**) da parede do celoma para fora do corpo têm por função trocas gasosas e excreção. Os pés ambulacrários também são locais onde podem ocorrer trocas gasosas.



Ed Reschke/Peter Arnold/Getty Images

Figura 11.36. Fotografia de detalhe dos braços de uma estrela-do-mar, evidenciando os pés ambulacrários (seta).



Alvaro E. Migotto

0,4 cm

Figura 11.37. Fotografia mostrando detalhe de pedicelárias (setas) do ouriço-do-mar.

2.1. Diversidade de equinodermos

Tradicionalmente, os equinodermos têm sido divididos em cinco classes, que podem ser caracterizadas com base na estrutura externa do corpo.

Classe Asteroidea

Os animais dessa classe possuem, como regra geral, cinco braços que partem de um disco central, sem nítida separação entre essas estruturas. São as **estrelas-do-mar** (Fig. 11.38).



Luciano Candisani

Figura 11.38. Fotografia de estrela-do-mar: mede cerca de 15 cm de diâmetro.

Classe Echinoidea

Corpo arredondado (**ouriço-do-mar**) ou achatado (**bolacha-da-praia**) (Fig. 11.39). Na boca, os equinoides apresentam cinco dentes calcários fortes, integrados a uma estrutura denominada lanterna de aristóteles. Esta é muito desenvolvida nos ouriços, que a empregam para arrancar pedaços de alga, dos quais esses animais se alimentam.



Fabio Colombini

Figura 11.39. Fotografia de bolacha-da-praia: mede cerca de 8 cm de diâmetro.

Classe Ophiuroidea

Disco central nitidamente separado dos cinco braços, que são finos e muito ágeis. Os ofiuroides não possuem ânus. São conhecidos por **serpentes-do-mar** ou **estrelas-serpentes** (Fig. 11.40).

Classe Crinoidea

Os crinoides vivem apoiados ao substrato pela região aboral, tendo o ânus deslocado para a região próxima à boca. São os **lírios-do-mar** (Fig. 11.41).

Classe Holoturoidea

Corpo alongado e espinhos reduzidos. Os holotúrias possuem no interior do corpo uma estrutura especial chamada árvore respiratória, relacionada com as trocas gasosas. São os **pepinos-do-mar** (Fig. 11.42).



Figura 11.40. Fotografia de serpente-do-mar. Mede cerca de 5 cm de diâmetro, incluindo os braços.



Figura 11.41. Fotografia de lírio-do-mar. Mede cerca de 15 cm de diâmetro, incluindo os braços.



Figura 11.42. Fotografia de pepino-do-mar. Mede cerca de 20 cm de comprimento.



Tema para discussão

REGISTRE
NO CADERNO



Principais aranhas e escorpiões de interesse médico

Além dos animais que são parasitas do ser humano e que causam doenças, existem outros de interesse médico que não parasitam o corpo humano. São predadores de outros animais e podem representar perigo para nós, eventualmente. Vamos falar aqui um pouco sobre as principais aranhas e escorpiões de interesse médico que ocorrem no Brasil.

Aranhas

As principais espécies de aranha perigosas para o ser humano pertencem a três gêneros: *Phoneutria*, *Loxosceles* e *Latrodectus*. Aranhas de espécies pertencentes a outros gêneros podem picar o ser humano, mas geralmente a consequência é apenas uma forte dor local.

As espécies do gênero *Phoneutria* são conhecidas como **aranhas-armadeiras**, pois, quando se sentem ameaçadas, apoiam-se nos dois pares de pernas traseiras, erguem o restante do corpo e “armam” o ataque. Elas são muito rápidas e ágeis. Essas aranhas têm hábitos noturnos, não formam teias e o veneno delas tem ação neurotóxica e cardiotóxica. O tratamento do doente pode ser feito com soro específico.

As espécies do gênero *Loxosceles* são conhecidas como **aranhas-marrons**, pois apresentam um colorido marrom uniforme. Elas têm hábitos noturnos e formam teias irregulares, construídas em locais escuros. O veneno dessas aranhas tem ação necrosante e hemolítica, e o tratamento do doente é feito com soro antiloxoscélico.

No gênero *Latrodectus*, são as fêmeas que podem ser perigosas para os humanos. Elas são chamadas **viúvas-negras**. Têm hábitos noturnos e constroem teias irregulares. O veneno das viúvas-negras tem ação neurotóxica e, como o número de acidentes por *Latrodectus* é muito pequeno no Brasil, não há produção de soro contra o veneno delas.



Juarez Silva

^ Fotografia de aranha-armadeira (*Phoneutria* sp.). Mede cerca de 6 cm de comprimento.



Fabio Colombini

^ Fotografia de aranha-marrom (*Loxosceles* sp.). Mede cerca de 4 cm de comprimento.



Fabio Colombini

^ Fotografia de viúva-negra (*Latrodectus* sp.). Mede cerca de 3 cm de comprimento.

Escorpiões

Os escorpiões são animais predadores, de hábitos noturnos. Os que podem causar perigo para o ser humano no Brasil são o *Tityus bahiensis*, ou escorpião-marrom, e o *Tityus serrulatus*, ou escorpião-amarelo. O veneno tem ação neurotóxica. O tratamento do doente deve ser feito com soro antiescorpiônico.



Juarez Silva

^ Fotografia de escorpião-amarelo (*Tityus serrulatus*). Mede cerca de 8 cm de comprimento.



Juarez Silva

^ Fotografia de escorpião-marrom (*Tityus bahiensis*). Mede cerca de 10 cm de comprimento.

Controle e prevenção de acidentes com aranhas e escorpiões

O controle e a prevenção de acidentes com aranhas e escorpiões podem ser feitos tomando-se os seguintes cuidados:

- manter limpos quintais, jardins e terrenos baldios, não acumulando neles entulho e lixo doméstico;
- aparar a grama dos jardins e recolher as folhas caídas;
- vedar soleiras de portas com saquinhos de areia ou friso de borracha;
- colocar telas nas janelas;
- vedar ralos de pia, de tanque e de chão com tela ou válvula apropriada;
- colocar lixo em sacos plásticos e mantê-los bem fechados para não atrair baratas, moscas e outros insetos, que são o alimento predileto de aranhas e escorpiões;
- examinar roupas, calçados, toalhas e roupas de cama antes de usá-los;
- andar sempre calçado e usar luvas de raspa de couro ao trabalhar com material de construção.

O uso de inseticida contra aranhas e escorpiões não é indicado, pois ele tem efeito apenas temporário e é tóxico para os seres humanos. Devemos lembrar ainda que aranhas e escorpiões não são insetos.

Em caso de picada por aranha ou por escorpião, principalmente se o acidentado for uma criança menor de 7 anos, procurar socorro médico imediato, levando, se possível, o animal que a picou, para ser identificado. As aranhas e os escorpiões podem ser colocados, com extremo cuidado para que não piquem a pessoa que os manipula, em frascos com tampa furada, contendo algodão ou pano umedecido com água.

Grande parte das informações contidas neste texto foram extraídas de: SOERENSEN, Bruno (coord.). *Animais peçonhentos; reconhecimento e distribuição geográfica*. Rio de Janeiro: Atheneu, 1990; e de folhetos distribuídos à população pelo Instituto Butantan de São Paulo.

1. Como trabalho de grupo, construa um cartaz abordando as principais aranhas e escorpiões de interesse médico no Brasil. Coloque figuras e monte um quadro com as seguintes informações:

Gênero e nome vulgar	Local onde ocorrem	Tipo de ação do veneno	Grau de mobilidade	Tratamento

2. Em seguida, elabore um texto com as principais medidas preventivas que devem ser adotadas para prevenir acidentes com esses animais.
3. Uma vez concluído o trabalho, discuta os dados com seus colegas de classe visando esclarecer dúvidas e trocar informações. Se possível, promovam uma campanha de esclarecimento sobre esse tema na escola. Exerça sua cidadania. Atue!

Seria interessante que os estudantes procurassem saber, junto aos órgãos públicos da região onde moram, mais informações sobre acidentes envolvendo esses animais.



Retomando

Você aprendeu, neste capítulo, sobre o grupo mais diversificado de animais: os artrópodes. Viu também que o grupo dos equinodermos apresenta semelhanças com o dos cordados. Relacione o conteúdo deste capítulo com o do anterior e então retome suas respostas às questões da seção **Pense nisso**. Em quais grupos se enquadram os animais que você citou? Justifique sua resposta.

Professor(a), veja nas Orientações didáticas os comentários e as respostas das questões dissertativas.



Ampliando e integrando conhecimentos

REGISTRE
NO CADERNO



Atividade 1 Você conhece o bicho-do-pé? Habilidades do Enem: H4, H13, H14, H16, H30.

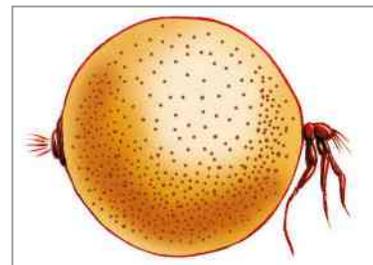
Várias espécies de artrópodes são parasitas de outros animais, inclusive do ser humano. O carrapato e a pulga são dois exemplos. A espécie de pulga *Tunga penetrans*, popularmente conhecida como bicho-do-pé, bicho-do-porco ou pulga-da-areia, tem um ciclo de vida curioso. Tanto o macho quanto a fêmea são hematófagos e, antes da fecundação, podem ser encontrados no solo, sendo comuns em chiqueiros de porcos. Nessa fase do ciclo de vida, essas pulgas medem cerca de 1 mm de comprimento. Após a fecundação, a fêmea passa a apresentar um comportamento peculiar: ela penetra na pele de um mamífero – como porcos, cachorros, ratos e, até mesmo, seres humanos –, onde desenvolve seus ovos. Nesse processo, o corpo da fêmea modifica-se muito, passando a apresentar o aspecto de um “saco de ovos”, podendo atingir o tamanho de uma semente de ervilha.

Cada fêmea produz cerca de 100 ovos. Em contato com solos úmidos e sombreados, os ovos dão origem às larvas que, em seguida, passam para a fase de pupa. Após a liberação dos ovos, o corpo da fêmea é expulso pela reação inflamatória da pele do hospedeiro.

Os locais mais comuns para a instalação da fêmea, nos seres humanos, são a sola dos pés, os espaços entre os dedos e a região sob as unhas. A remoção desses parasitas deve ser feita em condições higiênicas por profissionais da área médica, tomando-se cuidado para não romper o corpo da pulga. Além disso, é recomendada a vacina antitetânica, em função da possibilidade de infecção secundária pelo *Clostridium tetani*.

Com base nessas informações e em dados adicionais que você pode obter com profissionais da área de saúde, responda:

- a) A que grupo de artrópodes pertence o bicho-do-pé?
- b) Além de conseguir alimento, que outra vantagem a fêmea desses animais obtém ao penetrar a pele do hospedeiro?
- c) Qual é o tipo de ciclo de vida desses animais: ametábolo, hemimetábolo ou holometábolo? Justifique.
- d) Cite medidas profiláticas para evitar a infestação por essas pulgas.
- e) Recordando o que você já estudou em seu curso de Biologia, a que grupo de organismos pertence a espécie *Clostridium tetani*? Como age a vacina antitetânica?

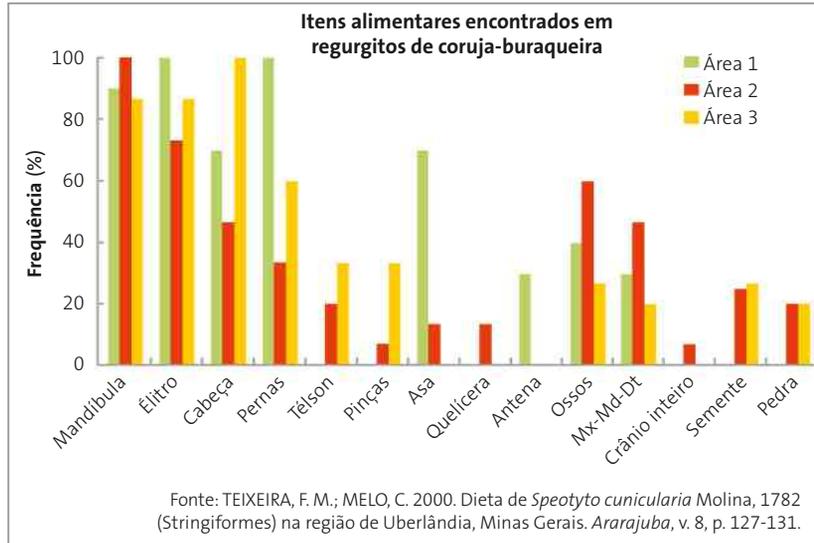


Osni de Oliveira

Esquema de fêmea de pulga com abdômen repleto de ovos. Essa parte fica em contato com o ar, o que propicia as trocas gasosas. A parte anterior, onde estão os apêndices bucais, fica em contato com a pele, de onde a pulga obtém o sangue como alimento. Nesse estágio, o animal mede cerca de 5 mm de comprimento. (Cores fantasia.)

Atividade 2 Artrópodes na dieta de corujas-buraqueiras **Habilidades do Enem: H17, H28.**

A coruja-buraqueira (*Speotyto cunicularia*) distribui-se pelo continente americano, habitando restingas, campos, pastos e áreas urbanas. Ela apresenta hábito noturno e crepuscular e se alimenta de uma variedade de animais (invertebrados e vertebrados). O gráfico ao lado apresenta resultados de uma pesquisa sobre os itens alimentares da coruja-buraqueira em três áreas da região de Uberlândia, Minas Gerais.



Conceitegraf

- Com base no gráfico, podemos identificar dois grupos de artrópodes. Quais são esses grupos? Quais itens alimentares encontrados nos regurgitos de *S. cunicularia* permitiram identificar esses grupos?
- Entre os itens citados como indicadores do tipo de alimento ingerido pelas corujas, aparecem os élitros. O que são élitros? Dê um exemplo de animal que possui essa estrutura e que foi ingerido pelas corujas.

Atividade 3 Artrópodes peçonhentos **Habilidades do Enem: H10, H14, H17, H28.**

Neste capítulo analisamos alguns dos principais artrópodes peçonhentos de interesse médico: as aranhas e os escorpiões. Agora, conheça outros artrópodes que se enquadram nesse contexto:

Espécies: *Lonomia achelous* (à esquerda; vive nos seringais do Amapá e da ilha de Marajó) e *Lonomia obliqua* (à direita; encontrada em árvores frutíferas dos estados das regiões Sul e Sudeste do Brasil).
Nomes populares: lonômia, taturana (derivação do tupi, em que *tatá* = fogo e *rana* = semelhante), lagarta-de-fogo, saiú, taturana-gatinho, mandarová e taturana-de-flanela.



- ↗ *Lonomia obliqua*. Mede cerca de 5 cm de comprimento.
- ↘ *Lonomia achelous*. Mede cerca de 5 cm de comprimento.

Alimentam-se de folhas e vivem em árvores frutíferas e arbustos. Apresentam muitas cerdas no corpo, cuja função é a defesa contra predadores. O veneno é produzido por células basais das cerdas e armazenado no interior dessas cerdas, que são ocas. Quando uma pessoa toca a taturana, as cerdas se quebram e liberam o veneno na pele. Os sintomas são dor forte e irritação imediatas no local, dor de cabeça e náuseas; em casos mais graves, a vítima pode ter hemorragias, que podem ser fatais.

Como primeiros socorros, deve-se lavar a região afetada com água corrente e fazer compressas frias, além de procurar tratamento médico imediatamente.

Há outras espécies de lagartas com cerdas que também podem causar acidentes, embora, em geral, sejam menos graves. Em todos os casos, no entanto, é importante procurar atendimento médico.

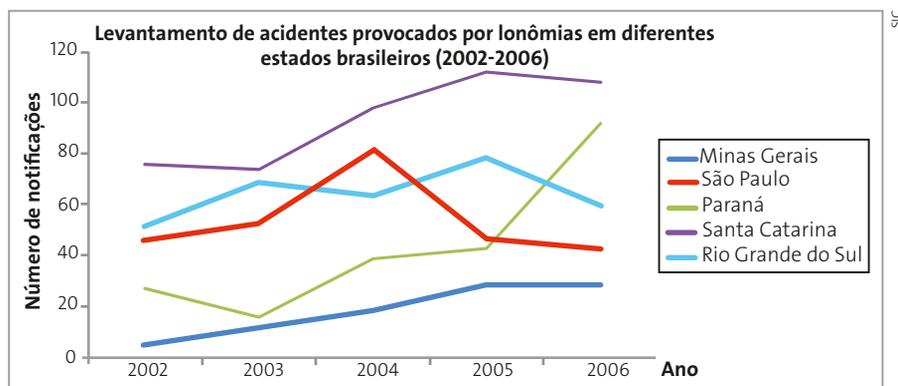
Espécie: *Paederus irritans*.
Nomes populares: potô, podô e trepa-moleque.

Produz um líquido que queima a pele, causando bolhas. Nunca deve ser esmagado, pois isso faz com que mais líquido seja liberado. Recomenda-se lavar bem o local atingido com sabonete antiséptico e procurar atendimento médico.



- ↘ *Paederus irritans*. Mede até 1 cm de comprimento.

- a) A qual grupo de artrópodes cada um desses animais pertence? Justifique.
- b) No período 2002-2006, foi realizado um levantamento dos acidentes provocados por lonômias em diferentes estados brasileiros. Os resultados são apresentados no gráfico abaixo. Analise-o e responda:



Fonte dos dados: Ministério da Saúde.

- Quais são os dois estados em que o problema dos acidentes com lonômia mais se agravou no período?
- Considerando os hábitos de lonômias apresentados na atividade, levante uma hipótese plausível para explicar o que está ocorrendo nesses estados.

Atividade 4 Equinodermos Habilidade do Enem: H28.

Paleontólogos encontraram fósseis de equinodermos em Box Elder County, em Utah, Estados Unidos¹. A região interiorana onde foram encontrados localiza-se a mais de 800 km da costa, porém cientistas sugerem que, há milhões de anos, aquela região possivelmente era coberta pelo mar.

- a) Por que essa ocorrência de fósseis de equinodermos levou a sugerir que aquela região possivelmente era coberta pelo mar?
- b) Que característica têm os equinodermos que os torna um dos grupos mais bem preservados no registro fóssil?



Testes

REGISTRE
NO CADERNO



1. (Enem) *Artemia* é um camarão primitivo que vive em águas salgadas, sendo considerado um fóssil vivo. Surpreendentemente, possui uma propriedade semelhante à dos vegetais que é a diapausa, isto é, a capacidade de manter ovos dormentes (embriões latentes) por muito tempo. Fatores climáticos ou alterações ambientais podem subitamente ativar a eclosão dos ovos, assim como, nos vegetais, tais alterações induzem à germinação de sementes.

Vários estudos têm sido realizados com artemias, pois estes animais apresentam características que sugerem um potencial biológico: possuem alto teor de proteína e são capazes de se alimentar de partículas orgânicas e inorgânicas em suspensão. Tais características podem servir de parâmetro para uma avaliação do potencial econômico e ecológico da artemia.

Em um estudo foram consideradas as seguintes possibilidades:

- A variação da população de artemia pode ser usada como um indicador de poluição aquática.
- A artemia pode ser utilizada como um agente de descontaminação ambiental, particularmente em ambientes aquáticos.
- A eclosão dos ovos é um indicador de poluição química.
- Os camarões podem ser utilizados como fonte alternativa de alimentos de alto teor nutritivo.

É correto apenas o que se afirma em:

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

¹ ROBINSON, R. A. 1965. Middle Cambrian Eocrinoids from Western North America. *Journal of Paleontology*, v. 39, p. 355-364.

2. (Enem)

Os Bichinhos e o Homem Arca de Noé

Toquinho & Vinicius de Moraes

Nossa irmã, a mosca
É feia e tosca
Enquanto que o mosquito
É mais bonito
Nosso irmão besouro
Que é feito de couro
Mal sabe voar
Nossa irmã, a barata
Bichinha mais chata
É prima da borboleta
Que é uma careta
Nosso irmão, o grilo
Que vive dando estrilo
Só pra chatear

MORAES, V. A *Arca de Noé: poemas infantis*. São Paulo: Companhia das Letrinhas, 1991.

O poema acima sugere a existência de relações de afinidade entre os animais citados e nós, seres humanos. Respeitando a liberdade poética dos autores, a unidade taxonômica que expressa a afinidade existente entre nós e estes animais é:

- a) o filo. d) a família.
x b) o reino. e) a espécie.
c) a classe.
3. (UFJF-MG) Os animais são reunidos de acordo com suas características morfofisiológicas e aspectos do desenvolvimento embrionário. Associe as colunas, relacionando os grupos de animais às características apresentadas:

I. Annelida	• Exoesqueleto calcário; triblástico
II. Cnidaria	• Celoma pericárdico; rádula
III. Mollusca	• Esquizocelomado; cerdas quitinosas
IV. Nematoda	• Endoesqueleto calcário; simetria radial secundária
V. Echinodermata	• Pseudocelomado; sistema nervoso ganglionar
	• Metamerizado;
	respiração cutânea
	• Enterocelomado; sistema aquífero
	• Diblásticos; nematocistos

A sequência **correta** de associações é:

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

4. (UFC-CE) O filo Arthropoda apresenta uma enorme diversidade de espécies e abrange, entre outros, os táxons Crustacea, Insecta e Arachnida. Com relação a esses táxons, assinale a alternativa correta.

- x a) Insecta distingue-se pela presença de três pares de apêndices torácicos.
b) Crustacea distingue-se pelo modo de vida aquático.
c) Arachnida distingue-se pela presença de um exoesqueleto queratinizado.
d) Crustacea distingue-se por apresentar o corpo segmentado.
e) Insecta distingue-se pela presença de antenas.

5. (Unesp-SP) Observe os quadrinhos.



(Fernando Gonsales, *Folha de S. Paulo*, 18.06.2009.)

Sobre o contido nos quadrinhos, os alunos em uma aula de biologia afirmaram que:

- I. o besouro, assim como a borboleta, apresenta uma fase larval no início de seu desenvolvimento.
II. as lagartas são genética e evolutivamente mais aparentadas às minhocas que aos besouros.
III. ao contrário dos besouros, que possuem sistema circulatório fechado, com hemoglobina, as borboletas e as minhocas possuem sistema circulatório aberto, sem hemoglobina.

É correto apenas o que se afirma em

- x a) I. c) I e II. e) II e III.
b) III. d) I e III.

6. (UFMS) Um grupo de pesquisadores removeu amostras de solo em uma plantação de cana-de-açúcar. Ao analisar as amostras, os pesquisadores encontraram os seguintes animais: minhocas, grilos, baratas, aranhas e tatuzinhos-de-jardim. Assinale a alternativa correspondente à característica comum aos organismos encontrados pelos pesquisadores.

- a) Traqueias.
b) Asas.
c) Exoesqueleto quitinoso.
d) Asas.
x e) Celoma.

Diversidade animal III

H. Schmidbauer/Grupo Keystone



Figura 12.1. Uma carpa aproxima-se de uma rã, em raro momento capturado pela fotografia. O peixe mede cerca de 35 cm de comprimento e o anfíbio, 8 cm. Ambas compartilham o mesmo ambiente, o lago, mas de formas diferentes. Os peixes passam todas as fases de sua vida na água, enquanto as rãs dependem dela para a reprodução e sobrevivência das larvas. Quando adulta, a rã passa a viver no ambiente terrestre, porém mantendo-se sempre próxima à água. Neste capítulo iniciaremos o estudo desses e de outros aspectos da vida dos animais cordados.



Pense nisso

- Imagine que uma rã da espécie mostrada acima seja levada para um zoológico. Em sua opinião, quais cuidados devem ser tomados para que ela sobreviva nesse novo ambiente, em condições adequadas?
- Cite pelo menos dez animais vertebrados que você conhece. Para cada um deles, diga o ambiente onde vive e se possui fase larval no ciclo de vida.
- Considere os animais que você citou no item anterior. Que critério você escolheria para separar esses animais em grupos? Justifique sua resposta.
- Em um mercado especializado na comercialização de pescados, havia várias espécies de peixe e de outros animais aquáticos utilizados na alimentação humana. Entre os animais à venda, havia peixes como o linguado, o pintado, o cação, o dourado e a sardinha. Você já experimentou um ou mais desses peixes? Quais? Entre os que conhece, como é o esqueleto deles? Em sua opinião, o esqueleto de todos os peixes é formado por ossos?

1. Características gerais dos cordados

Os animais **cordados** (Chordata) são deuterostômios, assim como os equinodermos estudados no capítulo anterior, e são classificados em três grandes subgrupos: **Urochordata** (urocordados), **Cephalochordata** (cefalocordados) e **Craniata** (craniados, grupo que inclui os vertebrados).

As cinco características básicas típicas dos cordados surgem durante o desenvolvimento embrionário e, em muitos casos, não se mantêm nos adultos. Essas características são:

- **cauda pós-anal** (prolongamento do corpo posterior ao ânus): primitivamente essa cauda é musculosa e participa da locomoção por ondulação lateral;
- **notocorda**: estrutura que deriva da mesoderme do embrião e que corresponde a um bastonete flexível e incompressível, situado na linha mediana dorsal do corpo;
- **sistema nervoso dorsal**: o sistema nervoso dos cordados origina-se da ectoderme dorsal do embrião, formando um tubo nervoso oco. Nos animais não cordados, o sistema nervoso também é de origem ectodérmica, porém não se forma dessa maneira e é de posição ventral ou difusa;
- **endóstilo**: primitivamente é uma estrutura ciliada e secretora de muco presente na faringe de ascídias, anfioxos e larvas de lampreias e que conduz partículas diminutas de alimento para o estômago; nos demais cordados é modificado na glândula tireóideia, relacionada com a produção de hormônios reguladores do metabolismo, deixando, assim, de ser uma estrutura ligada à alimentação;
- **metameria**: repetição de estruturas no corpo; ela é perdida em adultos de urocordados e persiste em diferentes graus no adulto dos cefalocordados e dos craniados, sendo mais evidente em algumas estruturas do corpo do que em outras.

A musculatura do tronco é um exemplo de estrutura em que a metameria é evidente. Essa musculatura é organizada em **miótomos** (do grego: *mús* = músculo; *tomé* = pedaço) ou blocos musculares metamericamente dispostos ao longo do corpo **figura 12.2**. A contração alternada desses músculos de um lado e de outro do corpo promove um movimento lateral, que impulsiona o animal para a frente. Esse tipo de locomoção por ondulação lateral é típico nos cordados com características mais primitivas.

Além dessas estruturas, no desenvolvimento embrionário dos cordados surgem as **fendas faringianas** ou **faríngeas** nas laterais da faringe, que podem persistir nos adultos. Essas fendas ocorrem também em um grupo de deuterostômios próximo, os **hemicordados**, animais marinhos representados pelos *Balanoglossus* que vivem enterrados na areia. Apesar do nome, as espécies desse grupo não têm notocorda. Neste livro, não estudaremos os hemicordados.

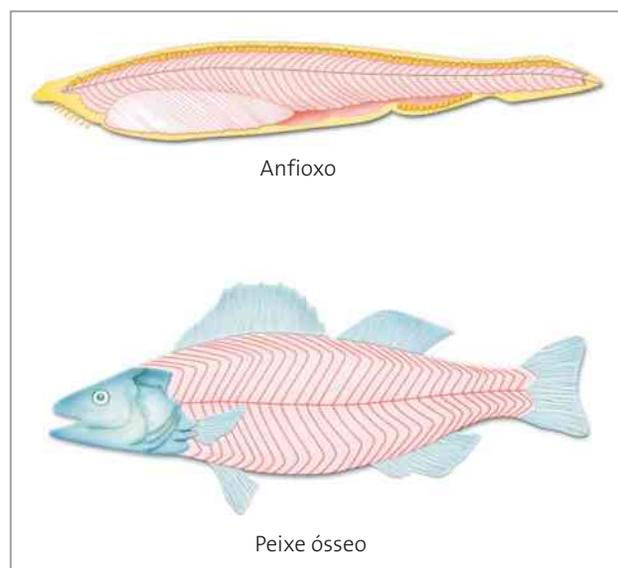


Figura 12.2. Esquema da disposição dos miótomos após a remoção da pele em dois representantes de cordados: o anfioxo e um peixe ósseo. (Elementos representados em diferentes escalas; cores fantasia.)

Entre os cordados, há três subfilos:

- **Cephalochordata** (do grego: *kephalé* = cabeça; nome que se refere ao fato de terem a notocorda estendendo-se da cauda até a extremidade da região cefálica, anterior ao cérebro), representado pelo anfioxo (*amphi* = ambos; *oxy* = pontiagudos: animal com ambas as extremidades pontiagudas);
- **Urochordata** (do grego: *ourá* = cauda; refere-se ao fato de terem a notocorda restrita à região da cauda das larvas e que em geral não persiste no adulto), em que houve perda da metameria. Esse grupo é representado pelas ascídias;
- **Craniata**, formado por indivíduos que têm crânio protegendo o encéfalo. É representado pelos peixes, anfíbios, répteis, aves e mamíferos.

As relações evolutivas entre esses grupos têm sido revistas e a proposta mais bem aceita atualmente está resumida na **figura 12.3**, na página seguinte.

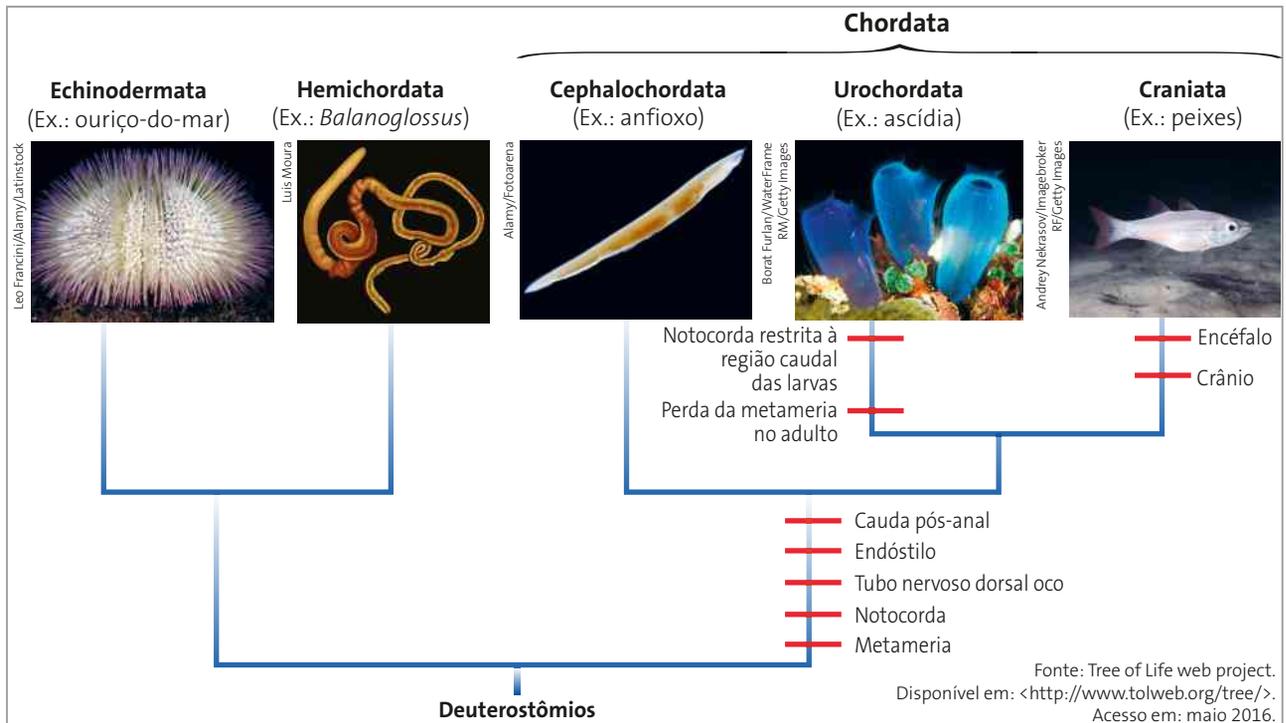


Figura 12.3. Cladograma mostrando a provável relação evolutiva entre os subfilos de cordados e o grupo dos equinodermos e dos hemicordados. (Os animais nas fotografias estão retratados em diferentes escalas.)

2. Embriologia dos cordados

Para entendermos algumas das características dos cordados, vamos analisar o desenvolvimento embrionário de um cefalocordado, o anfioxo (Fig. 12.4). Ele vive enterrado na areia, em águas rasas do ambiente marinho, deixando para fora apenas a região anterior do corpo. É um animal de sexos separados, e fecundação externa. Passa por uma fase larval na coluna de água. Depois, a larva assenta-se sobre o fundo e sofre metamorfose, dando origem ao adulto. A figura 12.5, na próxima página, resume as principais características da embriologia do anfioxo. Analise-a para somente depois prosseguir com a leitura do texto.



Figura 12.4. Fotografia de anfioxo, animal cefalocordado que mede cerca de 6 cm de comprimento. As estruturas internas podem ser vistas por transparência. As partes ventrais esbranquiçadas são gônadas e a região dorsal com traços iridescentes corresponde à musculatura. Tanto as gônadas como a musculatura evidenciam a presença de metameria.

Nos cordados, a notocorda tem posição dorsal e é derivada da mesoderme. O sistema nervoso fica dorsal à notocorda e é derivado da ectoderme; a endoderme forma o tubo digestório. A mesoderme diferencia-se também em três regiões: epímero, mesômero e hipômero. O epímero e o mesômero apresentam-se como blocos regulares de células ao longo do embrião, o que confere a eles a metameria (segmentação do corpo). O epímero forma os **somitómeros**, blocos de células mesodérmicas que darão origem aos músculos do corpo. O mesômero dará origem aos sistemas genital e urinário. O hipômero não se segmenta e forma uma membrana chamada **esplanopleura** (do grego: *splághnon* = visceral; *pleurá* = membrana), e outra chamada **somatopleura** (do grego: *sôma* = corpo). Essas duas membranas formadas a partir da mesoderme do hipômero delimitam uma cavidade cheia de líquidos, que é chamada **celoma**.

Nos cordados craniados, o crânio protege a extremidade anterior do tubo neural, que nos vertebrados se desenvolve muito, originando o **encéfalo**. Nesses animais, a notocorda desaparece total ou parcialmente durante o desenvolvimento embrionário, sendo substituída pela coluna vertebral. Cada vértebra é produzida por septos da mesoderme localizados entre um somito e outro, sendo uma estrutura intersegmentar que se alterna com as massas musculares segmentares, os **miótomos**. As vértebras protegem o tubo neural.

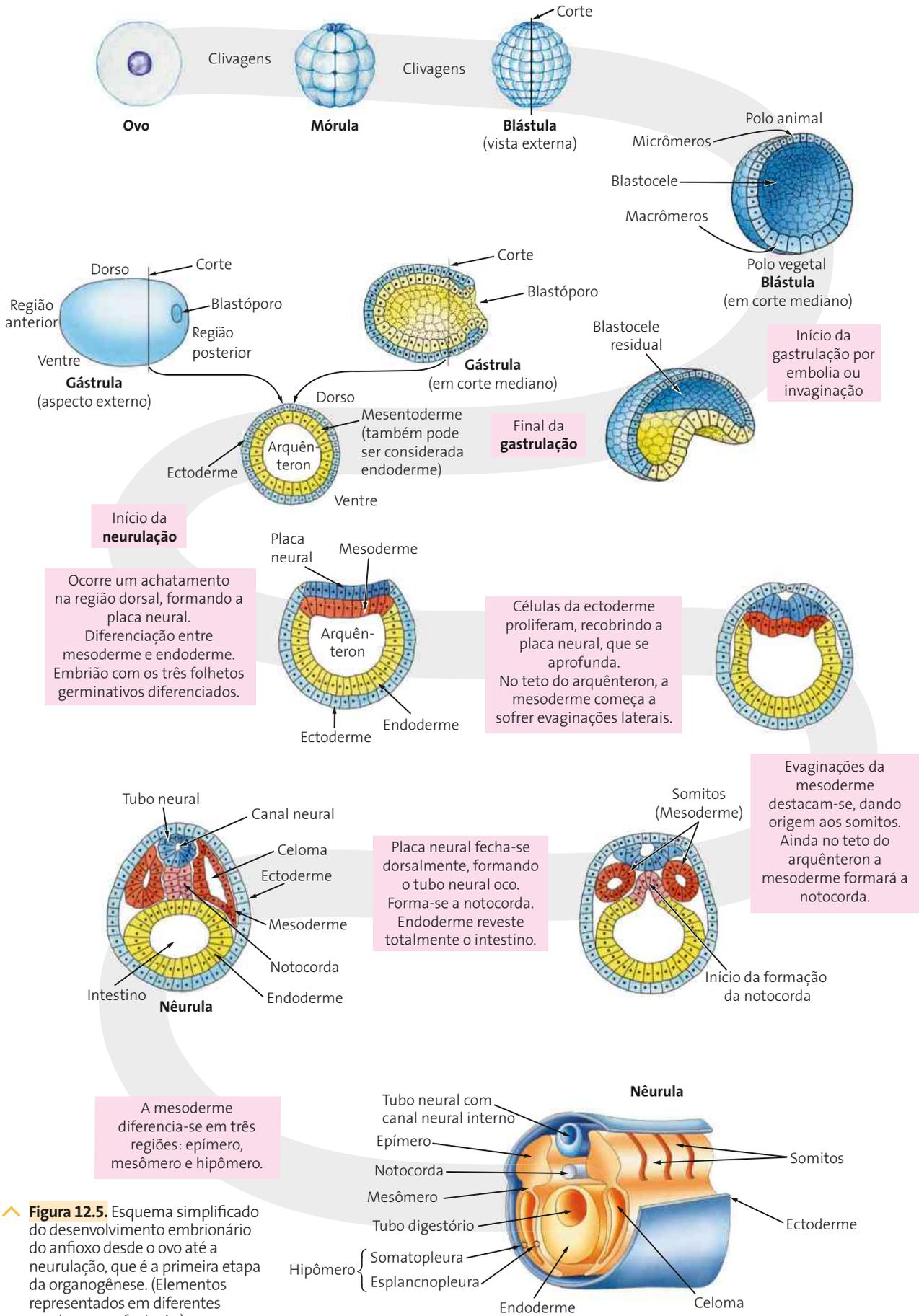


Figura 12.5. Esquema simplificado do desenvolvimento embrionário do anfioxo desde o ovo até a neurulação, que é a primeira etapa da organogênese. (Elementos representados em diferentes escalas; cores fantasia.)

Fonte: RUPPERT, E. E.; FOX, R. D.; BARNES, R. D. *Zoologia dos invertebrados*. 7. ed. São Paulo: Roca, 2005.

3. Cephalochordata

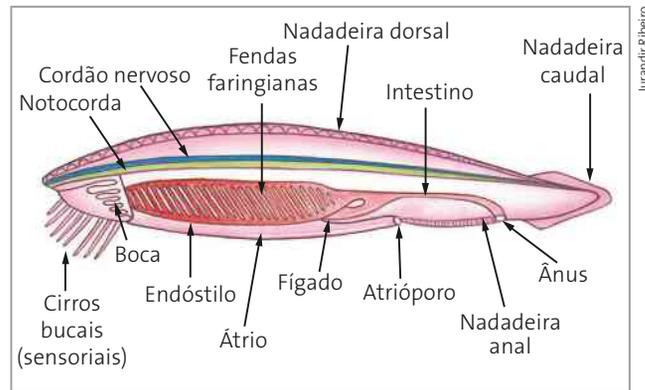
Os **cefalocordados** (do grego *kephalé* = cabeça; refere-se ao fato de terem notocorda estendendo-se da região anterior até a cauda), representados pelo anfioxo, compreendem cerca de trinta espécies, todas vivendo em ambiente marinho.

Embora passem a maior parte do tempo semienterrados (ficam com parte do corpo para fora do substrato), eles podem nadar ativamente na água por curtos períodos de tempo. A natação do anfioxo é semelhante à verificada nos peixes: por ondulação lateral do corpo, resultante da contração alternada dos miótomos.

Esses animais apresentam dobras na pele, com reforços internos de tecido conjuntivo, conferindo-lhes semelhança superficial com as nadadeiras dos peixes; essas dobras ocupam posições comparáveis às desses vertebrados: uma dorsal, uma caudal e uma anal.

As fendas faringianas dos cefalocordados ficam dentro do corpo em uma cavidade chamada átrio e são bem desenvolvidas, indicando o hábito filtrador

desses animais. Eles obtêm o alimento de que necessitam por meio da circulação de água que promovem por ação dos cílios que há nessa região das fendas. A água entra pela boca e sai pelo atrióporo, podendo carregar gametas para o exterior do corpo (Fig. 12.6).



▲ **Figura 12.6.** Esquema de estrutura interna de um anfioxo em vista lateral. Mede cerca de 6 cm de comprimento. (Cores fantasia.)

4. Urochordata

Os **urocordados** recebem esse nome porque apresentam notocorda na região caudal das larvas (do grego *ourá* = cauda). Dependendo do grupo de Urochordata, a notocorda persiste ou não nos adultos. Todos os urocordados são animais marinhos representados por aproximadamente 2 200 espécies.

Os representantes mais conhecidos entre os urocordados são as ascídias, nas quais a notocorda não persiste na fase adulta. Será nesse grupo de urocordados que deteremos nossa atenção.

As ascídias são comuns nos substratos rochosos dos mares; há espécies solitárias (Fig. 12.7) e espécies coloniais.

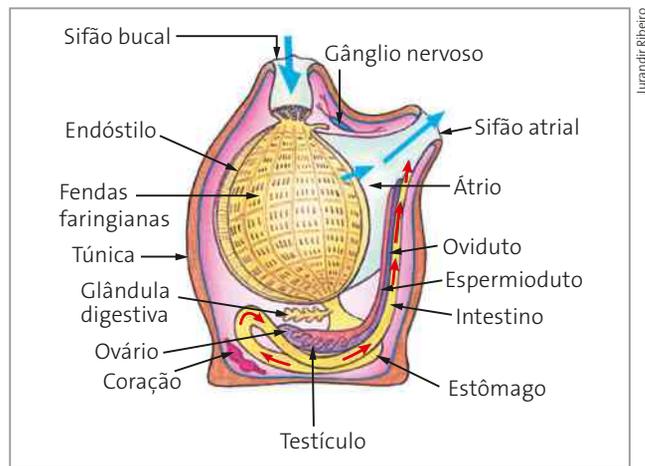
Os urocordados são também denominados tuni-cados, por apresentarem uma túnica resistente revestindo o corpo.

São animais filtradores. Aproveitam o alimento presente na água, que fazem circular pelo corpo por meio da ação de cílios das fendas faringianas. A água entra no corpo pelo sifão bucal, chega até a faringe e passa pelas fendas faringianas, as quais se abrem em uma cavidade, o átrio. Este se comunica com o exterior pelo sifão atrial, por onde a água sai, carregando para fora do corpo do animal excretas nitrogenadas e, na época de reprodução, os gametas. As partículas alimentares em suspensão ficam retidas na faringe (Fig. 12.8).



◀ **Figura 12.7.** Aspecto externo de uma ascídia da espécie *Clavelina robusta*. Mede cerca de 3 cm de altura.

Figura 12.8. Esquema de estrutura interna de uma ascídia adulta. As setas azuis indicam o caminho da água pelo corpo do animal e as vermelhas, o do alimento. (Cores fantasia.) ▶



Em geral, os urocordados são hermafroditas, mas têm mecanismos que dificultam a autofecundação.

Os óvulos e os espermatozoides são liberados na água, onde ocorre a fecundação. Depois do desenvolvimento embrionário, é formada uma larva livre-natante que reúne todas as características dos cordados, mas com notocorda restrita apenas à região da cauda. Após uma vida planctônica, a larva fixa-se a um substrato, sofre metamorfose e dá origem ao adulto. Na metamorfose em ascídias, a cauda e a notocorda desaparecem.

5. Craniata e Vertebrata: características gerais

Tradicionalmente o nome **vertebrado** tem sido empregado para todos os cordados que não sejam urocordados ou cefalocordados. Embora esse nome faça referência à presença de vértebras, formando a coluna vertebral, nem todos os chamados vertebrados as possuem. Um exemplo disso são as feiticeiras, que não têm vértebras, mas possuem crânio.

No decorrer da evolução, o crânio surgiu antes das vértebras, e todos os animais que possuem vértebras têm crânio. Em função disso, há pesquisadores que preferem usar o termo **Craniata** para se referir a todos os cordados que possuem crânio, deixando o termo **Vertebrata** para cordados que, além do crânio, possuem vértebras, que fazem parte do endoesqueleto cartilaginoso ou ósseo. Neste livro, adotamos essa distinção dos dois grupos, mas é importante frisar que ainda é muito comum o uso do termo Vertebrata para todos os cordados com crânio, mesmo para os que não apresentam vértebras.

Entre os Craniata há representantes adaptados aos ambientes aquático, terrestre e aéreo. O tamanho dos animais nesse grupo varia desde os muito pequenos, como alguns peixes de cerca de 0,1 grama, até animais muito grandes, como as baleias, que chegam a 170 toneladas.

Os Craniata distinguem-se dos outros animais por uma série de outras características.

A pele é formada por duas camadas: a epiderme, mais externa, e a derme, mais interna. A epiderme é sempre **multiestratificada**, isto é, formada por várias camadas de células, enquanto a dos demais animais é sempre uniestratificada. A derme é um tecido rico em vasos sanguíneos e em estruturas sensoriais.

No desenvolvimento embrionário dos vertebrados surgem as membranas extraembrionárias: primeiramente, o saco vitelino nos peixes; depois, o âmnion, o córion e o alantoide nos répteis, nas aves e nos mamíferos.

5.1. Saco vitelino

O **saco vitelino**, ou vitelínico, é uma bolsa que abriga o vitelo e que participa do processo de nutrição do embrião. Ele se liga ao intestino e é bem desenvolvido em peixes, répteis, aves e mamíferos ovíparos. Nos ma-

míferos vivíparos, o saco vitelino é reduzido, pois nesses animais, como regra geral, os ovos são pobres em vitelo. O saco vitelino não tem, portanto, significado no processo de nutrição do embrião da maioria dos mamíferos, sendo essa função executada pela placenta.

Nos anfíbios, embora os ovos sejam ricos em vitelo, falta o saco vitelino típico. Nesses animais, o vitelo encontra-se dentro de células grandes (macrômeros) não envoltas por membrana vitelina própria.

5.2. Âmnion e córion

O **âmnion** (ou âmnio) é uma membrana extraembrionária que envolve completamente o embrião, delimitando uma cavidade denominada **cavidade amniótica**. Essa cavidade contém o **líquido amniótico**, cuja função é proteger o embrião contra choques mecânicos e contra dessecação.

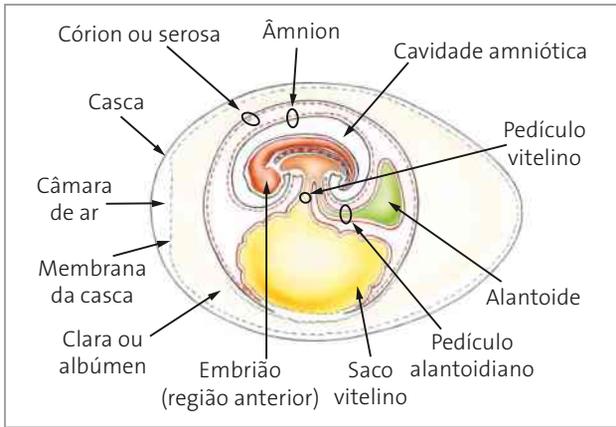
O **córion** (cório ou serosa) é uma membrana que envolve o embrião e todas as demais membranas extraembrionárias.

5.3. Alantoide

A **alantoide** é uma membrana extraembrionária cuja função nos répteis ovíparos e nas aves é armazenar excreta nitrogenada e participar das trocas gasosas, neste último caso com o córion. A excreta nitrogenada eliminada por embriões de vertebrados ovíparos é o ácido úrico, insolúvel em água e atóxico, podendo ser armazenado no interior do ovo sem contaminar o embrião.

Nos mamíferos não ovíparos, que é o caso da maioria, a alantoide é reduzida, sendo sua função substituída pela placenta.

O surgimento do chamado **ovo amniótico** foi um dos fatores importantes no sucesso da conquista do ambiente terrestre pelos vertebrados. Anfíbios e peixes são animais **anamnióticos**, mas os demais vertebrados são **amnióticos**. O saco vitelino, que armazena substâncias nutritivas, já existia antes da evolução do ovo amniótico. As demais estruturas – âmnion, alantoide, córion e casca – surgiram com o ovo amniótico (Fig. 12.9).



Walter Caldeira

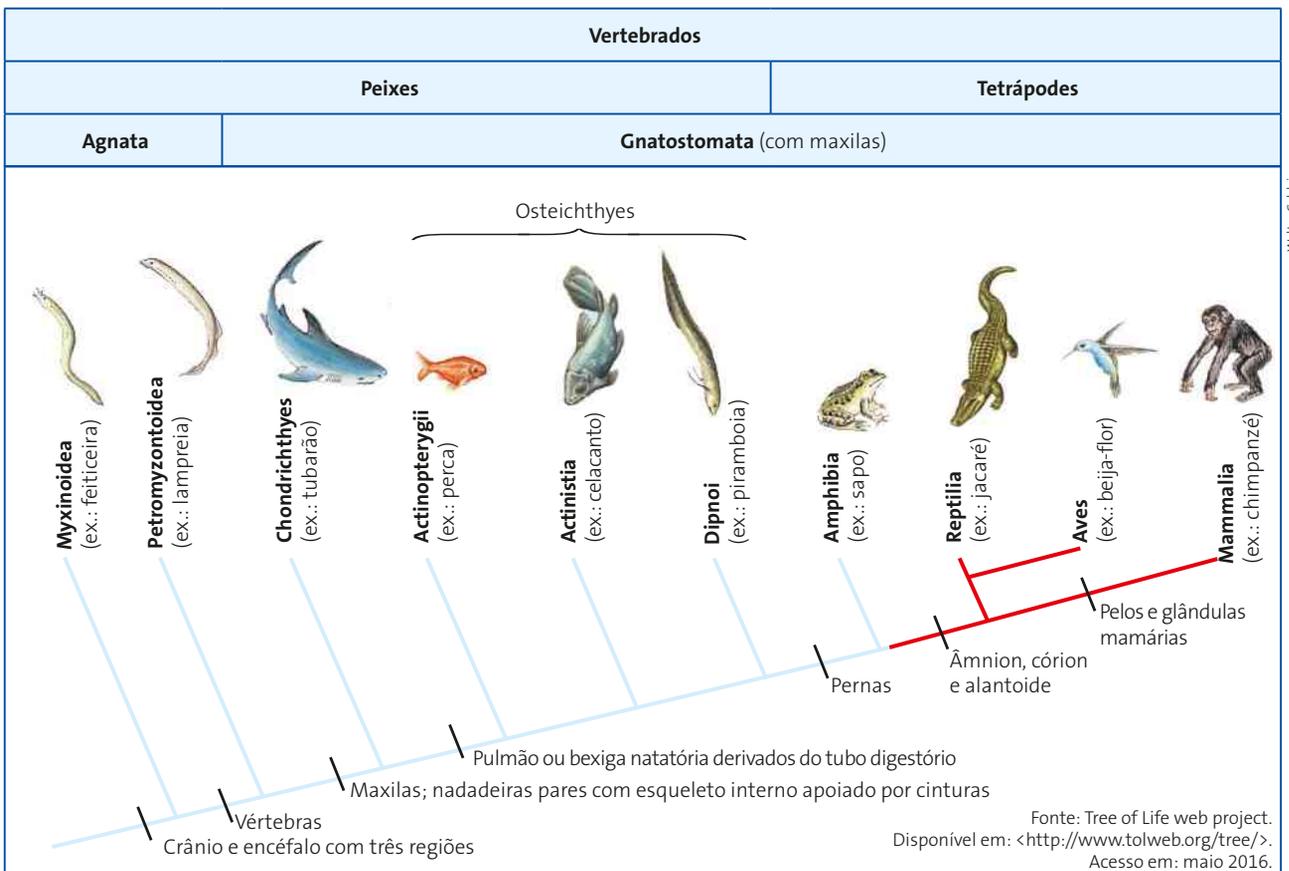
⤴ **Figura 12.9.** Esquema em corte de um ovo de galinha por volta do sexto dia após a fecundação, mostrando a organização do embrião e das membranas extraembrionárias. (Cores fantasia.)

6. Classificação e evolução dos Craniata

A classificação dos Craniata que vamos adotar baseia-se na hipótese filogenética representada no cladograma da **figura 12.10**. Acima dos ramos constam outras formas mais antigas de agrupamento desses organismos, de modo que é possível comparar a sistemática adotada e a mais tradicional.

Os termos mais tradicionais são ainda empregados sem valor taxonômico. Assim, em determinados momentos deste livro, eles serão utilizados nesse sentido geral.

Vamos analisar os grupos mencionados nesse cladograma, comentando não só as características apontadas nos ramos, como também outras que são importantes para se compreender a evolução desses organismos e suas adaptações ao meio.



Walter Caldeira

⤴ **Figura 12.10.** Cladograma apresentando a hipótese simplificada sobre as prováveis relações evolutivas entre os cordados atuais. O trecho do cladograma indicado em vermelho será analisado no capítulo seguinte. (Os animais estão representados em diferentes escalas e com função meramente ilustrativa; cores fantasia.)

6.1. Craniata sem maxilas

Os **ágnatos** (Agnatha) ou **ciclostomados** (Cyclostomata) não formam um grupo monofilético. Recebem esses nomes por não apresentarem maxilas (*a* = não; *gnáthos* = maxila) e terem a boca circular (*cyclo* = círculo; *stoma* = boca). Todos os demais craniados apresentam maxilas e, por isso, são chamados **gnatostomados**.

Os ágnatos têm nadadeiras pouco desenvolvidas, todas ímpares: dorsal, caudal e anal. O encéfalo é simples e o endoesqueleto é cartilaginoso, com crânio rudimentar.

Eles foram abundantes nos mares de eras geológicas passadas, mas na fauna atual estão representados por apenas dois grupos: Myxinoidea, o das **feiticeiras**, e Petromyzontoidea, o das **lampreias**, com cerca de 40 espécies descritas em cada grupo.

As **feiticeiras** (Fig. 12.11) podem atingir cerca de 1 m de comprimento. São exclusivamente marinhas e vivem a mais de 25 m de profundidade. Carnívoras, alimentam-se principalmente de pequenos poliquetas, crustáceos e peixes moribundos. Sua boca, rodeada de seis tentáculos, é reduzida e com dentes pequenos usados para arrancar pedaços do corpo da presa.



▲ **Figura 12.11.** Fotografia de região anterior do corpo de duas feiticeiras, animais que podem atingir cerca de 1 m de comprimento. Elas possuem abertura nasal única, de posição terminal, que se liga à faringe por um largo ducto. Os olhos são rudimentares ou ausentes.

A partir dos ágnatos a alimentação dos adultos é desvinculada da filtração de água. Surgem as **brânquias**, órgãos especialmente destinados à respiração em ambiente aquático. Assim, nos ágnatos a região das fendas faríngeas está relacionada apenas com a respiração, não participando mais da alimentação.

As **lampreias** (Fig. 12.12) são principalmente ectoparasitas de peixes, golfinhos e baleias. Chegam a medir 1 m de comprimento e têm, além do crânio pouco desenvolvido, vértebras rudimentares. Ocorrem tanto no mar como em água doce de regiões temperadas. Sua boca é ampla, com numerosos dentes córneos, com os quais elas se fixam na pele de outros animais. A língua também apresenta denticulos córneos, usados para dilacerar a pele da vítima. As lampreias alimentam-se de fluidos do corpo de seus hospedeiros, debilitando-os, embora geralmente não os matem.



◀ **Figura 12.12.** Fotografia da região anterior ventral de lampreia, mostrando a boca circular com denticulos e a língua retraída. Chegam a medir 1 m de comprimento.

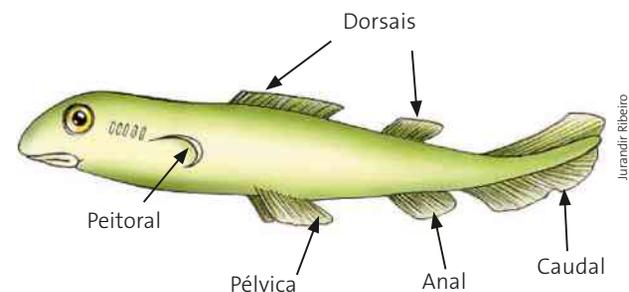
6.2. Gnatostomados: surgimento das maxilas e das nadadeiras pares

Talvez a maior de todas as inovações surgidas durante a história evolutiva dos vertebrados tenha sido o desenvolvimento das maxilas, que possibilitou aos peixes primitivos arrancar com eficiência grandes pedaços de algas e de animais de maior porte, tornando disponível para si uma nova fonte de alimento.

O hábito predador ativo veio associado a uma série de modificações no corpo desses animais, tornando-os bons nadadores, capazes de se deslocar com rapidez e agilidade em meio líquido e capturar suas presas com eficiência.

A função locomotora dos primeiros gnatostomados foi aprimorada com o surgimento das nadadeiras pares: o par peitoral e o par pélvico.

Paralelamente a isso, desenvolveu-se a nadadeira caudal, que aumentou a área da cauda e, assim, a eficiência da propulsão do corpo (Fig. 12.13).



▲ **Figura 12.13.** Esquema de um gnatostomado hipotético, representado em vista lateral. Note a posição das nadadeiras. (Cores fantasia.)

O surgimento de nadadeiras fortes atuando como hidrofólios permitiu a esses animais deslocamento eficiente em um meio como a água. Virar rapidamente o corpo para os lados, para cima e para baixo e girar o corpo ao redor de seu próprio eixo são movimentos importantes na procura e captura de presas, e mesmo para fugir de predadores. Os peixes podem movimentar as nadadeiras pares e, com isso, alterar sua posição na água.

O surgimento das maxilas e as nadadeiras pares, além do desenvolvimento da nadadeira caudal, propiciaram aos primeiros gnatostomados maior diversidade de modos de vida e de comportamento. Duas dessas características persistiram nos demais vertebrados, com modificações: as maxilas e, a partir de transformações das nadadeiras pares, os membros anteriores e posteriores nos vertebrados terrestres (tetrápodes).

6.3. Diversidade dos gnatostomados

Chondrichthyes

Os **condrictes** (*condri* = cartilagem; *ictio* = peixe) apresentam maxilas e nadadeiras pares. Nesse grupo, o crânio, as vértebras e o restante do esqueleto são bem desenvolvidos e formados por cartilagens. Eles podem ser classificados em dois grupos:

- **Holocephali (holocéfalos)**: representados pelas **quimeras** (Fig. 12.14), chegam a medir 1 m de comprimento, vivem em águas oceânicas frias, entre 80 e 1 800 m de profundidade, e possuem brânquias protegidas por opérculo membranoso. Não possuem escamas. A cauda é longa e flexível e os olhos, muito grandes.

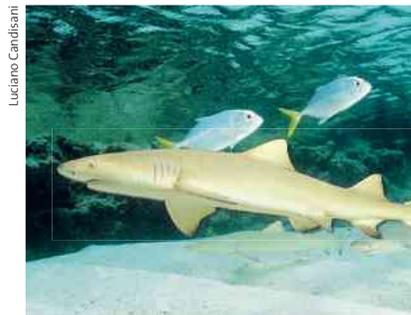


▲ **Figura 12.14.** Fotografia de quimera. Mede cerca de 40 cm de comprimento.

- **Elasmobranchii (elasmobrânquios)** ou **Selachii (seláquios)**: possuem fendas branquiais não protegidas por opérculo e corpo recoberto por escamas chamadas **placoides**. Estão representados por **raias** (ou arraias) (Fig. 12.15) e **tubarões** (Fig. 12.16). É o maior grupo entre os condrictes, formado por cerca de 760 espécies. Nesse grupo é que deteremos nossa atenção.

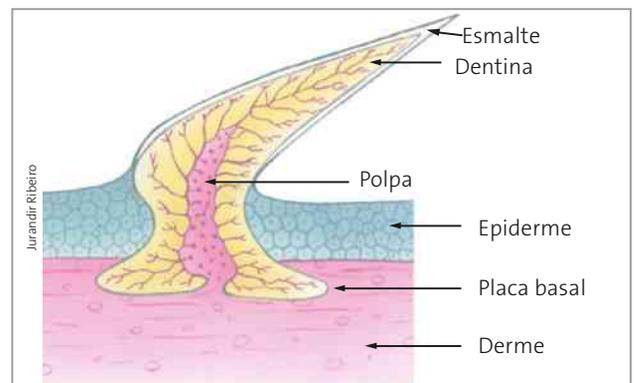


▲ **Figura 12.15.** Fotografia de raia-lixa, que pode atingir até 3 m de comprimento e 100 kg.

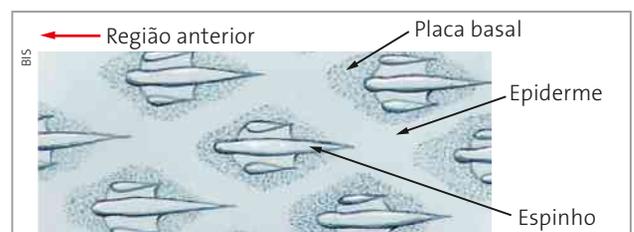


▲ **Figura 12.16.** Fotografia de tubarão-limão, animal raro que habita os mares do Nordeste do Brasil. Pode alcançar 3 m de comprimento.

As escamas dos elasmobrânquios diferem das que ocorrem nos peixes ósseos. Nestes, as escamas são de origem dérmica, enquanto nos elasmobrânquios são de origem dermoepidérmica, com estrutura semelhante ao dente (Fig. 12.17). Cada uma delas é formada por um espinho voltado para a região posterior do corpo e uma placa basal situada na derme (Fig. 12.18). A forma e a disposição das escamas no corpo reduzem a turbulência da água ao redor do animal, aumentando a eficiência do nado.



▲ **Figura 12.17.** Esquema de uma escama placóide, em corte mediano, feito com base em observações ao microscópio de luz. (Cores fantasia.)



▲ **Figura 12.18.** Esquema da disposição das escamas placóides na pele dos elasmobrânquios (vista superficial), baseado em observações ao microscópio de luz. O tamanho das escamas varia de acordo com a espécie. (Cores fantasia.)

Os elasmobrânquios atuais apresentam um prolongamento da região anterior da cabeça, e a boca é transversal, sendo posicionada ventralmente. Apesar dessa posição ventral da boca, esses animais conseguem morder e arrancar grandes pedaços do corpo das presas, pois seu arco mandibular está frouxamente ligado ao crânio, possibilitando movimentar as maxilas para a frente (Fig. 12.19). Seus dentes são pontiagudos e ocorrem em fileiras que vão sendo deslocadas de modo gradual para a parte frontal da boca à medida que os dentes da frente vão sendo perdidos.



Figura 12.19. Fotografia de um tubarão com a boca aberta. Note a posição ventral da boca, a maxila deslocada para a frente e os dentes em fileiras.

Em geral, são carnívoros ativos, como o tubarão-branco (*Carcharodon carcharias*), que atinge 6 m de comprimento e é predador de mamíferos marinhos. No entanto, existem espécies que se alimentam de plâncton, caso do tubarão-baleia, a maior espécie de peixe conhecida, chegando a atingir 20 m de comprimento.

Os tubarões têm olfato muito desenvolvido, percebendo o odor por **quimiorrecepção** das células localizadas em suas narinas, que são estruturas em fundo cego.

Outro sentido importante para a orientação dos condrictes e dos peixes em geral é a percepção de vibrações na água por meio de **mecanorreceptores** localizados ao longo da **linha lateral**, estrutura já presente nos ágnatos.

A linha lateral percorre longitudinalmente os dois lados do corpo dos peixes e é constituída por uma série de poros e tubos superficiais que se comunicam com a água e com células especiais. Estas percebem as vibrações na água, transmitindo-as para as células nervosas (Fig. 12.20).

A quimiorrecepção e a mecanorrecepção são mecanismos sensoriais que os condrictes utilizam principalmente para a percepção da presença de presas a grandes distâncias. Uma vez próximos a elas, esses animais passam a utilizar-se da **visão**.

Alguns peixes também conseguem detectar presas por meio de **eletorreceptores**. Os dos condrictes recebem o nome de **ampolas de Lorenzini** e se localizam na

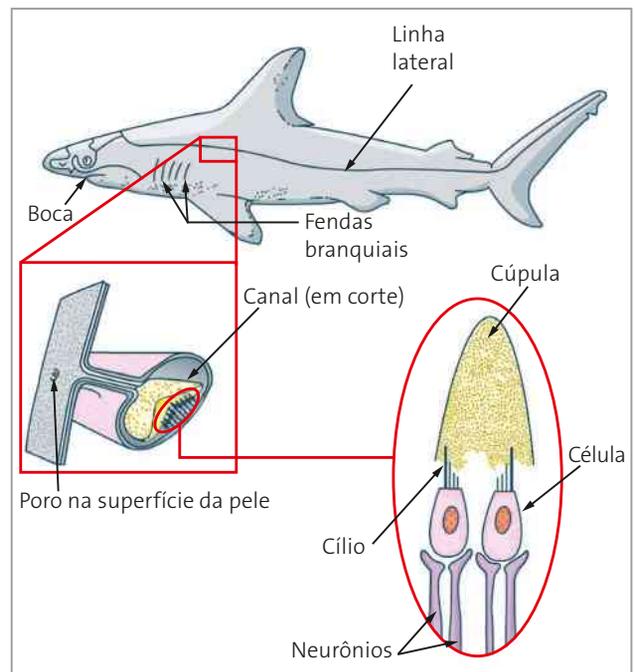


Figura 12.20. Esquema mostrando a localização da linha lateral em um tubarão, a estrutura da linha lateral em corte mediano e, no detalhe, as estruturas sensoriais. (Elementos representados em diferentes escalas; cores fantasia.)

cabeça. São poros e tubos cheios de muco, que comunicam células sensoriais com a água. Essas células são capazes de detectar a fraca corrente elétrica gerada pela atividade muscular da presa (Fig. 12.21).

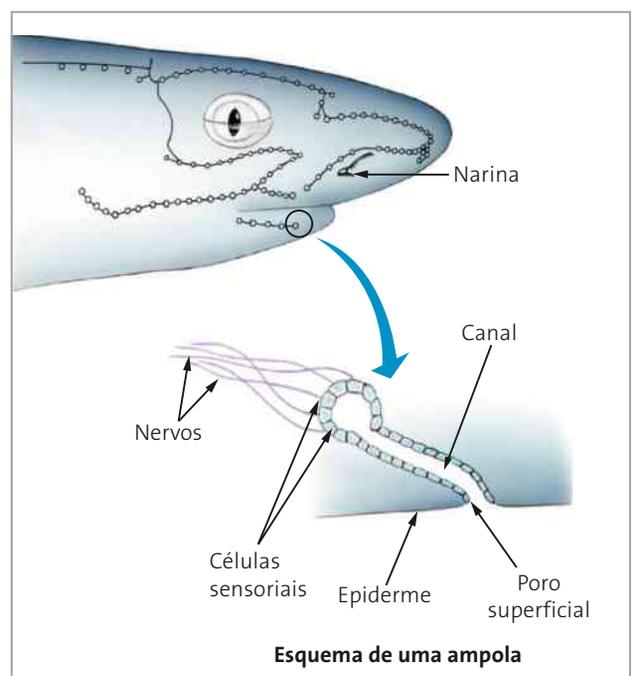
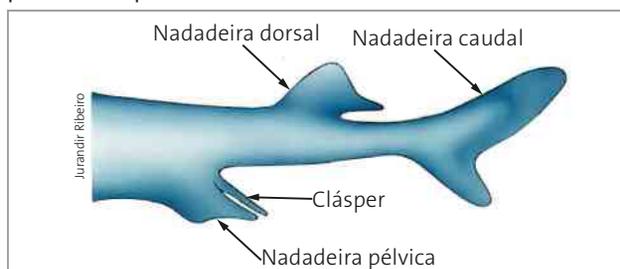


Figura 12.21. Esquema mostrando a disposição das ampolas de Lorenzini na cabeça de tubarão e, no detalhe, esquema de uma ampola representada em corte mediano. Os círculos abertos na cabeça do tubarão representam os poros superficiais. (Elementos representados em diferentes escalas; cores fantasia.)

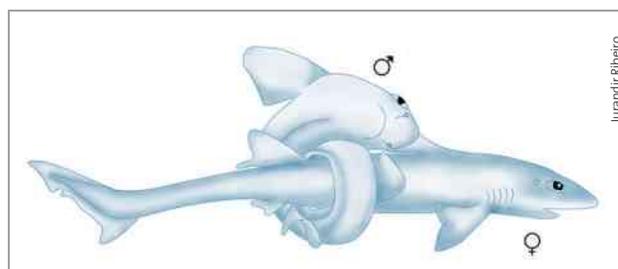
Os condrictes são geralmente nadadores eficientes, embora existam espécies que vivem no fundo do mar, assentadas sobre a areia ou em tocas, como é o caso de certas raias e alguns tubarões. Em geral, os nadadores ativos apresentam altos teores de óleo no fígado, o que reduz a densidade desses animais em relação ao meio líquido, atuando na regulação de sua flutuabilidade.

Quanto à reprodução, os elasmobrânquios são animais de sexos separados, apresentando dimorfismo sexual. O macho difere externamente da fêmea em função principalmente da presença do órgão copulador, o **clásper**, que corresponde a uma modificação das nadadeiras pélvicas (Fig. 12.22).

A fecundação é sempre interna (Fig. 12.23) e o desenvolvimento é direto. Existem espécies ovíparas, ovovíparas e vivíparas.



▲ **Figura 12.22.** Esquema da região posterior do corpo de um tubarão macho, mostrando o cláspere. (Cores fantasia.)



▲ **Figura 12.23.** Esquema de um casal de tubarões em cópula. (Cores fantasia.)

Osteichthyes

O termo Osteichthyes ou **osteíctes** (*osteo* = ósseo; *ictio* = peixe) tem sido tradicionalmente empregado para se referir aos peixes com endoesqueleto formado basicamente por ossos. No entanto, nem todos os osteíctes possuem esqueleto totalmente ossificado.

Esses peixes apresentam uma série de diferenças em relação àqueles com endoesqueleto cartilaginoso do grupo dos elasmobrânquios, como resumido na tabela a seguir.

Elasmobrânquios	Osteíctes
<ul style="list-style-type: none"> • boca ventral e transversal; • não possuem bexiga natatória; • não possuem opérculo; • corpo coberto por escamas de origem dermoepidérmica, também denominadas escamas placoides ou denticulos dérmicos (Fig. 12.24). 	<ul style="list-style-type: none"> • boca anterior; • possuem bexiga natatória; • possuem opérculo ósseo protegendo as brânquias; • corpo geralmente coberto por escamas de origem dérmica, que podem ser: ganoide, cicloide ou ctenoide (Fig. 12.25). Existem osteíctes de pele lisa, sem escamas, como os bagres.

▲ **Figura 12.24.** Esquemas de escamas placoides dermoepidérmicas. (Elementos representados em diferentes escalas; cores fantasia.)

▲ **Figura 12.25.** Esquemas de escamas dérmicas. (Elementos representados em diferentes escalas; cores fantasia.)

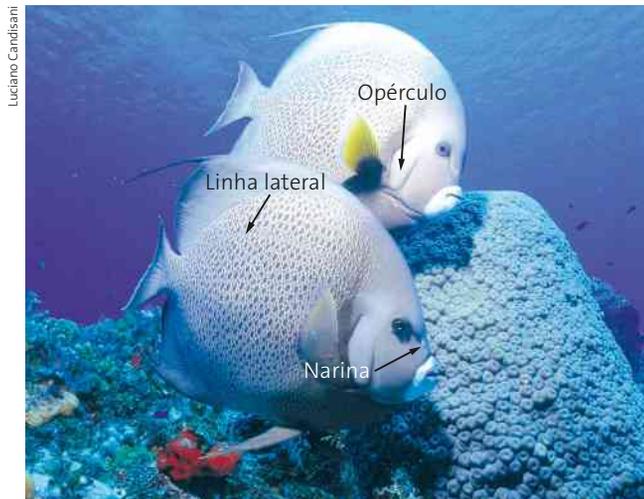
Vamos analisar, agora, os grupos de peixes ósseos atuais, que são: actinoptérgios e sarcopterérgios. No grupo dos sarcopterérgios estão incluídos os actinístias e dipnoicos.

Actinopterygii

Os **actinoptérgios** (*actinos* = raios; *pterygium* = nadadeira), como o nome diz, são peixes com nadadeiras sustentadas por raios. É o grupo mais diversificado e o que reúne o maior número de espécies de vertebrados.

São principalmente ovíparas, embora existam poucas espécies vivíparas, caso dos lebetes e guarus.

São exemplos de actinoptérgeos marinhos: sardinha, salmão, baiacu, peixe-frade (Fig. 12.26), enguia, moreia, garoupa, linguado, peixe-papagaio, entre muitos outros.



⤴ **Figura 12.26.** Fotografia de peixes-frade-cinza: esses animais medem cerca de 40 cm de comprimento.

O Brasil tem rica fauna de peixes actinoptérgeos de água doce: bagres e pintados (peixes que perderam as escamas e são popularmente chamados de peixes de couro), dourados (Fig. 12.27), piraputangas, tilápias e muitos outros.

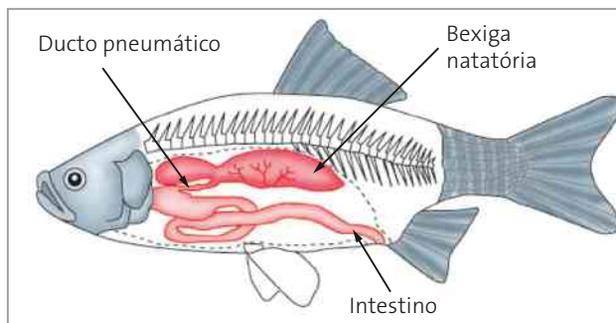


⤴ **Figura 12.27.** Fotografia de dourado em rio do Pantanal. Pode chegar a 80 cm de comprimento.

Os actinoptérgeos apresentam uma estrutura que participa do controle da flutuabilidade: a **bexiga natatória**. Os peixes ósseos mantêm a flutuabilidade neutra ajustando o volume de gás na bexiga natatória conforme alteram sua profundidade na coluna de água. Com isso, conseguem permanecer em uma certa profundidade sem a necessidade de nadar. Esse ajuste é feito por meio do aumento da quantidade de gás na bexiga quando o peixe está em profundidades maiores ou por meio da sua redução quando está em profundidades menores.

A conexão da bexiga natatória com a faringe, chamada de ducto pneumático, foi mantida em alguns grupos de peixes ósseos, e eles podem engolir o ar atmosférico na superfície conduzindo-o à bexiga ou eliminá-lo pela boca (Fig. 12.28). Em outros peixes, no entanto, a con-

exão da bexiga com a faringe foi perdida, e eles regulam o volume da bexiga secretando gases do sangue para o interior da bexiga usando a glândula de gás e eliminando o excesso para o sangue por outra região especializada.



⤴ **Figura 12.28.** Esquema de peixe com ducto pneumático. (Cores fantasia.)

Professor(a), veja nas Orientações didáticas sugestões de links com vídeos de celacantos.

Sarcopterygii

Peixes com nadadeiras carnosas são chamados **sarcoptérgeos** (*sarco* = carnoso). Essas nadadeiras são sustentadas por ossos semelhantes aos dos membros dos tetrápodes.

Em função disso, supõe-se que os primeiros vertebrados terrestres — os anfíbios — teriam surgido de um grupo de sarcoptérgeos, sem representantes na fauna atual, que viviam em águas rasas respirando por brânquias e também por pulmões.

Em períodos geológicos passados, os sarcoptérgeos eram abundantes, mas na fauna atual estão representados por apenas quatro gêneros, classificados em dois grupos: **Actinistia** (actinístios ou celacantos) e **Dipnoi** (dipnoicos).

Os **actinístios** eram considerados extintos até 1938, quando um exemplar desse grupo foi capturado vivo no Oceano Índico a cerca de 200 m de profundidade, próximo ao arquipélago de Comores, na África. Analisado por especialistas, foi denominado *Latimeria chalumnae* (Fig. 12.29).



⤴ **Figura 12.29.** Fotografia de exemplar de *Latimeria chalumnae*, um actinístio. Pode atingir 2 m de comprimento.

Desde então já foram capturados na mesma região vários outros indivíduos, com tamanhos entre 75 cm e 2 m de comprimento. Em 1998, uma nova espécie de celacanto foi descoberta, *Latimeria menadoensis*, vivendo entre 100 e 150 m de profundidade, na Indonésia. As latimérias reproduzem-se por fecundação interna e são vivíparas.

Os **dipnoicos** são os peixes pulmonados. Vivem em rios de regiões tropicais e estão representados na fauna atual por apenas três gêneros: o *Neoceratodus* (da Austrália) (Fig. 12.30), o *Lepidosiren* (da América do Sul) e o *Protopterus* (da África) (Fig. 12.31). O peixe pulmonado brasileiro é a **piramboia** (*Lepidosiren paradoxa*), que vive na região amazônica (Fig. 12.32).

As piramboias têm brânquias reduzidas, insuficientes para suas necessidades respiratórias. Assim, a respiração aérea realizada pelo pulmão é essencial para elas.

Ao contrário do que ocorre com os demais peixes, as narinas dos dipnoicos têm comunicação com a faringe. Essa condição também estava presente nos sarcopterígeos que deram origem aos tetrápodes e permaneceu em todos os vertebrados terrestres. Os dipnoicos são os representantes vivos evolutivamente mais próximos dos tetrápodes.

Quanto à reprodução, os peixes pulmonados são ovíparos.

7. Amphibia

Os **anfíbios** foram os primeiros vertebrados que conquistaram o ambiente terrestre. Eles evoluíram a partir de um grupo de peixes sarcopterígeos sem representantes na fauna atual, que tinham nadadeiras pares carnosas e lobadas e narinas comunicando-se com a faringe por meio de uma abertura chamada cóana.

Esses peixes podiam respirar por meio de brânquias e pulmão. Apresentavam grande porte (cerca de 1 m de comprimento), corpo pesado, focinho comprido e dentes grandes. Deviam viver vagando por entre densas aglomerações de plantas no fundo de lagos ou estuários do período Devoniano e usavam as nadadeiras carnosas para se apoiar sobre o fundo à espera de suas presas. Podiam respirar o gás oxigênio do ar nadando até a superfície ou, quando em águas rasas, elevando a cabeça para colocá-la fora da água, apoiando-se nas nadadeiras e engolindo ar.

As nadadeiras pares carnosas desses animais deram origem aos membros anteriores e posteriores dos tetrápodes, estruturas muito mais eficientes para o deslocamento em terra.



^ **Figura 12.30.** Esquema de espécime de *Neoceratodus* sp.: dipnoico de até 1,5 m de comprimento. (Cores fantasia.)

Ilustrações: Jurandir Ribeiro



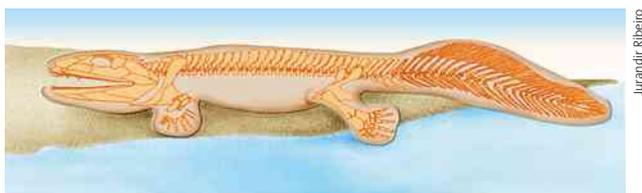
^ **Figura 12.31.** Esquema de espécime de *Protopterus* sp.: dipnoico com até cerca de 2 m de comprimento. (Cores fantasia.)



^ **Figura 12.32.** Fotografia de indivíduo de *Lepidosiren paradoxa* (piramboia), um dipnoico. Pode chegar a cerca de 1,5 m de comprimento.

Fabio Colombini

O anfíbio mais antigo que se conhece por meio de registro fóssil é o *Acanthostega*, que viveu no Devoniano (Fig. 12.33).



^ **Figura 12.33.** Esquema da reconstituição de um *Acanthostega* sp., fóssil do Devoniano, provavelmente um dos primeiros anfíbios que surgiram na Terra. O animal media entre 0,5 e 1,2 m de comprimento. (Cores fantasia.)

Jurandir Ribeiro

Fósseis dos primeiros anfíbios do Devoniano indicam que eles eram mais aquáticos que terrestres, mas muitos deles já apresentavam características indicativas de respiração por pulmões.

A presença de pulmões e membros permitiu a esses animais abandonar a água e explorar um novo ambiente, onde havia maior disponibilidade de alimento e não havia predadores que pudessem se alimentar de um vertebrado.

Na época, o restante da fauna terrestre era composto apenas por invertebrados; os grandes predadores estavam restritos ao ambiente aquático e eram representados principalmente pelos peixes. Esse conjunto de fatores possibilitou grande expansão dos anfíbios em terra firme, com representantes gigantes, medindo até 4 m de comprimento.

Os anfíbios atuais são, em geral, de pequeno porte. Os maiores anfíbios da atualidade estão restritos às salamandras gigantes que ocorrem em rios do Japão e da China, com cerca de 1,5 m de comprimento, e às que vivem na América do Norte, em água doce, e atingem 60 cm de comprimento.

Os anfíbios dominaram a fauna terrestre por cerca de 100 milhões de anos, até que surgiram os répteis, com adaptações mais eficientes à vida na terra e que passaram a competir com eles. Com isso, houve drástica redução do número de anfíbios e grande proliferação de répteis, que estudaremos mais adiante.

Os anfíbios receberam esse nome pelo fato de a maioria de suas espécies passar uma fase da vida na água e outra fase na terra (*anfi* = duas; *bio* = vida). Nesses casos, na época da reprodução, eles retornam ao ambiente aquático, onde machos e fêmeas se unem, eliminando juntos os óvulos e os espermatozoides na água, ocorrendo fecundação externa.

Os ovos formados não apresentam estruturas que impeçam a perda de água, e por isso não são viáveis em ambiente seco.

Em muitos anfíbios, como as rãs, os ovos se desenvolvem na água, formando uma larva aquática denominada **girino**, que respira por brânquias externas. Após algum tempo, o girino sofre metamorfose, dando origem ao anfíbio com a forma do adulto, terrestre, que respira por pulmões e através da pele. Durante esse processo, as brânquias desaparecem (Fig. 12.34).

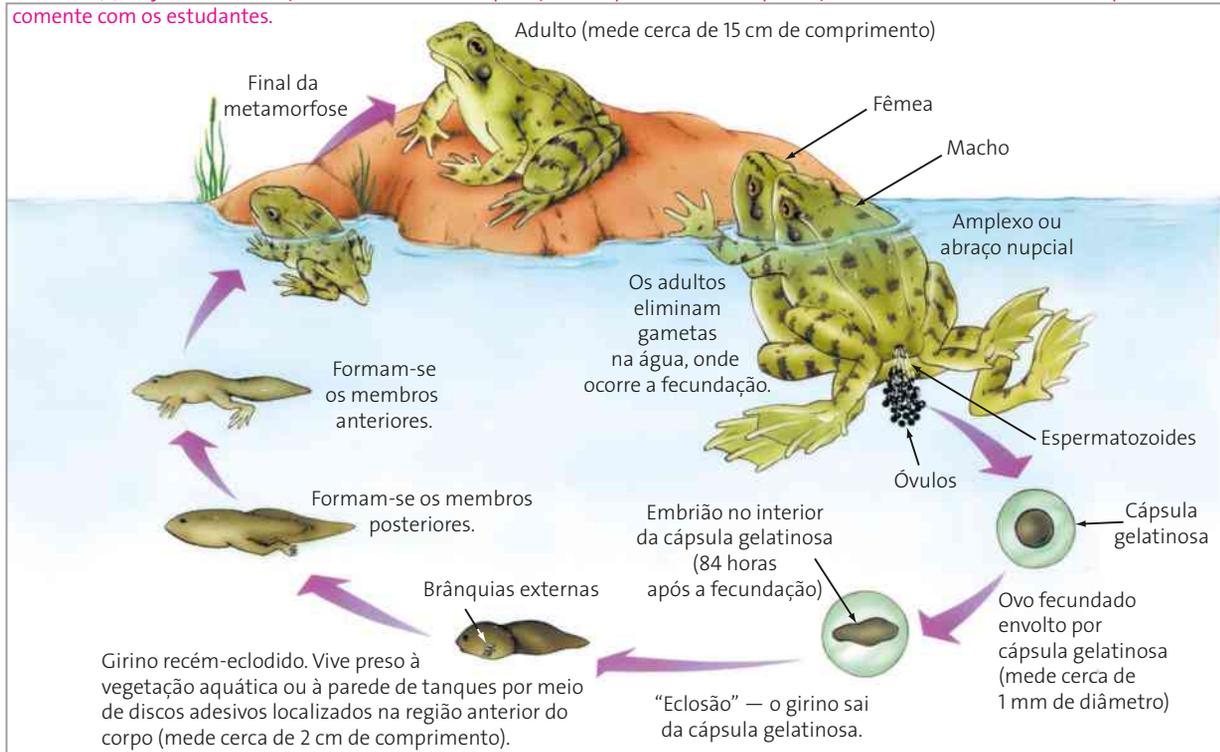
Embora esse seja um padrão comum de reprodução nos anfíbios, ele não é o único. A diversidade de modos de reprodução sexuada é muito grande nesse grupo, havendo, inclusive, espécies em que a fecundação é interna.

Apesar das estruturas que permitiram a adaptação desse grupo ao ambiente terrestre, a maioria dos anfíbios permanece restrita a ambientes úmidos ou aquáticos.

O principal fator responsável por essa restrição é a **pele**, que é delgada e não possui estruturas que impeçam a perda de água. A pele é rica em **glândulas mucosas**, que a mantêm sempre úmida e permeável. Além disso, é extremamente irrigada, constituindo importante superfície respiratória. Apesar disso, há espécies de sapos que vivem em desertos, mantendo-se protegidos do calor e passando boa parte do tempo enterrados na areia, saindo apenas quando chove.

Nos anfíbios e demais vertebrados, as camadas mais externas de células da epiderme passaram a ser queratinizadas. Nesse caso, as células acumulam uma proteína insolúvel, a queratina, o que torna a pele mais resistente ao desgaste. Essas células morrem e são

Professor(a), veja nas Orientações didáticas uma explicação completa sobre a reprodução dos anfíbios. Se considerar procedente, comente com os estudantes.



Walter Caldeira

Figura 12.34. Esquema de ciclo de vida da rã. (Elementos representados em diferentes escalas; cores fantasia.)

constantemente repostas por outras, produzidas na camada mais basal da epiderme. Essa parte externa da epiderme é periodicamente eliminada de diferentes formas: por fragmentos em anfíbios e certos lagartos; por pedaços em serpentes e alguns lagartos; e por descamação gradual em crocodilos, na maioria das tartarugas e nos mamíferos. A pele dos seres humanos, por exemplo, é constantemente descamada, mas nem sempre percebemos isso.

Os anfíbios são animais predadores, mas o tipo de presa e o modo como ela é capturada variam muito nas diferentes espécies. Em muitos sapos, pererecas, rãs e salamandras que se alimentam de insetos, por exemplo, a língua é presa na frente da abertura bucal, sendo lançada rapidamente para fora da boca no momento da captura (Fig. 12.35). Como a ponta da língua é viscosa, o inseto fica aderido a ela. Em seguida, a língua é recolhida, trazendo o alimento até a boca.

Embora essa seja a maneira mais comum de captura de alimento, há algumas espécies, como o sapo-de-chifre da América do Sul, que abocanham pequenos filhotes de pássaros e roedores (Fig. 12.36).



▲ **Figura 12.35.** Fotografia de perereca no momento em que captura uma presa. Mede cerca de 6 cm de comprimento.



▲ **Figura 12.36.** Fotografia de sapo-de-chifre no momento em que ataca um rato. O anfíbio mede cerca de 15 cm de comprimento.

Como estruturas de defesa, os anfíbios apresentam glândulas de veneno na pele. Com raríssimas exceções, esse veneno só é liberado quando as glândulas são comprimidas, o que ocorre geralmente quando eles são abocanhados por um predador. Em certos sapos e certas salamandras, as glândulas de veneno concentram-se principalmente em um par de estruturas denominadas **glândulas parotoídes** (Fig. 12.37).

O sabor desagradável e o efeito tóxico do veneno fazem com que certos predadores evitem esses animais. Aliás, muitos anfíbios têm pele com colorido acentuado, que funciona como uma forma de alerta aos predadores: é a chamada **coloração de advertência** ou **aposemática** (Fig. 12.38).

Os anfíbios foram os primeiros vertebrados a apresentar pálpebras móveis e as glândulas lacrimais que lubrificam, limpam e protegem os olhos, adaptações importantes para a vida em ambiente seco e com partículas em suspensão, como é o caso do ambiente terrestre. Os olhos dos anfíbios possuem adaptações para as visões diurna e noturna e conseguem distinguir cores. Esses animais possuem também olfato desenvolvido.



▲ **Figura 12.37.** Fotografia de sapo, destacando uma glândula parotoíde (seta). Este sapo mede cerca de 12 cm de comprimento.



▲ **Figura 12.38.** Fotografia de sapos da família Dendrobatidae. São pequenos, coloridos e possuem veneno muito potente na pele. Medem cerca de 3 cm de comprimento.



TOXINAS NA PELE DE ANFÍBIOS

Uma grande variedade de substâncias farmacologicamente ativas foi encontrada no tegumento dos Amphibia. Algumas dessas substâncias são extremamente tóxicas e outras são menos tóxicas, mas ainda capazes de produzir sensações desagradáveis quando o predador morde o anfíbio. [...]

Alcaloides cutâneos são abundantes e diversificados entre os sapos-veneno-de-flecha, da família Dendrobatidae, dos trópicos do Novo Mundo. A maioria desses anuros tem cores vivas e se locomove na superfície do solo durante o dia, sem tentar se esconder. [...]

O nome “sapo-veneno-de-flecha” indica o uso, pelos índios sul-americanos, das toxinas de alguns desses anuros para envenenar a ponta dos dardos de zarabatana utilizados na caça. Esse uso dos sapos parece estar limitado a três espécies de *Phylllobates* que ocorrem no oeste da Colômbia, embora os venenos vegetais, como o curare, sejam usados para envenenar os dardos de zarabatana em outras partes da América do Sul. [...]

POUGH, F. H. et al. *A vida dos vertebrados*. São Paulo: Atheneu, 2008. p. 255-257.

7.1. Diversidade de anfíbios

Vamos agora comentar brevemente cada uma das ordens de anfíbios: Gymnophiona, Urodela e Anura, cujas prováveis relações filogenéticas estão resumidas no cladograma representado na **figura 12.39**.

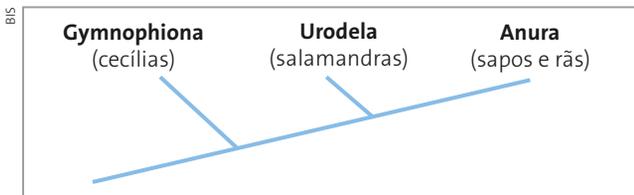


Figura 12.39. Cladograma mostrando as prováveis relações filogenéticas entre as ordens de anfíbios atuais.

Ordem Gymnophiona

Os anfíbios desse grupo têm corpo alongado, vermiforme e são **ápodes**, isto é, sem pernas. Vivem enterrados ou em ambientes aquáticos de regiões tropicais. São chamados boiacas, cecílias ou, ainda, cobras-cegas (Fig. 12.40), por terem olhos vestigiais, às vezes recobertos por uma membrana.

Felipe F. Curcio



A fecundação é interna: o macho tem um órgão copulador que é introduzido na cloaca da fêmea.

As fêmeas de algumas espécies depositam ovos, protegendo-os até sua eclosão. Surgem larvas, com brânquias, que sofrem metamorfose e dão origem aos adultos. Em muitos casos, o embrião se desenvolve dentro do oviduto da fêmea, e o indivíduo já nasce formado.

Ordem Urodela

A ordem Urodela (*uros* = cauda) está representada pelas salamandras, anfíbios de corpo alongado, com quatro membros usados na locomoção e cauda.

Algumas espécies de salamandra retêm características das larvas no adulto, vivendo toda a vida no ambiente aquático e respirando por brânquias externas. É o caso, por exemplo, do axolotle (Fig. 12.41) e do necturo.



Juanes Silva

Figura 12.41. Fotografia de axolotle. As estruturas avermelhadas na lateral da cabeça são as brânquias externas. Mede cerca de 30 cm de comprimento.

Figura 12.40. Fotografia de cecília, cobra-cega ou boiaca, anfíbio que se alimenta de insetos e minhocas e é predado por serpentes. O animal da fotografia mede cerca de 30 cm de comprimento.

Na maioria das espécies a fecundação é interna, mas não existe um órgão de cópula. Há um complexo comportamento de acasalamento entre machos e fêmeas que varia entre as diferentes espécies. Em uma delas o macho deposita um “pacote” de espermatozoides (**espermatóforo**) sobre o corpo da fêmea, segura-a

com a cauda e, com o auxílio das pernas, empurra o espermatóforo para dentro da cloaca.

Existem espécies em que a fêmea deposita os ovos próximo ou dentro da água. Dos ovos eclodem larvas com brânquias externas que sofrem metamorfose, dando origem ao adulto.



Colocando em foco

NOVAS BRASILEIRAS

Descobertas três espécies de salamandra na Amazônia. Achado contraria tese de que é baixa a diversidade desses animais na região.

A identificação de três novas espécies de salamandra vem reforçar o time desse grupo de anfíbios no Brasil. Agora, são cinco espécies conhecidas no país. A descoberta resultou de pesquisa realizada pela bióloga Isabela Carvalho Brcko [...].

As novas espécies, todas do mesmo gênero, foram denominadas *Bolitoglossa tapajonica*, *Bolitoglossa madeira* e *Bolitoglossa caldwella* [Fig. 12.42]. *Bolitoglossa paraensis* [Fig. 12.43] e *Bolitoglossa altamazonica* são as espécies de ocorrência já conhecida no Brasil.

As três espécies recém-descobertas foram encontradas na região Norte do país, em florestas de terra firme ou nas imediações de rios e lagos. Ainda não foi possível estabelecer uma estimativa da população de cada espécie.

Janalee Caldwell



▲ **Figura 12.42.** *Bolitoglossa caldwella*, uma das três novas espécies de salamandra identificadas no Brasil. A cauda e o focinho menor são características marcantes da espécie.

[...]

B. madeira é a espécie que atinge maior comprimento e possui um número maior de dentes. O comprimento desses animais varia de seis a dez centímetros, do focinho à ponta da cauda.

[...]

“As novas espécies são terrestres e, aparentemente, não são venenosas para os seres humanos”, diz Brcko. Como os demais anfíbios, elas possuem toxinas. Mas, segundo a pesquisadora, é provável que essas substâncias, que ainda não são bem conhecidas, sejam prejudiciais apenas aos predadores.

O estudo da bióloga do Museu Goeldi vem reforçar a tese de que as salamandras são um grupo animal muito pouco conhecido no Brasil. Além disso, segundo Brcko, contraria o pressuposto de que a Amazônia brasileira é uma região pobre em diversidade de espécies de salamandras.

Para a pesquisadora, a descoberta reforça também a necessidade de proteção das áreas de ocorrência das espécies, que são muito vulneráveis às ações humanas e à degradação e perda de habitat natural. “As salamandras só sobrevivem em áreas que apresentem condições ambientais favoráveis.”

SCHRAMM, F. P. Novas brasileiras. *Revista Ciência Hoje On-line*. Publicado em: 2/10/2013. Disponível em: <<http://cienciahoje.uol.com.br/noticias/2013/10/novas-brasileiras>>. Acesso em: mar. 2016.

Fernanda Preto/folhapress



▲ **Figura 12.43.** *Bolitoglossa paraensis*, espécie de ocorrência já conhecida no Brasil. Seus traços morfológicos foram comparados com os das salamandras recém-descobertas.

Ordem Anura

A ordem Anura (*a* = sem; *uros* = cauda) está representada por anfíbios sem cauda: os sapos, as rãs e as peregrinas.

Esses anfíbios apresentam o corpo adaptado ao salto (Fig. 12.44), com membros posteriores mais alongados que os anteriores e empregados para impulsionar o animal. O corpo é compacto, com coluna vertebral curta e rígida; as vértebras estão ligadas de modo a restringir movimentos laterais. A região pélvica é reforçada e firmemente ligada à coluna vertebral: as vértebras posteriores estão fundidas, formando o uróstilo, alongado e rígido (Fig. 12.45).

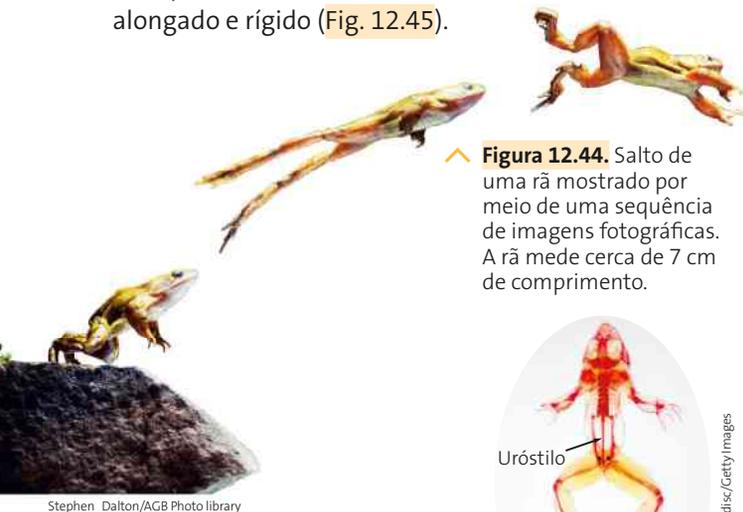


Figura 12.44. Salto de uma rã mostrado por meio de uma sequência de imagens fotográficas. A rã mede cerca de 7 cm de comprimento.

Stephen_Dalton/AGB Photo library

Figura 12.45. Fotografia do esqueleto de uma rã. Foram utilizadas técnicas especiais que tornam a musculatura transparente e coram de vermelho apenas os ossos do animal.



Photodisc/Getty Images

Muitas das espécies apresentam fecundação externa e girinos no ciclo de vida.

Na fecundação externa, o macho utiliza suas pernas anteriores para abraçar a fêmea (**amplexo**) e pode ficar assim por várias horas ou mesmo dias, até a fêmea eliminar seus gametas, quando, então, o macho elimina os espermatozoides. Isso pode ocorrer na água, como já mostrado no ciclo de vida da rã (Fig. 12.34, página 232), ou em terra, mas próximo da água (Fig. 12.46).



Paulo S. Bernarde

Figura 12.46. Fotografia de anuros em amplexo sobre uma folha. Nesta imagem, o macho é menor que a fêmea. A fêmea mede cerca de 6 cm de comprimento.

Entre as espécies arborícolas, algumas depositam os ovos em folhas de árvores suspensas sobre a água. Dos ovos eclodem os girinos, que caem na água, onde completam o desenvolvimento.

Outras espécies fazem um ninho de espuma: durante o amplexo, as fêmeas produzem uma secreção abundante (Fig. 12.47), que o casal transforma em espuma movimentando as pernas posteriores. Os ovos são depositados nessa massa de espuma e, quando eclodem os girinos, caem na água.



D. Morley Read/SPH/LatinStock

Figura 12.47. Fotografia de fêmea de um anuro e um ninho de espuma. Mede cerca de 4 cm de comprimento.

Entretanto, o padrão de reprodução no grupo varia muito, havendo até mesmo espécies que transportam os ovos em desenvolvimento em dobras da pele, deles eclodindo girinos (Fig. 12.48), e espécies com desenvolvimento direto, como os representantes da família Brachycephalidae (Fig. 12.49).



Juarez Silva

Figura 12.48. Fotografia de sapo-pipa com vários embriões em desenvolvimento (pontos escuros) imersos na pele do dorso da fêmea. Cada embrião fica protegido por uma cápsula, onde se desenvolve até a metamorfose. O adulto mede cerca de 15 cm de comprimento.



Kevin Schaefer/Photolibrary RM/Getty Images

Figura 12.49. Fotografia de *Brachycephalus ephippium*, anuro com desenvolvimento direto. Mede cerca de 1,5 cm de comprimento.

O único caso de anuro com fecundação interna é de uma espécie que vive em rios frios no continente norte-americano (Fig. 12.50). O macho possui um órgão copulador semelhante a uma cauda, que é introduzido na cloaca da fêmea.



Suzanne L. Collins/Photo Researchers, Inc./iStock

Figura 12.50. Fotografia de macho e fêmea da espécie *Ascaphus truei*, anuro que apresenta fecundação interna. Mede cerca de 5 cm de comprimento. >



Tema para discussão

REGISTRE
NO CADERNO

Impactos sobre anfíbios

As populações de anfíbios estão diminuindo no mundo todo em ritmo superior ao de outros vertebrados. Mais de 30% de todas as espécies de anfíbios encontra-se na Lista Vermelha da União Internacional para a Conservação da Natureza (IUCN), sendo que muitas estão listadas como “em perigo”. Sobre as possíveis causas dessa redução, seguem trechos de um texto científico que trata do assunto considerando os anfíbios do Brasil.

Mudanças climáticas e seus impactos sobre os anfíbios brasileiros

[...]

Animais ectotérmicos (ou seja, aqueles que são incapazes de controlar fisiologicamente a temperatura corporal [...]) são altamente suscetíveis a alterações climáticas. Trata-se do caso dos anfíbios. Extremos de temperatura podem afetar o metabolismo desses animais de forma direta e indireta, afetando, por exemplo, o tempo de metamorfose [...], a taxa de ventilação [...], a suscetibilidade a infecções [...] e a taxa de consumo de alimentos [...]. A temperatura do ambiente pode também influir no comportamento dos anuros, interferindo na frequência e taxa de repetição de vocalizações [...]. Alterações nas características físicas dos cantos, por sua vez, podem dificultar o reconhecimento intraespecífico e interferir nas relações territoriais entre machos e identificação de parceiros sexuais. Mudanças na taxa de repetição dos cantos podem implicar em perda energética, uma vez que a vocalização é considerada um dos maiores gastos energéticos dentre os vertebrados [...].

A distribuição geográfica das espécies de anfíbios é também amplamente afetada pela temperatura [...]. Na Mata Atlântica, acredita-se que alterações climáticas futuras resultarão em mudanças nas áreas de distribuição de muitas espécies de anfíbios [...]. Este fato é alarmante, especialmente tendo em vista que os anfíbios são hoje os vertebrados mais ameaçados do planeta [...].

[...]

Além de afetar populações de anfíbios diretamente, [...] mudanças climáticas podem interferir na virulência de patógenos e ação de parasitas. Sabe-se, por exemplo, que muitas espécies de anfíbios são suscetíveis a uma micose causada pelo fungo quitrídio *Batrachochytrium dendrobatidis* [...]. Essa doença, também conhecida como quitridiomiose, tem



Célio F. B. Haddad

> A doença provocada pelo fungo *Batrachochytrium dendrobatidis* já foi detectada em rãs-de-corredeira (*Hylodes magalhaesi*), espécie que só ocorre em regiões elevadas da Mata Atlântica. Essa rã mede cerca de 3 cm de comprimento.

sido associada a declínios populacionais em várias regiões do mundo [...]. Inventários demonstram que esse fungo vem infectando anfíbios da Mata Atlântica ao menos desde os anos oitenta [...].

Estudos recentes sugerem uma potencial interação entre fungo e clima [...]. Ademais, mudanças climáticas globais podem, num futuro próximo, tornar propícias para sua disseminação áreas que hoje não possuem as condições ideais para a sobrevivência do fungo [...].

É importante ressaltar, todavia, que esta não é a única possível interação entre o clima e doenças como a quitridiomiose. Imunodepressão é frequentemente associada a estresse climático, sendo assim possível que o aquecimento global impacte negativamente o sistema imune de muitas espécies de anfíbios, deixando-os mais suscetíveis às infecções [...].

[...]

COSTA, T. R. N.; CARNAVAL, A. C. O. Q.; TOLEDO, L. F. Mudanças climáticas e seus impactos sobre os anfíbios brasileiros. *Revista da Biologia*, 8: 33-37, 2012. Disponível em: <www.ib.usp.br/revista/system/files/Costaetal2012.pdf>. Acesso em: mar. 2016.

Professor(a), veja nas Orientações didáticas os comentários e as respostas das questões dissertativas.

- Conhecer os seres vivos e suas peculiaridades nos ajuda a viver em harmonia com o meio. A ação humana nos ecossistemas deve ocorrer de forma equilibrada, de modo que provoque a menor interferência possível. Em grupo, pesquisem mais a respeito dos impactos em populações de anfíbios e elaborem um cartaz usando as informações obtidas. Divulguem esse cartaz para os demais colegas de classe. Você e seu grupo podem fazer uma versão digital do cartaz e disponibilizá-lo no *blog* da turma na internet.



Retomando

Agora que você conheceu esses grupos de vertebrados, retome suas respostas às questões da seção **Pense nisso** e reavalie-as. Que características o grupo que inclui as carpas e o grupo que inclui as rãs possuem em comum? Como você explicaria, em termos evolutivos, a dependência do ambiente aquático pelos anfíbios?



Ampliando e integrando conhecimentos

REGISTRE
NO CADERNO

Atividade 1 Formar cardumes é vantagem ou desvantagem? Habilidades do Enem: H12, H28.

Existem muitas espécies de peixes, tanto de água doce quanto de salgada, que vivem em cardumes. As sardinhas e as manjubas, por exemplo, formam cardumes com centenas a milhares de indivíduos. Com o intuito de aumentar o sucesso de captura de presas, muitos predadores procuram cardumes para se alimentar. Responda:

- a) Apesar de os cardumes atraírem predadores, o comportamento de viverem agregados traz muitas vantagens aos seus integrantes. Com os colegas, liste possíveis vantagens adaptativas proporcionadas pela formação de cardumes. Em seguida, faça uma breve pesquisa sobre o assunto. Para isso, utilize jornais, livros, a internet ou outras fontes de informação.
- b) O resultado de sua pesquisa mostrou-se concordante com o que você e seus colegas discutiram no item anterior? Quais pontos revelaram-se discordantes? Em sua pesquisa, você detectou aspectos que não havia considerado antes? Em caso positivo, aponte-os.
- c) Os peixes de cardume movimentam-se sincronicamente e sem se chocar uns com os outros. Qual é a estrutura presente nos peixes que lhes permite perceber a proximidade de outro indivíduo em movimento? Como essa estrutura funciona?

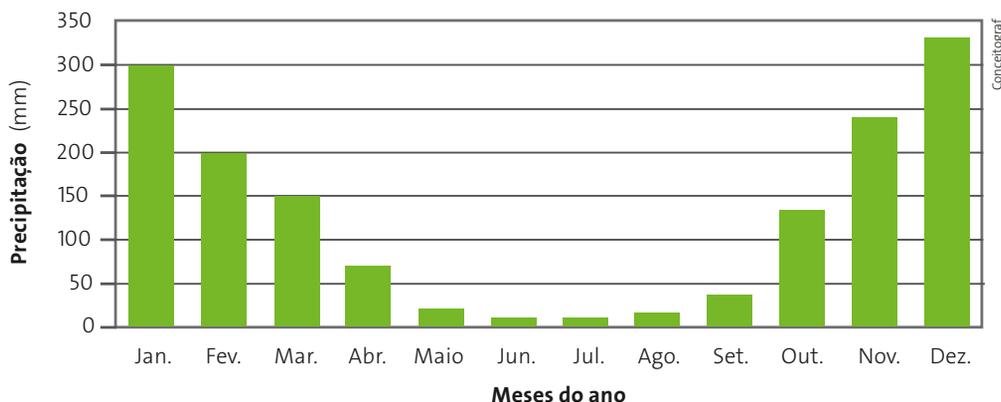
A reprodução das sardinhas não envolve cópula, e a fecundação é externa. Como são animais que vivem em cardumes, essa condição favorece a reprodução. Os peixes que não vivem em cardumes, por outro lado, apresentam outras estratégias que lhes conferem sucesso reprodutivo. Os tubarões, por exemplo, não vivem em cardumes. Agora, responda:

- a) Qual é a estratégia reprodutiva dos tubarões?
- b) De que modo a grande aglomeração de indivíduos de um cardume lançando seus gametas na água favorece o sucesso reprodutivo?
- c) Consulte jornais, revistas ou a internet e faça uma pesquisa sobre peixes que constroem ninhos. Cite algumas vantagens dessa estratégia em termos de sucesso reprodutivo.

Testes



1. (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 esta 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.

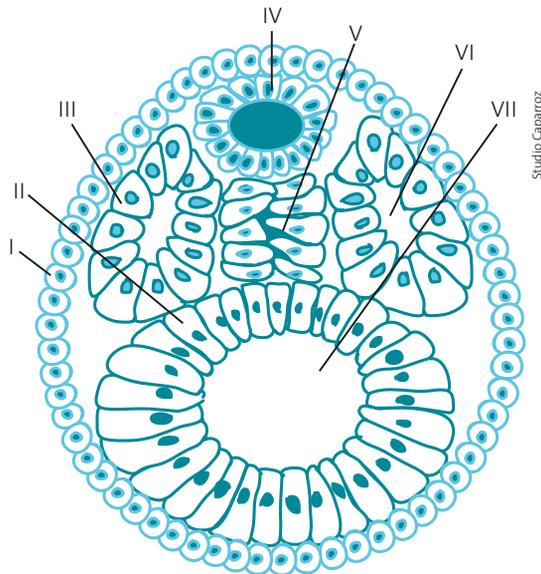
2. (Unicamp-SP) As cecílias, também chamadas de cobras-cegas, são facilmente confundidas com serpentes por observadores menos atentos, por também apresentarem corpo cilíndrico e desprovido de patas. Entretanto, uma análise mais cuidadosa pode diferenciar facilmente esses animais, pois as cecílias são anfíbios ápodos. Duas características apresentadas exclusivamente pelas cecílias, que as diferenciam das serpentes, são:

- a) corpo revestido por pele úmida e ovos com casca calcária.
- b) corpo revestido por escamas e respiração exclusivamente cutânea.
- c) pele rica em glândulas secretoras de muco e respiração cutânea.
- d) pele úmida e corpo revestido por escamas queratinizadas.

3. (UFMS) Quando compramos um peixe ósseo na feira ou no mercado, recomenda-se observar o estado de conservação das brânquias, pois se elas estiverem vermelhas e brilhantes significa que o peixe está em bom estado para ser consumido. Para que as brânquias sejam observadas facilmente pelo comprador é necessário:

- a) levantar as placas orais do peixe.
- b) abrir as fendas branquiais do peixe.
- c) remover a bexiga natatória do peixe.
- d) levantar o opérculo do peixe.
- e) fazer um corte longitudinal no pedúnculo caudal do peixe.

4. (UFPE) Considerando as estruturas a seguir, relacionadas ao desenvolvimento embrionário de cordados, analise a figura e as proposições apresentadas.



- V O ectoderma (I) forma o tubo neural (tubo nervoso) (IV).
- F O endoderma (II) delimita o celoma (VI), estrutura presente nos platelmintos e outros animais.
- F O mesoderma (III) é diferenciado a partir de células da notocorda (V) e dá origem ao arquêntero.
- V Os cordados são animais que possuem notocorda (V), a qual é substituída pela coluna vertebral em diferentes animais, como anfíbios, répteis, aves e mamíferos.
- V O arquêntero, mostrado em (VII), representa o intestino primitivo do animal.
5. (UFPR-PR) Os cordados compõem um dos mais heterogêneos grupos da zoologia, o filo Chordata. Não é o filo com o maior número de espécies, entretanto seus integrantes apresentam elementos anatômicos notavelmente variados. Com relação aos cordados, considere as seguintes afirmativas:
- Nós próprios, mamíferos, estamos incluídos no filo Chordata, assim como os peixes, as aves, outros vertebrados e até certos animais aquáticos (como as ascídias) que não possuem coluna vertebral.
 - São elementos presentes em apenas parte do filo Chordata: âmnio, mandíbula e coração tetracavitário.

- São elementos comuns a todos os cordados: notocorda, encéfalo e cordão nervoso ventral.
- Para a troca de gases com o meio, são utilizados, por exemplo, a pele em anuros, as brânquias nas tartarugas marinhas e os sacos aéreos nas aves.

Assinale a alternativa correta.

- X a) Somente as afirmativas 1 e 2 são verdadeiras.
- b) Somente as afirmativas 1 e 3 são verdadeiras.
- c) Somente as afirmativas 2 e 3 são verdadeiras.
- d) Somente as afirmativas 2 e 4 são verdadeiras.
- e) Somente as afirmativas 3 e 4 são verdadeiras.
6. (UFPR) Você está montando um aquário em casa e gostaria que ele representasse um lago ou um rio de pouca correnteza. Agora deve decidir sobre os organismos que poderá colocar em seu aquário, em função de suas adaptações a esse tipo de meio ambiente. Assinale apenas a(s) alternativa(s) correta(s), com informações adequadas a esse objetivo.
- V Existem moluscos que vivem em água doce. Entre eles, os gastrópodes são animais interessantes para se ter em aquário, pois limpam as paredes recobertas de algas devido ao modo de alimentação raspador, para o qual utilizam a rádula.
- F Peixes são animais adequados para o aquário porque possuem brânquias para respiração e a linha lateral, que lhes permite perceber estímulos químicos trazidos pela água.
- V Crustáceos, de maneira geral, respiram por intermédio de brânquias e, portanto, podem viver em ambiente dulcícola. Os olhos compostos desses animais também estão adaptados ao ambiente aquático.
- V Equinodermos não devem ser colocados nesse aquário porque não apresentam um órgão responsável pela osmorregulação, além de serem animais exclusivamente marinhos.
- V Para manter um anfíbio no aquário, pode-se escolher uma salamandra que mantenha as brânquias na forma adulta, sendo capaz, portanto, de respirar dentro da água.
- F Não será possível colocar nenhum inseto no aquário; como as estruturas respiratórias dos insetos são traqueias, todos eles são terrestres e morreriam afogados dentro da água.



Figura 13.1. Cervo-do-pantanal e tuiuiú fotografados juntos em busca de uma necessidade comum: água. O cervo mede 1,2 m de altura e o tuiuiú, 1,15 m. A fotografia foi feita em uma lagoa pantaneira no auge da seca. É um momento em que a água fica restrita a poucos locais. Outra preocupação comum aos dois é evitar o ataque de jacarés escondidos abaixo da superfície do lago. Répteis, aves e mamíferos são os grupos animais que estudaremos neste capítulo.



Pense nisso

- A fotografia e respectiva legenda tocam em uma necessidade comum ao cervo-do-pantanal, que é um mamífero, ao tuiuiú, que é uma ave, e ao jacaré, que é um réptil. Qual a importância da água para esses animais? Algum deles depende da água para a reprodução?
- Analisando a fotografia, quais características visíveis você consideraria exclusivas para classificar o cervo como um mamífero e o tuiuiú como uma ave?
- Relacione alguns vertebrados que você conhece que não sejam pertencentes aos grupos estudados no capítulo anterior. Classifique-os com base em critérios estabelecidos por você, justificando sua resposta.
- Considerando os animais relacionados por você na questão anterior, comente, se souber, como é a reprodução de cada um deles, especificando se a fecundação é interna ou externa e se são ovíparos ou vivíparos. Em seguida, classifique-os em herbívoros, carnívoros ou onívoros, justificando sua resposta com base em características que você conhece da anatomia do animal.

1. Reptilia

Os **répteis** atuais mais conhecidos são tartarugas, serpentes, lagartos (Fig. 13.2) e crocodilos. Os répteis fósseis mais conhecidos são os dinossauros.

Como já comentamos no capítulo anterior, a ocupação do ambiente terrestre pelos vertebrados de forma mais efetiva que a conseguida pelos anfíbios foi possível graças ao surgimento de uma série de características que permitiram a exploração do ambiente terrestre sem a perda significativa de água pela superfície do corpo e sem depender da água para reprodução ou respiração.

A independência da água para a reprodução está relacionada com o surgimento do **ovo amniótico**. Esse tipo de ovo é revestido por uma casca pergaminácea ou calcária. O embrião fica isolado do meio externo, mas esse isolamento não prejudica as trocas gasosas, pois a casca é porosa, permitindo a entrada de O_2 e a saída de CO_2 , fundamentais para a respiração do embrião. Do ovo eclode um jovem, sem passar por estágio larval, ou seja, o **desenvolvimento é direto**.

A casca que envolve o ovo dos amniotas se forma na porção terminal do oviduto da fêmea. Depois de formada a casca, não há mais possibilidade de o espermatozoide fecundar o óvulo, de modo que a fecundação deve ocorrer nas porções mais internas do oviduto. Nos amniotas a fecundação é sempre interna.

Nem todo amniota possui ovos com casca, como é o caso dos vivíparos.

Apesar de a imensa maioria dos répteis atuais ser ovípara, existem alguns lagartos e algumas serpentes peçonhentas que apresentam ovoviviparidade ou viviparidade.

Recordando também o que já foi estudado, o isolamento do embrião no interior do ovo com casca veio associado ao surgimento da membrana extraembrionária **âmnion**, que delimita uma cavidade cheia de líquido, a **cavidade amniótica**, no interior da qual o embrião se desenvolve. Essa nova estrutura protege o embrião contra a dessecação e os choques mecânicos e persiste em todos os amniotas, com ou sem casca em seus ovos.

Os primeiros **amniotas** surgiram no Carbonífero e se diversificaram em duas grandes linhagens com representantes na fauna atual: a linhagem dos mamíferos e a que levou ao surgimento de répteis e aves (Fig. 13.3).

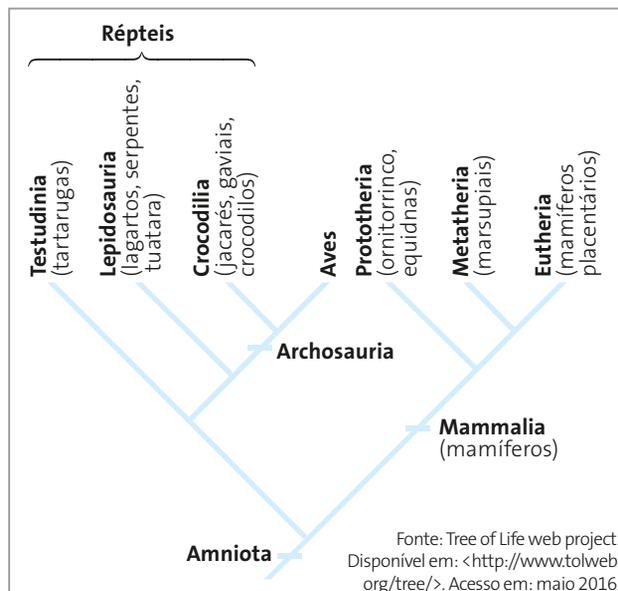


Figura 13.3. Cladograma mostrando as relações filogenéticas entre grupos de Amniota.

Com o âmnion surgiram as membranas extraembrionárias **córior** e **alantoide**, que participam das trocas gasosas. A alantoide atua também como uma estrutura armazenadora de excretas nitrogenadas resultantes do metabolismo das proteínas.

A excreta nitrogenada dos embriões de amniotas ovíparos é o **ácido úrico**, insolúvel em água e atóxico; com essas características, pode ser armazenado no interior do ovo sem contaminar o embrião.

Muitos répteis adultos também excretam ácido úrico, outra característica importante na evolução desses animais, pois essa excreta não necessita de água para sua eliminação, o que representa uma significativa economia hídrica.



Figura 13.2. Fotografia de lagarto aquecendo-se sobre uma rocha. O indivíduo fotografado mede 20 cm de comprimento.



Colocando em foco

A RECONQUISTA DO AMBIENTE AQUÁTICO

Alguns vertebrados terrestres, como certos répteis, aves e mamíferos, voltaram para o ambiente aquático durante o curso da evolução. Várias foram as adaptações que surgiram propiciando essa reconquista do ambiente aquático. Vamos abordar apenas algumas delas relacionadas ao ambiente marinho.

Em aves e répteis que passaram a viver no mar, surgiram adaptações que permitiram eliminar o excesso de sal que ingerem com a água e o alimento orgânico, secretando soluções salinas concentradas pelas **glândulas de sal**. Nas aves, essas glândulas correspondem às glândulas nasais modificadas. Nos crocodilos, essas glândulas são numerosas sobre a superfície da língua; nos lagartos e nas tartarugas, são, respectivamente, glândulas nasais e lacrimais modificadas. A eliminação de sais pelas glândulas lacrimais deu origem a ditos populares, segundo os quais as tartarugas choram quando vão à praia para pôr seus ovos. Essas “lágrimas” nada mais são do que excreções salinas que participam do controle osmótico. As lágrimas humanas, apesar do gosto salgado que têm, não exercem papel na excreção de sais: elas têm a mesma concentração do plasma sanguíneo.

No caso de mamíferos que retornaram ao ambiente marinho, eles não bebem água do mar. Eles obtêm a água de que necessitam dos alimentos. Os rins produzem urina muito concentrada, com mais sais do que a água do mar. A urina também é abundante em ureia, resultado da dieta rica em proteínas da maioria dos mamíferos.

Nos répteis, a pele é seca, sem glândulas mucosas, e recoberta por escamas de origem epidérmica ou por placas córneas. Com essas características, a pele deixou de ser uma estrutura permeável, dando ao animal grande resistência à dessecação, de modo que puderam ocupar ambientes áridos.

Essa pele seca e impermeável não tem função respiratória. Nos répteis, a respiração é sempre pulmonar; os pulmões são mais complexos do que os dos anfíbios, com maior número de divisões internas.

As glândulas de veneno presentes na pele dos anfíbios foram, nos répteis, substituídas por outros mé-

todos de defesa. Os répteis são animais muito ágeis e geralmente possuem dentes bem desenvolvidos.

No ambiente terrestre as variações de temperatura são maiores do que no ambiente aquático. Manter a temperatura do corpo praticamente independente da temperatura ambiente é fundamental para os vertebrados terrestres. Essa independência foi conseguida por meio de dois mecanismos termorreguladores: a **ectotermia** e a **endotermia**.

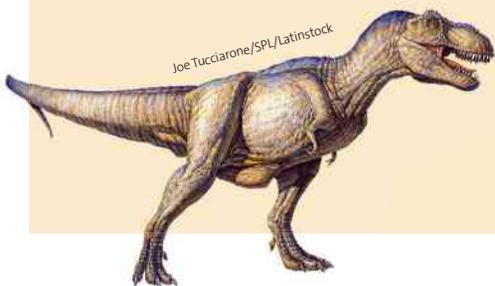
A ectotermia, presente nos peixes e anfíbios, persiste na maioria dos répteis e a endotermia é empregada pelas aves e mamíferos.



Colocando em foco

A ERA DOS RÉPTEIS, O MESOZOICO

Os animais coletivamente chamados répteis dominaram o planeta durante 180 milhões de anos, na Era Mesozoica, que ficou conhecida como a Era dos Répteis. Nesse período, viviam desde os répteis de pequeno porte até os gigantescos dinossauros, que chegavam a medir 25 m de comprimento. Muitos dinossauros eram carnívoros, como os grandes dinossauros bípedes, que se deslocavam sobre as duas pernas traseiras (Figs. 13.4 e 13.5), enquanto outros eram herbívoros e quase sempre quadrúpedes.



Joe Tucciarone/SPL/Latinstock

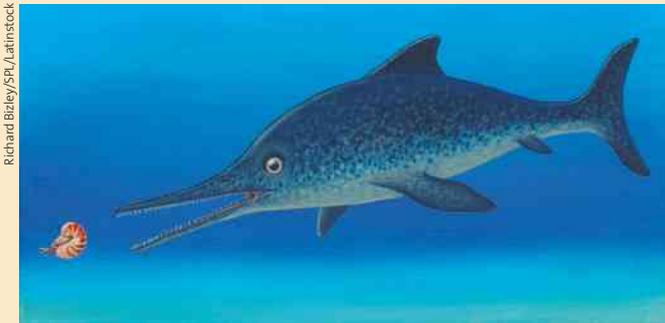
◀ **Figura 13.4.** Representação artística de tiranossauro, que vivia na América do Norte e na Ásia, extinto no final da Era dos Répteis. Media cerca de 6 m de comprimento. (Cores fantasia).



Roger Harris/SPL/Latinstock

▶ **Figura 13.5.** Representação artística do maior réptil carnívoro, o alossauro, que media cerca de 8,5 m de comprimento. Viveu entre 155 e 145 milhões de anos atrás. (Cores fantasia).

Alguns répteis retornaram secundariamente para o mar, como ocorreu com os ictiossauros (Fig. 13.6), ou para a água doce, como foi o caso dos mesossauros. Eles invadiram também o ambiente aéreo, com o desenvolvimento de asas adaptadas ao voo planado, presentes nos pterossauros (Fig. 13.7).



Richard Bazley/SPL/Latinstock
^ **Figura 13.6.** Representação artística de um ictiossauro, que viveu no período Jurássico, entre 200 e 145 milhões de anos atrás. Chegava a medir 5 m de comprimento. (Cores fantasia).



Joe Turcotte/SPL/Latinstock
^ **Figura 13.7.** Representação artística de um pterossauro, que viveu na América do Sul no período entre 112 e 98 milhões de anos atrás. A envergadura da asa atingia 5 m de comprimento. (Cores fantasia).

A Era dos Répteis terminou há cerca de 65 milhões de anos de forma repentina. É provável que essa extinção esteja ligada à queda de um meteorito gigante sobre a Terra, o que provocou a formação de uma nuvem densa de poeira, impedindo a penetração dos raios solares. Houve, então, alterações climáticas na Terra, com diminuição da temperatura, o que levou à mortalidade de plantas e de muitos animais. Supõe-se que os répteis, principalmente os de grande porte, eram endotérmicos e teriam morrido por falta de alimento; outros ectotérmicos teriam morrido por serem incapazes de manter a temperatura de seus corpos por processos internos. Os répteis de pequeno porte teriam conseguido fugir do frio, abrigoando-se em tocas nas rochas ou cavando buracos no solo, comportamentos não compatíveis com animais de grande porte.

Estudos realizados nas rochas triássicas na depressão central do Rio Grande do Sul têm mostrado que ali, e nas rochas do Triássico do noroeste argentino, estão os fósseis de dinossauros mais antigos que se conhece em todo o mundo (Fig. 13.8). Isso torna a região muito importante para se entender a origem desses animais.



Luciano Barreto/folhapress
< **Figura 13.8.** Fotografia de reconstrução de *Pampadromaeus barberenai*, espécie de dinossauro encontrada em rochas do Triássico do Rio Grande do Sul. Media pouco mais de 1 m do focinho à ponta da cauda.

Os animais ectotérmicos aquecem seus corpos por meio de **fontes externas** de calor, como o Sol ou a superfície quente de uma rocha. Por isso, é comum vermos os répteis expostos à luz solar durante o dia ou sobre rochas. Quando muito aquecidos, eles geralmente procuram locais sombreados ou entram na água.

Os animais endotérmicos dependem da produção de calor pelo **metabolismo** para elevar a temperatura e mantê-la constante. Portanto, se nos ectotérmicos a fonte de calor é externa, nos endotérmicos ela é interna.

Atualmente, os termos ectotérmico e endotérmico têm sido utilizados em substituição aos termos **pecilotérmico** e **homeotérmico**, respectivamente, embora não sejam sinônimos. A pecilotermia refere-se à variação na temperatura do corpo em função da temperatura do meio (*pecilo* = variável; *termos* = temperatura).

A homeotermia refere-se à manutenção de uma temperatura corpórea constante, independentemente da temperatura do meio (*homeo* = igual). Os peixes, os anfíbios e os répteis são chamados de peclotérmicos, enquanto as aves e os mamíferos, de homeotérmicos.

Os répteis da fauna atual são classificados no grupo das tartarugas (**Testudinia**), das tuataras, dos lagartos e das serpentes (**Lepidosauria**) e dos jacarés (**Archosauria**). Entre os Archosauria estão os representantes fósseis mais conhecidos: os dinossauros. Além deles, nesse grupo também estão as aves, que, por conveniência, trataremos como um grupo à parte.

1.1. Diversidade de répteis

Testudinia ou Chelonia

Esse grupo está representado pelas tartarugas (as marinhas e as de água doce), pelos cágados (de água doce) e pelos jabutis (terrestres).

Esses animais apresentam placas ósseas dérmicas, que se fundem originando uma carapaça dorsal e um plastrão ventral rígidos, que protegem o corpo. As vértebras e costelas fundem-se a essas estruturas. As placas ósseas da carapaça são recobertas por escudos córneos de origem epidérmica. Não têm dentes, mas apresentam lâminas córneas usadas para arrancar pedaços de alimento. Com relação à reprodução, são todos ovíparos.

No Brasil ocorre o maior quelônio de água doce do mundo, a tartaruga-da-amazônia (*Podocnemis expansa*), cuja carapaça chega a 75 cm de comprimento (Fig. 13.9).



Haroldo Palo Jr.

Figura 13.9. Fotografia da tartaruga-da-amazônia (*Podocnemis expansa*). Sua carapaça mede cerca de 75 cm de comprimento.

Ocorre também a maior tartaruga marinha, a tartaruga-de-couro (*Dermochelys coriacea*), que chega a medir 2,5 m de comprimento (Fig. 13.10).



Nature PL/Pete Oxford/Diomedea

Figura 13.10. Fotografia da tartaruga-de-couro (*Dermochelys coriacea*). Pode medir cerca de 2,5 m de comprimento.

Colocando em foco

PROJETO TAMAR

O Projeto Tartaruga Marinha (Tamar), do Departamento de Parques Nacionais e Reservas Equivalentes, foi iniciado em 1980, administrado pela Fundação Brasileira para a Conservação da Natureza (FBCN), visando avaliar a situação das tartarugas ao longo do litoral brasileiro e, conseqüentemente, efetivar um plano de ação capaz de garantir a preservação desses animais em nosso país.

Foram constatadas cinco espécies de quelônios marinhos que desovam no Brasil: *Chelonia mydas* (Fig. 13.11), *Caretta caretta*, *Eretmochelys imbricata*, *Lepidochelys olivacea* e *Dermochelys coriacea*.

A época de desova varia de região para região, ficando compreendida, em termos gerais, entre setembro e março no litoral, e entre dezembro e maio nas ilhas oceânicas.



Luciano Candusani

Figura 13.11. Fotografia de *Chelonia mydas* (tartaruga-verde) em Fernando de Noronha, PE. A carapaça mede cerca de 65 cm de comprimento.

No período de desova, as tartarugas marinhas saem do mar normalmente à noite e vão até o limite da maré cheia para depositar seus ovos.

Somente as fêmeas vão até a praia. Ao saírem da água, locomovem-se vagarosamente à procura do lugar ideal para a construção do ninho (Fig. 13.12).

No trajeto de subida e descida, as fêmeas deixam rastros na areia que são facilmente identificáveis e que normalmente se diferenciam de acordo com as espécies.

O número de ovos depositados por uma fêmea fica entre 100 e 150. A incubação dos ovos dura 45 dias (mínimo) a 70 dias (máximo). Os filhotes, assim que eclodem dos ovos, se dirigem para o mar. Esse percurso ninho-mar é essencial para que reconheçam a praia e retornem a ela na época da reprodução. Os nascidos em uma determinada praia sempre retornam a ela quando adultos para desovar.



Anahine Van Zandbergen/Lonely Planet Images/Getty Images

Figura 13.12. Fotografia mostrando o momento da desova de uma tartaruga-de-couro. Sua carapaça pode chegar a medir 1,80 m de comprimento. >

Lepidosauria

Os Lepidosauria atuais são classificados em dois grupos: **Sphenodontia**, representado pelas tuataras, e **Squamata**, representado pelos lagartos, serpentes e anfisbenas. Aqui, vamos nos deter ao estudo dos Squamata.

Os répteis desse grupo têm escamas epidérmicas que recobrem o corpo e sofrem **mudas**: de tempos em tempos a parte externa da epiderme antiga, rica em substâncias córneas, é abandonada pelo animal. No caso das cascavéis, na extremidade da cauda essa par-

te fica retida em mudas sucessivas, originando o guizo típico dessas serpentes. O número de botões do guizo não corresponde à idade do animal, mas ao número de mudas que ele já sofreu.

Squamata é o grupo de répteis com maior número de espécies, separadas em três subgrupos: o dos lacertílios, o das anfisbenas e o das serpentes.

No grupo dos **lacertílios** estão lagartos (Fig. 13.13), camaleões, iguanas (Fig. 13.14), cobras-de-vidro (Fig. 13.15) e lagartixas. As cobras-de-vidro são lagartos ápodes, isto é, não apresentam membros ou os apresentam vestigiais.



Felipe F. Curcio

> **Figura 13.13.** Fotografia de lagarto. Mede cerca de 25 cm de comprimento.



Getty Images/Stockphoto

> **Figura 13.14.** Fotografia de iguana marinha de Galápagos. Mede cerca de 40 cm de comprimento.



Felipe F. Curcio

> **Figura 13.15.** Fotografia de *Ophiodes* sp., que, apesar de ser um lagarto, é conhecido como cobra-de-vidro. Mede cerca de 15 cm de comprimento.

Muitos lacertílios, como as lagartixas, certos lagartos e iguanas, apresentam um interessante mecanismo de fuga de predadores: a **autotomia** (*auto* = próprio; *tomia* = cortar), que consiste em abandonar parte da cauda, enganando o predador e conseguindo fugir. Depois de certo tempo, o animal regenera a parte perdida da cauda.

Há apenas um gênero de lacertílio venenoso: o *Heloderma* (monstro-de-gila), restrito ao México e ao sul dos Estados Unidos (Fig. 13.16).



John Cancalosi/ACB Photo Library

◀ **Figura 13.16.** Fotografia de monstro-de-gila. Mede de 25 cm a 40 cm de comprimento.

Um representante curioso de lagarto de grande porte é o dragão-de-komodo, que mede cerca de 3 m de comprimento e é um predador ativo.

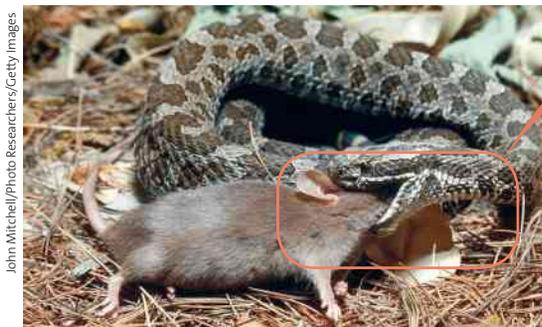
No grupo das **anfisbenas**, estão animais geralmente sem pernas, que vivem em galerias e cavam o solo. São popularmente chamados cobras-de-duas-cabeças (Fig. 13.17). Esses animais apresentam os olhos reduzidos ou ausentes.



Felipe F. Curcio

◀ **Figura 13.17.** Fotografia de anfisbena. Mede cerca de 30 cm de comprimento.

No grupo das **serpentes**, os indivíduos não têm pernas e apresentam o corpo muito alongado. Esse alongamento veio acompanhado por modificações anatômicas internas, não verificadas nos lagartos ápodes nem nas anfisbenas.



John Mitchell/Photo Researchers/Getty Images

⤴ **Figura 13.18.** Acima, fotografia de cascavel no momento da ingestão de um camundongo. A serpente mede cerca de 1,5 m de comprimento. Nos detalhes, à direita, duas especializações que possibilitam às serpentes ingerir suas presas inteiras e sem mastigá-las. (Elementos representados em diferentes escalas; cores fantasia.)

As serpentes têm pulmão esquerdo muito reduzido ou ausente, o rim direito é anterior ao esquerdo e as gônadas podem apresentar um deslocamento semelhante.

Outra diferença das serpentes em relação aos lagartos ápodes refere-se à morfologia do corpo em relação à alimentação. Como regra geral, os lagartos ápodes possuem boca pequena e só conseguem ingerir presas relativamente pequenas, enquanto as serpentes apresentam especializações morfológicas que permitem engolir presas consideravelmente maiores que o diâmetro de seu próprio corpo (Fig. 13.18).

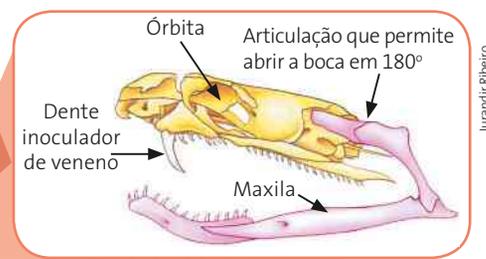
Essas características são: capacidade de abrir a boca em ângulo de quase 180°; ausência de fusão das maxilas na região mediana anterior, o que propicia grande abertura lateral da boca; grande capacidade de dilatação do corpo graças à elasticidade do estômago e da parede do corpo; e ausência do osso esterno unindo as costelas na região ventral, sendo suas costelas fixas apenas às vértebras.

Serpentes, lagartos e anfisbenas possuem língua longa e com a extremidade livre bifida (dividida em duas metades), que colocam constantemente para fora da boca recebendo estímulos do meio.

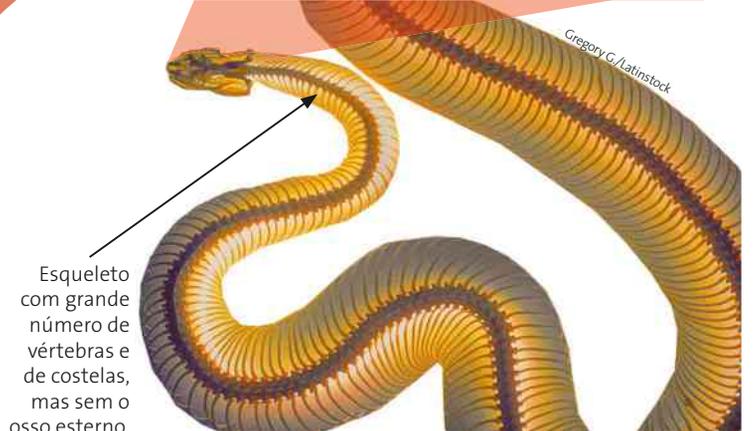
Ao contrário do que muitos pensam, em razão do que se vê em contos sobre pessoas que encantam as serpentes com música, elas não percebem sons: não possuem tímpano e só detectam com eficiência as vibrações no solo.

As duas principais estratégias que as serpentes empregam para a captura de presas são a **constrição** e o **veneno**.

A constrição é característica das jiboias, sucuris (a maior de todas as serpentes, podendo chegar a 10 m de comprimento) e pitons, que se enrolam em suas presas, matando-as.



Jurandir Ribeiro



Gregory C./iStock

Esqueleto com grande número de vértebras e de costelas, mas sem o osso esterno.

O veneno é produzido por glândulas especializadas localizadas no maxilar superior e introduzido no corpo da vítima no momento da mordida. Essas glândulas podem ou não estar associadas a dentes especiais para a inoculação desse veneno no momento da mordida.

Existem quatro categorias de dentição nas serpentes, definidas em função da presença ou ausência dos dentes inoculadores de veneno e, quando presentes, do tipo e localização desses dentes:

- **áglifa:** não há dentes inoculadores de veneno, e todos os dentes são iguais. Ocorre, por exemplo, em jiboias e sucuris (Fig. 13.19);
- **proteróglifa:** há dentes inoculadores que possuem um sulco por onde escorre o veneno; localizam-se na região anterior da boca. Ocorre, por exemplo, em corais-verdadeiras (Fig. 13.20);
- **opistóglifa:** há dentes inoculadores que possuem um sulco por onde escorre o veneno; localizam-se na região posterior da boca e, em função dessa localização, geralmente não conseguem inocular o veneno com eficiência. Ocorre, por exemplo, nas cobras-cipó, muçuranas e na maioria das falsas-corais (Fig. 13.21);
- **solenóglifa:** há dentes inoculadores grandes, anteriores e com um canal interno por onde escorre o veneno; esses dentes são móveis, salientando-se quando a serpente abre a boca. Esse é o tipo de dentição mais especializado e ocorre, por exemplo, nas cascavéis (Fig. 13.22).



< **Figura 13.19.**
Fotografia do crânio de uma serpente áglifa.



< **Figura 13.20.**
Fotografia do crânio de uma serpente proteróglifa.



< **Figura 13.21.**
Fotografia do crânio de uma serpente opistóglifa.



< **Figura 13.22.**
Fotografia do crânio de uma serpente solenóglifa com a boca aberta. A abertura da boca permite a ingestão de presas grandes.



Colocando em foco

VENENO DA CASCAVEL PODE SER USADO PARA COMBATER CÂNCER

[...] O veneno da cascavel é considerado um potencial aliado na luta contra a progressão de tumores cancerígenos e contra inflamações agudas e crônicas. Quer dizer, o veneno todo não, mas uma substância equivalente a 60% do total, que é responsável por sua ação neurotóxica. O nome da substância é crotoxina, ou CTX para os íntimos, como os pesquisadores do Laboratório de Fisiopatologia do Instituto Butantan.

Em linhas gerais, a crotoxina age direto sobre o câncer e ainda estimula algumas células de defesa do organismo (macrófagos) a produzir uma quantidade maior de substâncias importantes no controle do crescimento de tumores (peróxido de hidrogênio e óxido nítrico). Ou, nas palavras da doutora em Farmacologia, Sandra Coccuzzo Sampaio Vessoni: “temos uma toxina com um potencial antitumoral, não apenas por agir diretamente sobre as células tumorais, mas também por induzir a resposta do sistema imune”.

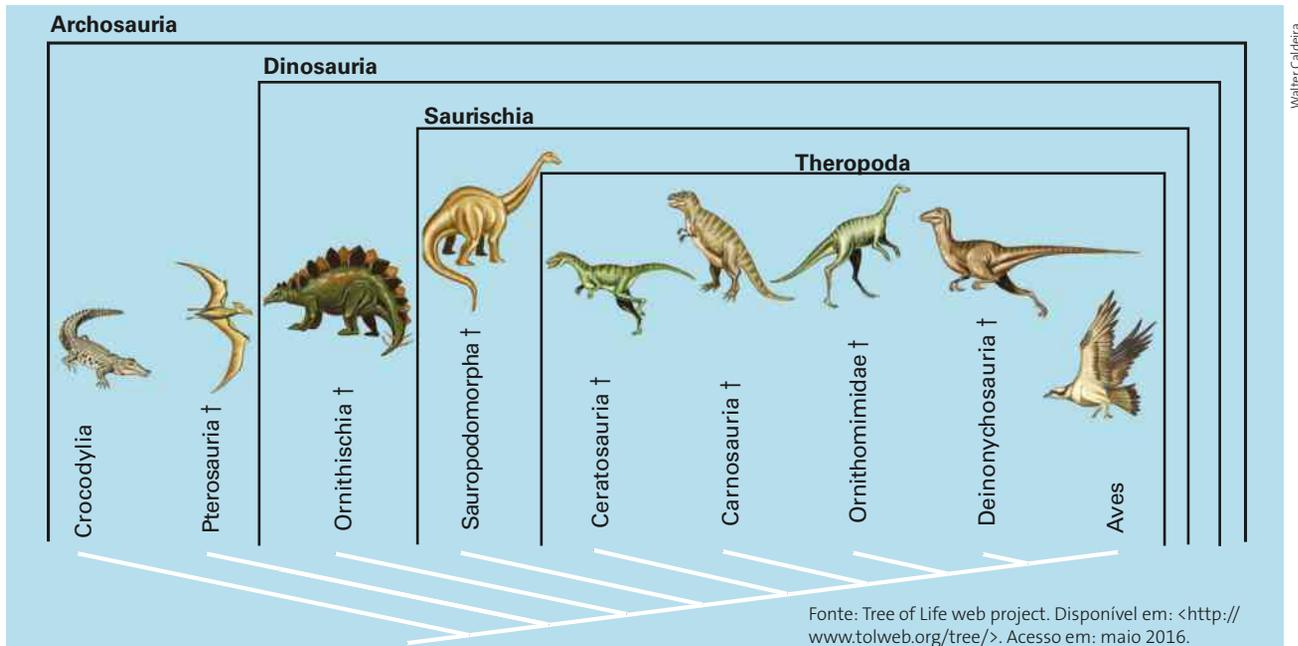
[...]

Os resultados ainda são preliminares. Ainda faltam diversos testes e várias etapas até chegar aos medicamentos de verdade. Porém, a boa promessa dos experimentos realizados com células (in vitro) já se repetiu nos primeiros estudos com ratos (in vivo). O que é um bom sinal, motivo para comemorações. [...].

JOHN, L. Veneno de cascavel pode ser usado para combater o câncer. Disponível em: <<http://viajeaquai.abril.com.br/materias/veneno-da-cascavel-pode-ser-usado-para-combater-cancer>>. Acesso em: abr. 2016.

Archosauria

Como já comentamos, os Archosauria incluem os crocodilos, os répteis fósseis voadores (pterosaurios), os dinossauros (fósseis) e as aves (Fig. 13.23). Trataremos as aves separadamente dos animais coletivamente chamados répteis.



▲ **Figura 13.23.** Este cladograma mostra as prováveis relações entre crocodilianos e os principais grupos de dinossauros Saurischia e as aves. As linhagens extintas estão marcadas com †. (Elementos representados em diferentes escalas; cores fantasia.)

Crocodylia

Os **crocodilianos** apresentam, além de escamas e placas córneas epidérmicas no revestimento do corpo, placas ósseas dérmicas. São semiaquáticos e podem ser encontrados em água doce e no mar. Todos são ovíparos.

Os crocodilianos estão divididos em três grupos:

- o dos **crocodilos**, que possuem representantes na água doce, no mar e em águas salobras; podem ser diferenciados dos jacarés por terem focinho mais estreito e pelo fato de, mesmo com a boca fechada, ser possível ver seus dentes superiores e inferiores, com destaque para o quarto dente inferior de cada lado da maxila (Fig. 13.24). Entre os crocodilos marinhos, há indivíduos que chegam a medir 7 m de comprimento. Não ocorrem no Brasil.



◀ **Figura 13.24.** Crocodilo fotografado na Cidade do Cabo, África do Sul.

- o dos **jacarés**, que vivem na água doce; têm focinho mais largo do que o dos crocodilos e, quando estão

com a boca fechada, é possível ver os dentes superiores, raramente alguns dos inferiores e nunca o quarto dente inferior (Fig. 13.25). O jacaré-açu, que ocorre na região amazônica, pode chegar a 5 m de comprimento.



▲ **Figura 13.25.** Jacaré-do-pantanal, fotografado no Pantanal, MS. Mede 2 m de comprimento.

- o dos **gaviais**, restritos aos rios da Índia; apresentam focinho bem estreito e longo (Fig. 13.26).



▲ **Figura 13.26.** Gavial, um crocodiliano com o focinho bastante alongado. Mede cerca de 2 m de comprimento.

2. Aves

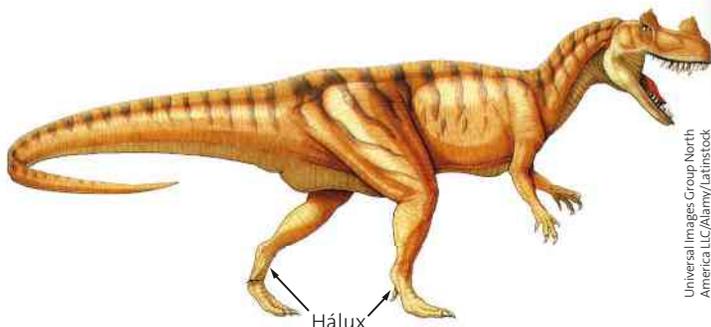
As aves surgiram no Mesozoico, também chamado de Era dos Répteis, a partir de um grupo de dinossauros carnívoros bípedes de pequeno porte que se deslocavam rapidamente sobre o solo. Apesar da presença das asas, elas não são relacionadas aos pterossauros, outro grupo de répteis voadores que também viveram no Mesozoico.

As aves situam-se dentro do grupo dos dinossauros Theropoda, mais próximas dos Deinonychosauria, e representam o único grupo de dinossauros que sobreviveu ao último evento de extinção em massa, que ocorreu no final do período Cretáceo. As aves compartilham muitos caracteres com dinossauros Theropoda, como o grande número de vértebras no pescoço, que tem forma de “S”, e ossos pneumáticos. Descobertas da década de 1990 aproximaram ainda mais esses dinossauros das aves. Foram encontrados na China fósseis de dinossauros com penas pertencentes a dois gêneros: *Caudipteryx* e *Protoarchaeopteryx*.

Com todas essas descobertas, a presença de ossos pneumáticos e penas deixam de ser uma característica exclusiva das aves. O que diferencia as aves dos demais dinossauros terópodes é o dedo do pé chamado **hálux**, que nas aves é voltado para trás, propiciando que elas se empoleirem, ou seja, se agarrem a galhos de árvores ou qualquer outra estrutura semelhante (Fig. 13.27). Nos demais dinossauros o hálux é virado para a frente (Fig. 13.28).



Almir Candido
Figura 13.27. Fotografia de *Euphonia pectoralis* empoleirado em galho de árvore. Mede cerca de 11 cm de comprimento.



Universal Images Group North America LLC/Alamy/Latinstock
Figura 13.28. Representação artística de *Ceratosaurus* sp. Note o hálux virado para a frente. Media cerca de 7 m de comprimento. (Cores fantasia.)

Com as crescentes descobertas de novos fósseis, a origem das aves continua em debate. A primeira ave a surgir provavelmente foi *Archaeopteryx lithographica* (Fig. 13.29), um fóssil datado de cerca de 150 milhões de anos. No entanto, outro fóssil mais antigo, datado de cerca de 160 milhões de anos, foi encontrado na China e passou a ser considerado como a primeira ave. Esse fóssil foi identificado como *Aurornis xui* (Fig. 13.30) e tem cerca de 51 cm de comprimento. Alguns pesquisadores, no entanto, contestam essa conclusão e consideram *A. lithographica* como sendo ainda a primeira ave.



CHRIS HELLERY/SP/Latinstock

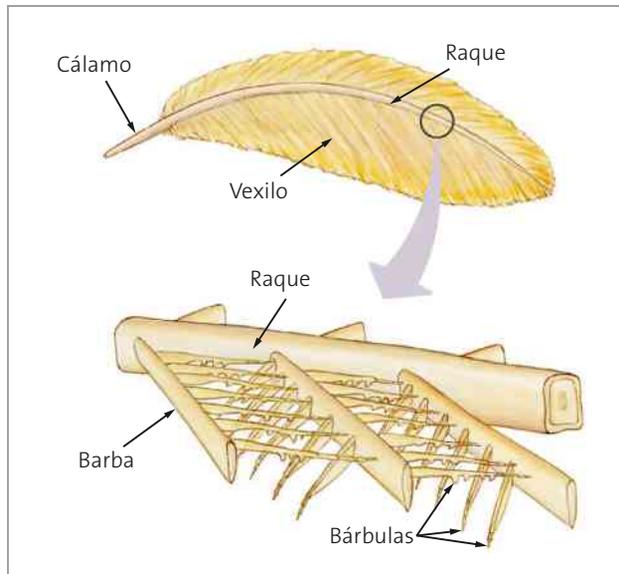
Figura 13.29. Fotografia de esqueleto fossilizado de *Archaeopteryx lithographica*. Mede cerca de 25 cm de comprimento.



Imageplus/Getty Images

Figura 13.30. Fotografia do fóssil do *Aurornis xui*, com cerca de 51 cm de comprimento.

A substância que forma as penas é a queratina, com grande capacidade de isolamento térmico. A estrutura da pena (Fig. 13.31) também contribui para esta função. As aves atuais têm taxa metabólica elevada, mantendo a temperatura do corpo constante.



^ **Figura 13.31.** Esquema mostrando a estrutura das penas de aves. As barbas e bárbulas dispõem-se muito próximas entre si, impedindo a passagem do ar e atuando como isolante térmico. (Elementos representados em diferentes escalas; cores fantasia.)

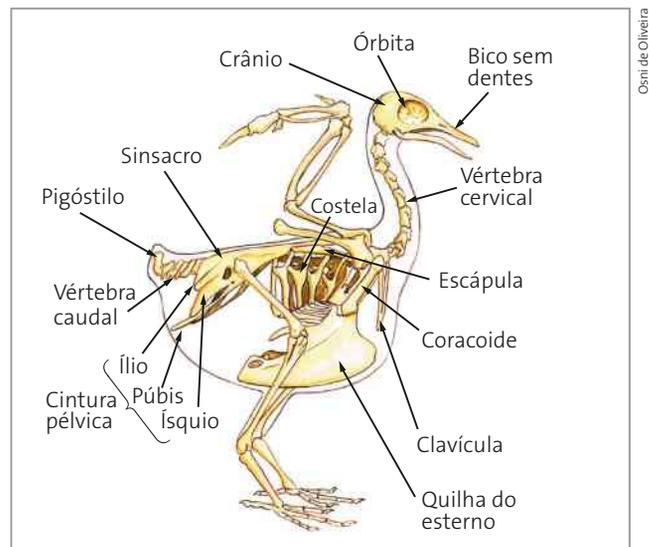
A importância das penas para o voo das aves veio associada a uma série de modificações no corpo desses animais, como a transformação dos membros anteriores em **asas**.

O esqueleto das aves atuais é formado em grande parte por ossos ocos (ossos pneumáticos), que são delicados e pouco densos. Há redução e fusão de ossos, o que torna o corpo compacto. A cauda é reduzida, e as cinturas escapular e pélvica são fundidas à coluna vertebral.

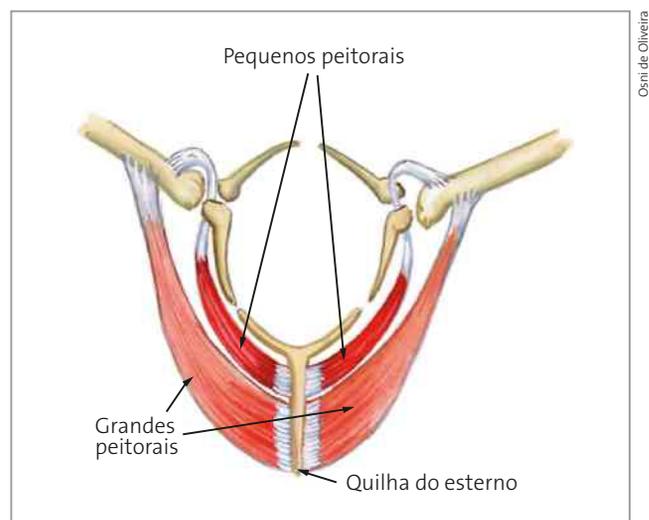
O osso esterno, que une ventralmente as costelas, apresenta, nas aves voadoras, uma projeção anterior denominada quilha ou carena (Fig. 13.32). Nela se prendem os potentes músculos peitorais responsáveis pelo batimento das asas: os pequenos peitorais, que as levantam, e os grandes peitorais, que as abaixam (Fig. 13.33).

O bico das aves atuais é desprovido de dentes. A dieta desses animais varia muito. Há espécies predadoras; as que ingerem grãos (chamadas granívoras); as que ingerem alimento fluido, como os beija-flores, que se alimentam de néctar; e as que ingerem frutas (frugívoras). Esses animais não mastigam o alimento.

Todas as aves reproduzem-se por fecundação interna, mas apenas 3% delas possuem pênis funcional. É o caso das aves do grupo do avestruz, da ema, dos macucos, dos emus, dos patos e dos jacus. Nas demais, o pênis é reduzido ou totalmente perdido.



^ **Figura 13.32.** Esquema do esqueleto de ave. (Cores fantasia.)



^ **Figura 13.33.** Esquema dos músculos peitorais responsáveis pelo batimento das asas, em vista frontal. (Cores fantasia.)

As aves são ovíparas, com ovos semelhantes aos dos répteis. A oviparidade evita aumento de peso da fêmea, pois a maior parte do desenvolvimento embrionário ocorre fora do corpo materno.

A excreta nitrogenada é o ácido úrico, uma adaptação ao tipo de desenvolvimento embrionário e ao hábito do voo.

A visão e a audição são bem desenvolvidas nas aves. Além disso, elas têm **siringe**, uma estrutura localizada na traqueia e responsável pela emissão de sons.

A pele é seca, sem glândulas, mas na maioria das espécies existe na região caudal uma glândula denominada **glândula uropigiana**, que produz secreção oleosa. Essa secreção é retirada pelo animal com o bico e espalhada sobre as penas, mantendo-as flexíveis e impermeáveis.

Apesar de as características das aves atuais estarem relacionadas com o voo (Fig. 13.34), existem exceções: o **quiwi** (*Apteryx* sp.), que vive na Nova Zelândia e tem asas atrofiadas; o **avestruz**, ave africana que pode chegar a 2,10 m de altura (a maior das aves); o **emu**, da Austrália e Nova Guiné; a **ema** (Fig. 13.35), ave sul-americana; e o **pinguim**, que, embora não voe, usa suas asas para o nado.

Luciano Candiani



Figura 13.34. Fotografia de arara-vermelha (*Ara chloroptera*), com cerca de 60 cm de comprimento, em Jardim, MS.

Luciano Candiani



Figura 13.35. Fotografia de ema (*Rhea americana*), em Bodoquena, MS. Mede cerca de 1,50 m de altura.

3. Mammalia

Como já foi comentado, logo no início da expansão dos amniotas no ambiente terrestre, uma linhagem derivou para os atuais répteis e aves, e outra, para os atuais **mamíferos**.

Os registros fósseis mais antigos de um mamífero datam de 225 milhões de anos, no início do Jurássico, antes das primeiras aves.

Esses primeiros mamíferos eram animais de pequeno porte (com massa estimada entre cerca de 50 g e 3 kg), que se alimentavam principalmente de insetos (Fig. 13.36). Tinham hábitos noturnos, o que era possível por já serem endotérmicos. Esses hábitos lhes permitiam explorar o ambiente quando os répteis diminuía sua atividade pela ausência do sol para aquecer-lhes o corpo.



Tania Ricci

Figura 13.36. Ilustração da reconstituição de um mamífero do início do Jurássico, feito com base principalmente na análise dos ossos do esqueleto. O tamanho aproximado desse animal era equivalente ao de um pequeno rato. (Cores fantasia.)

Durante toda a Era dos Répteis, os mamíferos foram pouco expressivos, diversificando-se somente após a extinção dos dinossauros. É provável que sua sobrevivência no período de baixas temperaturas, que se supõe ter sido uma das causas da extinção de alguns dinossauros, deveu-se ao fato de serem pequenos e endotérmicos.

Após esse período, a fauna de mamíferos expandiu-se muito, ocupando grande diversidade de ambientes: desde as regiões polares até os trópicos.

A maioria dos mamíferos é terrestre, mas existem representantes que retornaram secundariamente para o ambiente aquático, como os golfinhos e as baleias, e espécies adaptadas ao voo, como os morcegos.

Entre os mamíferos, existem desde animais de poucos centímetros, como alguns camundongos, até o maior animal da Terra, representado pela baleia-azul, que chega a medir 30 m de comprimento.

Os mamíferos receberam esse nome em função da característica mais marcante do grupo: as **glândulas mamárias**. Elas estão presentes em machos e fêmeas, sendo, no entanto, desenvolvidas e funcionais somente nas fêmeas, que produzem o leite do qual os filhotes se alimentam ao nascer.

Além de glândulas mamárias, que são estruturas derivadas da epiderme, esses animais apresentam outras estruturas epidérmicas exclusivas, que são anexos de sua pele: os **pelos**, as **glândulas sebáceas** e as **glândulas sudoríparas**.

Os pelos cobrem o corpo dos mamíferos e formam uma camada protetora contra a perda de calor para o ambiente, característica importante para um animal endotérmico.

As glândulas sebáceas estão geralmente associadas à base dos pelos, produzindo uma secreção oleosa que lubrifica os pelos e a pele.

As glândulas sudoríparas produzem o suor, que, além de outras substâncias, é rico em água e constitui um importante fator no mecanismo de regulação térmica do corpo.

Além dessas glândulas, algumas espécies possuem **glândulas odoríferas**, como é o caso do cangambá (ou jaritataca) (Fig. 13.37), um carnívoro de ampla distribuição no Brasil. Esse animal tem coloração preta, com uma faixa branca dorsal dividida longitudinalmente ao meio por uma linha preta. Com cerca de 50 cm de comprimento, defende-se com a eliminação de um líquido nauseante secretado por uma glândula anal. O cangambá não deve ser confundido com o gambá (Fig. 13.38), que é um marsupial.

Sob a pele dos mamíferos há a tela subcutânea (panículo adiposo), tecido rico em células adiposas, que atua como reserva de energia e isolante térmico, sendo bem desenvolvido em animais de clima frio, como focas, leões-marinhos e baleias.



Fabio Colombini

Figura 13.37. Fotografia de cangambá (*Conepatus semistriatus*). Mede cerca de 50 cm de comprimento.



Zig Koch/Natureza Brasileira

Figura 13.38. Fotografia de gambá (*Didelphis* sp.). Mede cerca de 30 cm de comprimento.

3.1. Diversidade dos mamíferos

Os mamíferos são classificados em três grupos: **prototérios**, **metatérios** e **eutérios**.

Prototheria ou Monotremata

Nesse grupo, estão mamíferos que botam ovos semelhantes aos dos répteis e das aves. Os filhotes mamam o leite que escorre das glândulas mamárias da mãe, entre os pelos do corpo. Não existem mamilos, estruturas que ocorrem nos demais mamíferos.

Estão representados pelo **ornitorrinco** (Fig. 13.39) e pela **equidna** (Fig. 13.40), restritos à Austrália e à Nova Guiné.

Tom McHugh/Photo Researchers/Getty Images



Figura 13.39. Fotografia de ornitorrinco durante mergulho em um lago. Mede cerca de 70 cm de comprimento.



Staffan Widstrand/Corbis/Latinstock

Figura 13.40. Fotografia de equidna na Austrália. Mede cerca de 30 cm de comprimento.

Metatheria ou Marsupialia

Agrupa mamíferos vivíparos, cujos embriões passam por um curto período de gestação no útero da fêmea e nascem sem estar completamente formados. Logo após o nascimento, os embriões entram no marsúpio da mãe e aí completam seu desenvolvimento, alimentando-se do leite materno.

Existem atualmente cerca de 280 espécies de marsupiais, restritos à região australiana e ao Novo Mundo. Um dos mais conhecidos é o **canguru** (Fig. 13.41), animal que vive na Austrália. No Brasil, os marsupiais mais comuns são o **gambá** e a **cuíca** (Fig. 13.42).



Figura 13.41. Fotografia de fêmea de canguru com seu filhote no marsúpio. Mede cerca de 1,30 m de altura.

Figura 13.42. Fotografia de cuíca amamentando seus filhotes. A mãe mede cerca de 20 cm de comprimento, sem a cauda.



Eutheria

Nesse grupo estão mamíferos vivíparos que passam por um período de gestação suficientemente longo para nascerem completamente formados. Os eutérios são também chamados **mamíferos placentários**, pois durante o desenvolvimento embrionário forma-se no útero da fêmea a **placenta** bem desenvolvida. Nos metatérios, a placenta é reduzida ou ausente.

O termo placenta é usado para qualquer tipo de órgão formado pelo contato íntimo entre tecido uterino ou do oviduto e membranas extraembrionárias.

A função da placenta é a troca de substâncias entre mãe e filhote. Através dela o filhote recebe da mãe nutrientes e gás oxigênio e passa para a mãe excretas nitrogenadas e gás carbônico. Essas trocas são efetuadas por difusão, possível por conta da proximidade entre os vasos sanguíneos da mãe e os do embrião ou feto. Não existe continuidade física entre circulação materna e circulação fetal: os vasos sanguíneos da mãe não penetram no corpo do embrião, nem os vasos sanguíneos do embrião penetram no corpo da mãe.

Nos mamíferos ovíparos, como o ornitorrinco e a equidna, não há placenta.

Além dos mamíferos vivíparos, a placenta ocorre em outros grupos animais, como certos peixes e répteis vivíparos. O tipo de membrana extraembrionária

que participa da formação da placenta varia conforme o grupo animal. Marsupiais e alguns eutérios possuem placenta **cório-vitelínica**. Os demais eutérios apresentam placenta **cório-alantoica**.

Os eutérios são o grupo mais diversificado de mamíferos. São exemplos: tamanduá, preguiça, tatu, toupeira, cachorro, leão, urso, gato, guaxinim, morcego (Fig. 13.43), hiena, leão-marinho, peixe-boi (Fig. 13.44), morsa, foca, rato, capivara (Fig. 13.45), paca, esquilo, porco, hipopótamo, veado, camelo, girafa, carneiro, boi, cavalo, baleia, golfinho, elefante, macaco e ser humano.



Figura 13.43. Morcego, um exemplo de mamífero eutério. Mede cerca de 20 cm de envergadura.



^ **Figura 13.44.** Fotografia de peixe-boi (ordem Sirenia). Esta espécie vive em água doce e mede cerca de 2 m de comprimento, mas há espécie de peixe-boi marinho. Todas elas estão ameaçadas de extinção e, desde 1967, são protegidas por lei no Brasil.



^ **Figura 13.45.** Fotografia de capivara (ordem Rodentia) com seus filhotes. Esses animais vivem perto de lagos, rios e alagados, onde nadam com destreza. São os maiores roedores conhecidos, chegando a 60 cm de altura e a 80 kg.



Tema para discussão

REGISTRE
NO CADERNO



Serpentes peçonhentas do Brasil: reconhecimento e primeiros socorros

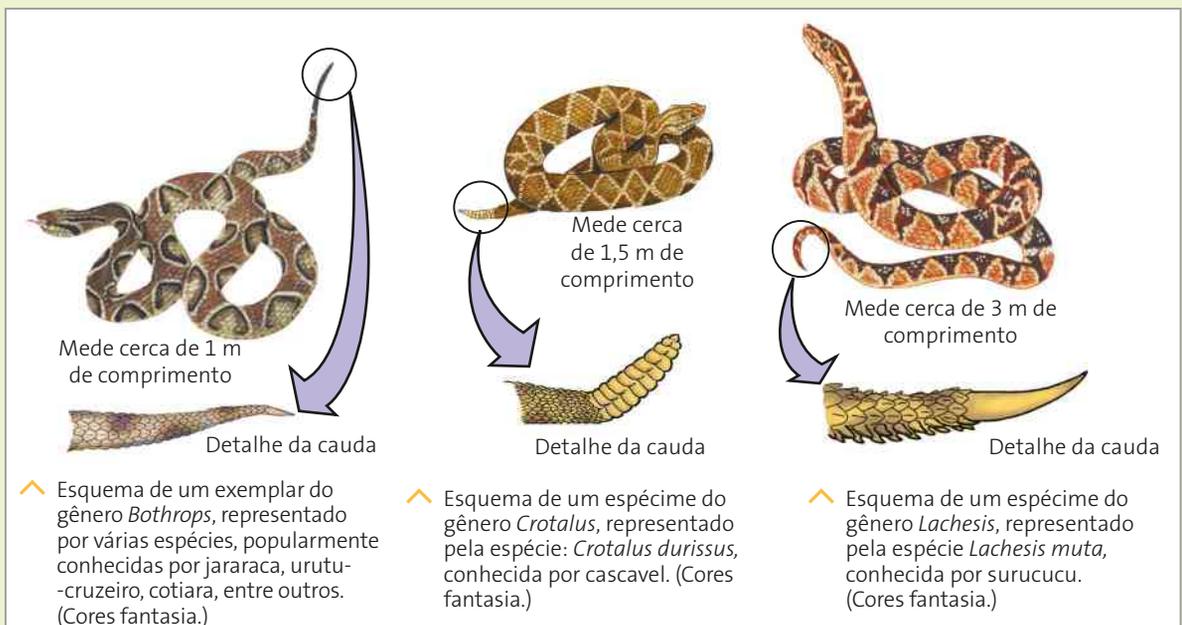
É fundamental poder reconhecer as serpentes peçonhentas para prevenir acidentes e saber como agir se eles acontecerem. Procedimentos inadequados podem levar uma pessoa acidentada à morte.

As serpentes peçonhentas que ocorrem no Brasil pertencem a dois grupos: **crotalíneos**, responsáveis por 99% dos acidentes, e **elapíneos**, responsáveis por 1% dos acidentes.

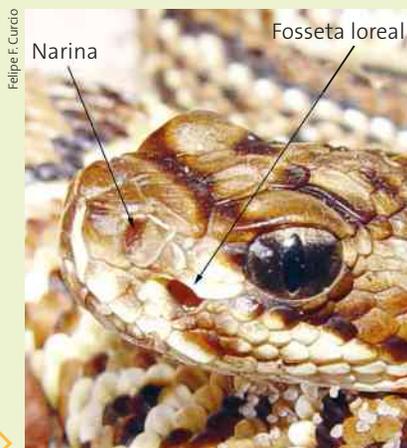
Crotalíneos

Os crotalíneos apresentam as seguintes características:

- a) cauda diferenciada do restante do corpo e pode ser de três tipos, dependendo do gênero:
- cauda com aspecto uniforme, em *Bothrops* (gênero ao qual pertencem as jararacas);
 - cauda com chocalho (guizo), em *Crotalus* (gênero ao qual pertence a cascavel);
 - cauda com escamas arrepiadas, em *Lachesis* (gênero ao qual pertence a surucucu).



- b) cabeça triangular, recoberta por escamas pequenas; dentição solenóglifa; presença de **fosseta loreal**, estrutura localizada entre os olhos e as narinas, com função termorreceptora, que permite aos crotalíneos perceber o calor do corpo de suas presas. A presença de fosseta loreal gerou a denominação popular cobras-de-quatro-ventas (venta significa narina), pois temos a impressão de que esses crotalíneos possuem quatro narinas, o que não é verdade.



Fotografia de cabeça de serpente mostrando a fosseta loreal: orifício entre a narina e o olho.

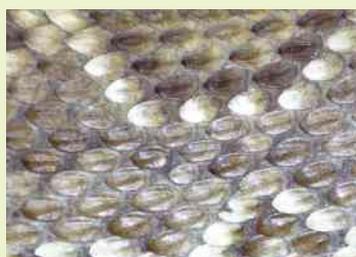


Juarez Silva

Fotografia de serpente peçonhenta com dentição solenóglifa. Pode-se observar na imagem goticulas de veneno escorrendo pelas presas.

- c) parte superior do corpo recoberta por escamas sem brilho, dotadas de quilha.

O veneno das serpentes pertencentes ao gênero *Bothrops* tem ação proteolítica, coagulante e hemorrágica; no gênero *Crotalus*, o veneno tem ação neurotóxica, coagulante e miotóxica; e no gênero *Lachesis* tem ação proteolítica, hemorrágica e neurotóxica.



Luciano Gandisani

Fotografia de escamas de serpente crotalínea. Observe o formato e a ausência de brilho.

Elapíneos

As serpentes do grupo dos elapíneos são chamadas de corais-verdadeiras e pertencem principalmente ao gênero *Micrurus*. Em geral, apresentam anéis vermelhos no corpo, alternados com anéis de outras cores, como preto e amarelo, embora exista na Amazônia uma espécie de coral-verdadeira que não apresenta anéis no corpo e tem coloração escura ou preta, às vezes com manchas avermelhadas.

Os elapíneos são serpentes peçonhentas que se assemelham muito a outros grupos de serpentes de coloração avermelhada e com anéis coloridos no corpo, as chamadas **falsas-corais**. São várias as espécies de falsas-corais, e a distinção entre elas e as corais-verdadeiras é muito difícil.

As corais, verdadeiras ou falsas, têm corpo recoberto por escamas lisas e brilhantes e cabeça arredondada recoberta por escamas grandes; não apresentam fosseta loreal. A fosseta loreal também está ausente nas serpentes não peçonhentas pertencentes a outras espécies.



Felipe F. Curcio

Fotografia de coral-verdadeira. Mede entre 0,5 m e 1 m de comprimento.



Felipe F. Curcio

Fotografia de falsa-coral. Mede cerca de 1 m de comprimento.

A principal característica que diferencia corais-verdadeiras de falsas-corais é a dentição: nas corais-verdadeiras a dentição é **proteróglifa**. Esse é o caráter mais confiável para se diferenciar esses animais.

As serpentes não peçonhentas são áglifas ou opistóglifas.

Apresentaremos, a seguir, as principais medidas para prevenir acidentes com serpentes e os primeiros socorros a serem oferecidos às vítimas, segundo publicações do Ministério da Saúde e do Instituto Butantan, de São Paulo.

Como prevenir acidentes

- Oitenta por cento das picadas atingem as pernas, abaixo dos joelhos. Use botas ou botinas com perneiras de couro.
- Dezenove por cento das picadas atingem as mãos ou antebraços. Use luvas de aparas de couro para remexer em montes de lixo, folhas secas, buracos, lenha ou palha. Afaste galhos com um pedaço de pau.
- Serpentes gostam de se abrigar em locais quentes, escuros e úmidos. Cuidado ao mexer em pilhas de lenha, palhadas de feijão, milho ou cana. Cuidado ao revirar cupinzeiros.
- Onde tem rato, tem serpente. Não deixe amontoar lixo. Limpe paióis e terreiros. Feche buracos de muros, portas e janelas.
- Atenção ao calçar sapatos e botas. Animais peçonhentos podem se refugiar dentro deles.
- Lembre-se: na natureza não há vilões. Não mate serpentes simplesmente por estarem vivas. Elas mantêm o equilíbrio natural, comendo roedores, que transmitem doenças e dão prejuízos às plantações e paióis.

Fonte dos dados: Instituto Butantan, São Paulo.

Primeiros socorros

- Manter o acidentado deitado em repouso, evitando que ele ande, corra ou se locomova por seus próprios meios. A locomoção facilita a absorção do veneno e, em caso de acidente com jararacas, caiaçacas, jararacuçu etc., os ferimentos se agravam. No caso de o acidente ter sido em uma perna ou braço, é importante manter esse membro em posição mais elevada.
- Levar o acidentado imediatamente para centros de tratamento ou serviço de saúde mais próximo para tomar o soro específico.
- Não se deve amarrar ou fazer torniquete para isolar o veneno na região atingida. O garrote impede a circulação do sangue, podendo produzir necrose ou gangrena. O sangue deve circular normalmente. Também não se devem colocar na picada folhas, pó de café, terra, fezes, pois podem provocar infecção.
- Não se deve cortar o local da picada. Alguns venenos podem provocar hemorragia. Os cortes feitos no local da picada com canivetes e outros objetos não desinfetados favorecem as hemorragias e infecções.
- Não se deve permitir que o acidentado beba querosene, álcool, urina ou fumo, pois, além de não ajudarem, podem causar intoxicação.

Fonte dos dados: folheto do Ministério da Saúde.

Embora haja soros polivalentes, a melhor opção no caso de picada de serpente é o soro específico:

- antibotrópico, contra veneno das jararacas;
- anticrotálico, contra veneno da cascavel;
- antilaquétrico, contra veneno da surucucu;
- antielapídico, contra veneno das cobras-corais.

Professor(a), veja nas Orientações didáticas os comentários e as respostas das questões dissertativas.

- Pesquise mais informações sobre serpentes peçonhentas e elabore um folheto de divulgação que poderia ser usado para informar a população sobre como diferenciar os gêneros de serpentes peçonhentas que ocorrem no Brasil. Mencione as principais medidas preventivas e os primeiros socorros. Especialmente se sua escola fica próxima da zona rural, é importante você divulgar seu conhecimento sobre serpentes peçonhentas. Enfatize a enorme relevância da identificação da espécie de serpente no caso de algum acidente, já que os soros mais eficientes são os específicos. Quando não se identifica a espécie da serpente, usa-se o soro polivalente. Como atividade em grupo, você e os colegas podem publicar no *blog* da turma um minimanual com as fotografias, os nomes e os hábitos mais marcantes das espécies de serpentes peçonhentas brasileiras.



Retomando

Neste capítulo, você conheceu as principais características dos grupos de vertebrados que conquistaram definitivamente o ambiente terrestre, e entendeu as relações evolutivas entre eles. Baseando-se nesse novo conhecimento, reescreva as respostas que deu às questões da seção **Pense nisso**. Poderíamos chamar as aves de répteis? E quanto aos mamíferos? Justifique sua resposta.

Professor(a), veja nas Orientações didáticas os comentários e as respostas das questões dissertativas.



Ampliando e integrando conhecimentos



Atividade 1 Padrões da determinação do sexo pela temperatura e dimorfismo sexual em répteis

Habilidades do Enem: H14, H15, H17.

Leia o texto a seguir:

[...]

Ewert & Nelson (1991) classificaram os padrões de determinação sexual dos répteis em três tipos: Padrão Ia: baixas temperaturas de incubação produzem machos e altas temperaturas, fêmeas; as fêmeas adultas são maiores que os machos. É exclusivo e o mais comum para tartarugas; Padrão Ib: baixas temperaturas de incubação geram fêmeas e altas temperaturas, machos; os machos são maiores que as fêmeas. É conhecido para lagartos e crocodilianos; Padrão II: apresenta duas temperaturas pivotais, sendo que baixas e altas temperaturas de incubação geram fêmeas e temperaturas intermediárias, machos [...]; machos e fêmeas adultos têm, aproximadamente, o mesmo tamanho. Ocorre em todos os grupos de répteis.

[...]

A determinação do sexo pela temperatura em répteis foi parcialmente justificada com base no dimorfismo entre os animais adultos (Head et al., 1987). A base deste raciocínio está na constatação que os filhotes gerados nas temperaturas de incubação mais elevadas nascem maiores, crescem mais rápido e tornam-se adultos de maior porte. Crocodilos (padrão Ib) machos são maiores que as fêmeas, refletindo a importância das competições pelo acasalamento. No geral, as tartarugas (padrão Ia) fêmeas adultas são maiores que os machos e as disputas territoriais não são intensas como nos crocodilos. Fêmeas maiores também apresentam maiores desovas. [...]

[...]

FERREIRA JÚNIOR, P. D. Aspectos ecológicos da determinação sexual em tartarugas. *Acta Amazonica*, v. 39, 2009. p. 129-144. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/aa/v39n1/a14v39n1.pdf>>. Acesso em: mar. 2016.

Com base nessas informações, responda:

- Sabendo que entre as tartarugas não há cuidado com a prole, qual seria a vantagem adaptativa do padrão Ia de determinação do sexo?
- Se você tivesse uma empresa de criação de jacarés-do-pantanal (*Caiman crocodilus yacare*), cuja temperatura pivotal é 31,5 °C, a melhor opção seria manter, nos ninhos, uma temperatura pouco acima ou pouco abaixo da pivotal? Justifique.
- Qual padrão de determinação do sexo por temperatura você esperaria encontrar em espécies de répteis com ampla distribuição geográfica, em termos de latitude? Justifique.
- Discuta com os colegas um possível impacto que o aumento rápido da temperatura ambiente poderia provocar em uma população de jacarés presente em determinada área. Justifique a resposta.

Atividade 2 Metabolismo em répteis Habilidades do Enem: H14, H28.

Um grupo de turistas programou uma visita a um parque estadual com o objetivo de observar lagartos. No primeiro dia da excursão, eles saíram para uma observação em campo pela parte da manhã. O céu estava nublado e a temperatura, em torno de 18 °C. Com relação aos vertebrados, eles avistaram apenas algumas aves e um tamanduá-mirim.

Ao final do dia, os turistas disseram ao guia da excursão que acharam estranho aquela região não ser povoada por lagartos, ao contrário do que a empresa lhes havia informado antes da viagem. O guia, então, garantiu-lhes que a informação fornecida estava correta e que comprovariam isso no dia seguinte, quando sairiam para uma nova observação de campo a partir do meio-dia, pois, segundo a previsão do tempo, o céu estaria limpo e a temperatura mais alta, em torno de 30 °C.

Responda:

- De acordo com seus conhecimentos sobre lagartos, você acha que a informação fornecida pelo guia estava correta? Justifique.
- Qual é a limitação que o tipo de metabolismo dos répteis atuais lhes impõe sobre sua atividade no ambiente?
- Como se denominam os animais com o tipo de metabolismo dos répteis? Esses animais precisam gastar mais energia no verão ou no inverno? Justifique suas respostas.
- O que permite às aves e ao tamanduá-mirim aparecerem ativos em dias mais frios?

Atividade 3 Pinguins-imperadores suportam o inverno na Antártida Habilidades do Enem: H14, H16, H28.

Conheça o pinguim-imperador, estrela do filme *A Marcha dos Pinguins*

[...]

Origem: Antártida. É um dos poucos animais que vivem no continente gelado durante o inverno, quando as temperaturas podem chegar a menos de 60 °C negativos. Curiosamente, esta também é a estação do ano que o pinguim-imperador escolheu para se reproduzir — a maioria das aves faz isso na primavera.

Tamanho: É a maior de todas as espécies de pinguins, pode alcançar mais de 1,20 m de altura e pesar mais de 40 kg.

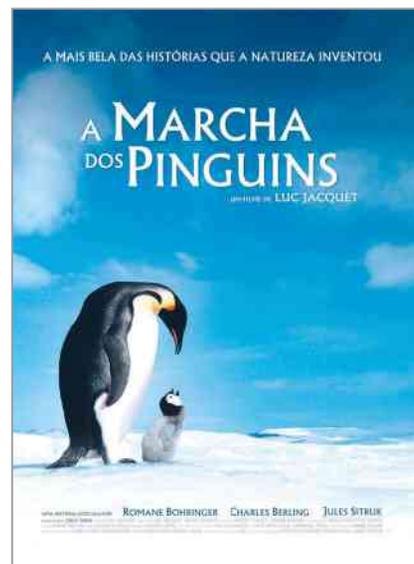
Aparência: Sua pelagem é cinzento-azulada nas costas, branca no abdômen e preta na cabeça e barbatanas. O adulto se caracteriza por apresentar grandes manchas alaranjadas ou amarelas nos lados do pescoço. São bem gordos (possuem uma grossa camada de gordura), o que os ajuda a suportar o frio. Seus pés têm garras fortes, para agarrar o gelo enquanto andam.

Alimentação: Pequenos peixes, *krill* e lulas.

Hábitos: O pinguim-imperador é a única espécie de pinguim que não é territorial. Como animal social, ele vive em grandes bandos, o que o ajuda a se aquecer quando é necessário. Durante uma tempestade de inverno, por exemplo, os pinguins-imperadores se agrupam em um grande círculo, que gira enquanto seus membros se revezam entre a borda e o centro: quem já se aqueceu dá a vez para quem estava “congelando” na beirada. Apesar de parecerem desajeitados na terra, dentro da água são ótimos nadadores: atingem a velocidade de até 60 km/h, podem mergulhar a uma profundidade de mais de 500 m e ficar submersos por até 20 min. Os predadores naturais do pinguim-imperador incluem a orca, a foca-leopardo e os tubarões.

[...]

UOL Bichos. Conheça o pinguim-imperador, estrela do filme *A marcha dos pinguins*. In: *Universo Online*, São Paulo, 12 jan. 2006. Disponível em: <<http://noticias.uol.com.br/ultnot/bichos/ultnot/2006/01/12/conheca-o-pinguim-imperador-estrela-do-filme-a-marcha-dos-pinguins.jhtm>>. Acesso em: mar. 2016.



Cartaz de divulgação do filme *A Marcha dos Pinguins*.

Responda:

- O texto fornece a informação de que os pinguins-imperadores permanecem no continente durante o inverno para se reproduzir. Esse comportamento proporciona uma vantagem que favorece a sobrevivência dos filhotes. Que vantagem seria essa?

Atividade 4 Serpente tem placenta? Habilidades do Enem: H13, H14, H16, H28.

Leia a seguir o resumo de trabalho apresentado no III Simpósio do Programa Biota/Fapesp.

Serpentes têm placenta? Uma análise da viviparidade na cascavel, *Crotalus durissus terrificus*. (Serpentes. Viperidae)

Durante a evolução, muitas espécies gradualmente passaram a reter, por cada vez mais tempo, os ovos no interior dos ovidutos, propiciando o desenvolvimento das relações nutricionais maternos-fetais, culminando com a condição de viviparidade. Segundo a literatura, a alantoplacenta em lagartos e serpentes se forma durante a

evolução da viviparidade através da oposição do corioalantoide com o revestimento uterino. [...] Este é o primeiro trabalho a descrever a morfologia micro e macroscópica da placenta de *Crotalus durissus terrificus*. [...] Constatou-se que durante o desenvolvimento embrionário os embriões ocupam nas fêmeas prenhes um espaço ao longo do útero em uma série de câmaras uterinas separadas por constrições. Essas constrições funcionam como “implantações”, limitando o movimento dos ovos. O ovo em desenvolvimento distende a parede uterina, de modo que as membranas extraembrionárias ficam em íntima associação com o revestimento uterino. Uma membrana fina vestigial da casca permanece entre a membrana corioalantoide e o epitélio uterino. Ambos os epitélios são altamente vascularizados com capilares alantoicos próximos aos capilares maternos. A placenta de *C. durissus* é corioalantoide [...]

ALMEIDA-SANTOS, S. M.; MIGLINO, M. A.; ORSI, A. M. *Serpentes têm placenta?*
In: Anais do III Simpósio do Programa Biota/Fapesp. São Carlos-SP, v. 3, 2002. p. 70.

Com base no texto, responda:

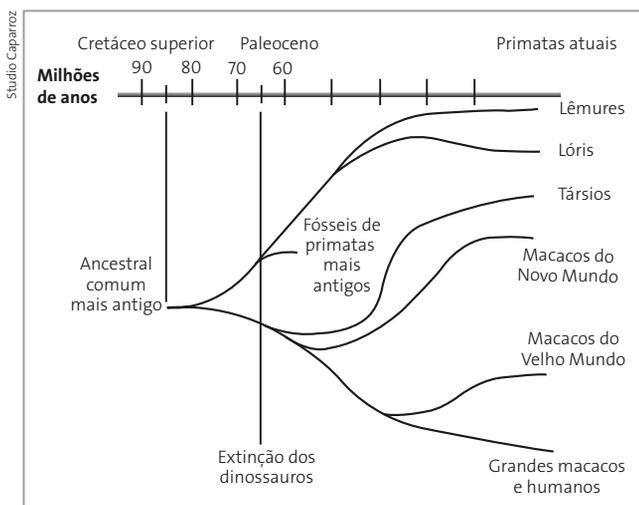
- A placenta não é uma estrutura que ocorre apenas em mamíferos metatérios e eutérios, como muitos pensam, e isso fica bem claro no trabalho citado acima. Compare a placenta da cascavel com a dos mamíferos. Com qual grupo de mamíferos a placenta da cascavel compartilha o mesmo tipo de membrana extraembrionária na composição da porção fetal da placenta?
- Qual é a função da placenta?



Testes

REGISTRE
NO CADERNO

- (Enem) Foi proposto um novo modelo de evolução dos primatas elaborado por matemáticos e biólogos. Nesse modelo o grupo de primatas pode ter tido origem quando os dinossauros ainda habitavam a Terra, e não há 65 milhões de anos, como é comumente aceito.



Fonte: AGUIAR, R. *Ciência Hoje* on-line, 13 maio 2002.

Examinando esta árvore evolutiva podemos dizer que a divergência entre os macacos do Velho Mundo e o grupo dos grandes macacos e de humanos ocorreu há aproximadamente:

- 10 milhões de anos.
- 40 milhões de anos.
- 55 milhões de anos.
- 65 milhões de anos.
- 85 milhões de anos.

- (Enem) Em certas localidades ao longo do rio Amazonas, são encontradas populações de determinada espécie de lagarto que se reproduzem por partenogênese. Essas populações são constituídas, exclusivamente, por fêmeas que procriam sem machos, gerando apenas fêmeas. Isso se deve a mutações que ocorrem ao acaso nas populações bissexuais. Avalie as afirmações seguintes, relativas a esse processo de reprodução.

- Na partenogênese, as fêmeas dão origem apenas a fêmeas, enquanto, nas populações bissexuadas, cerca de 50% dos filhotes são fêmeas.
- Se uma população bissexuada se mistura com uma que se reproduz por partenogênese, esta última desaparece.
- Na partenogênese, um número x de fêmeas é capaz de produzir o dobro do número de descendentes de uma população bissexuada de x indivíduos, uma vez que, nesta, só a fêmea põe ovos.

É correto o que se afirma:

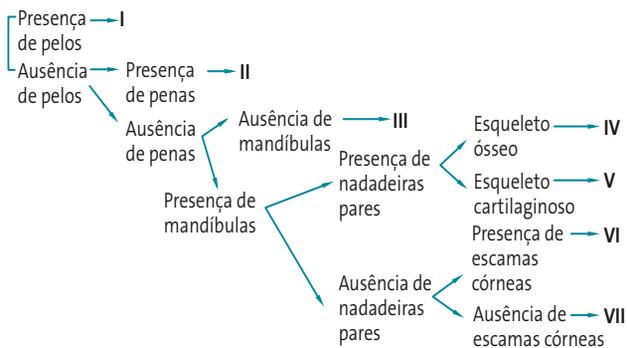
- apenas em I.
- apenas em II.
- apenas em I e III.
- apenas em II e III.
- em I, II e III.

- (UFMT) A diversidade faunística do pantanal mato-grossense tem atraído para essa região central do Brasil inúmeros pesquisadores e turistas estran-

geiros, interessados em observar principalmente a nossa fauna ornitológica. Assinale a alternativa em que todas as características são próprias de representantes desse ramo da zoologia.

- x a) Homeotermo, fecundação interna, glândula uropigiana e respiração pulmonar.
- b) Fecundação interna, respiração pulmonar, glândula mamária e homeotermo.
- c) Respiração branquial, fecundação interna, peilotermo e corpo revestido de escamas.
- d) Glândula mucosa, fecundação externa, respiração cutânea e peilotermo.
- e) Fecundação externa, heterotermo, ovíparo e respiração pulmonar.

4. (Fuvest-SP) Num exercício prático, um estudante analisou um animal vertebrado para descobrir a que grupo pertencia, usando a seguinte chave de classificação. O estudante concluiu que o animal pertencia ao grupo VI. Esse animal pode ser:



- a) um gambá.
- x b) uma cobra.
- c) um tubarão.
- d) uma sardinha.
- e) um sapo.

5. (UFPE) Os mamíferos atuais podem ser agrupados em prototérios (monotremados), metatérios (marsupiais) e eutérios (placentários). Assinale a alternativa que indica apenas mamíferos eutérios, considerando que, nesses animais, o período de gestação é mais longo que o observado nos metatérios, o desenvolvimento embrionário ocorre no interior do útero materno e, em consequência, os filhotes nascem completamente formados.

- a) Gambá, leão-marinho e capivara.
- b) Coelho, canguru e peixe-boi.
- c) Morcego, gambá e canguru.
- x d) Rato, morcego e baleia.
- e) Gambá, peixe-boi e baleia.

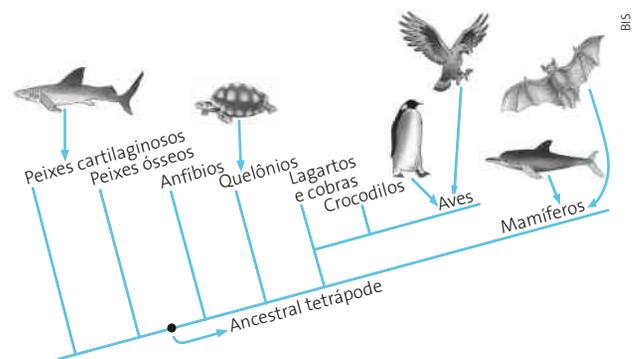
6. (Ufla-MG) Considere os pares dos diferentes termos:

- olhos sem pálpebras e olhos com pálpebras;
- fecundação externa e fecundação interna;
- ovos sem casca e ovos com casca;
- amônia e ácido úrico.

Eles descrevem a mudança de animais de:

- a) ambientes terrestres para ambientes aquáticos.
- b) ambientes aquáticos marinhos para ambientes aquáticos dulcícolas.
- c) ambientes tropicais para ambientes temperados.
- x d) ambientes aquáticos para ambientes terrestres.
- e) ambientes temperados para ambientes tropicais.

7. (UFPB) As figuras e o cladograma, abaixo, destacam quatro grupos de organismos cujas histórias evolutivas são distintas, fato denotado por sua morfologia, por seus hábitos e pela história evolutiva expressa no cladograma. Atente para o fato de que homólogias são decorrentes de herança, a partir de um ancestral comum, e que analogias são decorrentes de convergência evolutiva.



Analisando as informações apresentadas, identifique, dentre as proposições a seguir, as verdadeiras.

- x a) Os elementos ósseos que compõem o apêndice anterior de tartarugas, gaviões e morcegos são estruturas homólogas.
- x b) As asas de pinguins e nadadeiras de tartarugas são órgãos análogos, mas não homólogos, visto que são novidades evolutivas produzidas em linhagens independentes, embora sejam formados pelos mesmos elementos ósseos do ancestral tetrápode.
- x c) As nadadeiras peitorais dos tubarões e dos golfinhos são órgãos análogos, mas não homólogos, porque foram formados em ancestrais diferentes.
- x d) As asas de pinguins e de gaviões são órgãos homólogos, mas não análogos.
- e) As semelhanças entre a forma do corpo dos tubarões e dos golfinhos decorrem de herança a partir de um ancestral comum, sendo, portanto, homólogos.

Forma e função dos animais: um estudo comparado

Luciano Cardisani



Figura 14.1. A diversidade animal é enorme e cada espécie tem suas adaptações peculiares ao meio. Conhecer todas as adaptações é tarefa que provavelmente não se esgotará. A cada nova descoberta, perceberemos como ainda temos muito a aprender e a compreender. O cavalo-marinho é um desses animais com adaptações curiosas. Não parece peixe, mas é peixe. O nome se deve à forma da cabeça, que lembra a de um cavalo. É o único peixe que tem cabeça perpendicular ao corpo. Com seus cerca de 15 cm de comprimento, vive geralmente com sua cauda enrolada em algas e gramíneas marinhas. Nada pouco, vibrando as nadadeiras dorsais. É carnívoro, alimentando-se de pequenos crustáceos, moluscos e vermes, que são sugados por seu focinho tubular. Curiosamente, é o macho que incuba os ovos em um marsúpio no abdômen e os filhotes saem do marsúpio ainda pequenos, mas independentes em sua vida no mar.



Pense nisso

- Os animais, como o cavalo-marinho mostrado na fotografia acima, retiram substâncias do meio em que vivem, assim como liberam substâncias nesse ambiente. Portanto, os animais realizam trocas com o ambiente por razões diversas. Cite exemplos de situações da vida do cavalo-marinho em que são realizadas essas trocas. Quais substâncias participam de cada uma delas?
- Considere animais que convivem no mesmo ambiente marinho, como os tubarões e as baleias. Todos eles realizam trocas com o meio de forma semelhante? Justifique.
- Os ossos auxiliam na sustentação do corpo e na locomoção de diversos animais vertebrados. Em sua opinião, como os animais que não têm ossos sustentam o corpo? Como se locomovem?

1. Sustentação e locomoção

Professor(a), o estudo da contração muscular será feito no volume 3 desta coleção.

Os sistemas de sustentação e locomoção evoluíram juntos e geralmente funcionam de modo integrado.

Existem três tipos básicos de esqueleto.

- **Hidroestático:** ocorre principalmente em animais com cavidades corpóreas amplas (Fig. 14.2). Esse tipo de esqueleto depende da propriedade dos líquidos de serem incompressíveis; quando o músculo de uma região do corpo se contrai, cria-se uma

pressão hidrostática no líquido contido na cavidade corporal, e essa pressão é transmitida em todas as direções, modificando o corpo. Ocorre principalmente em nematódeos e anelídeos.

- **Endoesqueleto com elementos rígidos** (*endo* = interno): ocorre em poríferos, alguns cnidários, alguns moluscos, em todos os equinodermos e cordados (Fig. 14.3).

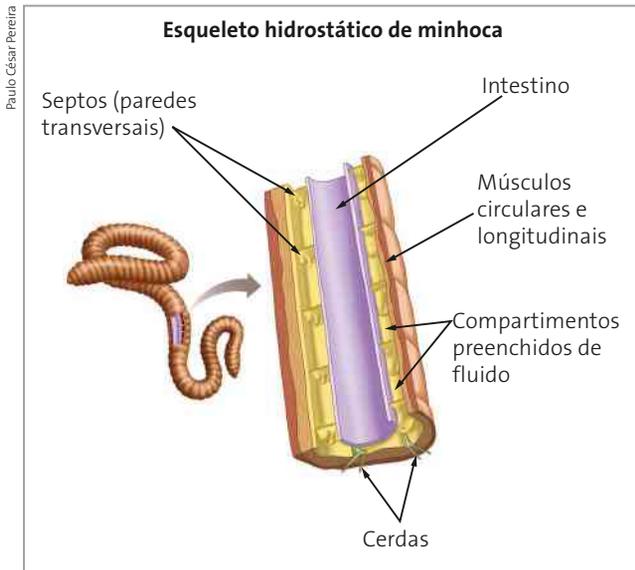


Figura 14.2. Esquema de minhoca (mede cerca de 7 cm de comprimento) e detalhe de corte longitudinal mostrando a localização do esqueleto hidrostático: o espaço celomático cheio de fluido que existe em cada segmento. (Elementos representados em diferentes escalas; cores fantasia.)

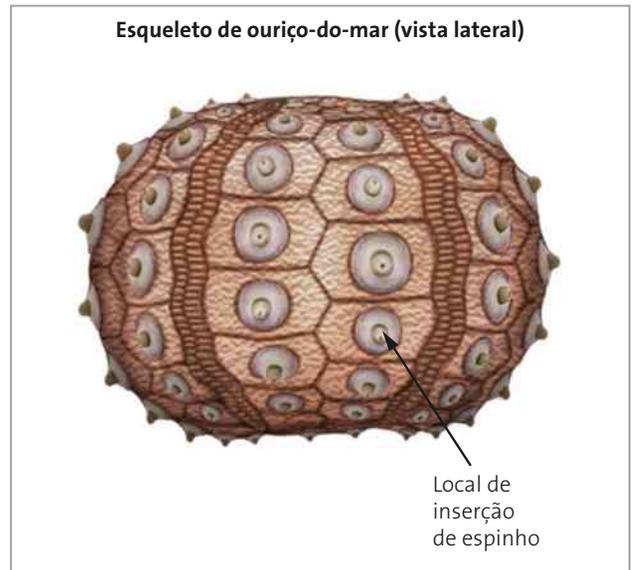


Figura 14.3. Esquema de vista lateral de endoesqueleto calcário de ouriço-do-mar, um equinodermo (aproximadamente 8 cm de diâmetro). As formações hemisféricas que se parecem com “verrugas” são locais onde se articulam os espinhos móveis, não representados. (Elementos representados em diferentes escalas; cores fantasia.)

- **Exoesqueleto com elementos rígidos** (*exo* = externo): ocorre em alguns cnidários, na maioria dos moluscos e em todos os artrópodes (Fig. 14.4). A cutícula de colágeno que envolve o corpo dos nematódeos também pode ser considerada um tipo de exoesqueleto. Nos artrópodes, a ação da musculatura, associada às placas articuladas, permitiu o desenvolvimento de grande diversidade e precisão de movimentos, refletidos nas inúmeras funções desempenhadas pelos apêndices articulados desse grupo: pernas, mandíbulas, quelíceras, antenas, entre outros.

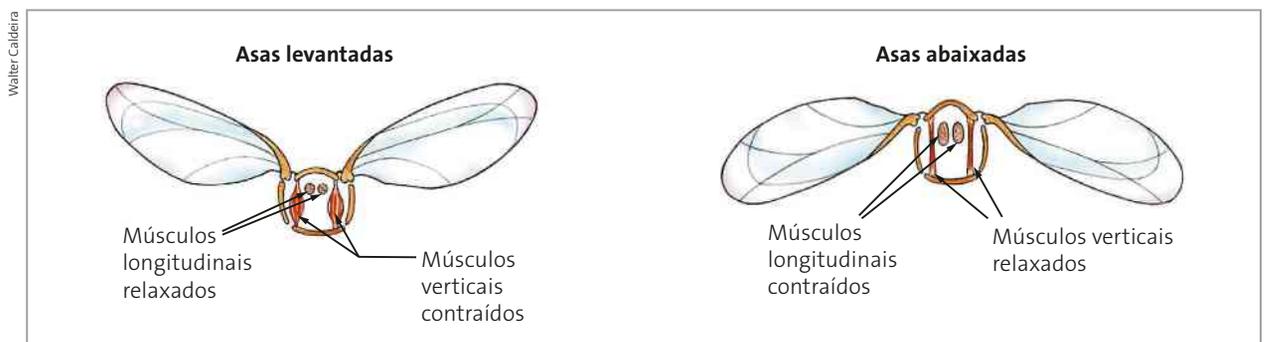


Figura 14.4. Esquema mostrando o acionamento das asas de insetos. Estão representadas seções transversais ao tórax. Note a relação do exoesqueleto com a musculatura na produção dos movimentos. (Cores fantasia.)

1.1. Sistemas esquelético e muscular nos vertebrados

Vejam os sistemas esquelético e muscular se apresentam nos diversos grupos de vertebrados: a partir dos condrites, o endoesqueleto passa a ser composto basicamente de duas partes (Fig. 14.5):

- **Esqueleto axial:** compreende o crânio e a coluna vertebral (as costelas e o esterno estão presentes só em alguns vertebrados).
- **Esqueleto apendicular:** compreende as cinturas escapular e pélvica e o esqueleto das nadadeiras ou dos membros.

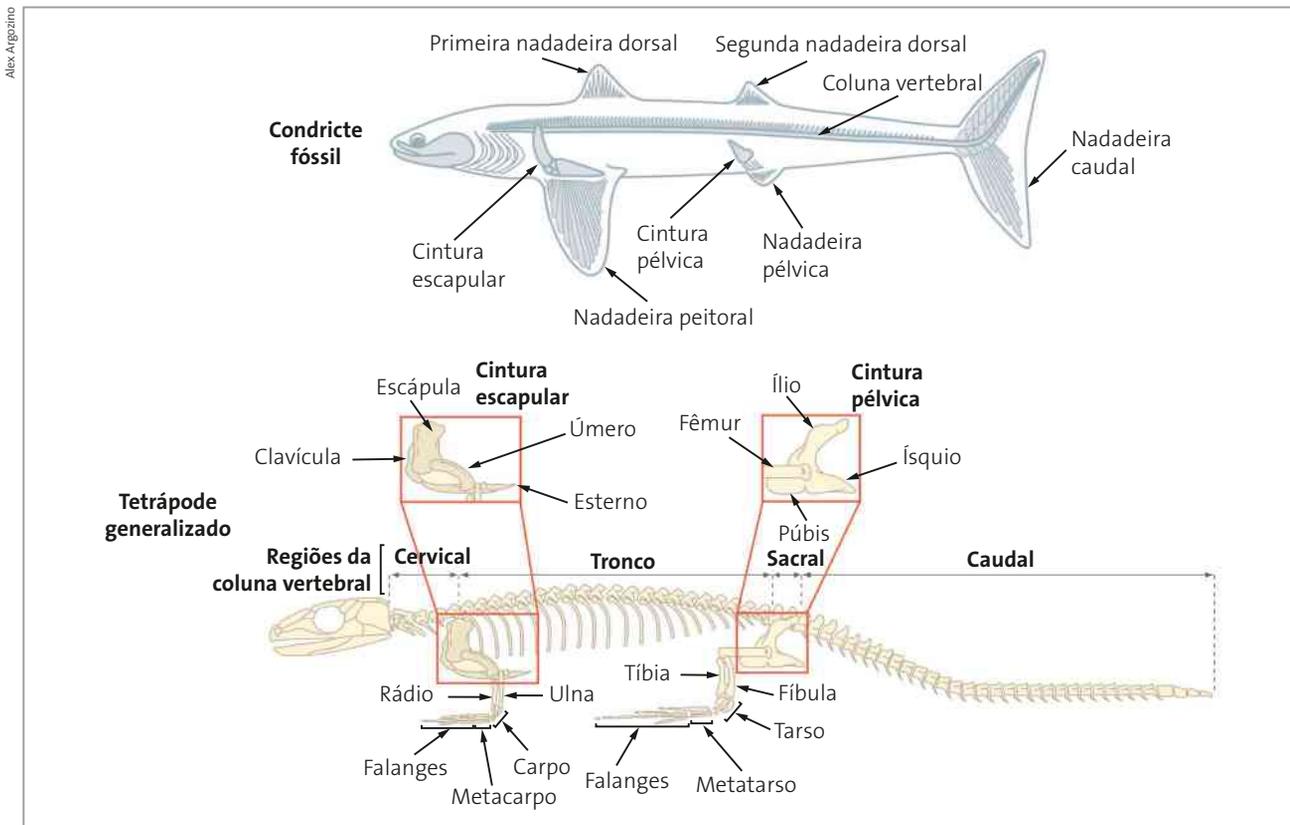


Figura 14.5. Esquemas mostrando o endoesqueleto em um condrite fóssil e em um tetrápode generalizado. Compare o esqueleto axial e apendicular em cada caso. (Elementos representados em diferentes escalas; cores fantasia.)

Muitas mudanças evolutivas ocorreram no endoesqueleto dos vertebrados.

Nos peixes, o esqueleto axial, associado à musculatura do corpo, exerce função basicamente locomotora (ondulação lateral do corpo). Nos tetrápodes terrestres, a coluna vertebral suporta o peso do corpo, e a musculatura do tronco e da cabeça está envolvida não só com a locomoção, mas também com o controle da postura.

Nos vertebrados que se locomovem no solo com as quatro patas, a disposição dos membros em relação ao eixo do corpo varia nos diferentes grupos. Nos anfíbios e répteis, os membros posicionam-se lateralmente, enquanto nos mamíferos a posição é ventral (Fig. 14.6).

Nos peixes, nas salamandras que não sofrem metamorfose e nos répteis ápodes (sem pernas), os músculos são predominantemente segmentares (Fig. 14.7); alternam-se com as vértebras e produzem os movimentos de ondulação lateral típicos desses animais.



Figura 14.6. Esquema da disposição dos membros nos vertebrados tetrápodes vistos em corte. (Elementos representados em diferentes escalas; cores fantasia.)



Figura 14.7. Fotografia de peixe com parte da pele removida para evidenciar a musculatura segmentada do corpo. Mede cerca de 40 cm de comprimento.

Nos anuros adultos (pererecas, rãs e sapos) e nos demais vertebrados que vivem sobre o solo, embora existam os músculos segmentares, especialmente o abdominal, são os músculos não segmentares que movimentam a cabeça e os membros (Fig. 14.8).

Nos mamíferos que se locomovem com as quatro patas, a organização do esqueleto e da musculatura axial assemelha-se à estrutura de uma ponte (Fig. 14.9), o que lhes confere excelente sustentação.

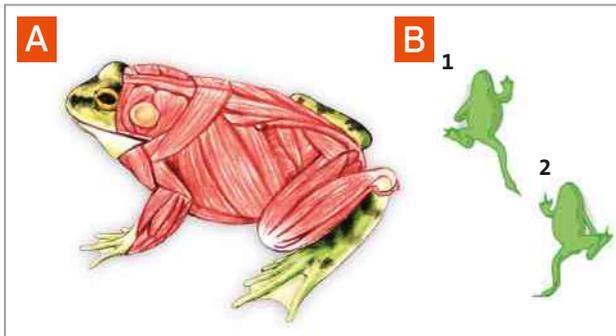


Figura 14.8. Em A, esquema da musculatura esquelética no interior do corpo de uma rã. Em B, esquema da locomoção desse anfíbio, que ocorre por meio de contrações alternadas dos lados do corpo (1 e 2) ou por saltos. (Cores fantasia.)

2. Tamanho do corpo

Nos animais, cada uma de suas células precisa receber água, nutrientes e oxigênio, eliminar excretas e realizar a osmorregulação. Essas trocas dependem da distância a que as células ficam do meio externo e também da difusão: movimento passivo de moléculas da região onde estão mais concentradas para a região onde estão menos concentradas.

Esse processo só é efetivo quando a distância entre a célula e a superfície de troca é menor que cerca de 1 mm. Sem o surgimento de modificações no corpo que mantivessem essas condições adequadas, os animais não poderiam ter aumentado seu tamanho e espessura, pois suas células não podem ficar muito distantes do meio externo.

As adaptações que os animais de estrutura corpórea mais simples apresentam em relação a esse problema se encaixam em três categorias:

- aumento do tamanho do corpo associado a dobramentos e ramificações tanto interna como externamente;
- preenchimento do espaço entre as células e os tecidos do corpo com material não vivo, como a mesogleia de certos cnidários;
- aumento do comprimento (ou da largura), mas não da espessura, resultando em um corpo achatado, como uma fita, como é o caso dos platelmintos.

Nesses três casos, todas as células corporais se mantêm a uma distância adequada do meio externo e as trocas, como as gasosas, podem ocorrer por difusão.

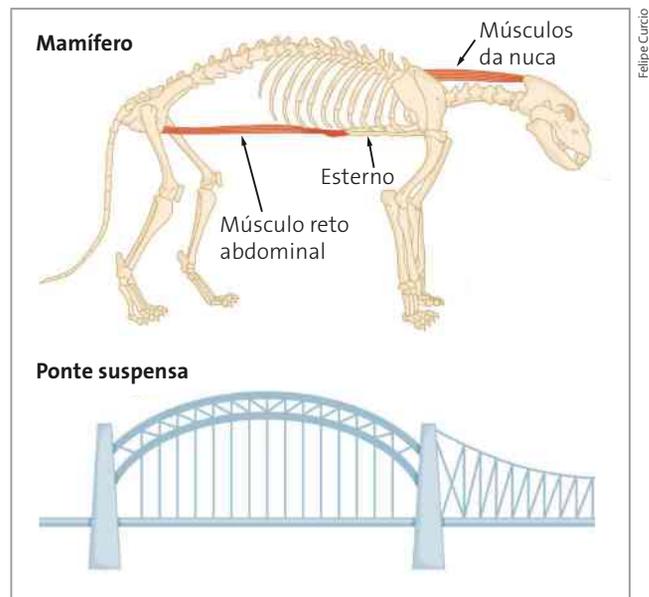


Figura 14.9. Esquema comparando o esqueleto de um mamífero à estrutura de uma ponte suspensa. A organização do esqueleto e a associação entre o músculo reto abdominal e o osso esterno promovem a sustentação do corpo. Há músculos que promovem a sustentação da cabeça, localizados na nuca. (Elementos representados em diferentes escalas; cores fantasia.)

Na evolução animal, surgiram estruturas que possibilitaram uma organização corpórea mais complexa. Veja no diagrama a seguir (Fig. 14.10).

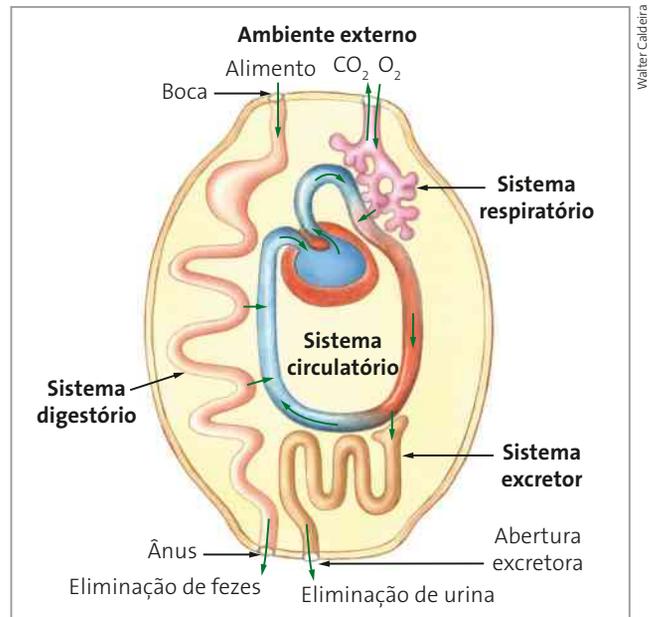


Figura 14.10. Diagrama que mostra como ocorrem as trocas no interior de um animal de estrutura corpórea complexa. As superfícies de troca estão de alguma maneira em contato com o meio externo, como acontece com os sistemas respiratório, digestório e excretor. Esses sistemas estão conectados pelo sistema circulatório. (Cores fantasia.)

Nesses organismos, o aumento do corpo veio acompanhado do surgimento de sistemas que “trouxeram o meio externo para dentro”, de modo que as distâncias entre as células mais internas e o meio “externo” continuaram adequadas para as trocas. A maioria dos animais possui superfícies de troca de substâncias com

o meio externo, que ficam alojadas dentro do corpo. Surgiu também um sistema de transporte que conduz gases, alimentos e outras substâncias para as diferentes partes do corpo, o sistema circulatório. Esses sistemas de trocas gasosas, transporte interno e remoção de excretas serão analisados a seguir.



Colocando em foco

A IMPORTÂNCIA DA RELAÇÃO SUPERFÍCIE-VOLUME NA EVOLUÇÃO ANIMAL

Em todos os seres vivos, os processos de trocas com o meio são fundamentais para a sobrevivência. Uma célula, ou mesmo um organismo multicelular, não sobrevive sem efetuar trocas entre o meio externo e o meio interno. Para que isso aconteça, há necessidade de uma relação adequada entre a área superficial e o volume de um corpo. Quando um organismo aumenta de tamanho, seu volume aumenta em uma proporção maior que sua área superficial. Na evolução, surgiram modificações que propiciaram a manutenção da relação superfície-volume, mesmo havendo aumento do tamanho corporal.

Para compreender essa relação, vamos necessitar de conceitos matemáticos da área de geometria.

Usaremos, nesta explicação, uma figura geométrica: a esfera. A superfície de uma esfera de raio R é dada por $S = 4 R^2$, e seu volume é dado por $V = \frac{4}{3} R^3$.

Tomemos uma esfera de raio $R = 2$ cm. Sua superfície, aplicando a fórmula, é aproximadamente $50,26 \text{ cm}^2$, e seu volume é aproximadamente $33,51 \text{ cm}^3$. Agora, vamos dobrar o raio R para 4 cm. Com isso, a superfície passa para $201,06 \text{ cm}^2$ e o volume, para $268,08 \text{ cm}^3$, aproximadamente.

Desconsiderando as aproximações, podemos observar que a superfície aumentou 4 vezes e o volume, 8 vezes, ou seja, enquanto o raio foi multiplicado por 2, a superfície foi multiplicada por 4 (2^2) e o volume foi multiplicado por 8 (2^3).

3. Assimilação de alimentos

Professor(a), este assunto foi discutido no volume 1 desta coleção. Auxilie os estudantes a resgatar conhecimentos sobre transporte ativo e endocitose.

Os nutrientes, aqui definidos como as substâncias nutritivas em geral, estão disponíveis para os animais como parte integrante dos alimentos. Sua assimilação pelo organismo, ou seja, sua passagem para as células do corpo (seja direta ou feita com a participação de algum sistema especializado de distribuição), é feita por difusão ou outra forma de transporte através de membranas celulares.

A alimentação por ingestão é característica geral dos animais. Essa forma de nutrição difere da que é verificada nas plantas, nos fungos e nos procariontes, sendo encontrada apenas em certos protistas heterótrofos que ingerem alimento por endocitose. Nesses casos, a digestão do alimento ingerido ocorre dentro da célula, falando-se em **digestão intracelular**.

Nos poríferos, a situação não é muito diferente: não há cavidade digestória, e o alimento é capturado e digerido por células individuais. As esponjas não têm boca nem ânus.

Os demais animais têm cavidade digestória. Nessa cavidade, há lançamento de enzimas digestivas que digerem os alimentos fora das células. Portanto, ocor-

re **digestão extracelular**. Em alguns grupos a digestão é em parte extracelular e em parte intracelular e, em outros, como acontece nos vertebrados, a digestão é somente extracelular.

Os primeiros animais a apresentar cavidade digestória são os cnidários. Eles possuem apenas uma abertura para o exterior do corpo: a boca. Por ela, o alimento é ingerido e os restos da digestão são liberados. A cavidade digestória nos cnidários recebe o nome de **gastrovascular**, pois, além de atuar na digestão extra e intracelular, participa da distribuição de alimento no corpo. Nos platelmintos, a cavidade digestória está presente na maioria dos grupos e, assim como nos cnidários, é responsável pela digestão extra e intracelular do alimento e pela distribuição do alimento digerido no corpo, a qual é facilitada pela intensa ramificação. Nos platelmintos também não há ânus, apenas boca.

Na evolução, surgiram os animais que apresentam, além da boca, o ânus. A partir desse momento, estabeleceu-se um tubo por onde o alimento passa em um

só sentido: da boca para o ânus. Essa condição propiciou a especialização desse tubo em regiões como esôfago, estômago e intestino, cada uma com uma função específica no processo de digestão (Fig. 14.11).

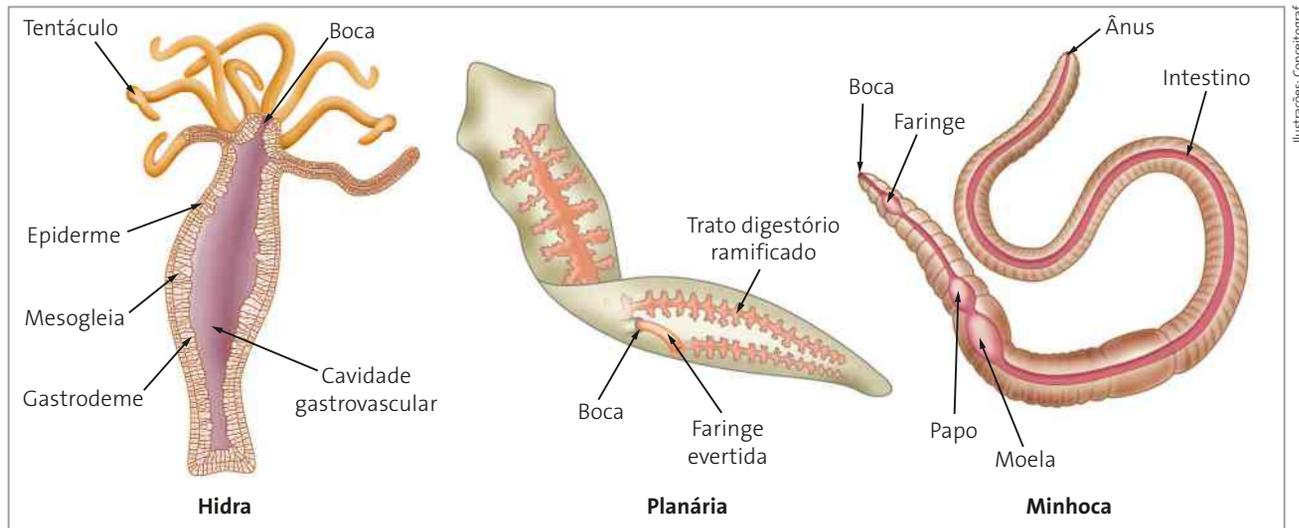


Figura 14.11. Esquemas das estruturas relacionadas à digestão em alguns animais. No esquema, é representada a hidra em corte longitudinal; a planária e a minhoca são representadas com algumas estruturas internas destacadas. (Elementos representados em diferentes escalas; cores fantasia.)

Fala-se em **sistema digestório incompleto** quando os animais apresentam apenas boca e cavidade digestória ou gastrovascular e **sistema digestório completo** quando eles têm boca, tubo digestório e ânus.

Com exceção de cnidários e platelmintos, os demais animais apresentam sistema digestório completo.

Em alguns animais, no entanto, houve perda da boca e da cavidade digestória em função de adaptações a modos especiais de vida. Nesses casos, falamos em condição secundária. É o que ocorre, por exemplo, com alguns endoparasitas que perderam a capacidade de ingerir e digerir alimentos e os obtêm por absorção direta dos líquidos do corpo do hospedeiro (*Taenia sp.*, por exemplo).

Vamos comentar um pouco do sistema digestório de aves granívoras (que se alimentam de sementes), como as galinhas (Fig. 14.12).

Nessas aves, os grãos ingeridos são conduzidos pelo esôfago até uma dilatação especial desse órgão que se chama **papo** ou **inglúvio**, onde permanecem por certo tempo. Nesse local, os grãos são amolecidos por hidratação. Do papo, o alimento passa para o estômago, modificado em **proventrículo** e **moela**. No proventrículo, há liberação de enzimas digestivas e, em seguida, o alimento é conduzido para a moela, órgão muito musculoso onde ocorre a trituração. As aves granívoras ingerem pequenas pedras que ficam acumuladas na moela e atuam como auxiliares no processo de trituração do alimento. Também na moela, o alimento é misturado com os sucos digestivos, facilitando a ação enzimática. O intestino é relativamente curto e termina na cloaca, estrutura que também recebe excretas nitrogenadas e os ovos a serem postos. Fezes são eliminadas com excretas nitrogenadas, no caso ácido úrico, em uma massa pastosa chamada **guano**.

Entre os mamíferos, também há grande diversidade de hábitos alimentares, com espécies herbívoras, carnívoras e onívoras. A dentição apresenta variações relacionadas a esses hábitos, como mostra a figura 14.13, na página seguinte.

No estômago e no intestino dos mamíferos também ocorrem adaptações ligadas aos hábitos alimentares.

O comprimento do intestino varia de acordo com o tipo de alimentação do animal. Nos herbívoros pode atingir 28 vezes o comprimento do corpo, pois, como os alimentos vegetais são de difícil digestão, quanto mais tempo permanecerem no interior do intestino, maior será a eficiência desse processo.

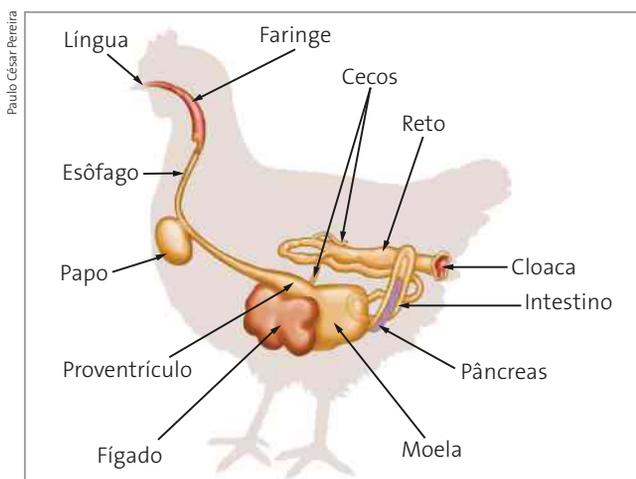


Figura 14.12. Esquema do sistema digestório da galinha. (Cores fantasia.)

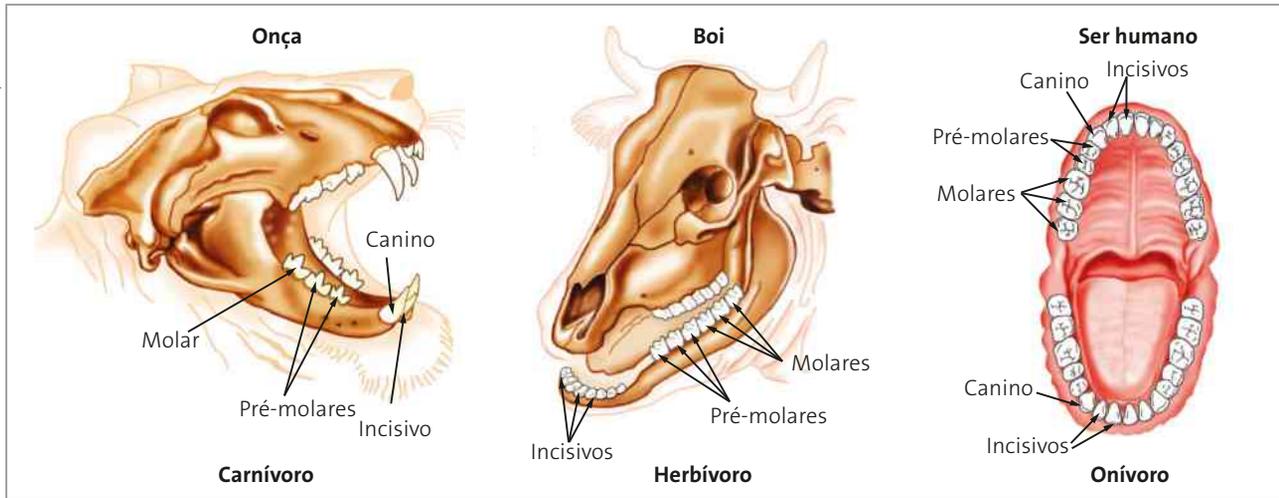


Figura 14.13. Esquema de três tipos de dentição em mamíferos: de um carnívoro, a onça; de um herbívoro, o boi; e de um onívoro, o ser humano. (Elementos representados em diferentes escalas; cores fantasia.)

O intestino dos animais carnívoros é mais curto, apenas três a quatro vezes o comprimento do corpo, uma condição vantajosa, pois a carne é mais facilmente digerida que os vegetais. Nos animais onívoros, que são os que se alimentam tanto de vegetais como de animais, o intestino tem comprimento intermediário entre o dos herbívoros e o dos carnívoros.

A celulose presente nos vegetais ingeridos não é digerida pela maioria dos animais. Apenas alguns herbívoros digerem a celulose por ação de bactérias que vivem em mutualismo no trato digestório. Nesse tipo de relação, os microrganismos recebem como vantagens um ambiente favorável à sua sobrevivência e alimento para suas atividades vitais; o animal, por sua vez, tem a vantagem de aproveitar o produto da digestão da celulose. É o caso de cangurus, ratos e coelhos, que possuem a primeira região do intestino grosso, o ceco, muito desenvolvida, onde vivem as bactérias que degradam a celulose (Fig. 14.14).

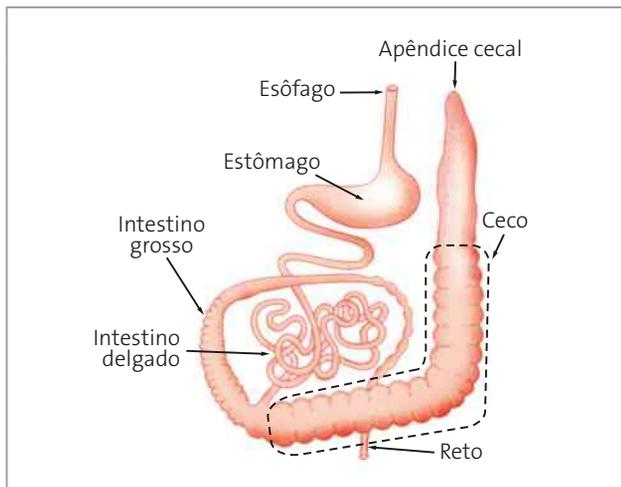


Figura 14.14. Esquema do tubo digestório de coelho. (Cores fantasia.)

No caso dos mamíferos ruminantes, como bois e cabritos, essas bactérias vivem associadas ao estômago, que nesses animais é grande e subdividido em quatro compartimentos: **rúmen** ou **pança** (conhecido popularmente como bucho ou dobradinha); **retículo** ou **barrete**; **omaso** ou **folhoso**; e **abomaso** ou **coagulador** (Fig. 14.15).

Em bois e vacas, o alimento ingerido entra primeiro no rúmen e depois no retículo. Nesses dois compartimentos, as plantas ingeridas são amassadas por ação da musculatura do estômago e ocorre a digestão da celulose pelas bactérias que vivem aí. Parte da celulose digerida é absorvida no rúmen.

Periodicamente o alimento é ruminado, ou seja, é regurgitado, voltando à boca, onde é mastigado e novamente deglutido. Quando bem triturado, passa para o omaso, onde há absorção de água, e deste para o abomaso, onde ocorre a parte da digestão que se dá por ação de enzimas produzidas pelo estômago do ruminante. O alimento é, então, encaminhado para o intestino.

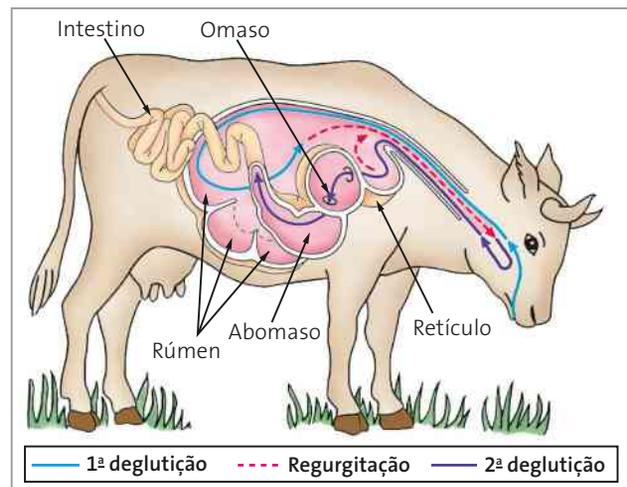


Figura 14.15. Esquema do trajeto dos alimentos em ruminantes. (Cores fantasia.)

4. Trocas gasosas

As trocas gasosas sempre envolvem difusão dos gases através de alguma superfície fina, semipermeável, úmida ou imersa em água. Em todos os animais, incluindo os terrestres, há necessidade de um meio aquoso para que a difusão de gases ocorra: nos animais aquáticos, a superfície respiratória está em contato com a água e, nos terrestres, essa superfície é mantida úmida pelo próprio corpo do animal. Estando totalmente seca, a superfície não exerce função de trocas gasosas. Os gases importantes para as trocas gasosas são o gás carbônico (CO_2) e o oxigênio (O_2) (gases respiratórios).

Há animais que não apresentam estruturas especiais para a realização desse processo, como é o caso dos poríferos, cnidários, platelmintos, nematódeos e alguns anelídeos, como as minhocas. Nesses organismos as trocas gasosas ocorrem por difusão através da superfície do corpo e são chamadas de trocas **cutâneas** ou **tegumentares**.

Nas planárias aquáticas, por exemplo, o oxigênio da água difunde-se pela epiderme e se distribui pelos tecidos do corpo, passando de célula a célula por difusão, sem a participação de um sistema de transporte de gases. Nas minhocas, animais de ambiente terrestre úmido, a epiderme é revestida por uma fina cutícula de quitina, permeável, recoberta por muco. Nesse caso, o oxigênio inicialmente se difunde do ar para a camada de muco, passa pela quitina e chega até a epiderme; com isso, uma solução aquosa rica em oxigênio fica em contato com o tecido epidérmico do animal. Por fim, o gás se difunde através das células da epiderme e dos tecidos subjacentes até penetrar nos vasos sanguíneos, que o distribuem por todo o corpo (Fig. 14.16). Note que, nesses dois animais, não existem órgãos especializados nas trocas de gases.

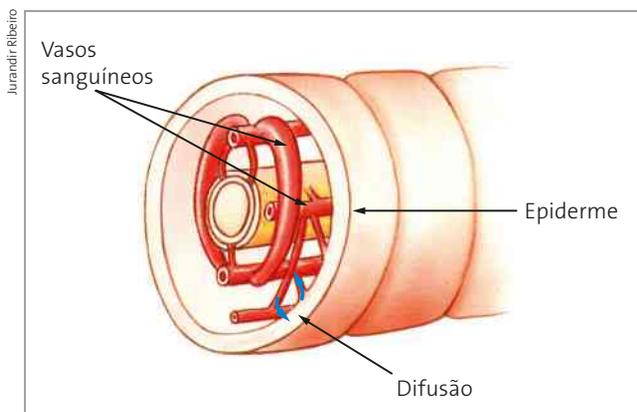


Figura 14.16. Esquema de região do corpo de uma minhoca em corte transversal. Nesse animal, a respiração é cutânea, e há participação do sistema circulatório. (Cores fantasia.)

Pense agora em animais com volume corpóreo maior, nos quais as trocas gasosas pela superfície geral do corpo não são suficientes ou não ocorrem. Esses organismos possuem órgãos especializados na troca de gases; tais órgãos apresentam, como característica fundamental, uma ampla superfície de contato com o meio externo ao corpo.

As principais estruturas especializadas para as trocas gasosas são:

- **Brânquia:** estrutura relacionada com a respiração em ambiente aquático. Está associada ao sistema circulatório e também a mecanismos que promovem a circulação de água sobre sua superfície. Essa circulação de água é fundamental para otimizar a difusão de gases, pois a água é constantemente renovada. São vários os tipos de brânquia que ocorrem nos animais. Algumas são externas, como as das larvas de anfíbios (Fig. 14.17), enquanto outras ficam protegidas dentro do corpo, como as brânquias dos peixes (Fig. 14.18);

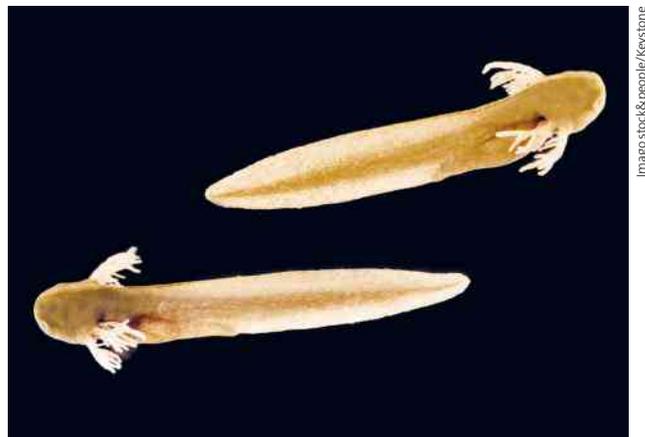
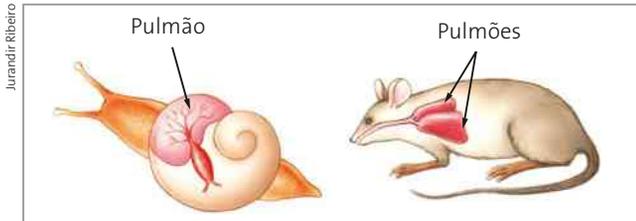


Figura 14.17. Fotografia de girinos com suas brânquias externas. Medem 2 cm de comprimento.



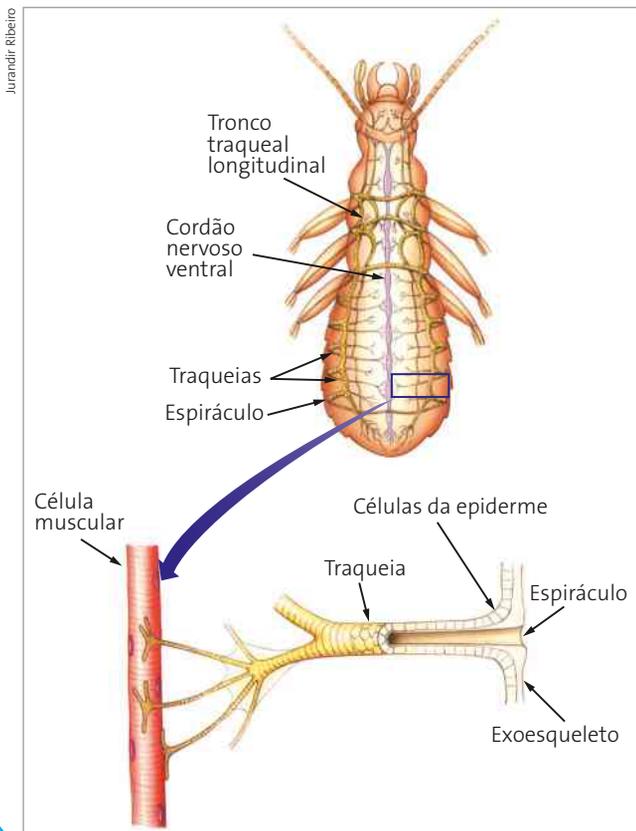
Figura 14.18. Fotografia de peixe com o opérculo levantado para evidenciar as brânquias (estruturas avermelhadas).

- **Pulmão:** estrutura típica dos animais de respiração aérea. O pulmão está associado ao sistema circulatório e a mecanismos de ventilação que promovem a movimentação do ar. Os pulmões ocorrem nos peixes pulmonados, nos anfíbios adultos, nos répteis, nas aves e nos mamíferos. Entre os invertebrados, o pulmão ocorre em alguns gastrópodes, mas esse pulmão não é homólogo ao dos vertebrados (Fig. 14.19).



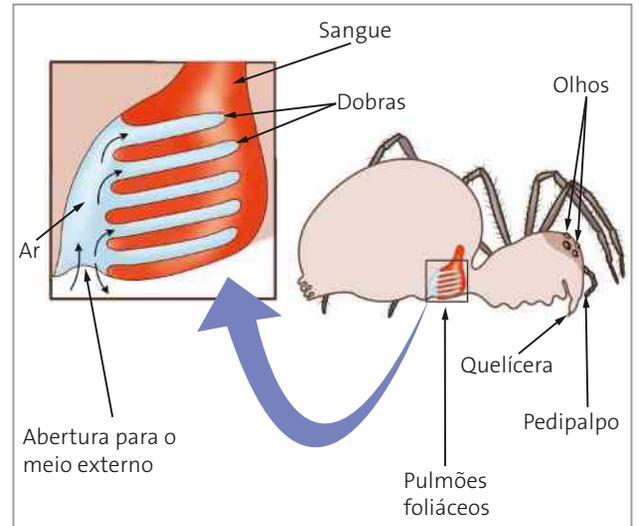
↗ **Figura 14.19.** Esquemas de um caracol e de um rato com as estruturas respiratórias evidenciadas. (Elementos representados em diferentes escalas; cores fantasia.)

- **Traqueias:** estruturas adaptadas à respiração aérea. São invaginações muito ramificadas da parede externa do corpo e que terminam próximo às células; as trocas gasosas ocorrem diretamente entre as células e as traqueias, e o sangue não transporta gases respiratórios. A abertura de cada traqueia na superfície do corpo se chama espiráculo. Nas ramificações mais finas da traqueia há fluido, importante para manter umedecida essa região, propiciando as trocas gasosas. Ocorre em insetos (Fig. 14.20) e em miriápodes.



- **Pulmões foliáceos:** cavidades em forma de saco que se abrem para o exterior por meio de um orifício estreito; possuem revestimento interno muito dobrado pelo qual ocorre difusão de gases entre o sangue e o ar. Ocorre, por exemplo, em aranhas e escorpiões (Fig. 14.21).

Esses pulmões não são homólogos aos dos vertebrados nem aos dos gastrópodes pulmonados.



↗ **Figura 14.21.** Esquema simplificado da anatomia de uma aranha fêmea, com destaque para os pulmões foliáceos. (Elementos representados em diferentes escalas; cores fantasia.)

4.1. Trocas gasosas nos vertebrados

Entre os vertebrados, a regra é existir um sistema de trocas gasosas envolvendo brânquias expostas nos girinos e em alguns adultos de anfíbios; brânquias protegidas, como nos peixes cartilaginosos e ósseos; ou pulmões, como em peixes pulmonados, adultos de anfíbios e demais vertebrados. Nos anfíbios, há também trocas gasosas pelo tegumento.

Muitos vertebrados pulmonados apresentam hábito aquático, alimentando-se no fundo do mar e vindo fazer a ventilação na superfície. Incluem-se aí baleias, golfinhos e cachalotes, além das iguanas de Galápagos. As iguanas nadam até o fundo e sofrem uma redução voluntária do ritmo cardíaco. Isso é acompanhado de uma redução do metabolismo, de modo que o consumo de oxigênio pelas células diminui, aumentando o tempo de imersão.

- ◀ **Figura 14.20.** Esquema de um inseto hipotético em vista ventral evidenciando a localização das traqueias e dos espiráculos. No detalhe, esquema de traqueia, com parte removida, e de suas ramificações até chegar à célula muscular. (Elementos representados em diferentes escalas; cores fantasia.)



AS TROCAS GASOSAS NOS ANUROS EM RELAÇÃO À TEMPERATURA DO MEIO

Nos anuros (sapos, rãs e pererecas), a importância relativa da pele e dos pulmões na respiração varia em função da temperatura do ambiente. Isso ocorre porque esse fator interfere não só no metabolismo do animal, como também no teor de oxigênio dissolvido na água. Em temperaturas mais baixas, o metabolismo desses animais ectotérmicos (o controle da temperatura do corpo depende da temperatura do meio) é menor, o que exige menor absorção de oxigênio. Nessa situação, a respiração é principalmente cutânea. À medida que a temperatura aumenta, aumentam também o metabolismo dos anuros e a quantidade de oxigênio de que necessitam. Paralelamente a isso, na água o teor de oxigênio dissolvido diminui. Nessa situação, a respiração é principalmente pulmonar. Em todos os casos, no entanto, a liberação de CO_2 é sempre maior pela pele, dada a grande solubilidade desse gás na água (Fig. 14.22).

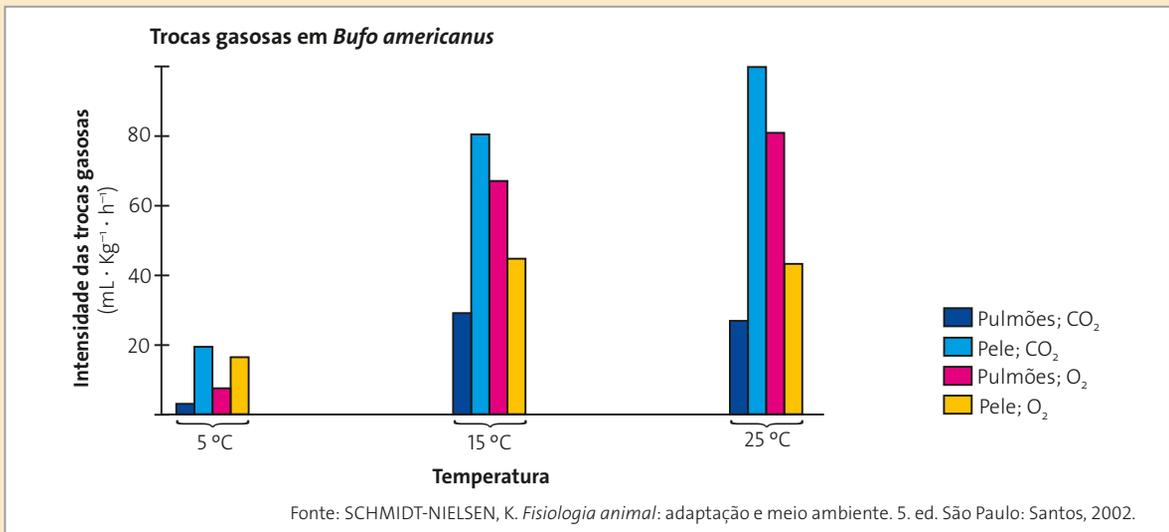


Figura 14.22. Gráfico mostrando as trocas gasosas pulmonar e cutânea no sapo *Bufo americanus* em diferentes temperaturas.

No caso das brânquias protegidas, geralmente há algum tipo de mecanismo garantindo o fluxo de água por entre os filamentos branquiais (Fig. 14.23).

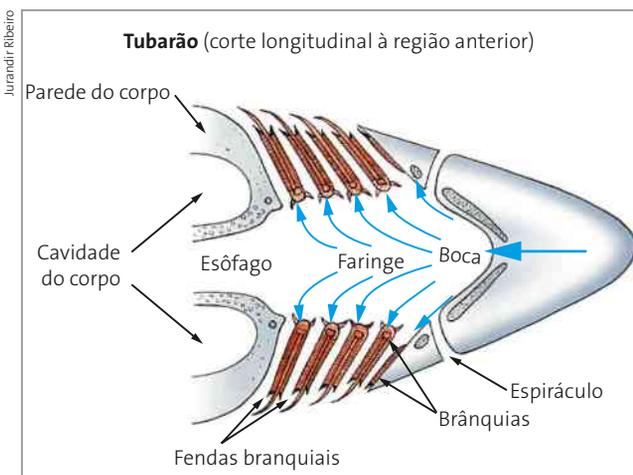


Figura 14.23. Esquema do trajeto da água (indicado por setas azuis) na respiração dos condrictes. (Cores fantasia.)

Nos condrictes e na maioria dos peixes ósseos, as narinas não possuem função respiratória, uma vez que não se comunicam com a faringe. Na respiração desses peixes, a água entra pela boca, passa pela faringe, banha as brânquias e sai pelas fendas branquiais. Nos peixes ósseos, dobramentos associados à boca e também ao opérculo protetor permitem o bombeamento ativo de água por meio da câmara onde ficam as brânquias.

No caso das trocas pulmonares, a renovação do ar no interior dos pulmões, ou **ventilação**, pode ocorrer de várias maneiras.

Em todos os vertebrados pulmonados, com exceção das aves, durante a inspiração o ar entra nas **cavidades nasais**, passando em seguida para a **faringe** (órgão comum aos sistemas digestório e respiratório) por meio das coanas, depois passa para a **laringe**, a **traqueia**, os **brônquios** e os **pulmões**. Na expiração, o caminho do ar é o inverso do que ocorre na inspiração. A traqueia e os

brônquios possuem em suas paredes anéis de cartilagem que mantêm essas vias abertas, possibilitando a passagem do ar.

Os pulmões dos anfíbios são saculiformes e com poucas divisões internas. O ar chega aos pulmões por um mecanismo de bombeamento a pressão: a cavidade oral se expande e o ar penetra pelas narinas (a boca do anfíbio pode ficar fechada); depois, os anfíbios “engolem” o ar, que passa para os pulmões. Eles não têm costelas desenvolvidas que possam participar, com a musculatura do tronco, de movimentos de expansão e contração do corpo (Fig. 14.24).

Nos répteis, os pulmões possuem maior número de divisões internas, o que aumenta a área para as trocas gasosas. Nesses animais, ao contrário dos anfíbios, a pele é impermeável e não realiza trocas gasosas.



Figura 14.24. Esquema simplificado da respiração pulmonar em anfíbios, com algumas estruturas internas evidenciadas. (Elementos representados em diferentes escalas; cores fantasia).

No caso dos mamíferos, que também não efetuam trocas gasosas pela pele, os pulmões são formados por inúmeros alvéolos e a área de trocas gasosas é ainda maior do que nos répteis. Isso é importante, pois o metabolismo dos mamíferos é mais elevado do que o de répteis, que são animais ectotérmicos. Os mamíferos, por sua vez, são animais endotérmicos.

Em répteis e mamíferos, músculos do tronco participam do processo de inspiração e de expiração. Nos mamíferos há também a participação do **diafragma**, um músculo exclusivo dessa classe e que divide o tórax do abdômen (Fig. 14.25).

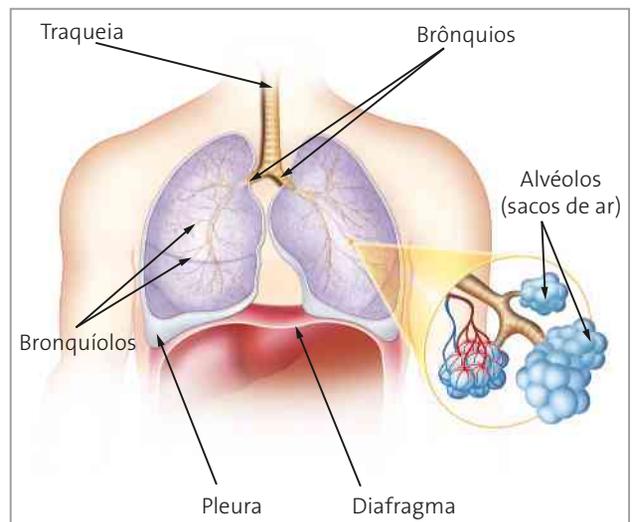


Figura 14.25. Esquema das estruturas relacionadas à respiração nos seres humanos, em detalhe, os alvéolos pulmonares. (Elementos representados em diferentes escalas; cores fantasia).

O sistema respiratório das aves é formado por cavidades nasais, faringe, traqueia, que se divide em dois brônquios, cada um entrando em um dos pulmões. Os brônquios ramificam-se no interior dos pulmões em finíssimos tubos chamados parabronquios ou parabronquíolos, dos quais partem tubos ainda mais finos, os capilares aéreos. Estes são irrigados por capilares sanguíneos, propiciando as trocas gasosas.

Os pulmões são inelásticos e deles partem cinco pares de sacos aéreos, alguns deles ramificando-se e penetrando em certos ossos chamados pneumáticos. Os sacos aéreos são elásticos e, além de participar da refrigeração do corpo das aves, especialmente durante o voo, quando o gasto energético é maior, gerando mais calor, participam do processo de ventilação pulmonar (Fig. 14.26).

Nas aves, a ventilação ocorre de modo diferente dos demais vertebrados pulmonados. O fluxo de ar é unidirecional, sendo necessários dois ciclos de inspiração e expiração para movimentar uma só massa de ar (Fig. 14.27).

Pequenos movimentos da musculatura associada às costelas promovem a expansão do corpo e dos sacos aéreos, pois os pulmões não são elásticos. O ar que entra passa pela traqueia e pelos brônquios e vai para os sacos aéreos posteriores; os sacos anteriores também se expandem e recebem o ar que estava nos pulmões. A contração da mesma musculatura associada às costelas faz com que os sacos aéreos diminuam de volume e, nesse caso, o ar dos sacos aéreos posteriores é empurrado para os pulmões, onde ocorrem as trocas gasosas, e o ar dos sacos aéreos anteriores vai para fora do corpo via brônquios e traqueia.

Figura 14.26. Esquema das estruturas relacionadas à respiração nas aves. (Elementos representados em diferentes escalas; cores fantasia.)

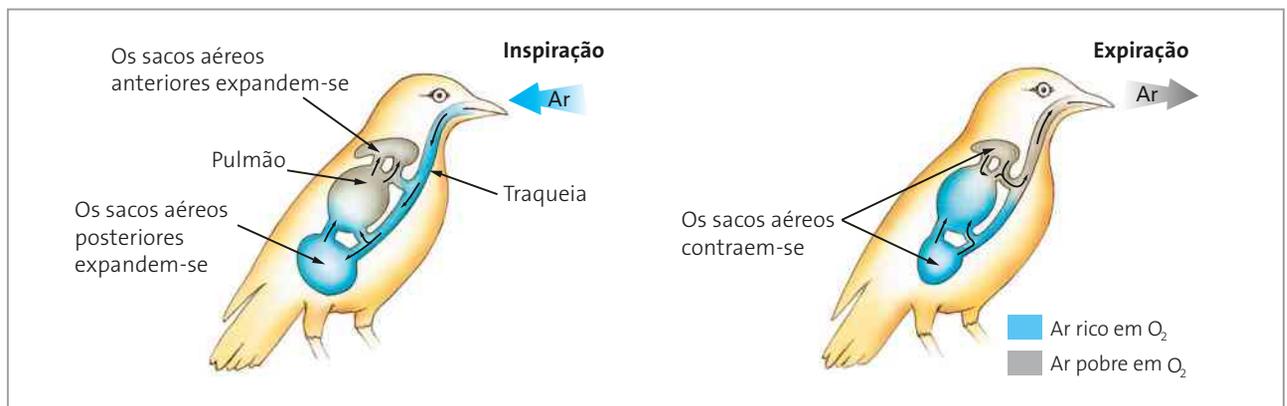
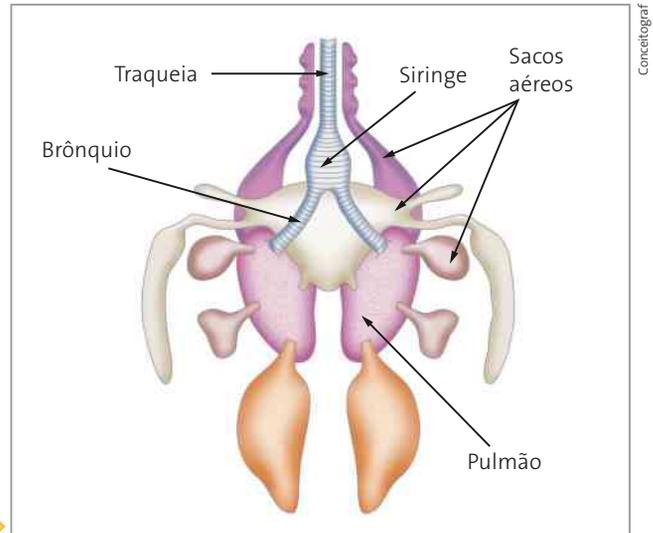


Figura 14.27. Esquema simplificado da inspiração e da expiração em aves. (Elementos representados em diferentes escalas; cores fantasia.)

5. Circulação

O gás oxigênio deve ser transportado dos locais de trocas gasosas com o meio externo até as células, e o alimento digerido também deve ser transportado dos locais de digestão até as células; os resíduos do metabolismo celular devem ser levados das células até os locais de onde serão eliminados do corpo. O sistema que realiza essas funções é o **circulatório**.

Nem todos os animais apresentam sistema circulatório. É o caso de esponjas, cnidários e platelmintos, em que as trocas gasosas são realizadas por difusão direta com o meio. No caso do alimento, as esponjas realizam digestão intracelular; os cnidários realizam digestão em parte extracelular e em parte intracelular na cavidade gastrovascular, que, por ser ramificada, colabora na distribuição do alimento. Os platelmintos possuem sistema digestório bem ramificado, o que propicia a distribuição do alimento, que sofre digestão extra e intracelular. Nos nematódeos, também não há

sistema circulatório, mas o fluido do blastoceloma é fundamental na distribuição.

Sistemas circulatórios ocorrem na generalidade dos animais celomados e pode ser de dois tipos: **aberto** e **fechado**.

O sistema aberto ocorre nos moluscos, exceto cefalópodes, e nos artrópodes. Sistemas fechados ocorrem nos cefalópodes, anelídeos e vertebrados.

Tanto no sistema circulatório aberto como no fechado há estruturas responsáveis pelo bombeamento do sangue, mantendo adequada a pressão sanguínea. Nos anelídeos são **vasos contráteis**; nos artrópodes, **corações tubulares** com orifícios chamados óstios; e nos moluscos e vertebrados, **coração formado por câmaras**.

O processo de contração da musculatura desses vasos e corações é chamado **sístole** e o de relaxamento, **diástole**.

Os vasos que levam sangue do coração são denominados **artérias**, e os que trazem sangue a ele são denominados **veias**.

No **sistema circulatório aberto** dos moluscos, o sangue é bombeado do coração para os vasos sanguíneos, que se ramificam e se dirigem aos diferentes tecidos do corpo. Nesses tecidos, os vasos terminam em espaços ou lacunas sanguíneas chamadas **hemocelos**, e o sangue banha diretamente as células desses tecidos. Alguns preferem usar o termo **hemolinfa** para o líquido que circula no sistema aberto e **sangue** para o que circula no sistema fechado, mas o uso do termo sangue para os dois casos é aceitável. O sangue das hemocelas é recolhido por vasos que retornam ao coração (Fig. 14.28A).

Em muitos animais, a hemocela assumiu outras funções. Em bivalves e gastrópodes (moluscos), por exemplo, atua como esqueleto hidrostático na locomoção e escavação.

No sistema circulatório aberto dos artrópodes a situação é diferente, pois não há vasos que levem sangue ao coração. O sangue da hemocela penetra diretamente no coração através dos vários ostíolos durante a diástole. Na sístole, o sangue é bombeado para as artérias, que se ramificam e terminam em hemocelas (Fig. 14.28B).

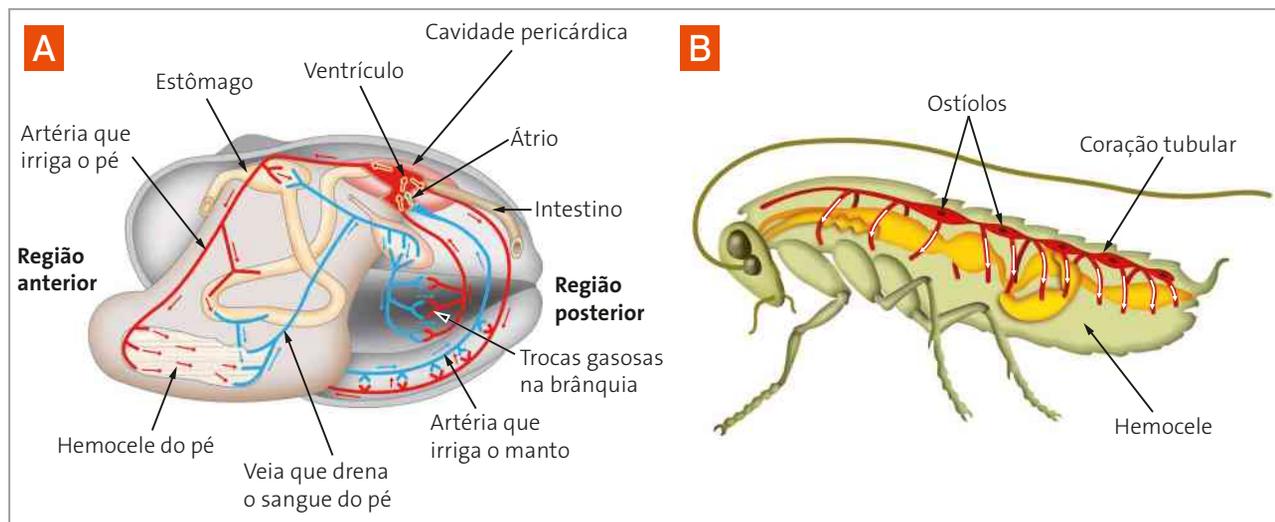


Figura 14.28. Esquemas de sistema circulatório aberto: em A, moluscos bivalves; em B, insetos (gafanhoto). No esquema, algumas estruturas internas do corpo dos animais estão evidenciadas. (Elementos representados em diferentes escalas; cores fantasia.)

No sistema circulatório fechado (Fig. 14.29), o sangue circula sempre dentro de vasos, e as trocas entre o sangue e o fluido que banha as células são feitas através da parede dos capilares, vasos muito finos, e essa parede oferece resistência mínima à difusão. Esse tipo de sistema circulatório ocorre em moluscos do grupo dos cefalópodes (por exemplo, a lula), anelídeos e vertebrados.

Como o sangue é transportado sempre dentro de vasos, a pressão no sistema fechado é maior e o sangue retorna ao coração de forma mais rápida. No sistema circulatório aberto, o sangue circula sob baixa pressão e retorna ao coração de forma mais lenta; entretanto, não se deve considerar o sistema circulatório aberto como ineficiente, pois ele é adequado ao tipo de vida dos animais que o apresentam.

5.1. Circulação nos vertebrados

As principais modificações do sistema circulatório que surgiram na evolução dos vertebrados estão ligadas ao coração e a vasos que partem dele. Em todos os vertebrados, o sistema circulatório é fechado.

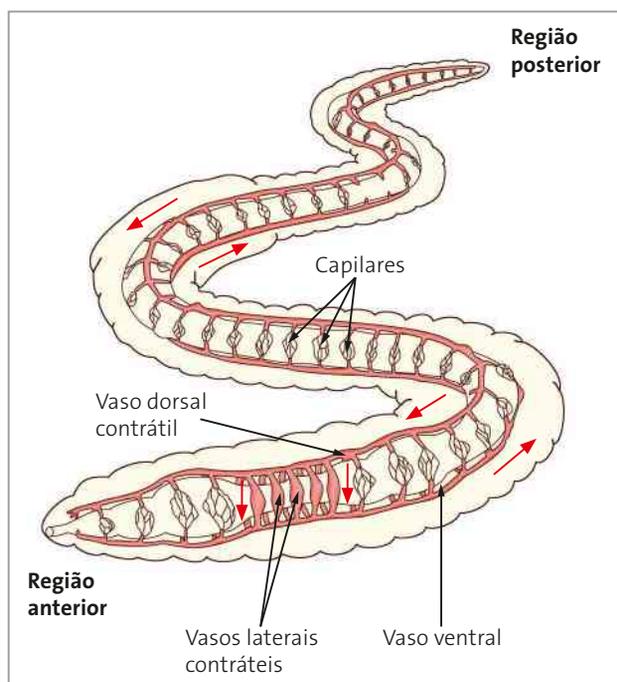


Figura 14.29. Sistema circulatório de minhoca, um anelídeo. As setas vermelhas indicam o sentido da circulação do sangue. No esquema, algumas estruturas internas do corpo do animal estão evidenciadas. (Elementos representados em diferentes escalas; cores fantasia.)

Em alguns peixes, o coração tem quatro câmaras: o **seio venoso**, o **átrio**, o **ventrículo** e o **cone**. O cone, no entanto, desaparece na maioria dos peixes ósseos, sendo substituído por um espessamento da aorta chamado **bulbo**.

A circulação nos peixes ósseos (Fig. 14.30) ocorre do seguinte modo: do seio venoso o sangue é impulsionado para o átrio; deste, para o ventrículo — que é a câmara mais musculosa — e, depois, para o cone ou bulbo, dependendo do peixe. O sangue passa para a artéria **aorta ventral**, que se ramifica formando **artérias branquiais**, as quais também se ramificam, formando capilares nas brânquias. Ocorrem as trocas gasosas (hematose), e o sangue passa de venoso, rico em gás carbônico, para arterial, rico em oxigênio.

O sangue arterial é reunido na artéria **aorta dorsal** e conduzido para todo o corpo. Após a oxigenação dos tecidos, o sangue venoso retorna ao coração dentro de veias.

A cada volta completa pelo corpo, o sangue passa uma única vez pelo coração. Por isso, dizemos que a circulação dos peixes é **simples**.

Pelas cavidades do coração dos peixes circula somente sangue venoso, e, como não ocorre mistura de sangue arterial e venoso, dizemos que a circulação nesses animais é **completa**.

Em todos os vertebrados tetrápodes (anfíbios, répteis, aves e mamíferos), há **dupla circulação**: a pulmonar e a sistêmica. Nesses casos, o sangue passa duas vezes pelo coração em uma volta completa pelo corpo. Isso mantém no sistema vascular uma pressão sanguínea mais elevada que no caso da circulação simples.

Na **circulação pulmonar (pequena circulação)**, o sangue sai venoso do coração pelas **artérias pulmonares**, vai para os pulmões, onde é oxigenado, e retorna arterial ao coração pelas **veias pulmonares**.

Walter Caldeira

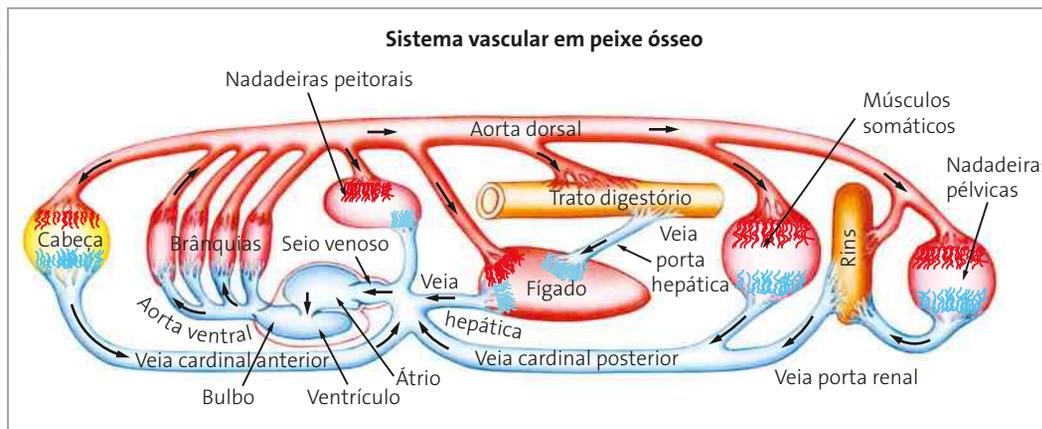


Figura 14.30. Esquema simplificado do sistema vascular sanguíneo em peixe ósseo. A cor vermelha indica a passagem arterial (rico em oxigênio), e a cor azul, de sangue venoso (rico em gás carbônico). (Elementos representados em diferentes escalas; cores fantasia.)

Na **circulação sistêmica (grande circulação)**, o sangue sai do coração pela **artéria aorta** e é distribuído para todo o corpo, retornando para o coração pelas **veias cavas**.

Todos os tetrápodes têm dois átrios no coração. O número de ventrículos varia de um a dois.

O coração dos anfíbios é constituído por seio venoso, dois átrios e um ventrículo. Nele, ocorre mistura de sangue venoso com arterial, dizendo-se que a circulação é **incompleta**. Hoje, sabe-se que essa mistura é muito pequena, em função de cristas musculares da parede interna do coração, que propiciam uma separação entre esses dois tipos de sangue, pois direcionam os fluxos.

É importante lembrar que os anfíbios realizam intensa respiração cutânea e o sangue que recebeu gás oxigênio na pele retorna para a veia cava (Fig. 14.31).

Walter Caldeira

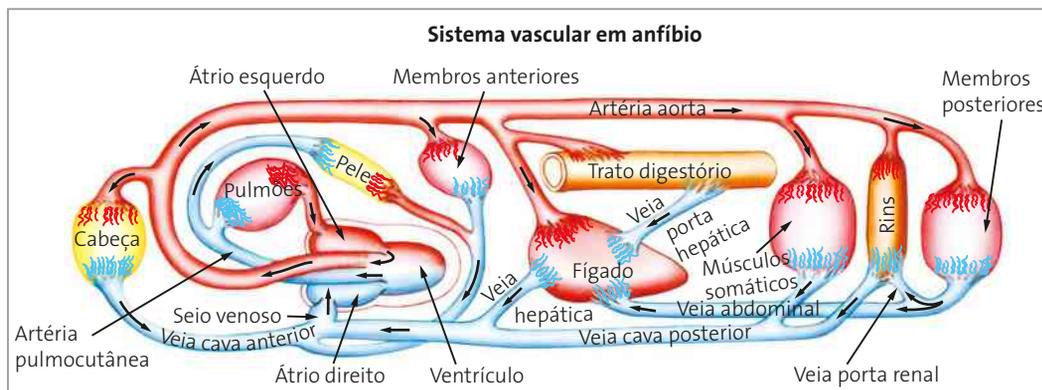


Figura 14.31. Esquema simplificado do sistema vascular sanguíneo em anfíbio. A cor vermelha indica sangue arterial (rico em oxigênio), e a cor azul, sangue venoso (rico em gás carbônico). (Elementos representados em diferentes escalas; cores fantasia.)

O coração dos répteis não crocodilianos é formado por um seio venoso, dois átrios e um ventrículo parcialmente dividido, mas praticamente não há mistura de sangue arterial com venoso no coração em função da existência de pregas especiais.

O sangue chega venoso pelas veias cavas até o seio venoso. Deste, o sangue venoso passa para o átrio direito e depois para o ventrículo, que é parcialmente dividido. Ao mesmo tempo, o átrio esquerdo recebe sangue arterial das veias pulmonares e o bombeia para o ventrículo.

Nos répteis não crocodilianos, as valvas que separam os átrios do ventrículo impedindo o refluxo do sangue também atuam de forma a dificultar a mistura de sangue arterial e venoso no ventrículo. Este,

apesar de não ser completamente dividido pelo septo ventricular, possui trabéculas internas que separam o sangue arterial do venoso, além da crista muscular, que atua junto ao septo ventricular. Esses mecanismos, atuando em conjunto, fazem o ventrículo, ao se contrair, enviar sangue arterial para os dois arcos aórticos e sangue venoso para as artérias pulmonares.

O sangue arterial é levado para o corpo, e o venoso, para ser oxigenado nos pulmões. Do corpo, o sangue retorna venoso pelas veias cavas que se abrem no seio venoso. Dos pulmões, o sangue retorna arterial pelas veias pulmonares para o átrio esquerdo. A circulação, como em todos os amniotas, é dupla, com um circuito sistêmico e outro pulmonar (Fig. 14.32).

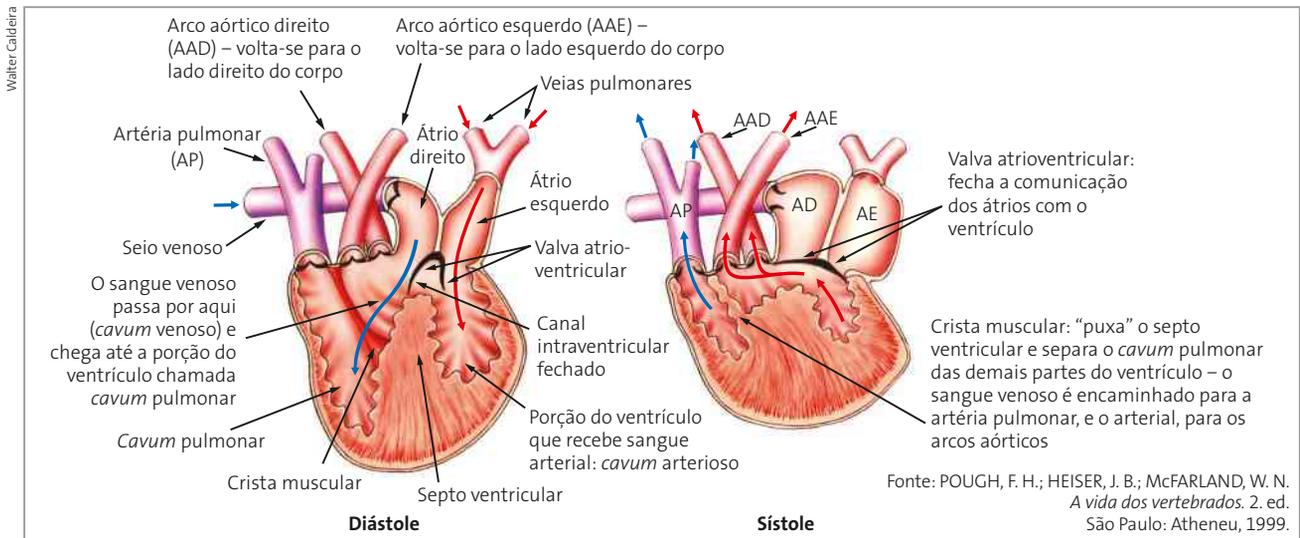


Figura 14.32. Esquema em corte mediano do coração de uma tartaruga para mostrar o fluxo sanguíneo. As setas azuis representam sangue venoso e as vermelhas, sangue arterial. (Elementos representados em diferentes escalas; cores fantasia.)

Ao contrário dos demais répteis, o coração dos crocodilianos possui dois átrios e dois ventrículos completamente separados. Nesse caso, cada um dos arcos aórticos origina-se de um dos ventrículos: o arco aórtico direito parte do ventrículo esquerdo e o arco aórtico esquerdo parte do ventrículo direito. No ponto onde esses dois arcos aórticos se cruzam, há uma comunicação entre eles, chamada **forame de Panizza**, e o padrão de circulação sanguínea nesses animais varia dependendo da atividade (Fig. 14.33).

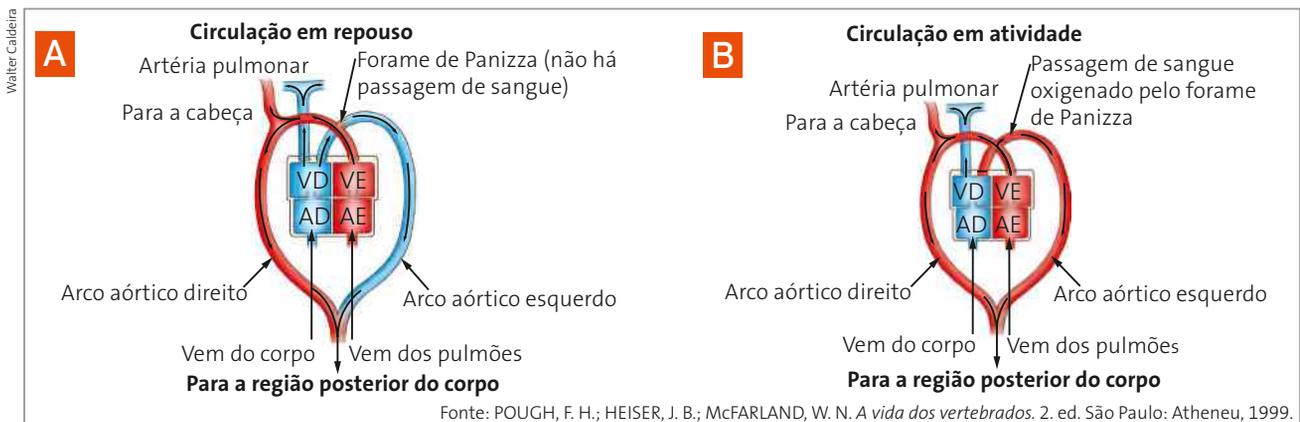


Figura 14.33. Esquemas simplificados mostrando a relação entre o coração e os principais vasos em um crocodiliano quando em repouso (A) e em atividade (B). Em azul, sangue venoso e, em vermelho, sangue arterial. (Elementos representados em diferentes escalas; cores fantasia.)

Quando os crocodilianos estão em repouso, a circulação de sangue no coração desses animais ocorre da seguinte maneira: o sangue chega venoso ao átrio direito pelas veias cavas e passa para o ventrículo direito. Ao mesmo tempo, o sangue chega arterial ao átrio esquerdo pelas veias pulmonares e passa para o ventrículo esquerdo. Assim, no lado direito do coração há apenas sangue venoso e no lado esquerdo há apenas sangue arterial.

Quando os dois ventrículos se contraem, o sangue venoso do ventrículo direito passa para as artérias pulmonares e vai ser oxigenado nos pulmões; ao mesmo tempo, como no ventrículo direito também se abre o arco aórtico esquerdo, este recebe sangue venoso e o conduz para as vísceras e para a região posterior do corpo.

No ventrículo esquerdo, o sangue oxigenado é conduzido para o arco aórtico direito, que, logo após o forame de Panizza, divide-se em duas artérias: uma que leva sangue oxigenado para a cabeça e outra que leva sangue oxigenado para o corpo. Em seguida, esta última se une ao arco aórtico esquerdo em uma artéria aorta única, ocorrendo nessa região mistura do sangue venoso com o arterial.

Nessa situação, o sangue **não flui** pelo forame de Panizza, pois a pressão sanguínea nos dois arcos aórticos é a mesma.

Entretanto, quando o animal está em atividade, o ventrículo esquerdo bombeia sangue com mais força e a pressão no arco aórtico direito fica maior que no arco esquerdo. Nesse caso, o sangue arterial presente no arco aórtico direito **flui** pelo forame de Panizza para o arco aórtico esquerdo. A pressão nesse arco aumenta e provoca o fechamento da valva ventricular que se localiza na saída desse arco no ventrículo direito. Com essa valva fechada, o arco aórtico esquerdo deixa de receber sangue venoso e passa a conduzir apenas sangue arterial.

Quando esses animais estão submersos, a circulação modifica-se novamente, pois nessa situação não há entrada de ar nos pulmões. Nesse caso, ocorre redução da circulação pulmonar, com constrição da artéria pulmonar. A pressão do ventrículo direito aumenta, e o sangue venoso que ele contém é desviado para o arco aórtico esquerdo, que passa, então, a conduzir sangue venoso. Essa alteração na circulação propicia retenção de calor e aquecimento dos membros, mantendo a temperatura adequada do corpo.

Nas **aves** e nos **mamíferos**, o coração tem quatro câmaras distintas: **dois átrios** e **dois ventrículos**. No entanto, existe uma diferença anatômica característica: nas aves, a curvatura da aorta (**crossa**) é dirigida para a direita, enquanto nos mamíferos é para a esquerda (Fig. 14.34).

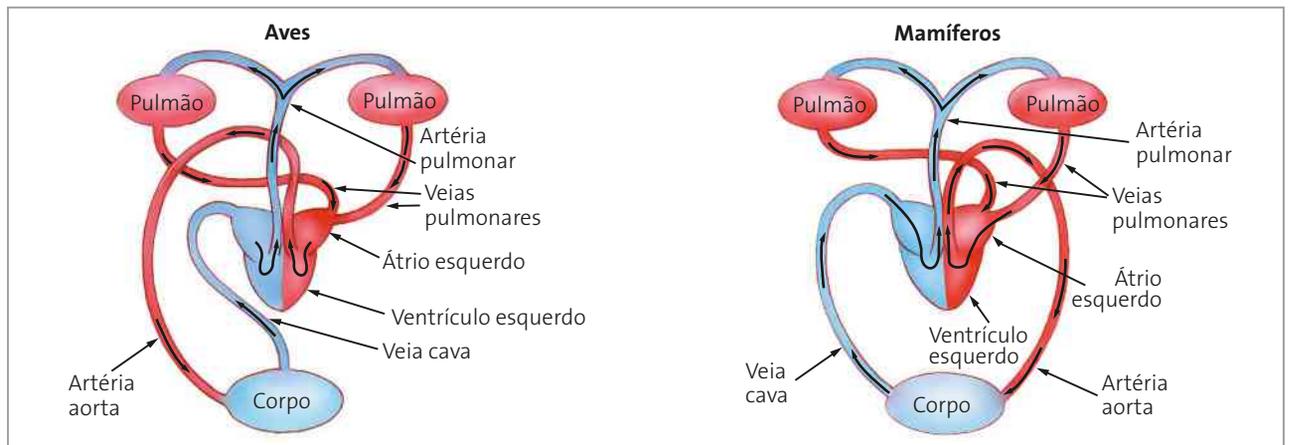


Figura 14.34. Esquemas da circulação em aves e em mamíferos. Em azul, sangue venoso e, em vermelho, sangue arterial. (Elementos representados em diferentes escalas; cores fantasia.)

6. Excreção e osmorregulação

Como a liberação de gás carbônico é realizada pelas superfícies respiratórias, vamos nos deter na excreção de produtos nitrogenados e na osmorregulação (regulação da água e do balanço hídrico dos fluidos corpóreos).

Os animais necessitam de nitrogênio para a síntese de aminoácidos e ácidos nucleicos e obtêm o nitrogênio pela ingestão de alimentos proteicos. Os aminoácidos resultantes da digestão de proteínas são usados

diretamente para a síntese de outras proteínas do corpo ou podem ser desaminados (processo de remoção do grupo amina, que contém nitrogênio), e os resíduos, empregados para formar outros compostos. A amina resultante da desaminação é transformada em **amônia** (NH_3), uma substância altamente solúvel e tóxica. Ela precisa ser rapidamente eliminada do corpo ou ser transformada em outros produtos menos solúveis e menos tóxicos, como a **ureia** e o **ácido úrico**.

O tipo predominante de excreta que o animal produz e elimina está relacionado com o ambiente em que ele vive.

A amônia, por exemplo, é altamente tóxica, e há necessidade de um volume considerável de água para sua eliminação, sendo a principal excreta dos animais aquáticos.

A ureia é menos tóxica e menos solúvel em água do que a amônia, e há necessidade de um volume menor de água para sua eliminação, sendo a principal excreta de alguns animais aquáticos e de muitos animais terrestres.

O ácido úrico é atóxico e insolúvel em água, sendo produzido por animais adaptados à economia de água ou que não dispõem desse recurso em abundância. O ácido úrico também é produzido por embriões que se desenvolvem no interior de ovos revestidos por cascas. Por suas características, esse tipo de excreta pode ser armazenado no interior do ovo sem causar prejuízo ao embrião, o que não ocorreria com os outros produtos de excreção nitrogenada.

De acordo com a excreta nitrogenada predominante na excreção, os animais podem ser classificados em:

- **amoniotélicos:** excretam principalmente amônia. São representados pela maioria dos animais aquáticos, como poríferos, cnidários, equinodermos, peixes ósseos, larvas aquáticas de animais terrestres (girinos) e alguns invertebrados de ambientes terrestres úmidos;
- **ureotélicos:** excretam principalmente ureia. São representados por alguns invertebrados, peixes cartilaginosos (tubarões e raias), anfíbios adultos, alguns répteis, como tartarugas, e mamíferos;
- **uricotélicos:** excretam principalmente ácido úrico. São representados pelos artrópodes terrestres e gastrópodes terrestres, pelas aves e pela maioria dos répteis.

Além de sua relação com a excreção, a osmorregulação está associada às condições ambientais.

A concentração do corpo de animais marinhos é muito semelhante à da água do mar, sendo quase **isotônicos** em relação ao meio externo. Já os animais que vivem em água doce são **hipertônicos** em relação ao meio externo e enfrentam problemas sérios de entrada de água no corpo e perda de sais. Os animais terrestres, por outro lado, perdem muita água e sais para o meio.

Os animais surgiram no ambiente marinho, e a conquista do ambiente terrestre e de água doce foi acompanhada pelo surgimento de mecanismos que possibilitaram viver nesses ambientes.

Entre os invertebrados, poríferos e cnidários não têm estruturas especializadas para a excreção e osmorregulação. Nesses casos, as excretas são eliminadas principalmente pela superfície do corpo. A maioria dos invertebrados, no entanto, apresenta estruturas excretoras.

Nos platelmintos há o **protonefrídio**. Este é formado por uma rede de túbulos que apresentam na extremidade das ramificações uma célula terminal especializada, a qual varia nos diferentes grupos de platelmintos: em alguns, é o **solenócito**, que tem um único flagelo; em outros, como é o caso da planária, é a **célula-flama**, que apresenta vários flagelos, cujo batimento lembra a chama de uma vela (Fig. 14.35).

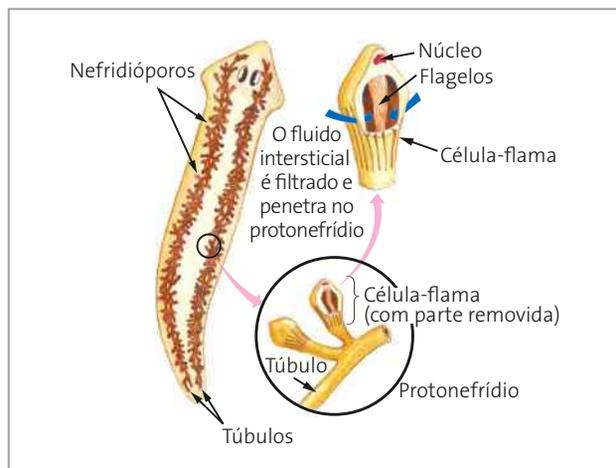


Figura 14.35. Esquema do sistema excretor de planária com detalhes de protonefrídio e células-flama. (Elementos representados em diferentes escalas; cores fantasia.)

O batimento flagelar faz com que os fluidos extracelulares dos tecidos internos do corpo sejam ultrafiltrados e passem para os túbulos. Estes se abrem para o exterior por meio de **nefridióporos** (poros excretores) situados na superfície dorsal do corpo. Por esse sistema, os platelmintos eliminam excesso de água e certas excretas. As excretas nitrogenadas, no entanto, são eliminadas principalmente pela superfície do corpo.

Moluscos e anelídios, que são animais celomados, possuem outro tipo de nefrídio, o **metanefrídio**, formado por um ducto que possui duas aberturas: uma delas é o **nefróstoma**, um funil ciliado, que filtra o líquido da cavidade celomática, e a outra é o **nefridióporo**, uma abertura simples na parede externa do corpo ou próximo a ela, por onde a excreção é eliminada (Fig. 14.36).

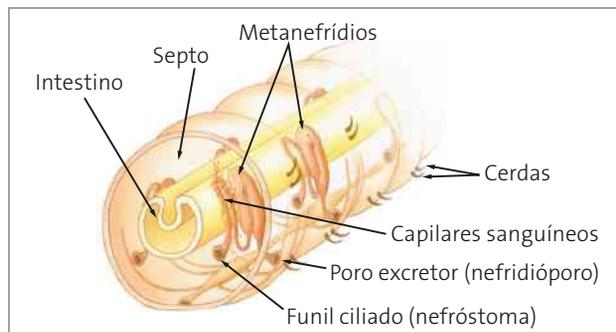


Figura 14.36. Esquema de metanefrídios. Cada segmento do corpo da minhoca contém um par de metanefrídios, que coletam o líquido celomático do segmento anterior. (Elementos representados em diferentes escalas; cores fantasia.)

A maioria dos nematódeos excreta amônia principalmente através da parede do trato digestório, sendo que a função osmorreguladora é realizada principalmente por células excretoras especiais chamadas **renetes**, que se abrem para o exterior por um poro localizado próximo à boca. As renetes não são homólogas aos nefrídios encontrados em outros animais.

Além das renetes, há nas lombrigas uma célula em forma de **H**, com dois canais longos. É a maior célula do corpo desses animais. Abre-se para fora do corpo por um poro comum com as renetes (Fig. 14.37).

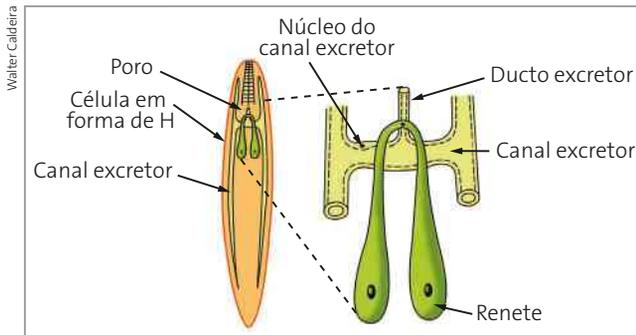


Figura 14.37. Esquema de nematódeo em vista ventral, evidenciando o canal excretor em forma de **H** e a renete. (Elementos representados em diferentes escalas; cores fantasia.)

Os outros dois tipos importantes de estruturas excretoras nos invertebrados ocorrem nos artrópodes e são os **nefrídios saculiformes** – que recebem vários nomes: glândulas coxais, glândulas verdes (Fig. 14.38), glândulas antenais e glândulas maxilares – e os **túbulos de Malpighi**. Essas estruturas possuem uma das extremidades em fundo cego na qual o sangue do amplo espaço corpóreo correspondente à hemocele é filtrado; a outra extremidade abre-se para fora do corpo, no caso dos nefrídios saculiformes, e na porção posterior do intestino, no caso dos túbulos de Malpighi.

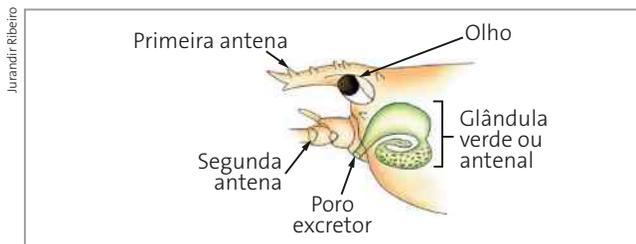


Figura 14.38. Esquema da região anterior de um crustáceo hipotético mostrando a glândula verde, vista por transparência. (Cores fantasia.)

Nefrídios saculiformes são derivados dos metanefrídios dos ancestrais celomados desses invertebrados. Eles são característicos de artrópodes aquáticos, como é o caso dos crustáceos (por exemplo, siris e lagostas). Esses animais são amoniotéticos e eliminam a amônia

principalmente através das brânquias. Os nefrídios atuam basicamente na osmorregulação e são mais desenvolvidos nos crustáceos que vivem em água doce, onde os problemas osmóticos são maiores que na água do mar.

Os túbulos de Malpighi (Fig. 14.39) derivam do sistema digestório e surgiram independentemente em vários grupos de artrópodes terrestres. São estruturas relacionadas com a excreção de ácido úrico e guanina, moléculas insolúveis em água, o que propicia a esses animais economia de água, condição importante para a vida no ambiente terrestre. São os órgãos excretores de insetos, miriápodes e aracnídeos, embora nefrídios saculiformes ocorram em alguns membros desses grupos.

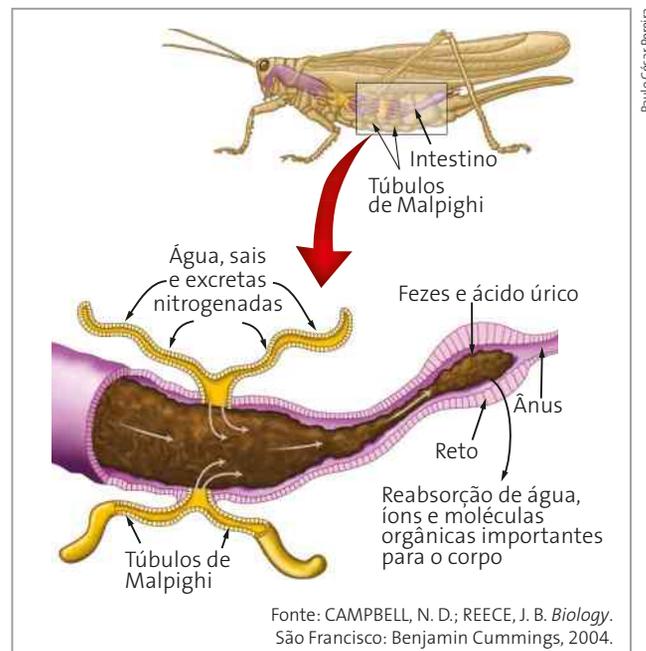


Figura 14.39. Esquema da localização dos túbulos de Malpighi no corpo de um inseto e detalhe de sua estrutura interna e da região posterior do intestino. (Elementos representados em diferentes escalas; cores fantasia.)

Nos vertebrados, as principais estruturas relacionadas com a excreção e a osmorregulação são os **rins** (Fig. 14.40).

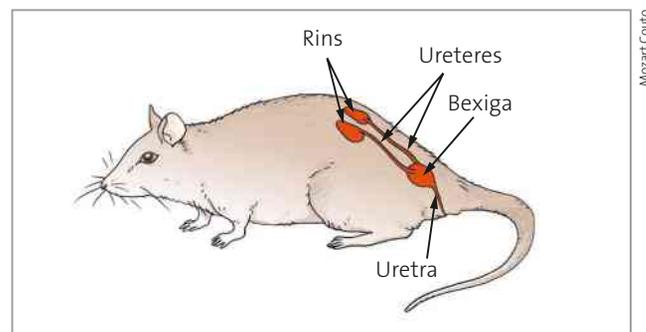


Figura 14.40. Esquema de estruturas excretoras em vertebrado. (Cores fantasia.)

Os rins são compostos de unidades excretoras denominadas néfrons, que convergem para dutos coletores e depois para os ureteres. Nos peixes cartilaginosos, répteis e aves, os ureteres desembocam diretamente na cloaca; nos anfíbios, chegam à bexiga urinária, de onde a urina segue para a cloaca; nos mamíferos, os ureteres levam urina dos rins para a bexiga urinária e uma uretra a conduz diretamente até o meio externo.

A urina é líquida, exceto nos répteis e nas aves, em que as excretas semissólidas (ácido úrico) são eliminadas como uma pasta branca com as fezes.

A tabela abaixo (Fig. 14.41) apresenta um resumo das principais características de diversos animais quanto ao tipo de excretas nitrogenadas e regulação osmótica.

Animal	Hábitat	Produto de excreção	Concentração sanguínea em relação ao meio	Concentração das excreções em relação ao sangue	Órgãos excretores	Osmorregulação
Platelmintos	Água doce	Amônia	—	Hipotônica	Protonefrídios com células-flama	Não bebem água
Anelídeos	Água doce ou terrestre	Amônia	Hipertônica	Hipotônica	Metanefrídios	Não bebem água
Insetos	Terrestres	Ácido úrico	—	Hipertônica	Túbulos de Malpighi	Bebem água
Peixes cartilaginosos	Água salgada	Ureia	Isotônica	Isotônica	Rins	Não bebem água; ureia ajuda a reter água
Peixes ósseos	Água salgada	Amônia	Hipotônica	Isotônica	Rins e brânquias	Bebem água e excretam sal
	Água doce	Amônia	Hipertônica	Hipotônica	Rins	Não bebem água e absorvem sal
Anfíbios	Água doce e terrestre	Amônia ou ureia	Hipertônica	Hipotônica	Rins e pele	Não bebem água e absorvem sal
Répteis e Aves	Água salgada	Ureia e ácido úrico	Hipotônica	Hipertônica	Rins	Bebem água e excretam sal
	Terrestre	Ácido úrico	—	Hipertônica	Rins	Bebem água
Mamíferos	Água salgada	Ureia	Hipotônica	Hipertônica	Rins	Não bebem água
	Terrestre	Ureia	—	Hipertônica	Rins	Bebem água

Fonte: <<http://biologia.ifsc.usp.br/bio2/apostila/apost-fisiol-parte5.pdf>>. Acesso em: mar. 2016.

Figura 14.41. Tabela comparativa da excreção nitrogenada e regulação osmótica em alguns animais.

7. Sistema nervoso

Entre os animais, uma das funções mais importantes do sistema nervoso é a associação entre os estímulos percebidos por estruturas sensoriais e as respostas corporais compatíveis com eles.

Assim, a estrutura do sistema nervoso relaciona-se com a organização geral do corpo.

O sistema nervoso, ausente nas esponjas, surge nos radiados com uma organização difusa (**sistema nervoso difuso**), relacionada à simetria radial, propiciando a percepção de estímulos vindos de todas as direções. Nos equinodermos, que apresentam simetria radial secundária, há um anel nervoso do qual partem

nervos radiais, um para cada braço ou setor do corpo; também aí os estímulos vindos de várias direções diferentes podem ser percebidos.

Já nos animais com simetria bilateral, a região anterior do corpo é a primeira a entrar em contato com os estímulos do meio. No curso da evolução dos animais, aqueles que apresentaram concentração de estruturas sensoriais na região anterior do corpo (**cefalização**) foram positivamente selecionados, pois essa condição trouxe vantagens adaptativas a eles. Com a cefalização veio uma tendência à concentração de elementos nervosos na região anterior, com diferentes graus de desenvolvimento e complexidade.

Nas planárias, o **sistema nervoso** é formado por dois gânglios cerebrais (concentrações de corpos de neurônios) ligados a cordões nervosos (axônios) longitudinais que inervam as regiões anterior e posterior do corpo e que são unidos por comissuras transversais. Em função disso, fala-se que o sistema nervoso nessas planárias é em **forma de escada**.

Nos moluscos, anelídeos e artrópodes, o **sistema nervoso é ganglionar**, composto de pares de gânglios unidos por cordões nervosos ventrais.

Nos vertebrados, o sistema nervoso é mais **elaborado**, com encéfalo, cujo desenvolvimento varia nos diferentes grupos, e vários tipos de nervos (Fig. 14.42).

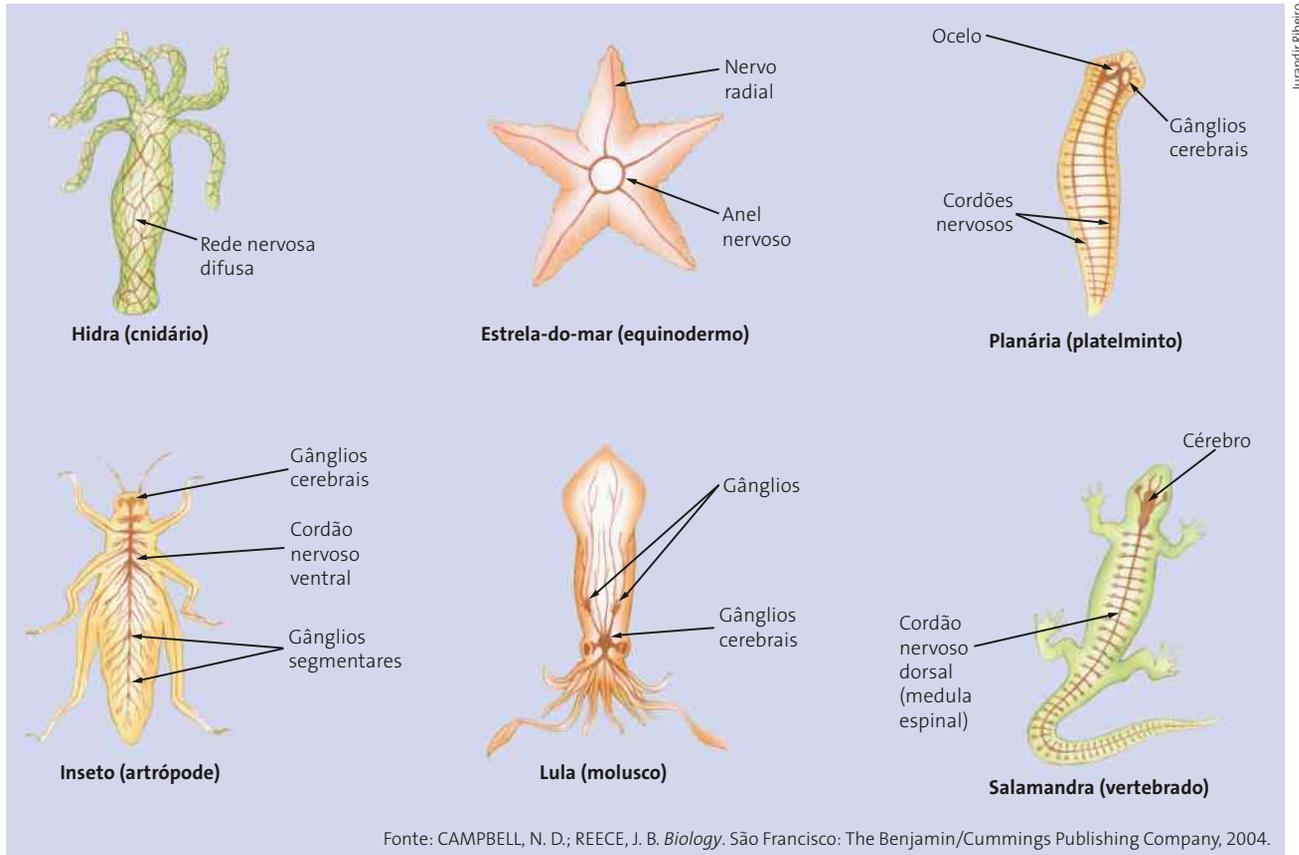


Figura 14.42. Esquemas da organização do sistema nervoso em alguns animais. (Representações em diferentes escalas; cores fantasia.)



Tema para discussão

REGISTRE NO CADERNO



Descoberta a menor serpente do mundo

[...] Com cerca de 10 cm de comprimento, ela é tão fina quanto um fio de espaguete. Seu nome? *Leptotyphlops carlae*.

Habitante de uma ilha do Caribe chamada Barbados, a menor entre as mais de 3.100 espécies de cobras do mundo foi encontrada por cientistas americanos que, curiosamente, já haviam descoberto anteriormente o menor sapo e o menor lagarto do planeta, também em ilhas caribenhas.

Segundo eles, *Leptotyphlops carlae* deve ter, possivelmente, o menor tamanho que uma serpente pode apresentar – ou estar bem perto disso. Isso porque, se esses animais ficarem muito pequenos, pode ser que seus filhotes não tenham o que comer. Afinal, eles se tornariam menores do que seus alimentos. Para você ter uma ideia, a serpente encontrada em Barbados, assim como outras a que ela está relacionada, costuma se alimentar de larvas de formigas e de cupins.



Serpente *Leptotyphlops carlae* sobre moeda estadunidense.

No entanto, é bom dizer: os cientistas reconhecem que não é possível dizer, com certeza, que não existe, no planeta, nenhuma outra espécie de cobra menor do que a caribenha. Isso porque há outras serpentes que são quase tão pequenas quanto a *Leptotyphlops carlae*. Os próprios cientistas americanos, por exemplo, no trabalho em que relataram a descoberta da menor serpente do mundo, contaram que também acharam uma outra espécie, também no Caribe, quase tão pequena quanto ela.

Descoberta a menor serpente do mundo. *Ciência Hoje das Crianças*. Disponível em: <<http://chc.cienciahoje.uol.com.br/descoberta-a-menor-serpente-do-mundo/>>. Acesso em: mar. 2016.

Professor(a), sugerimos que os estudantes pesquisem características e adaptações de pequenos seres vivos para responder à questão.

- Embora, ao longo da história evolutiva, os seres vivos tenham passado de organismos unicelulares a seres muitas vezes de grande porte, o inverso também ocorreu. Vimos no capítulo sobre os fungos o retorno à condição unicelular em muitos grupos. É correto dizer que seres vivos mais complexos e maiores são mais adaptados do que os demais e que na evolução sempre ocorre aumento de complexidade e de tamanho do corpo?



Retomando

Como você viu, os animais realizam praticamente os mesmos processos biológicos básicos, porém a partir de mecanismos distintos. Que processos biológicos são esses? Relacione-os com suas respostas às questões da seção **Pense nisso** e reescreva-as.



Ampliando e integrando conhecimentos

REGISTRE NO CADERNO



Professor(a), veja nas Orientações didáticas os comentários e as respostas das questões dissertativas.

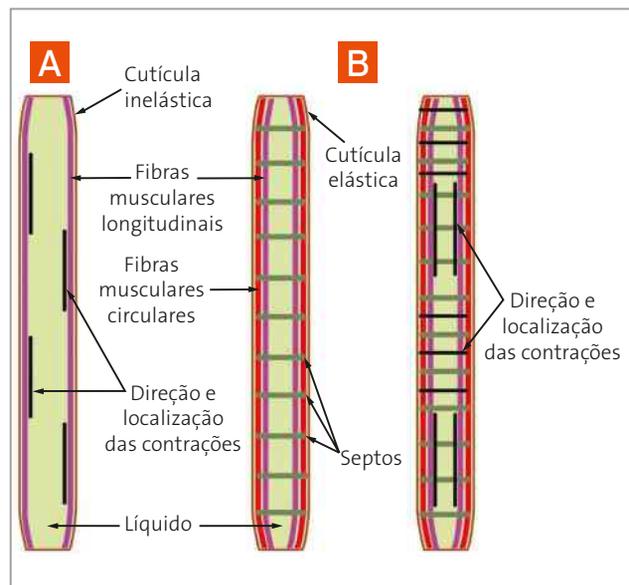
Atividade 1 O esqueleto hidrostático Habilidades do Enem: H17, H28.

Considere a ação do esqueleto hidrostático na movimentação dos animais que o possuem. Duas situações gerais ocorrem nesses casos:

- A primeira, em nematódeos, como a lombriga. O corpo desses animais é revestido por uma cutícula inelástica mas maleável, que, embora não possibilite a distensão do corpo, propicia a realização de flexões. A parede do corpo desses organismos possui apenas musculatura longitudinal, cuja contração é especial. Quando a musculatura longitudinal em um lado do corpo se contrai, a pressão no líquido do pseudoceloma aumenta, causando a distensão da musculatura do lado oposto.
- A segunda, na maioria dos anelídeos, como as minhocas. O corpo desses animais possui revestimento externo elástico e uma parede com duas camadas musculares: uma circular, em contato com a epiderme, e outra longitudinal. Essa camada muscular longitudinal estabelece contato com o tecido que reveste as múltiplas cavidades celômicas. Há duas cavidades celômicas em cada metâmero. Além disso, nas minhocas, o controle dos músculos em cada metâmero ocorre de forma mais ou menos independente em relação aos demais segmentos do corpo.

Analisar as figuras ao lado.

Esquema do corpo de dois animais, em corte longitudinal que ilustra as duas situações explanadas anteriormente, respectivamente **A** e **B**. Em **B**, não foram discriminadas as cavidades direita e esquerda de cada segmento. (Cores fantasia.)

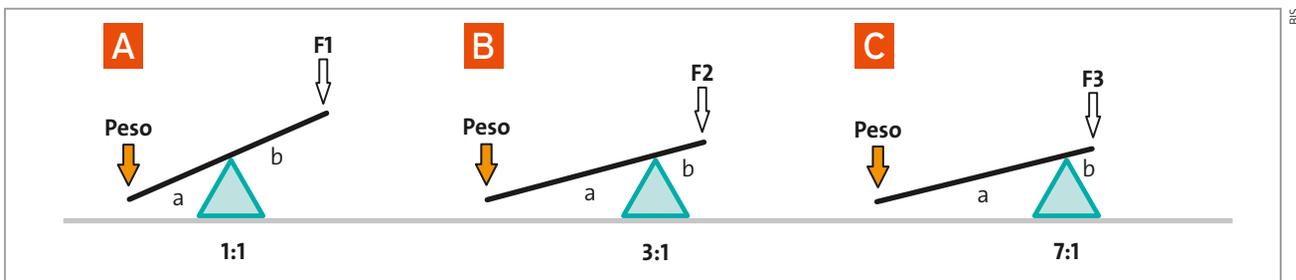


Walter Calderia

- a) As linhas pretas indicam a direção e a localização das contrações. Com base nisso, desenhe como ficaria, no momento das contrações e nos locais especificados, a forma externa do corpo de cada um desses organismos (A e B): retilínea e com partes mais finas e outras mais grossas; ou sinuosa como um “S”, mas com mesmo diâmetro em toda a extensão.
- b) Da maneira como está colocado na figura, o animal A poderia encurtar o corpo? Justifique.

Atividade 2 Movimentos nos vertebrados Habilidades do Enem: H14, H15, H17, H18, H28.

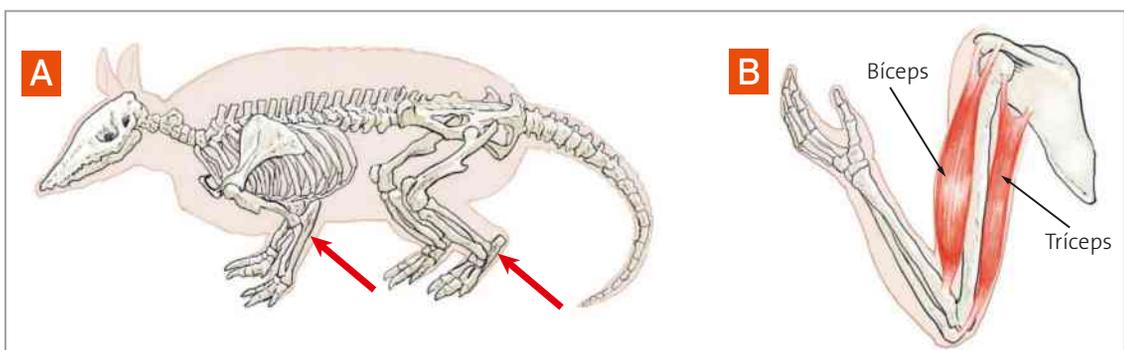
Nesta atividade, vamos rever algumas noções de Física sobre alavancas. Observe a figura a seguir. Nela estão representadas três situações (A, B e C) em que uma tábua de madeira, sempre do mesmo comprimento, encontra-se apoiada sobre um suporte, como uma gangorra. Na extremidade esquerda é colocada uma massa que exerce peso idêntico nas três situações. O objetivo é aplicar uma força **F** na extremidade direita da tábua para equilibrá-la nessas três situações. Trata-se, portanto, de um equilíbrio de forças. (Lembre-se de que o peso é uma força exercida para baixo, na vertical, por uma determinada massa dentro de um campo gravitacional.)



Os números indicam as proporções entre os comprimentos das duas partes da tábua, à esquerda e à direita do ponto de apoio. 1:1 significa que a tábua está apoiada pelo meio; 3:1 indica que a parte à esquerda do suporte é três vezes mais longa que a parte à direita. (Cores fantasia.)

Após consultar fontes confiáveis sobre alavancas — como o seu livro de Física —, responda às questões a seguir:

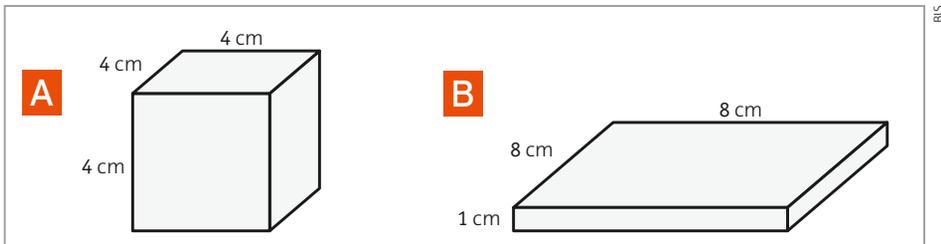
- a) Se o peso for de 1 kgf (quilograma-força = força necessária para segurar uma massa de 1 kg suspensa no ar, junto à superfície terrestre) nas três situações, quais deverão ser, em kgf, as forças **F1**, **F2** e **F3** para equilibrá-lo?
- b) Faça, em seu caderno, o esquema de uma alavanca capaz de erguer um peso de 10 kgf ao ser aplicada uma força de 5 kgf.
- c) As figuras **A** e **B** abaixo representam, respectivamente, o esqueleto de um tatu e o esqueleto do braço/antebraço humano, com destaque para dois músculos antagonísticos: o tríceps e o bíceps. Tanto no tatu como no homem, a musculatura é estruturada da mesma forma: o tríceps, ao se contrair, distende o antebraço; já o bíceps, ao se contrair, dobra o antebraço e distende o tríceps. As setas vermelhas indicam o cotovelo e o calcanhar esquerdos do tatu. Ele é um animal que cava suas tocas rapidamente, arremessando terra para trás com as patas equipadas com fortes unhas. Com base nessas informações e no que você constatou nas questões anteriores, qual é a característica morfológica do esqueleto do tatu que lhe confere, proporcionalmente, mais força para distender as patas que, no caso, o braço/antebraço humano?



Esquema do esqueleto de um tatu, em **A**, e de um membro superior humano, em **B**. (Cores fantasia.)

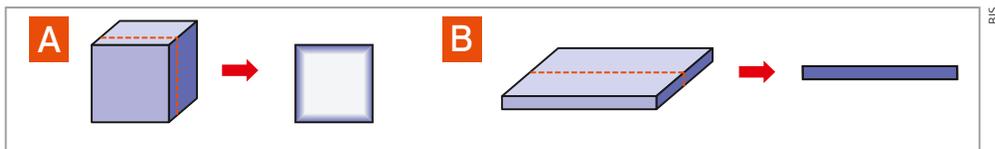
Atividade 3 Relação área/volume Habilidades do Enem: H14, H17, H18.

Nesta atividade, propomos a análise da absorção de substâncias desde a superfície de um corpo até suas regiões mais internas. Para isso, você deverá interpretar os resultados de um experimento em que foram utilizados gelatina transparente e corante azul de metileno, que é solúvel em água. Dois blocos foram moldados com gelatina, como mostram os esquemas a seguir.



Esquema de dois blocos de gelatina em diferentes formatos. (Cores fantasia).

Os blocos foram imersos na mesma solução de azul de metileno durante certo intervalo de tempo. Após esse período, eles foram removidos e cortados transversalmente na região mediana, com o objetivo de se verificar o grau de penetração do corante em cada um deles. Os resultados obtidos são apresentados abaixo:



Esquema do corte dos dois blocos de gelatina após serem imersos na solução de azul de metileno. (Cores fantasia).

Responda:

- Com base em seus conhecimentos de geometria, calcule o volume dos blocos A e B.
- Agora, calcule a área superficial dos blocos A e B.
- Em qual dos blocos a difusão do corante atingiu as regiões mais internas?
- Relacione as respostas fornecidas aos itens anteriores e aponte a conclusão que esse experimento permite levantar.
- Suponha que os blocos A e B representem dois organismos acelomados hipotéticos com aproximadamente a mesma massa corporal e que, no processo evolutivo, surgiram em um mesmo local: o ambiente terrestre úmido. Considere também que as trocas de gases respiratórios entre eles e o meio ocorrem apenas através da superfície corpórea. Diante disso, responda: em qual deles as trocas gasosas seriam mais efetivas, aumentando as chances de sobrevivência? Qual deles seria selecionado para viver nesse ambiente? Justifique.

Testes

REGISTRE
NO CADERNO



- (UFJF-MG) A respiração nos animais envolve, além de processos bioquímicos intracelulares, trocas gasosas com o meio externo. Para essas trocas são utilizadas diferentes estruturas, características dos diversos grupos. As estruturas respiratórias denominadas traqueias, filotraqueias, brânquias e pulmões ocorrem, respectivamente, nos seguintes animais:
 - formiga, cupim, peixe, pinguim.
 - barata, aranha, girino, lesma.
 - cobra, minhoca, caranguejo, pepino-do-mar.
 - escorpião, camarão, ostra, piramboia.
 - planária, cigarra, anêmona, salamandra.
- (UFES) Em relação aos animais, é **correto** afirmar:
 - O sistema circulatório aberto permite o desenvolvimento de órgãos maiores, consequentemente um aumento do corpo animal.
 - Os artrópodes foram os primeiros animais a apresentar sistema circulatório.

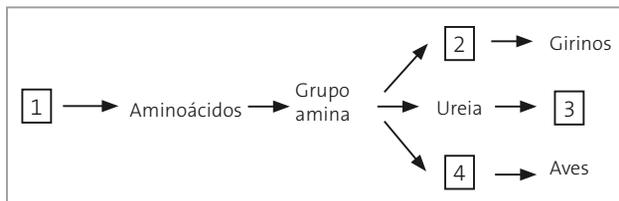
- x c) Quanto mais ativo for o animal, tanto mais rápido deve ser o fornecimento de oxigênio pelo sangue aos seus tecidos.
- d) Em animais de pequeno porte, o sangue circula sob a pressão relativamente alta.
- e) A complexidade da estrutura e da fisiologia do sistema circulatório dos animais é inversamente proporcional a suas taxas metabólicas.

3. (Unifor-CE) O quadro abaixo apresenta características do sistema excretor de alguns animais.

Animal	Órgão	Excreta principal
I	Túbulos de Malpighi	Ácido úrico
Crustáceos	Glândulas antenais	II
Anelídeos	III	Amônia

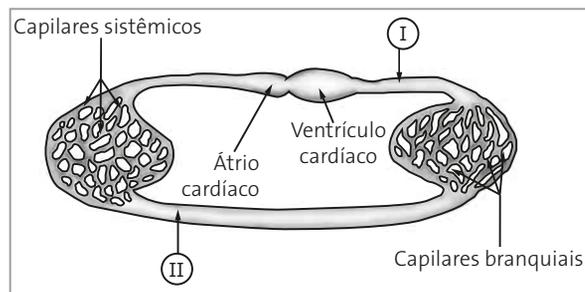
Para completá-lo corretamente, I, II e III devem ser substituídos, respectivamente, por:

- a) peixes, amoníaco e glândulas verdes.
 - x b) insetos, amônia e metanefrídios.
 - c) celenterado, ureia e células-flama.
 - d) mamíferos, urato e protonefrídios.
 - e) diplópodes, ácido úrico e rins.
4. (Unesp-SP) O esquema seguinte representa a produção de compostos nitrogenados a partir do metabolismo de um composto orgânico em diferentes grupos animais.



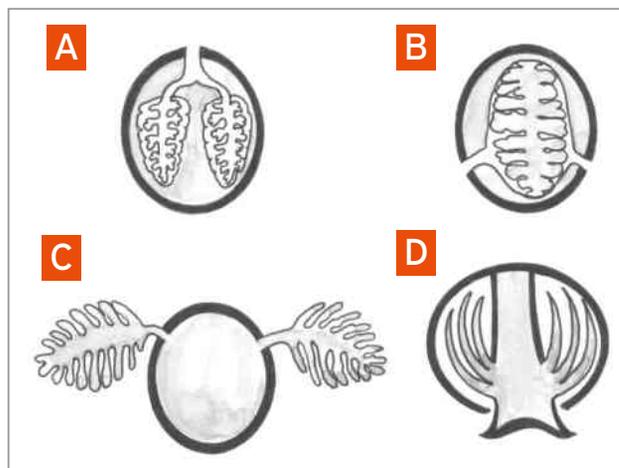
Os números de 1 a 4 podem, nessa ordem, ser corretamente substituídos por:

- x a) proteínas, amônia, mamíferos, ácido úrico.
 - b) carboidratos, ácido úrico, mamíferos, amônia.
 - c) carboidratos, amônia, répteis, ácido úrico.
 - d) proteínas, ácido úrico, invertebrados aquáticos, amônia.
 - e) lipídios, amônia, invertebrados terrestres, ácido úrico.
5. (Fuvest-SP) O esquema [a seguir] representa o sistema circulatório de um grupo animal. Indique de que animal pode ser o sistema representado e em qual das regiões indicadas pelos numerais romanos existe alta concentração de gás oxigênio e alta concentração de gás carbônico no sangue.



Grupo animal	Alta concentração de gás oxigênio	Alta concentração de gás carbônico
x a) Peixe	II	I
b) Peixe	I	II
c) Anfíbio	I	II
d) Réptil	I	II
e) Réptil	II	I

Instrução: responder à questão 6 com base na figura abaixo, que mostra órgãos adaptados à realização de trocas gasosas em diferentes grupos de animais.



Adaptado de PURVES, W. K.; SADAVA, D.; ORIAN, G. H.; HELLER, H. C. *Vida: a ciência da Biologia*. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2002.

6. (PUC-RS) A partir da observação da figura acima, é correto afirmar que as estruturas representam, respectivamente, ..., as quais são adaptações que permitem a troca gasosa com

- x a) A e B — pulmões e traqueia — o ar
- b) A e D — pulmões e traqueia — o ar
- c) B e C — brânquias internas e brânquias externas — a água
- d) B e D — traqueia e brânquias internas — a água
- e) C e D — brânquias internas e brânquias externas — o ar

Sugestões de consulta

Livros

- 100 animais ameaçados de extinção no Brasil – E o que você pode fazer para evitar**, de Savio Freire Bruno, Ediouro, 2008.
- 40 contribuições pessoais para a sustentabilidade**, de Genebaldo Freire Dias, Global, 2005.
- Água – Origem, uso e preservação**, de Samuel Murgel Branco, Moderna, 2003.
- Animais aquáticos potencialmente perigosos do Brasil – Guia médico e biológico**, de Vidal Haddad Júnior, Roca, 2008.
- As cartas de Charles Darwin: uma seleta**, de Frederick Burkhardt (ed.), Unesp, 2000.
- A ciência através dos tempos**, de Attico Chassot, Moderna, 2001.
- A conservação das florestas tropicais**, de Sueli Angelo Furlan e João Carlos Nucci, Atual, 2004.
- A goleada de Darwin**, de Sandro Souza, Record, 2009.
- A maravilhosa aventura da vida**, de Clara Pinto Correia, Presença, 2009.
- A terceira margem**, de Ignacy Sachs, Companhia das Letras, 2009.
- A última floresta – A Amazônia na era da globalização**, de Mark London e Brian Kelly, Martins Fontes, 2007.
- Bioquímica do corpo humano – As bases moleculares do metabolismo**, de Fernando de Valencia, Unesp, 2014.
- Charles Darwin, a revolução da revolução**, de Rebecca Stefoff, Companhia das Letras, 2007.
- Clima e meio ambiente**, de José Bueno Conti, Atual, 2005.
- Darwin a bordo do Beagle**, de Richard Keynes, Jorge Zahar, 2004.
- Darwin e a evolução explicada aos nossos netos**, de Pascal Picq, Unesp, 2015.
- Dicionário básico de Biologia**, de Octacílio Lessa, Ciência Moderna, 2007.
- DNA: o segredo da vida**, de James D. Watson e Andrew Berry, Companhia das Letras, 2005.
- Do nicho ao lixo – Ambiente, sociedade e educação**, de Francisco C. Scarlato e Joel Arnaldo Pontin, Atual, 2009.
- Ecoguia – Guia ecológico de A a Z**, da Fundação Nicolas Hulot, Landy, 2008.
- Ecologia e cidadania**, de Carlos Minc, Moderna, 2005.
- Era verde? Ecossistemas brasileiros ameaçados**, de Zysman Neiman, Atual, 2005.
- Evolução: o sentido da Biologia**, de Diogo Meyer e Charbel Niño El-Hani, Unesp, 2005.
- Genes, povos e línguas**, de Luigi Luca Cavalli-Sforza, Companhia das Letras, 2003.
- Humanidade sem raças?**, de Sérgio D. J. Pena, Publifolha, 2008.
- Identidade genética e exame de DNA**, de Roseli Borin Ramadan Ahmad, Jurua, 2009.
- Infinitas formas de grande beleza**, de Sean B. Carroll, Jorge Zahar, 2006.
- Isto é Biologia – A Ciência do mundo vivo**, de Ernest Mayr, Companhia das Letras, 2008.
- Lixo, problema nosso de cada dia**, de Suzana Facchini Granato e Neide Simões de Mattos, Saraiva, 2005.
- Nossa escolha – Um plano para solucionar a crise climática**, de Al Gore, Amarilys, 2009.
- Os detetives do DNA**, de Anna Meyer, Record, 2008.
- O gene egoísta**, de Richard Dawkins, Itatiaia, 2001.
- O guia completo dos dinossauros do Brasil**, de Luiz Anelli, Peirópolis, 2010.
- O incrível mundo dos fungos**, de Gisela Ramos Terçarioli, Unesp, 2010.
- O que é vida?**, de Lynn Margulis e Dorion Sagan, Jorge Zahar, 2002.
- Para gostar de ler – A história da Biologia**, de Robson Fernandes de Farias, Átomo, 2009.
- Planeta Terra em perigo**, de Elizabeth Kolbert, Globo, 2008.
- Polegares e lágrimas e outras peculiaridades que nos tornam humanos**, de Chip Walter, Record, 2009.
- Seca no Nordeste – Desafios e soluções**, de Edith Oliveira de Menezes, Atual, 2005.
- Serpentes do Cerrado**, de Otavio Marques e André Eterovic, Holos, 2015.
- Terra: ontem e hoje – O planeta e as marcas deixadas pelo homem**, de Fred Pearce, Larousse, 2008.
- Uma introdução aos invertebrados**, de Janet Moore, Santos, 2003.
- Vivendo no Cerrado... e aprendendo com ele**, de Marcelo Ximenes Aguiar Bizerril, Saraiva, 2005.

Sites

(Acessos em: mar. de 2016.)

Animais aquáticos de importância médica no Brasil

<http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0037-86822003000500009&script=sci_arttext>

Animais em extinção

<<http://www.ebc.com.br/animais-em-extincao>>

Anuros

<<http://www1.folha.uol.com.br/folha/ciencia/ult306u613892.shtml>>

<<http://www.invivo.fiocruz.br/cgi/cgilua.exe/sys/start.htm?inford=262&sid=2>>

<<http://www.ra-bugio.org.br>>

Aves

<<http://www.avesderapinabrasil.com>>

<http://www.horizontegeografico.com.br/arquivos/arquivo_109.pdf>

<<http://www.wikiaves.com>>

Biologia marinha

<<http://cebimar.usp.br>>

<<http://cifonauta.cebimar.usp.br>>

Centros e museus de ciência no Brasil

<<http://www.museudavida.fiocruz.br/media/centros-e-museus-de-ciencia-do-brasil-2015%20novaversao.pdf>>

Cnidários

<http://www.sbd-sc.org.br/arquivos/noticias/Aguas_Vivas_e_Caravelas.pdf>

Escorpiões, aranhas e serpentes

<http://www.usinaciencia.ufal.br/multimedia/livros-digitais-cadernos-tematicos/Escorpioes_Aranhas_e_Serpentes.pdf>

Mamíferos do Brasil

<<http://www.uel.br/pos/biologicas/pages/arquivos/pdf/Livro-completo-Mamiferos-do-Brasil.pdf>>

Moluscos

<<http://www.conchasbrasil.org.br/>>

<http://www.mma.gov.br/estruturas/174/_arquivos/174_05122008104832.pdf>

Plantas

<<http://www.diaadiaeducacao.pr.gov.br/portals/pde/arquivos/733-2.pdf>>

<<http://www.ibflorestas.org.br/lista-de-especies-nativas.html>>

<<http://www.colecionandofrutas.org/frutasdomato.htm>>

<<http://www.plantasdaninhasonline.com.br>>

<<http://reflora.jbrj.gov.br>>

Peixes

<http://www.mma.gov.br/estruturas/revizee/_arquivos/guiaiden.pdf>

Répteis

<<http://eco.ib.usp.br/labvert/texto-repteis-livro-vermelho.pdf>>

Gabarito

Respostas para as questões da seção **Testes**.

Unidade 1 - Sistemática, vírus, procariontes, protistas e fungos

Capítulo 1 - Evolução e classificação

- | | | |
|------|------|------|
| 1. D | 3. B | 5. C |
| 2. B | 4. E | |

Capítulo 2 - Vírus

- | | | |
|------|------|------|
| 1. E | 3. C | 5. E |
| 2. D | 4. B | |

Capítulo 3 - Procariontes

- | | | |
|------|------|------|
| 1. C | 4. D | 7. B |
| 2. E | 5. E | 8. C |
| 3. B | 6. C | |

Capítulo 4 - Protistas

- | | | |
|------|------|------|
| 1. A | 4. C | 7. E |
| 2. D | 5. A | |
| 3. A | 6. B | |

Capítulo 5 - Fungos

- | | | |
|--------------------------------|------|--|
| 1. B | | |
| 2. C | | |
| 3. 02, 04 | | |
| 4. 62 (02 + 04 + 08 + 16 + 32) | | |
| 5. C | 7. B | |
| 6. B | 8. A | |

Unidade 2 - Plantas

Capítulo 6 - Evolução e classificação das plantas

- | | |
|------|------|
| 1. C | 5. A |
| 2. E | 6. D |
| 3. E | 7. A |
| 4. C | |

Capítulo 7 - Histologia e morfologia das angiospermas

- | | | |
|------|------|------------------|
| 1. D | 4. D | 7. C |
| 2. C | 5. E | 8. V, V, V, F, F |
| 3. A | 6. D | 9. E |

Capítulo 8 - Fisiologia das angiospermas

- | | |
|------|------|
| 1. B | 5. D |
| 2. A | 6. A |
| 3. A | 7. C |
| 4. C | 8. A |

Unidade 3 - Os animais

Capítulo 9 - Origem, evolução e características gerais dos animais

- | |
|---------------------------|
| 1. A |
| 2. 27 (01 + 02 + 08 + 16) |
| 3. B |
| 4. C |
| 5. C |

Capítulo 10 - Diversidade animal I

- | | |
|---------------------------|------|
| 1. 51 (01 + 02 + 16 + 32) | 5. D |
| 2. A | 6. E |
| 3. D | 7. D |
| 4. C | 8. D |

Capítulo 11 - Diversidade animal II

- | | |
|------|------|
| 1. C | 4. A |
| 2. B | 5. A |
| 3. E | 6. E |

Capítulo 12 - Diversidade animal III

- | | |
|------|---------------------|
| 1. B | 4. V, F, F, V, V |
| 2. C | 5. A |
| 3. D | 6. V, F, V, V, V, F |

Capítulo 13 - Diversidade animal IV

- | | |
|------|---------------|
| 1. B | 5. D |
| 2. A | 6. D |
| 3. A | 7. A, B, C, D |
| 4. B | |

Capítulo 14 - Forma e função dos animais: um estudo comparado

- | | |
|------|------|
| 1. B | 4. A |
| 2. C | 5. A |
| 3. B | 6. A |

MANUAL DO PROFESSOR

Orientações didáticas

Apresentação

Em todos os setores da atividade humana, o conhecimento cresce em ritmo acelerado. Tentar acompanhar esse crescimento deve ser, para todos, um procedimento diário, com leitura de jornais, revistas e livros, e com consultas a endereços eletrônicos como os de universidades e instituições governamentais. Mais do que conhecer os grandes avanços do saber, é preciso compreender o significado deles. Na área biológica, por exemplo, cada vez mais são desenvolvidas formas de melhorar a qualidade do ambiente, aumentar a oferta de alimentos, aprimorar as condições de saúde das pessoas e entender os mecanismos que regem a vida. Por esse motivo, podemos afirmar que os conhecimentos biológicos estão assumindo grande importância na formação de todos, havendo necessidade crescente de serem conhecidos por pessoas das mais diversas áreas de atuação.

Para os estudantes do Ensino Médio, esses conhecimentos também são fundamentais, visto que eles seguirão destinos pessoais e profissionais diversificados. Assim, nesta obra, procuramos fazer com que o estudante retome o que já sabe sobre os temas em que vai se aprofundar e, ao longo de seus estudos, aprimore esses saberes, preparando-se para compreender os avanços científicos que certamente virão e para se posicionar de modo mais consistente diante deles.

Nesta obra, as informações e as atividades propostas foram inseridas de forma a proporcionar o desenvolvimento da cidadania e a reflexão do educando, permitindo que ele se perceba como um elemento integrante da natureza. Além disso, os conteúdos estão articulados de modo a favorecer que o estudante entenda a Biologia como um todo. Ao longo desta coleção, tivemos a preocupação de enfatizar a estreita relação entre o conteúdo teórico e a vida prática dos educandos e de manter a consistência conceitual necessária, possibilitando a eles compreender os temas abordados em Biologia. Porém, é você, professor(a), quem deverá adaptar a profundidade na abordagem dos conteúdos aos objetivos que pretende alcançar.

Na elaboração desta obra, contamos com a colaboração de muitas pessoas, a quem somos extremamente gratos.

Esperamos que nosso esforço em oferecer a você, prezado(a) colega, um bom material de apoio atenda às suas expectativas, colabore com seu trabalho em sala de aula e contribua para a formação de pessoas críticas e conscientes. Esperamos também que os educandos tenham nesta obra um material de estudo motivador.

Bom trabalho e conte sempre conosco.

Os autores

Sumário

1. A proposta desta obra	292
1.1. Princípios gerais	292
1.2. Estrutura e abordagem metodológica	293
2. O processo de avaliação do educando	299
3. O educador e sua relação com o educando	301
4. Uso das tecnologias de informação e comunicação (TIC) no ensino	302
4.1. Propostas de trabalho com tecnologia	302
5. Cinema no ensino de Biologia	306
6. Explorando museus e outros espaços culturais	309
7. Legislação sobre coleta, manutenção e uso de material biológico	309
8. Documentos norteadores do Ensino Médio e suas relações com esta obra	310
9. Referências bibliográficas	312
10. Comentários por capítulo	314
Unidade 1 – Sistemática, vírus, procariontes, protistas e fungos	314
Capítulo 1 – Evolução e classificação	314
Capítulo 2 – Vírus	319
Capítulo 3 – Procariontes	324
Capítulo 4 – Protistas	329
Capítulo 5 – Fungos	335
Unidade 2 – Plantas	339
Capítulo 6 – Evolução e classificação das plantas	339
Capítulo 7 – Histologia e morfologia das angiospermas	343
Capítulo 8 – Fisiologia das angiospermas	346
Unidade 3 – Os animais	349
Capítulo 9 – Origem, evolução e características gerais dos animais	349
Capítulo 10 – Diversidade animal I	352
Capítulo 11 – Diversidade animal II	356
Capítulo 12 – Diversidade animal III	359
Capítulo 13 – Diversidade animal IV	363
Capítulo 14 – Forma e função dos animais: um estudo comparado	365
11. Sugestões de atividades extras para o volume 2	368
12. Indagação científica	377
13. Bibliografia	383

1. A proposta desta obra

1.1. Princípios gerais

O Ensino Médio é a etapa final da educação básica e tem como objetivo principal formar o educando para a vida, qualificando-o para a cidadania e capacitando-o para o aprendizado permanente, em eventual prosseguimento dos estudos ou diretamente no mundo do trabalho.

Estar formado para a vida significa:

- saber informar-se, comunicar-se, argumentar, compreender e agir;
- enfrentar problemas de diferentes naturezas;
- participar socialmente, de forma prática e solidária;
- ser capaz de elaborar críticas ou propostas;
- adquirir atitude de permanente aprendizado.

Visando propiciar o desenvolvimento desses objetivos, os assuntos abordados, sempre com linguagem clara e objetiva, com texto ricamente ilustrado, são acompanhados de atividades que possibilitam a retomada, a reflexão e a ampla participação dos estudantes.

Além disso, os temas e assuntos trabalhados fornecem instrumentos para uma melhor atuação diante de situações do dia a dia e da futura vida profissional e pessoal. Esta obra não objetiva apenas o desenvolvimento de saberes que poderão ser exigidos nos exames de ingresso nas diferentes universidades, mas, sobretudo, procura valorizar os pressupostos do Enem, estimulando o desenvolvimento de competências e habilidades. Como **competência** entende-se a capacidade de agir eficazmente em determinado tipo de situação, apoiando-se em conhecimentos. As competências não são os conhecimentos, mas elas mobilizam, utilizam e integram os conhecimentos. Elas possibilitam dominar e fazer uso das linguagens, construir e aplicar conceitos, selecionar, organizar, interpretar dados, relacionar informações, elaborar propostas etc. Como **habilidades** entende-se o saber fazer, como, por exemplo, a habilidade de redigir um texto, de compor uma tabela, de realizar um experimento controlado etc.

Assim, para elaborarmos esta obra, consideramos que:

- educar é saber ouvir, respeitar, observar, proporcionar novas experiências, orientar e abrir espaço para a interação e a socialização;
- devemos colaborar com a formação de um estudante ativo, crítico, responsável por suas ações e decisões e com ampla visão de mundo, oferecendo-lhe condições para que possa ler e decodificar informações apresentadas pela mídia e situar-se no mundo atual;
- precisamos estimular o educando a desenvolver o conhecimento que já possui, somando a ele os conteúdos

de Biologia, em especial, e esclarecendo como esses conteúdos se interconectam com os de outras áreas;

- o diálogo entre os educandos e entre eles e o educador deve ter como objetivo o desenvolvimento e o aprimoramento da capacidade de comunicação;
- o estudante precisa desenvolver conhecimentos que lhe possibilitem posicionar-se como interlocutor em debates sobre assuntos diversos;
- ao longo do processo de aprendizagem, o educador deve valorizar os saberes que o educando já possui não só da Biologia como também de outras áreas do conhecimento, mas também deve levá-lo a rever esses saberes pela perspectiva das Ciências da Natureza e suas Tecnologias, o que pode ser um estímulo para que avance na busca de novos desafios;
- a aprendizagem da Biologia deve possibilitar que o estudante faça a distinção entre um fato e a interpretação dele. Isso lhe permitirá perceber conclusões falhas sobre os fenômenos relacionados à vida em diversas situações cotidianas, por estarem pautadas apenas em observações, e não em sua análise efetiva;
- o educando é agente do próprio saber, o qual, na medida em que é socialmente construído, faz sentido para ele, por estar em comunhão com sua realidade, e pode fornecer-lhe respostas a indagações pessoais, servindo de base para a construção da identidade e da cidadania;
- na aquisição de conhecimento, é importante a aprendizagem significativa (Ausubel, Novak e Hanesian, 1980), pois ela possibilita que o estudante estabeleça relações entre o que já sabe (os chamados conhecimentos prévios presentes em sua estrutura cognitiva¹) e os conceitos a serem aprendidos;
- o ensino deve estimular a curiosidade, articular conhecimentos com competências e desenvolver o gosto pela cultura.

De acordo com as considerações anteriores, apresentamos ideias fundamentais para que o educando possa compreender que:

- o conhecimento científico é produto da cultura humana e, como tal, não pode ser considerado como verdade absoluta, ou seja, acabado, pois está em constante desenvolvimento;
- o conhecimento científico não é baseado em opiniões pessoais, mas na lógica e na experimentação resultantes de reflexões e conclusões de muitos pesquisadores ao longo dos tempos;

1. Para Ausubel, Novak e Hanesian (1980), a estrutura cognitiva representa "o conteúdo total de ideias de um certo indivíduo e sua organização; ou o conteúdo e organização de suas ideias em uma área particular de conhecimentos". Para Moreira (1999), a estrutura cognitiva é uma rede complexa de conceitos, os quais se encontram organizados segundo uma hierarquia conceitual: há conceitos maiores, entendidos como "mais gerais", aos quais se relacionam conceitos mais específicos.

- o desenvolvimento tecnológico surgiu da união entre a Ciência e a técnica;
- para construir determinados saberes, é necessário consultar diferentes fontes de informação e utilizar diversos recursos tecnológicos;
- não é o simples acúmulo de conhecimentos que leva à evolução do pensamento científico, mas o confronto entre ideias, por vezes contraditórias;
- as novas tecnologias têm exigido indivíduos cada vez mais atualizados e integrados ao processo de transformação da realidade;
- muitos dos conceitos científicos e até mesmo suas nomenclaturas tornaram-se tão frequentes nos meios de comunicação, na vida profissional e no convívio doméstico que já podem ser considerados integrados à linguagem cotidiana;
- para contribuir com a transformação da sociedade e poder torná-la mais justa e igualitária, é necessário entender e acompanhar o avanço tecnológico;
- para ampliar direitos e conquistas sociais ao longo da vida, não se deve ficar à margem dos saberes científicos;
- a consciência crítica é construída diariamente, e não herdada de outros.

Antes de apresentarmos a estrutura da obra, é preciso que você leve em conta uma questão importante referente ao significado do livro didático como um recurso a ser utilizado em sala de aula.

Você, professor(a), é quem mais conhece sua realidade educacional e, por isso, é quem dispõe de elementos essenciais para elaborar um projeto de ensino que atenda às necessidades educacionais específicas dos estudantes. O modo como a obra encontra-se estruturada, com textos e atividades diversificados, reflete nossa preocupação em oferecer um conjunto de elementos com os quais você possa dialogar, orientando os educandos no desenvolvimento de ideias, apresentando exemplos do que está sendo discutido e propondo reflexões sobre os conhecimentos científicos. Cabe a você utilizar e adaptar a obra de acordo com seu fazer pedagógico, até mesmo buscando outras fontes de informação que complementem as discussões sugeridas, como artigos e reportagens envolvendo Ciência.

Segundo Zabala (1998), na prática de sala de aula é importante que o ensino considere situações próximas à realidade do educando e à complexidade intrínseca a ela, suscitando a discussão acerca de problemas envolvidos e que possam ser convenientemente tratados didaticamente.

Ao longo deste Manual, sugerimos possibilidades de interlocução com os educandos com base no que a obra oferece. Esperamos que nossa parceria contribua para o atendimento às necessidades educacionais dos estudantes.

Por fim, destacamos que a obra procurou apresentar o caráter de contínua construção da Ciência, com conhecimentos inacabados e com possibilidade de questiona-

mentos. Além disso, nesta obra, valorizou-se o respeito à vida, procurando-se sensibilizar os educandos quanto a questões éticas envolvendo a integridade de toda e qualquer forma de vida.

Para Sacristán (1991), os materiais didáticos podem estimular e dirigir os processos de ensino e aprendizagem. Segundo ele, os materiais não apenas transmitem informações, favorecendo o desenvolvimento de conceitos, mas também podem aumentar o interesse dos estudantes. Nesse sentido, incentivamos nesta obra a discussão de temas que são atuais e/ou presentes no cotidiano deles.

Antes de passarmos ao próximo item, julgamos importante comentar que, até o momento da finalização desta obra, ainda se encontrava em discussão a Base Nacional Curricular Comum, cuja proposta de reestruturação da escola básica e unificação dos currículos inclui o Ensino Médio. Assim, pautamos nosso trabalho nos documentos oficiais até então existentes, em nossa experiência com esse nível de escolaridade e nas inúmeras manifestações e sugestões que temos recebido de professores do Brasil todo.

1.2. Estrutura e abordagem metodológica

A sequência de assuntos no ensino de Biologia é sempre alvo de debates e várias opções são possíveis. Seja qual for a sequência adotada, porém, ela será considerada adequada se propiciar o estabelecimento de elos entre um tema e outro, de modo a evidenciar aos educandos uma visão da Biologia como um todo integrado. Ao longo desta obra, buscamos integrar os diversos temas de modo que os educandos possam relacioná-los e, assim, perceber que os conhecimentos não são desconectados e cindidos dentro da própria Biologia ou entre a Biologia e outras áreas do saber.

Nesta coleção, composta de um volume para cada ano do Ensino Médio, optamos por organizar a sequência de temas para cada volume de modo a atender às necessidades do maior número possível de professores em todo o Brasil. Buscamos também aproximá-la, com certas adaptações, de algumas das propostas para o ensino de Biologia debatidas nos últimos anos.

Assim, em nossa obra, partimos, no volume 1, de uma visão geral da vida no planeta. Os estudantes têm a oportunidade de analisar as interações entre as comunidades biológicas e os fatores físicos e químicos que compõem os ecossistemas; as relações dessas comunidades entre si; os ciclos biogeoquímicos essenciais à manutenção da vida; as consequências da intervenção humana nos diferentes ambientes; a responsabilidade compartilhada e o uso sustentável da biodiversidade.

Iniciamos, portanto, com ecologia. A seguir, consideramos interessante partir desse cenário atual para levar os estudantes a questionar o dinamismo do nosso

planeta e a história evolutiva da vida. Estimula-se os estudantes a pensar: Será que a Terra sempre foi assim como a conhecemos hoje? Passamos, então, ao estudo da origem da Terra e da vida, de modo a evidenciar os aspectos dinâmicos dos fatores abióticos e bióticos ao longo do tempo. Ao se fazer essa análise, ingressamos na origem e na evolução da unidade da vida: a célula.

A abordagem evolutiva e ecológica é valorizada não só nesse momento, mas em todas as demais seções. Evolução e ecologia são áreas da biologia intimamente ligadas e constituem eixos em torno dos quais os conceitos devem ser trabalhados. O estudo da célula, nesse volume, é apresentado sob o ponto de vista evolutivo e funcional.

O volume 2 trata da diversidade da vida. Na abordagem desse tema, optamos pelo enfoque evolutivo, trazendo logo no início noções de evolução e de sistemática filogenética, para podermos avançar nos diferentes grupos de seres vivos com esse mesmo enfoque.

No volume 3, trazemos o estudo da espécie humana, da evolução e da genética. Cabe ressaltar que o tema evolução, embora aprofundado no volume 3, é abordado tanto no volume 1 quanto no 2, não ficando assim restrito apenas ao último ano do Ensino Médio.

Passamos, a seguir, à descrição de como se organizam as unidades e os capítulos dos volumes, aliando a essa descrição a fundamentação teórica e metodológica que embasou cada uma de nossas escolhas. Consideramos que, desse modo, tornamos mais clara a função de cada um dos componentes da obra.

Abertura de unidade

Os objetivos pedagógicos das aberturas de unidade estão pautados no que Moreira (1999) considera uma das condições importantes para que ocorra a aprendizagem significativa: a predisposição dos estudantes para aprender, o que depende de um esforço deliberado, cognitivo e afetivo.

Nessa perspectiva, na abertura de cada unidade, incluímos uma frase motivadora de algum cientista ou de outra personalidade, relacionada ao tema que será visto. Sugerimos que você a leia com os estudantes para sensibilizá-los sobre o assunto da unidade. Nossa preocupação nesse momento é despertar neles a sensibilidade, a afetividade e o interesse pelo que será abordado. Há também uma fotografia representativa acompanhada de legenda, que, em certos casos, foi escrita de forma mais poética, ou literária.

Em seguida, ainda dentro das perspectivas afetiva e cognitiva, sugerimos que você questione os estudantes acerca de que informações esperam encontrar na unidade e se estas poderiam responder a suas eventuais indagações, conferindo novos significados a elas. Sugerimos que, com a sua mediação como educador(a), a discussão seja ampliada com a classe. É muito importante que todas as considerações levantadas pelos educandos sejam valorizadas, de modo que se estabeleça um vínculo afeti-

vo real, não só com o conteúdo, mas também entre você e a turma, e entre cada um deles.

Além de Moreira (1999), Ausubel, Novak e Hanesian (1980) também consideraram que no desenvolvimento dos processos de aprendizagem há a influência de fatores afetivos, entendidos como determinantes subjetivos e interpessoais da aprendizagem. Essa mesma importância foi destacada por Novak (1981) quando afirmou:

Aprendizagem cognitiva é acompanhada de experiência emocional; por esta razão, o desenvolvimento afetivo será uma concomitante da aprendizagem cognitiva. A experiência emocional tenderá a ser mais produtiva quando a instrução for planejada para otimizar a aprendizagem cognitiva e, conseqüentemente, um positivo desenvolvimento afetivo é maior quando estão presentes condições que favorecem o crescimento cognitivo.

Outro ponto que nos levou à elaboração das aberturas de unidade dessa maneira foi a intenção de despertar a motivação do educando. Ausubel, Novak e Hanesian (1980) propõem que um fator que favorece a aquisição de novas aprendizagens é a motivação para aprender. Para esses autores, a motivação pode energizar aspectos da aprendizagem do estudante, aumentando seu esforço, atenção e prontidão para aprender. Assim, há uma relação de causa e efeito recíproca entre motivação e aprendizagem: ora a motivação pode ser catalisadora da aprendizagem, ora a aprendizagem pode ser catalisadora da motivação.

Capítulo

Cada capítulo é organizado com página de abertura, texto e atividades.

A **página de abertura** tem dois objetivos principais:

O primeiro refere-se à *fotografia* e à respectiva *legenda*, que são apresentadas em destaque logo abaixo do título do capítulo. Com a apresentação desse conjunto fotografia-legenda, nossa intenção é desenvolver a motivação para aprender, além de permitir a relação dos educandos com o saber. Ainda em continuidade com o que foi apontado para a abertura da unidade, esse saber pretende-se imbuído de sensibilidade e afetividade, criados por meio da observação de imagens. Sugerimos que, antes de ler a legenda da imagem, peça aos estudantes que observem a fotografia e tentem extrair dela uma mensagem, ou seja, o que a imagem “diz” a eles. Assim, esse primeiro objetivo busca retomar, capítulo a capítulo, tudo o que já discutimos para a abertura de unidade de modo a deixar sempre viva a motivação e a afetividade.

O segundo objetivo refere-se à seção seguinte das páginas de abertura – **Pense nisso** –, em que são feitos questionamentos para sensibilização do educando e resgate de seus conhecimentos prévios. Essa seção está pautada em um dos pressupostos teóricos da aprendizagem significativa, a valorização dos conhecimentos prévios dos educandos, que pode ser traduzida da seguinte forma:

antes de cada assunto, deve-se resgatar o que a turma traz de bagagem em sua estrutura cognitiva.

Segundo Ausubel, Novak e Hanesian (1980), a aprendizagem significativa de novas informações ocorre na medida em que estas se relacionam a um ou mais conceitos específicos presentes na estrutura cognitiva do indivíduo. Esses conceitos específicos já se encontram na estrutura cognitiva do educando antes mesmo do processo de aprendizagem e servem de pontos de ligação, ou seja, de ancoragem às novas informações a serem aprendidas. Assim, tais conceitos, que se apresentam consolidados na estrutura cognitiva do estudante, são capazes de orientar o desenvolvimento de novas informações a serem aprendidas. Esse é o motivo pelo qual se admite que a aprendizagem significativa não é um processo arbitrário à estrutura cognitiva do educando. Logo, para ocorrer uma aprendizagem significativa, é preciso considerar os conhecimentos prévios do estudante. Conforme argumentam Ausubel, Novak e Hanesian (1980), o fator isolado mais importante que influencia a aprendizagem é aquilo que o educando já sabe. Assim, recomendamos que você parta dos conhecimentos prévios do educando para o desenvolvimento do capítulo.

É importante considerar que as questões formuladas na seção **Pense nisso** são apenas algumas sugestões para iniciar esse trabalho. Estimulamos você a propor outras, de acordo com suas necessidades e as da turma com que está trabalhando. Em suma, retome os conhecimentos prévios dos educandos e propicie discussões que os levem a refletir sobre suas concepções ao longo do processo de aprendizagem; isso lhes possibilitará identificar se elas apresentam algum equívoco conceitual.

Durante o trabalho com essa seção, propicie aos educandos a exposição oral ou escrita das respostas aos questionamentos, de forma a realizar um trabalho integrado e a estimular a comunicação e o relacionamento cordial entre todos. Nesse momento, deve-se valorizar o compartilhamento de saberes por meio de trocas de informações, relatos, discussões e exemplos a respeito do assunto proposto. Em busca desse objetivo, recorra a situações pedagógicas que possam despertar nos educandos o desejo de expor aos colegas e a você seus conhecimentos prévios. Esse compartilhar de conhecimentos possibilita a eles atribuir sentido aos conteúdos propostos no capítulo. Nesse momento é importante considerar que os estudantes do Ensino Médio trazem consigo um conjunto de saberes a respeito da natureza e de seus componentes, e de valores biológicos e não biológicos adquiridos com base em seus estudos no Ensino Fundamental e em experiências vividas em seu contexto sociocultural. Valorizar seus interesses e suas curiosidades é fundamental na construção dos conhecimentos científicos.

Na seção **Pense nisso**, questione e estimule, não ofereça respostas. No decorrer do desenvolvimento do tema do capítulo, explore os conhecimentos prévios dos educandos

que foram levantados, a fim de que percebam eventuais incoerências. Essa constatação exigirá a necessidade de desenvolver ideias relacionadas aos conceitos, havendo, assim, o estabelecimento de novas relações cognitivas dos estudantes com seus conhecimentos prévios.

Após a seção **Pense nisso**, inicia-se o texto do capítulo, que pode conter dois tipos de boxe, ou quadro, e alguns textos destacados, de ampliação de conteúdo. O número e a frequência de cada um desses tipos de boxe varia nos diferentes capítulos.

Os boxes denominados **Despertando ideias** propõem realização ou interpretação de experimentos que possam levantar questionamentos sobre o assunto que será tratado posteriormente a eles, abrindo espaço para discussão, ou mesmo prover percepções concretas sobre as quais os educandos poderão alicerçar novos conceitos mais abstratos e formais.

Os boxes **Colocando em foco** propõem uma abordagem transversal dos temas do capítulo, tratando de assuntos relacionados à qualidade de vida e da saúde das pessoas, vida em sociedade e à sustentabilidade do planeta, à utilização ética de seres vivos para benefício da sociedade humana, à história das ciências e como cientistas, ao longo dos anos, colaboraram e colaboram para o desenvolvimento da sociedade, entre outros. Os textos desses boxes pretendem aproximar ainda mais a Biologia do cotidiano do estudante e envolvê-lo em situações que despertem a afetividade e a cognição. Sempre que necessário, esses textos são comentados, neste Manual, nos comentários gerais ao capítulo.

Além dos boxes, o texto é ilustrado por imagens, como fotografias, esquemas, tabelas ou quadros, mapas, infográficos e gráficos, compondo com a parte escrita um todo indissociável. De acordo com Bruzzo (2004), as imagens incluídas nos livros apresentam diversos conteúdos que podem substituir páginas de texto. Com base no potencial informativo das imagens, pode-se também usá-las como modelos para elaboração de esquemas no quadro e para conduzir as discussões durante as aulas.

Novamente, recomendamos a importância de se partir dos conhecimentos prévios dos educandos para o desenvolvimento do teor do capítulo.

Para cada um dos educandos, os conhecimentos prévios, também chamados *subsunçores*, vão se relacionar às informações a serem aprendidas, podendo, em cada situação, ocorrer um ou mais dos seguintes tipos de aprendizagem significativa: subordinada, superordenada e combinatória (Moreira, 1999).

Na aprendizagem significativa subordinada (figura 1), os subsunçores são mais amplos que a nova informação a ser aprendida e os estudantes acabam por englobá-la ou incorporá-la. Fala-se que o subsunçor é mais inclusivo, ou seja, mais abrangente que a nova informação. Representando por **A** o subsunçor mais inclusivo e por **a** a nova informação menos inclusiva, **A** assimila **a** e ambos se

modificam com a interação, formando um novo subsunçor **A'a'**. Em síntese, ocorre uma subordinação de **A** à estrutura cognitiva do estudante.

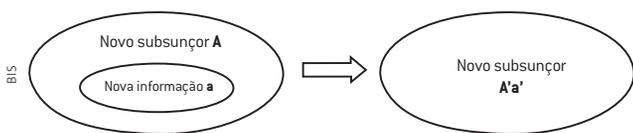


Figura 1. Diagrama representando como se relacionam os subsunçores com as novas informações no processo de aprendizagem significativa subordinada.

Para Moreira (1999), grande parte da aprendizagem significativa é do tipo subordinada.

A aprendizagem significativa superordenada ocorre quando os subsunçores são menos abrangentes, ou seja, menos inclusivos que a nova informação ou conceito a ser aprendido (figura 2). Essa situação é oposta à aprendizagem subordinada, em que os subsunçores são mais abrangentes que as novas informações, englobando-os. Na aprendizagem superordenada, por serem os subsunçores menos abrangentes que o novo conceito, não são eles que englobam a nova informação, mas a nova informação é que engloba os subsunçores. Supondo que **A** seja a nova informação mais abrangente que os subsunçores **a¹**, **a²** e **a³**, na aprendizagem superordenada, **A** engloba esses subsunçores, que, por serem parte de **A**, passam a representar especificações dele.

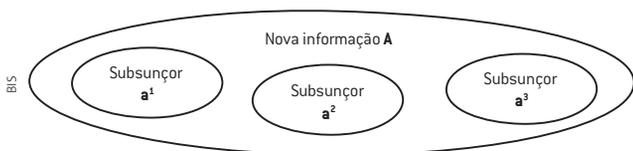


Figura 2. Diagrama representando como se relacionam os subsunçores com as novas informações no processo de aprendizagem significativa superordenada.

A aprendizagem significativa combinatória ocorre quando uma nova informação não se relaciona a conceitos subsunçores mais abrangentes, como acontece no caso da aprendizagem subordinada, nem menos abrangentes, como ocorre no caso da aprendizagem superordenada. A nova informação será igualmente abrangente a um ou mais conceitos que já existem na estrutura cognitiva do educando. Nesse caso, a nova informação passa a estabelecer com os subsunçores uma nova associação combinatória. Sendo a nova informação representada por **A**, ela vai se combinar com o subsunçor **B**, ou com outros, como **C** e **D**, igualmente amplos, existentes na estrutura cognitiva do educando (figura 3).

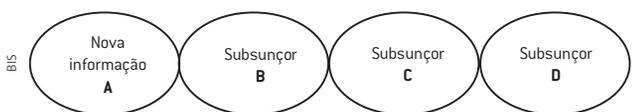


Figura 3. Diagrama representando como se relacionam os subsunçores com as novas informações no processo de aprendizagem significativa combinatória.

Na aprendizagem significativa, seja subordinada, superordenada ou combinatória, cada novo conceito que foi incorporado à estrutura cognitiva do educando passa por processos de diferenciação e de interação com outros conceitos subsunçores. Assim, o que é aprendido significativamente se integra à rede conceitual do educando, dando a ela maior complexidade e detalhamento.

Além dos processos de interação e diferenciação entre novos conceitos e subsunçores, na aprendizagem significativa ocorre a *reconciliação integrativa*. Esse processo consiste na reorganização dos conceitos incorporados, os quais passam então a adquirir novos significados. Retomam-se os conceitos mais inclusivos da estrutura cognitiva dos educandos, buscando-se, via exemplos, novos significados para esses conceitos. Nesta obra, esses pontos foram considerados, visto que em diversos momentos se faz a contextualização dos diferentes assuntos.

Segundo Ausubel, Novak e Hanesian (1980), levando-se em conta a forma como os conteúdos são apresentados ao estudante, a aprendizagem significativa pode ser receptiva ou por descoberta.

Em situações em que se apresentam ao educando os conteúdos a serem aprendidos em sua forma final ou bem próxima dela, observa-se a aprendizagem significativa por recepção. É importante ressaltar que a ocorrência de aprendizagem receptiva não impede o educando de atingir uma aprendizagem significativa. Nesse caso, uma vez que haja acesso aos conteúdos em sua forma final, o educando deve trilhar caminhos por onde seja possível estabelecer relações substantivas entre os subsunçores e as novas informações. A aprendizagem receptiva não deve ser confundida com aprendizagem passiva, sem participação ativa do estudante.

A aprendizagem por descoberta desenvolve-se em situações nas quais o educando deve descobrir gradativamente os conteúdos a serem aprendidos. Para isso, recomenda-se que sejam propostas situações desafiadoras nas quais os questionamentos são usados como estratégia para que os educandos se coloquem e, aos poucos, cheguem aos objetivos de aprendizagem.

Esta obra permite trabalhar com os educandos a aprendizagem das duas formas: a aprendizagem por recepção e a por descoberta. Você pode optar por usar essas duas formas de apresentação do conteúdo dependendo do tema do capítulo, que pode ser mais propício para uma dessas maneiras de trabalhar. Neste Manual, na parte referente a cada um dos volumes desta coleção, apresentamos algumas sugestões de atividades extras para você desenvolver em sala tomando como exemplo alguns dos temas abordados. Reforçamos, mais uma vez, que são apenas algumas sugestões e estimulamos que você faça a devida adequação às suas necessidades.

Ao final do texto principal do capítulo, há quatro seções de atividades com objetivos educacionais especificados a seguir.

Na seção **Tema para discussão**, foram selecionados textos com diferentes peculiaridades e objetivos: ampliar a visão do estudante sobre os assuntos relacionados ao capítulo, aproximar ainda mais o tema do capítulo ao cotidiano, propor questões formativas e despertá-lo para o exercício da cidadania. Sugerimos que sejam exploradas todas as potencialidades de cada um dos textos e das propostas de atividades que a ele se seguem. Entre essas atividades estão pesquisas, debates, redação de textos de divulgação, montagem de diagramas e modelagem (especialmente com massa de modelar), produção de *blogs* e discussões em fóruns, difusão do conhecimento para a comunidade onde vive.

Na seção **Retomando**, cada estudante é convidado a retomar as respostas que deu às questões da seção **Pense nisso**, com o objetivo de que ele verifique se relacionou novos conceitos aos conhecimentos prévios. Recomendamos que você amplie a seção **Retomando**, incorporando o que foi levantado no início do capítulo por toda a classe, e outras questões que você tenha proposto.

Na seção **Ampliando e integrando conhecimentos**, as atividades são diversificadas e contextualizadas, visando desenvolver diferentes habilidades e competências, além de integrar os conhecimentos com outras áreas do saber. Nessa seção, tomou-se também por referência a matriz de habilidades do novo **Exame Nacional do Ensino Médio (Enem)**. No Livro do Estudante, próximo ao título de cada atividade dessa seção, você também encontrará, em cor-de-rosa, as habilidades do Enem relacionadas a ela. Essa seção propõe poucas questões, mas que, como regra geral, exigem maior dedicação dos estudantes. Elas não são questões que apenas cobram o que já foi discutido no capítulo, mas que ampliam e integram os conhecimentos, desafiando o educando a ir além do que estudou.

Para cada uma das atividades propostas na seção **Ampliando e integrando conhecimentos** há, neste Manual, duas subseções:

- **Sobre a estratégia:** além de apresentar informações complementares e fontes alternativas, descrevemos e/ou sugerimos maneiras de abordar as atividades.
- **O que se espera:** são as sugestões de respostas válidas.

As seções **Tema para discussão** e **Ampliando e integrando conhecimentos** propiciam que cada educando aprenda com os demais algumas maneiras de ser e de compreender o mundo, o que representa uma colaboração para a construção de uma sociedade democrática e pluralista.

A última seção de atividades é a de **Testes** de diversos vestibulares e do Enem, que visa possibilitar ao estudante o contato com diferentes tipos de questões. Responder a uma questão de vestibular representa mais uma importante situação de aprendizagem e avaliação. Cabe observar que os objetivos do Enem mudaram ao longo do tempo: ele foi criado em 1998 para avaliar o estudante e a educação básica; sofreu a primeira modificação em 2006 e outra em 2009, abrindo a possibilidade de uso do resultado do Enem para ingresso nas universidades.

A estruturação de todo o capítulo, desde a página de abertura até o final da seção de testes, teve como preocupação, além do trabalho com a aprendizagem significativa, as diferentes dimensões da aprendizagem conforme descrito por Zabala (1998), que considera que em toda aprendizagem há conteúdos de diferentes naturezas que são desenvolvidos pelos educandos. Trata-se dos chamados *conteúdos de aprendizagem*. A abordagem de Zabala quanto aos conteúdos constitui uma proposta de analisar o processo de aprendizagem em três dimensões distintas: a aprendizagem de conteúdos conceituais, procedimentais e atitudinais.

Ao propor a tipificação dos conteúdos, Zabala busca um aprofundamento em cada dimensão do pensamento e do comportamento humanos, com o intuito de realizar uma análise mais apurada da aprendizagem.

É preciso salientar que, para Zabala, a aprendizagem não pode ser compreendida de forma segmentada, com os conteúdos conceituais, procedimentais e atitudinais compartmentalizados. A aprendizagem de um conteúdo implica a aprendizagem de outros conteúdos a ele relacionados.

A aprendizagem de um dado conceito implica uma elaboração pessoal de compreensão de seu significado, objetivo mais específico da seção **Retomando**.

Os conteúdos procedimentais abrangem regras, técnicas, métodos, habilidades, estratégias e procedimentos, os quais representam o “saber fazer”.

O fazer deve ser progressivo, de etapa em etapa, aprendendo-se cada ação necessária à tarefa como um todo. Além disso, o fazer deve ser acompanhado de uma reflexão crítica sobre o que o educando pensa, buscando melhorar cada vez mais suas ações. A aprendizagem de um modo de executar uma tarefa possibilita a aprendizagem de outras maneiras de realizar essa mesma tarefa. Os conteúdos procedimentais devem ser aplicados em situações distintas, permitindo que os educandos os exercitem em diversas ocasiões.

Os conteúdos atitudinais estão relacionados a valores, atitudes e normas.

Valores referem-se a princípios éticos a partir dos quais os indivíduos emitem um juízo sobre as condutas.

Atitudes são tendências das pessoas para atuarem de certo modo. Representam a forma como cada pessoa realiza sua conduta de acordo com valores determinados. As atitudes reflexivas envolvem consciência por parte das pessoas quanto aos valores que as regem. As atitudes intuitivas não apresentam esse nível de consciência. Zabala (1998) considera que uma pessoa aprende uma atitude quando pensa, sente e atua de uma forma mais ou menos constante diante de um objeto de conhecimento concreto.

Normas são padrões ou regras de comportamento impostas a todos os indivíduos pertencentes a um grupo social. Indicam o que é permitido fazer ou não em um grupo. A aprendizagem de uma norma pode ocorrer mediante a aceitação de que não é preciso compreender os motivos que a levam a ser cumprida; ou, então, devido à

aceitação de uma norma como regra básica de funcionamento de uma coletividade.

Além da aprendizagem de novos conteúdos conceituais, os principais objetivos da seção **Tema para discussão** são as aprendizagens de conteúdos procedimentais e atitudinais, dentro das perspectivas aqui mencionadas.

Ao almejarmos o desenvolvimento de um estudante participativo, tanto nas aulas como na sociedade, devemos assegurar que sejam executados procedimentos que também precisam ser internalizados. Nossas sugestões de atividades visam, portanto, atender a objetivos como **redigir um texto; ler uma imagem; buscar informações; falar em público usando argumentação; seguir orientações; estabelecer relações; ler e analisar gráficos, tabelas e esquemas; produzir desenhos e emitir opinião**. Cada educando apresenta características, habilidades e necessidades de aprendizagem únicas que o tornam um sujeito com características particulares. Assim, o desafio do ensino está em considerar o ritmo de aprendizagem de cada um e acomodá-lo ao ritmo de aprendizagem da turma. Isso é possível nas situações pedagógicas coletivas, caso do **Tema para discussão**, da seção **Ampliando e integrando conhecimentos** e das seções iniciais da abertura da unidade e da página inicial do capítulo. Também dentro dessa perspectiva, incentivamos que você considere esses aspectos ao lidar com o conteúdo do capítulo em si. A organização coletiva dos conceitos é fundamental para favorecer a construção de uma sociedade democrática.

Novak (1981) afirma que, entre outros fatores que influenciam a resposta emocional, estão as oportunidades para associação humana, que, como já citamos, são reforçadas em vários momentos na presente obra. Segundo Novak, as fontes mais ricas de experiência emocional resultam de associações humanas positivas, as quais fortalecem a confiança pessoal e oferecem apoio emocional para outros desafios.

Para Novak, os seres humanos pensam, sentem e atuam (fazem), e propostas educacionais deveriam buscar formas de melhorar as maneiras pelas quais os seres pensam, sentem e atuam. Ações realizadas em contextos de aprendizagem possibilitariam, assim, trocar significados (pensar) e sentimentos entre educando e educador.

Moreira (1999) afirma que, para identificar evidências da ocorrência da aprendizagem significativa, os aprendizes devem responder a questões que envolvam soluções de problemas, sendo-lhes novas no sentido de exigirem a máxima transformação do conhecimento trabalhado no processo de aprendizagem. Até mesmo a apresentação de testes familiares ao estudante, com um enunciado diferente do original, ou a apresentação deles em outro contexto seriam válidas.

A adoção dessas medidas possibilita descartar a simulação da aprendizagem significativa. Nesse sentido, há vários momentos nos capítulos em que essas situações são esti-

muladas, o que também acontece nas seções **Despertando ideias, Ampliando e integrando conhecimentos e Testes**.

As atividades propostas na obra são complementadas por outras descritas ao final deste Manual. Nosso objetivo, com isso, é apresentar algumas diferentes maneiras de atuar, atendendo a diversas etapas da aprendizagem, assim como colaborar para que sejam atingidos seus objetivos pedagógicos e aqueles expressados pela escola.

Consideramos que, se os conteúdos de Biologia, mesmo os mais complexos, tiverem um significado para os estudantes, essa aproximação se fará de maneira mais convidativa, pois, ao desafiá-los com estratégias diversificadas e contextualizadas, estamos instigando-os a buscar o conhecimento de forma prazerosa e aproximando-os do conhecimento científico.

Cabe só a você, educador(a), escolher a estratégia mais direcionada aos seus objetivos.

Sabemos que uma única estratégia de ensino, por mais sucesso que tenhamos ao usá-la, tem pouca chance de garantir, sozinha, o aprendizado. Assim, julgamos que o processo ensinar/aprender por meio de aulas expositivas, mesmo que dialogadas, pode desempenhar (e desempenha) muito bem sua função em determinados momentos, mas, da mesma forma que outras estratégias, isso não garante por si só a aprendizagem. Há a necessidade de compreendermos os limites de cada uma delas quanto aos objetivos que podem atingir, usando-as a favor do nosso trabalho e no momento mais apropriado. Além disso, ao empregarmos estratégias diferenciadas, também estamos possibilitando aos educandos desenvolver habilidades que não poderiam ser produzidas em uma aula teórica.

A vontade de saber é inerente ao ser humano; contudo, ninguém aprende o que não compreende. Assim como você, ao planejar seu currículo, não queremos que os estudantes apenas memorizem mecanicamente os conceitos.

Percebemos que a construção de um conceito se faz por meio de etapas e que a garantia da aprendizagem não está condicionada a uma única atividade. Devemos empregar estratégias adequadas no momento de avaliarmos o processo de aprendizagem por meio das produções dos educandos, sejam elas um gráfico, o registro de um comando, a resposta a uma questão, o comentário a respeito de uma notícia de jornal ou de uma imagem, ou a opinião dada na aula. Uma atividade pode atender a uma ou mais dessas etapas, bem como costuma haver diferentes atividades que podem atingir o objetivo de cada etapa.

Acreditamos que investir tempo em atividades diferenciadas no processo de aprender/ensinar é uma maneira de ganhar no produto final.

Propomos que você adapte as estratégias didáticas constantes não apenas no livro como também as que são sugeridas ao final deste Manual e que desenvolva outras de acordo com suas necessidades.

2. O processo de avaliação do educando

A Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDB, Lei Nº 9.394/1996) estabelece que a avaliação deve ser contínua e priorizar a qualidade e o processo da aprendizagem, proporcionando a verificação do desempenho do educando ao longo de todo o ano, e não apenas em uma prova ou em um trabalho. Essa forma de avaliar é chamada de *avaliação formativa* e não tem como pressuposto a punição ou a premiação. Ela considera que cada educando possui um modo de aprender e faz isso em um ritmo próprio, e propõe que o professor diversifique as estratégias de avaliação para que possa acompanhar e avaliar o processo de aprendizagem do estudante.

Existem diversos instrumentos para analisar o desempenho dos educandos. Independentemente do que for utilizado, você, professor(a), deve ter em mente que a avaliação tem de provocar neles uma reflexão quanto a suas propostas de ensino e, se for o caso, repensá-las, de forma que efetivamente possam oferecer ao educando as condições essenciais para que este desenvolva a aprendizagem.

A avaliação mais tradicional – chamada somativa ou classificatória – geralmente é realizada ao final de um tópico do conteúdo e tem como objetivo principal definir uma nota ou estabelecer um conceito, ou seja, dizer se os estudantes aprenderam ou não, e ordená-los segundo seu desempenho, dos que obtiveram notas mais baixas até os que obtiveram notas mais elevadas.

Restringir a avaliação a exames pontuais com atribuição de notas e calcular a média dos resultados não possibilita apreender a qualidade do aprendizado. A nota é apenas uma representação simplificada de um momento do processo de aprendizagem, que muitas vezes não mostra o crescimento do estudante em relação a si próprio e aos objetivos propostos. A avaliação escolar só faz sentido se tiver o intuito de buscar caminhos para o aprendizado e não deve ser usada como punição, mas como um instrumento que auxilie o estudante em seu desenvolvimento.

A avaliação pode ser feita por meio de várias estratégias. Ao escolher entre uma ou outra, é importante que o educador explicita a forma de avaliação proposta, para que o educando entenda os objetivos que se pretende atingir e saiba quais pontos estão sendo mais valorizados em um dado momento do processo educacional.

Alguns passos para uma avaliação global do educando podem ser resumidos da seguinte forma:

- avaliação inicial ou diagnóstica – é o resgate do conhecimento prévio dos estudantes sobre o tema; uma forma de conduzi-la é pedir a eles que se manifestem

sobre o que sabem a respeito do assunto a ser abordado; isso pode ser feito a cada aula ou no momento em que um novo assunto é comentado, como é proposto na seção **Pense nisso**; a participação do educando nessa fase de levantamento deve ser levada em conta na avaliação final, mas a informação que ele traz do senso comum não deve ser medida para nota; ela serve apenas para informar a você, professor(a), de que ponto o educando partiu e quanto avançou após a sistematização do conhecimento, objetivo maior da seção **Retomando**, que recomendamos a você ampliar de acordo com suas necessidades;

- avaliação processual ou reguladora – é o conjunto de aferições feitas no decorrer do processo de ensino e aprendizagem; esse trabalho serve tanto para mostrar ao educador se determinada estratégia didática está dando resultados como para o educando se balizar em seu processo de aprendizado; o conjunto de aferições deve contemplar diferentes instrumentos. No caso de você, professor(a), não ficar satisfeito(a) com os resultados alcançados, há possibilidade de modificar seus métodos. Ao tratar as diferentes seções apresentadas nesta obra, em especial nas seções **Despertando ideias**, **Tema para discussão** e **Ampliando e integrando conhecimentos**, você poderá fazer uso dessa forma de avaliação ao analisar a participação dos estudantes;
- avaliação integradora – momento em que o educador estabelece o conceito final de cada educando com base em tudo o que observou e anotou durante o processo educacional.

Para um mesmo período de avaliação, você, educador(a), pode selecionar algumas estratégias e mesclar as informações de maneira a ter uma avaliação mais consistente sobre a aprendizagem de cada educando.

Esta obra foi organizada de forma a colaborar como parte do processo de avaliação do educando. Anteriormente foram destacadas algumas seções que podem ser empregadas na avaliação. A seguir, sugerimos outros momentos.

1. Avaliação da participação do educando em sala de aula – nesse caso, pode-se considerar o interesse na aula, manifestado sob a forma de respostas às perguntas que o educador faz, entrega das atividades extraclasse solicitadas e postura adequada e respeitosa diante dele e dos colegas.
2. Trabalhos individuais de pesquisa – ao solicitar uma pesquisa, não se deve simplesmente passar o tema para o educando; é importante que ele seja acompanhado na realização desse processo; no primeiro momento ou na primeira atividade de pesquisa pedida, o educando deve

ser orientado sobre como pode encontrar a informação, em que fontes buscá-la e como procurá-la; esse procedimento é de extrema valia para a formação do educando, pois, diante da grande quantidade de informações hoje disponíveis e da velocidade com que surgem, será uma ferramenta útil para a vida toda. A pesquisa pode ser apresentada sob forma de texto, devendo o educando ser orientado nos passos a serem seguidos para sua elaboração, bem como na metodologia de citação das referências bibliográficas. Além do trabalho escrito, é interessante propor uma apresentação oral, como um seminário, por exemplo, sempre orientando o educando quanto à técnica de apresentação sugerida.

3. Trabalhos em grupo – a avaliação, nesses casos, pode ser feita considerando-se diferentes aspectos, como a qualidade do trabalho em si, a autoavaliação do educando quanto à sua atuação no grupo e a avaliação de cada membro do grupo em relação à atuação de cada colega.
4. Autoavaliação – pode-se pedir aos educandos que façam relatórios individuais contando o que já sabiam a respeito do assunto, como participaram das tarefas, o que aprenderam e as dificuldades encontradas. Para isso, é fundamental orientar os educandos sobre como proceder, dando clareza a essa proposta de avaliação e propiciando a reflexão sobre o desenvolvimento individual ao longo do processo de aprendizagem de determinado tema. As conclusões da autoavaliação podem servir tanto para desencadear ações individuais como para redefinir os rumos de um projeto coletivo. Esse processo pode ir além da análise do domínio de conteúdos e conceitos e mostrar como está a relação entre os colegas e dos educandos com o educador, como está a evolução do aprendizado de cada um e como cada um dos educandos aprende. Além de ser mais um instrumento para melhorar o trabalho docente, a autoavaliação é uma maneira de promover a autonomia do educando. Para que isso realmente aconteça, ele deve dizer o que sabe e o que não sabe sem medo de ser punido.

Além de todas as maneiras de avaliar, você, professor(a), pode aplicar mais um instrumento, que é a prova. Ao elaborá-la, é de suma importância incluir diferentes tipos de questões (dissertativas, testes de múltipla escolha, entre outras).

Ao trabalhar com cada um dos temas desta coleção, sugerimos que você faça uma avaliação integradora, estabelecendo o conceito final com base em tudo o que se observou e se anotou durante determinado período,

além de outros instrumentos de avaliação que considere necessários.

Terminada a avaliação integradora, com a observação diária e multidimensional e o uso de instrumentos diversificados (não somente provas), passa-se à fase da atribuição de conceitos. O ideal é que esses conceitos sejam acompanhados de uma avaliação escrita dos processos envolvidos na aprendizagem do educando, visto que essas informações dizem muito mais que a nota ou o conceito final.

Enquanto o educando é avaliado, ele expõe sua capacidade de raciocinar e criar histórias, seu modo de entender e de viver. Por isso, todas as atividades que forem pedidas ao educando devem ser avaliadas e devolvidas a ele com os respectivos comentários, que devem ser feitos de maneira construtiva, sempre respeitando o ritmo do estudante. Essa forma multidimensional de avaliação propicia a aprendizagem, pois o educador passa a observar o educando sob diferentes aspectos, identificando necessidades, e não problemas de aprendizagem, de maneira que o educando se sente incluído no grupo e motivado a vencer os desafios. Em hipótese alguma se deve estigmatizar o educando como se fosse alguém com hábitos e ideias imutáveis, incapaz de se rever e modificar. Deve-se tentar entender por que ele se comporta de determinada forma diante de uma situação. Rotular o educando não contribui para seu crescimento como ser humano (pode, aliás, ter péssimas consequências).

Por último, não podemos perder de vista que o resultado da avaliação interessa a quatro públicos:

- ao educando, entendido como sujeito ativo no processo educacional e que, como tal, precisa saber como aprende, podendo assim empenhar-se na superação de suas dificuldades de aprendizagem;
- aos responsáveis pelo educando e por parte significativa dos estímulos que recebe;
- ao educador, que precisa constantemente avaliar a própria prática;
- à equipe docente, que deve garantir continuidade e coerência no percurso escolar do educando.

Por uma questão de coerência com o que foi aqui exposto, a divulgação da avaliação escolar deve ser entregue ao próprio estudante, evitando-se a exposição de notas em murais, o que pode estimular a rotulagem dos educandos, prejudicando a superação de suas dificuldades de aprendizagem.

3. O educador e sua relação com o educando

Ao longo de sua obra, Paulo Freire criticou os modelos educacionais tradicionais de ensino por entender que neles falta um caráter transformador da realidade humana e social.

Nas palavras de Freire (1970), nos modelos tradicionais, o educador deposita informações nos educandos como se fosse uma educação bancária. Dessa forma, o ser humano é estimulado a ser mero espectador do mundo, com tendência a permanecer como é: o sujeito não se indaga, não busca respostas nem cria novas maneiras de “se fazer no mundo, com o mundo e com os outros”.

Em suma, na educação bancária o educador acredita ser o dono do saber e empossa-se como o sujeito do processo educativo.

O que, então, Freire (1970) propõe é uma educação problematizadora e libertadora.

O caráter da educação problematizadora é autenticamente reflexivo, com um constante ato de desvelamento da realidade. Há uma busca pela emergência das consciências que pode resultar na inserção crítica dos seres humanos na realidade.

O modelo de educação transformadora defende a ideia de que o ser humano “está sendo”, pois é inconcluso, isto é, inacabado por natureza (Freire, 1996).

Na proposta problematizadora, a educação não se restringe a um ato de narrar, depositar, transferir conhecimentos e valores aos educandos. Trata-se de um processo cognoscente em que os sujeitos – tanto educando como educador – encaram o objeto cognoscível (o saber) como um meio para lutarem pela transformação da realidade, o que implica também a transformação de si mesmos.

Freire (1970) defende que na educação libertadora não haveria a verticalidade na relação entre educador e educandos, chegando a afirmar que ninguém educa ninguém, mas são os seres humanos que se educam. Uma possível interpretação dessa ideia seria a de que o educador, cujo saber foi adquirido em sua formação como especialista de determinada área de uma disciplina escolar, procura ensinar os educandos, o que não equivale a educar. O ato de educar envolve uma dimensão mais ampla que ensinar conteúdos conceituais específicos: consiste, como já dito, em valorizar o outro em um contínuo exercício de “se fazer no mundo, com o mundo e com os outros”.

Como, então, na educação problematizadora é possível que os universos de saberes de educador e educandos sejam compartilhados, em uma troca de experiências?

A resposta está no tipo de relação entre educador e educando, que deve ser baseada no diálogo, acerca do qual Freire (1970) faz as considerações a seguir:

O diálogo, como encontro dos homens para a tarefa comum de saber agir, se rompe, se seus polos (ou um deles) perdem a humildade.

Como posso dialogar, se alieno a ignorância, isto é, se a vejo sempre no outro, nunca em mim?

[...]

Como posso dialogar, se me sinto participante de um “gueto” de homens puros, donos da verdade e do saber, para quem todos os que estão fora são “essa gente”, ou são “nativos inferiores”?

[...]

Como posso dialogar, se me fecho à contribuição dos outros, que jamais reconheço, e até me sinto ofendido com ela?

O diálogo não significa apenas a comunicação entre duas pessoas, mas sim o amplo intercâmbio de discursos, em que as pessoas sabem ouvir e refletir sobre a argumentação dos diferentes interlocutores. O professor deve estimular o estudante para que tome consciência de seus potenciais e reconheça neles o meio de conseguir a transformação de sua realidade. O educador deve adequar seu fazer pedagógico para favorecer a aprendizagem do educando, levando em conta também a singularidade deste.

Qualquer educando, dessa maneira, tem condições de utilizar os próprios recursos para realizar as atividades. É nesse ponto que o educando pode tomar consciência de suas potencialidades para a execução das tarefas. Além disso, caso tenham se revelado novas potencialidades, mas o educando não as tenha percebido, o educador atento pode apontá-las, tornando-o consciente delas.

Quanto à afirmação de que é preciso estimular a postura ativa do educando, presente no discurso freiriano, é possível estabelecer um paralelo com Ausubel, Novak e Hanesian (1980). Para esses autores, na lógica da aprendizagem ativa, cabe ao educando a maior responsabilidade por sua realização e, ao professor, a posição de apresentar as ideias mais significativas possíveis. O educador deve orientar os educandos no processo de aprendizagem, mas a organização das ideias é tarefa do educando, pois é ele quem deverá ter a capacidade de torná-las significativas em sua estrutura cognitiva particular.

Ao longo dos capítulos desta obra, muitos são os momentos em que essa interação é estimulada, como já explicado anteriormente nesse Manual.

4. Uso das tecnologias de informação e comunicação (TIC) no ensino

As transformações tecnológicas vivenciadas a partir da Segunda Guerra Mundial foram e ainda são grandes vetores de transformação da sociedade. Desde as pesquisas em saúde até aquelas que permitiram a conquista do espaço, o progresso tecnológico vem modificando rapidamente o modo de vida e a maneira como as pessoas compreendem o mundo e se relacionam com ele.

Dentro desse processo, merece especial destaque a revolução proporcionada pelo avanço nas tecnologias de informação e comunicação (TIC). O advento dos computadores e, posteriormente, da internet possibilitou que o conhecimento humano fosse compartilhado com velocidade e alcance jamais experimentados. As TIC, dessa maneira, são uma força que acelera todo o processo de evolução tecnológica, por permitir a disseminação de conhecimento em todas as áreas – uma verdadeira revolução da revolução.

A escola não ficou de fora dessas transformações. O gradual acesso ao uso do computador, e suas variações (*tablets* e *smartphones*), levou a um aumento na diversidade de maneiras de utilização dessas ferramentas pelos professores, garantindo o desenvolvimento de novas propostas e abordagens. Atualmente, o cenário no Brasil se caracteriza pela grande disponibilidade de computadores com acesso à internet nas escolas. A demanda pelo uso dessas tecnologias na escola é cada vez mais evidente.

Embora o acesso às TIC esteja cada vez maior nas escolas, a simples presença dessas tecnologias não garante resultados satisfatórios na melhoria da relação de ensino-aprendizagem e no desenvolvimento do currículo (Costa e Viseu, 2007).

O uso das TIC na educação é um tema em constante debate, com novas propostas surgindo com relativa velocidade. Sendo assim, é bastante proveitoso manter-se atualizado(a). A seguir, indicamos *sites* que ajudarão você nessa tarefa (acessos em: mar. 2016):

- <<http://www.porvir.org>>
- <<http://www.educacaoetecnologia.org.br>>

4.1. Propostas de trabalho com tecnologia

A seguir, apresentamos alguns recursos que podem enriquecer as aulas e estimular a turma a produzir e divulgar conhecimento. As principais vantagens do uso desses recursos não se limitam ao ensino de Biologia. Portanto, recomendamos que você considere a possibilidade de adotá-los em conjunto com seus colegas de outras disciplinas.

Esse tipo de trabalho irá reforçar a importância da proposta e certamente poderá beneficiar a todos.

Além dessas propostas, recomendamos que aproveite as inúmeras atividades disponibilizadas no *site* <<http://objetoseducacionais2.mec.gov.br>> (acesso em: mar. 2016).

Blogs

A palavra *blog* vem da expressão em inglês *web log*, algo como “diário na rede”. Os *blogs* surgiram como uma versão *online* dos diários pessoais, com uma importante diferença: diferentemente dos diários pessoais escritos a mão, os *blogs* podem ser lidos por praticamente qualquer pessoa. No final da década de 1990, os *blogs* se popularizaram bastante, principalmente entre adolescentes. Entre os motivos que levaram a esse fenômeno, podemos destacar dois: (1) é possível criar *blogs* gratuitamente, bastando fazer o cadastro em algum *site* que ofereça esse serviço de hospedagem; (2) a criação de um *blog* não exige conhecimentos técnicos, pois os serviços de hospedagem fornecem ferramentas de publicação que tornam a criação e a atualização dos *blogs* tão simples quanto a edição de um texto no computador.

Com o tempo, os *blogs* perderam o caráter pessoal e ganharam enfoques temáticos, prestando-se à publicação de relatos de viagens e eventos, de técnicas de *hobbies* (modelismo, artesanato), de Ciências, de criações artísticas (textos literários e poéticos, fotografias, vídeos, es-cultura e modelagem etc.), além de terem se configurado como uma poderosa ferramenta do jornalismo opinativo, livre do filtro dos editores dos grandes jornais.

Entre as principais características de um *blog*, podemos citar: as publicações (também chamadas *postagens* ou *posts*) são dispostas em ordem cronológica inversa, isto é, as publicações mais recentes aparecem no topo da página; as mais antigas, na parte de baixo. Essas publicações podem ser compostas de textos, fotografias, vídeos ou diversos outros recursos, que vão de animações interativas a *links* para outros *sites*. Outra característica importante é a interatividade: os leitores do *blog* podem deixar comentários, que, mediante aprovação do autor, ficam visíveis para os demais e podem ser comentados por ele e por outros leitores. Essa propriedade é particularmente relevante quando pensamos no uso dos *blogs* para educação, como explicamos a seguir.

Em geral, cada *post* de um *blog* tem a própria caixa de comentários. Isso permite uma dinâmica de trabalho interessante com os educandos, pois esse recurso pode ser utilizado para promover debates extraclasse. A caixa

de comentários funciona como um fórum de discussão, onde os estudantes interagem entre si, aprofundando e expandindo seu conhecimento sobre o tópico original. Essa forma de debate tem algumas diferenças cruciais em relação ao debate em sala de aula; portanto, é importante definir com os estudantes algumas regras sobre como utilizar esse recurso. Algumas sugestões:

1. definir regras de “etiqueta virtual” – embora o debate não seja presencial, a educação e o respeito devem permear a troca de ideias, por mais que haja discordância entre os argumentos apresentados;
2. limitar o número de palavras em cada comentário – como não há um mediador para o debate, não é difícil os comentaristas se estenderem demasiadamente em seus textos. Caso muitos estudantes façam o mesmo, a tendência é que a leitura dos comentários se torne cansativa e desestimulante. Oriente-os a escrever comentários claros e objetivos, não ultrapassando 100 a 200 palavras, por exemplo. É importante ler os comentários dos demais colegas antes de publicar o seu próprio, pois existe a possibilidade de alguém já ter feito a pergunta ou crítica pensada;
3. evitar comentários que não digam respeito ao tema da postagem – não é incomum ver a discussão na caixa de comentários afastar-se do tema inicial. É importante orientar os educandos para que fiquem atentos a isso e restrinjam a discussão aos aspectos ligados ao tema da postagem em questão.

A utilização de um *blog* na disciplina de Biologia pode se dar de diversas formas. Por exemplo: a turma pode ser dividida em grupos, que permanecerão os mesmos durante todo o ano. Cada grupo fica responsável por manter o próprio *blog*, que deve ser atualizado de acordo com a demanda da disciplina (em atividades nas quais os estudantes devem produzir um relatório, por exemplo). A cada nova atualização, todos os grupos devem ler e comentar o trabalho dos outros. Caso os leitores levantem dúvidas, o grupo autor do *post* deve se prontificar a respondê-las.

Outra possibilidade de trabalho é criar um único *blog* para a turma. Nesse caso, os educandos são divididos em grupos, que revezam entre si a responsabilidade de mantê-lo atualizado conforme a demanda da disciplina. A cada nova postagem, os demais grupos devem ler e deixar comentários com eventuais críticas ou dúvidas acerca do que foi publicado, de maneira a promover uma discussão sobre o tema.

Ao longo deste livro, notadamente na seção **Tema para discussão**, propomos atividades em que os educandos produzirão algum tipo de material de divulgação. Essas atividades oferecem boas oportunidades de uso dessa tecnologia. No entanto, não é preciso limitar as postagens apenas a atividades específicas; se julgar conveniente, estipule cotas mínimas de publicações que cada grupo deverá realizar por conta própria, sobre temas relacionados à disciplina.

A manutenção de um *blog* coloca os educandos no papel de produtores e divulgadores de conhecimento, o que se alinha com o que se espera do Ensino Médio. Estudos recentes sugerem que essa atividade melhora a produção de texto por parte dos educandos (Wang, 2008) e facilita o contato deles com pessoas interessadas em temas correlacionados ao do seu *blog* (Gaudeul e Peroni, 2010). Além disso, o *blog* permite que o conhecimento adquirido seja divulgado para além dos limites da escola, o que pode dar origem a oportunidades de engajamento fora do “mundo virtual”.

A experiência com o *blog* como ferramenta educacional pode ser enriquecida se for estendida a outras disciplinas. Considere a possibilidade de conversar com seus colegas de outras disciplinas sobre a adoção conjunta desse recurso, o que pode ser encarado como um projeto multidisciplinar.

Ao escolher onde hospedar o *blog*, procure por serviços que não permitam a publicação de conteúdo inadequado, como pornografia ou temas que façam apologia às drogas ou posturas racistas. A seguir, fornecemos algumas opções gratuitas que atendem a esses requisitos. Todas elas disponibilizam instruções simples para a criação e manutenção do *blog* (acessos em: mar. 2016):

- WordPress – <<https://br.wordpress.com>>
- Blogger – <<http://www.blogger.com.br>>
- Wix – <<http://pt.wix.com/>>
- XPG – <<http://www.xpg.uol.com.br>>
- Simple site – <<https://www.simplesite.com/>>
- Tumblr – <<http://www.tumblr.com/>>
- Edublogs (focado em educação; em inglês) – <<http://edublogs.org>>

Redes sociais

As redes sociais da internet são serviços *online* que têm como objetivo a construção de relações sociais entre pessoas que compartilham interesses ou se conhecem na “vida real”. Cada usuário constrói um perfil no qual se identifica, descreve algumas de suas características e interesses e se conecta ao perfil de outras pessoas. A maioria dos *sites* de redes sociais fornece mecanismos para facilitar a comunicação entre as pessoas, como mensagens instantâneas, bate-papos utilizando áudio e vídeo, entre outros. Uma característica importante da maioria das redes sociais é que um usuário pode publicar conteúdo (textos, imagens, vídeos, notícias etc.) que poderá ser visualizado (e, eventualmente, ter sua divulgação ampliada) pelas pessoas com as quais ele está conectado. Por exemplo, um usuário pode publicar um vídeo de uma banda de que gosta; esse vídeo estará visível para seus amigos, que poderão, por sua vez, compartilhar o mesmo vídeo, ampliando ainda mais a divulgação. Assim, os conteúdos publicados nas redes sociais podem ser espalhados para muitos usuários rapidamente. Esse é um dos motivos para se alertar os estudantes acerca da ética e da melhor forma de utilizar essas ferramentas.

Há diversas formas de utilizar as redes sociais com fins educacionais. Uma boa maneira de iniciar esse trabalho é informar-se sobre as redes sociais mais populares entre os estudantes. Das opções apresentadas por eles, procure identificar qual atenderá melhor a suas expectativas e proponha que o trabalho seja realizado nela. Evite utilizar mais de uma rede social, pois isso pode segregar as discussões ou duplicar desnecessariamente o esforço exigido.

Um dos aspectos interessantes que podem ser explorados com a participação em redes é o ingresso em grupos temáticos, dos quais fazem parte especialistas e leigos interessados em assuntos específicos, como a agricultura orgânica, por exemplo; ou apenas seguir o perfil de profissionais ou instituições que permitem acompanhar seus trabalhos e pesquisas em tempo real, como serviços de meteorologia, observatórios astronômicos e instituições ligadas à saúde. Há ainda a possibilidade de entrar em contato direto por meio das redes sociais com instituições, profissionais e pesquisadores, propondo-lhes perguntas; por exemplo, pelo *Twitter*, uma das redes mais populares.

Aqui, assim como mencionamos para o *blog*, é importante criar regras para a utilização da rede social nas tarefas escolares, de modo a tirar o máximo proveito desse recurso.

À semelhança dos *blogs*, cada publicação em uma rede social pode ter seu equivalente a uma “caixa de comentários”, na qual outros usuários podem comentar o que foi publicado. Consequentemente, esse recurso pode ser utilizado para promover discussões entre os estudantes, com as vantagens que já foram comentadas aqui.

Tenha em mente que, ao contrário dos *blogs*, as redes sociais geralmente não são adequadas para a publicação de textos longos; os formatos de conteúdo mais adequados são textos curtos, imagens, vídeos ou áudios. Dessa forma, esse recurso pode ser utilizado para a divulgação de cartazes feitos pelos estudantes, entrevistas (em vídeo ou áudio), entre outros. Caso a turma faça uso de *blogs*, as redes sociais podem ser um recurso auxiliar, utilizado para divulgar resenhas e *links* para as publicações no *blog*.

Esse grande poder de divulgação que as redes sociais fornecem será especialmente útil para as atividades que contam com a participação da comunidade extraescolar. Ao longo do livro, sugerimos diversas situações que envolvem a criação de campanhas de conscientização, na qual os estudantes atuarão como transmissores do conhecimento. Nesses casos, o uso das redes sociais poderá tornar mais amplo o alcance dessa comunicação. Lembre-se, no entanto, de que essa forma de divulgação não é substituta integral para a comunicação presencial (ou “na vida real”). Analise cada caso e decida com os educandos em quais situações utilizar a divulgação virtual, a presencial ou ambas.

A maioria dos serviços de rede social permite que se criem grupos. Assim, pode ser criado um grupo da turma, no qual os educandos discutirão sobre tópicos da disciplina e se manterão informados sobre novidades da disciplina. Você pode, por exemplo, utilizar esse espaço para compartilhar materiais complementares às aulas, como vídeos, aplicativos e *softwares*, notícias, indicação de *sites*, material de referência para *download* etc.

As vantagens e a praticidade do uso desse recurso abrangem também a interação entre os educadores responsáveis pelas diversas disciplinas. Projetos e atividades interdisciplinares podem se tornar bastante simples de executar com o auxílio das redes sociais em conjunto com seus colegas de outras disciplinas, a coordenação e a direção escolar, trazendo benefícios a todos.

Apresentação multimídia

Programas de apresentação multimídia são ferramentas populares entre palestrantes e professores. Esses *softwares* permitem que sejam criadas apresentações gráficas de *slides*, similares aos dispositivos, porém com recursos complementares, como áudio, vídeo e interatividade. O uso dessas ferramentas é comum em diversos segmentos do mercado de trabalho, o que torna seu aprendizado especialmente interessante a estudantes do Ensino Médio.

Existem diversas opções gratuitas de programas para criação de apresentações dinâmicas e criativas (acessos em mar. 2016):

- Libre Office – <<http://pt-br.libreoffice.org/>>
- Open Office – <<http://www.openoffice.org/pt-br/>>
- Google Presentations – <<https://docs.google.com/presentation/>>
- Prezi (para educandos e educadores) – <<http://prezi.com/pricing/edu/>>
- PowToon – <<https://www.powtoon.com/>>

Na escola, o uso dessas ferramentas pode se dar de diferentes maneiras. Caso existam condições para isso, você pode utilizar em suas aulas, por exemplo, imagens e vídeos para exemplificar determinados conceitos. O Portal do Professor, do MEC (<<http://portaldoprofessor.mec.gov.br/>>; acesso em: mar. 2016), oferece grande diversidade de materiais para essa finalidade. Muitos já estão prontos para o uso, mas você pode alterá-los, se necessário, para que se adaptem melhor às suas necessidades.

Caso a escola disponha de projetor multimídia, os programas de apresentação multimídia podem ser utilizados pelos estudantes na elaboração de apresentações para a turma (ou para outra audiência, como as demais turmas ou mesmo a comunidade extraescolar). Situações em que essa possibilidade poderá ser explorada são apresentadas ao longo da obra, geralmente na seção **Tema para discussão**. Para audiências menores, o projetor pode ser dispensado e a apresentação pode ser feita na tela do computador.

Além das apresentações multimídia propriamente ditas, esses *softwares* também permitem a criação de materiais como pôsteres, cartazes e folhetos. Esses materiais podem ser direcionados para posterior impressão ou para visualização apenas no computador. Neste último caso, a divulgação do material criado pode ser feita nos *blogs* ou nas redes sociais, como já comentamos.

Fotografias, áudios e vídeos

Todos os recursos mencionados até aqui exploram a possibilidade de utilização de fotografias, áudios e vídeos. Esses materiais podem ser obtidos de diferentes maneiras; resumidamente, eles podem ser produzidos pela turma ou obtidos de outras fontes, como a internet.

A produção de fotografias, áudios e vídeos pelos estudantes tem grande utilidade na documentação de experimentos e entrevistas, por exemplo, mas também pode ser utilizada em campanhas direcionadas para outras turmas ou para a comunidade extraescolar. Ao longo do livro, são apresentadas atividades que permitem esse tipo de abordagem; analise-as e discuta sua execução com os estudantes, ponderando vantagens e desvantagens dessas mídias em cada caso.

Fotografias, áudios e vídeos podem ser produzidos com câmeras fotográficas digitais ou mesmo aparelhos celulares que contêm esses recursos. Esse tipo de equipamento vem se tornando cada vez mais popular e é bastante provável que alguns de seus educandos os possuam e saibam utilizá-los. Converse com a turma sobre a possibilidade de uso desses recursos, mas encaminhe a conversa com cuidado para não gerar constrangimento entre aqueles que não possuam ou não saibam utilizar tais equipamentos. Essa é uma boa oportunidade para que haja interação e troca de conhecimento entre os estudantes.

Na grande maioria das situações, esses materiais podem ser utilizados “crus”, isto é, sem edição. Alterações mais simples, como o corte de arquivos de áudio ou vídeo, geralmente podem ser feitas na própria câmera ou no celular. Em alguns casos, no entanto, é interessante fazer pequenas edições nesses arquivos, como clarear fotografias ou vídeos que ficaram escuros ou eliminar o ruído de fundo em gravações de áudio. Para isso, existe uma infinidade de *softwares* de edição de imagens, áudios ou vídeos, tanto pagos como gratuitos. Alternativamente, alguns *sites* que hospedam vídeos fornecem ferramentas para esses ajustes. Muitas redes sociais e serviços de hospedagem de imagens também permitem pequenas edições em imagens. É possível que alguns de seus educandos conheçam soluções alternativas; converse com eles sobre isso e explore as possibilidades mais interessantes.

Assim como os textos podem ser disponibilizados na internet por meio dos *blogs*, os arquivos de áudio podem ser transmitidos na forma de *podcasts*. Os *podcasts* têm a vantagem de poderem ser ouvidos a qualquer hora, numa espécie de rádio virtual.

Os *podcasts* podem ser criados usando ferramentas específicas, como o PodOmatic, um programa que pode ser baixado no computador e que possibilita aos usuários criar e publicar os próprios *podcasts*.

A seguir, selecionamos algumas opções gratuitas de programas de edição de imagens, animações, gráficos, áudio e vídeo e de bancos de imagens (acessos em: mar. 2016).

Edição de imagens:

- GIMP – <<http://www.gimp.org>>
- Photoshop Express – <<http://www.photoshop.com/products/photoshopexpress>>
- Paint – é um editor de imagens bastante simples, mas que atende bem à maioria das necessidades básicas. Já vem instalado em computadores com sistema operacional Windows.
- Stripgenerator – ferramenta para criação de histórias em quadrinhos – <<http://stripgenerator.com/>>
- Toondoo – ferramenta para criação de histórias em quadrinhos, com personagens, balões e cenários – <<http://www.toondoo.com/>>
- Easel.ly – ferramenta para criação de infográficos – <<http://www.easel.ly/>>
- Fotor – ferramenta simples para edição de imagens – <<http://www.fotor.com/>>

Serviços de hospedagem de imagens:

- Flickr – <<http://www.flickr.com.br>>
- Picasa – <<http://www.picasa.com>>

Bancos de fotografias e trechos de vídeos grátis:

- Wikimedia Commons – <<http://commons.wikimedia.org/>>
- Freeimages – <<http://www.freeimages.com/>>
- Archive.org – <<https://archive.org/>>
- Openclipart.org – <<https://openclipart.org/>>
- IStockPhotos – <<http://portuguesbrasileiro.istockphoto.com/>>
- Dreamstime – <<http://www.dreamstime.com/free-photos>>
- Fotolia – <<https://br.fotolia.com>>
- Creative Commons do Vimeo – <<https://vimeo.com/creativecommons>>

Edição de vídeo:

- Windows Movie Maker – <<http://windows.microsoft.com/pt-BR/windows/downloads/get-movie-maker>>
- Avidemux – <<http://fixounet.free.fr/avidemux>>
- Animoto – <<https://animoto.com/>>

Serviços de hospedagem de vídeos:

- YouTube – <<http://www.youtube.com.br>>
- Vimeo – <<http://www.vimeo.com>>

Edição de áudio:

- Audacity – <<http://audacity.sourceforge.net>>
- Free Audio Editor – <<http://www.free-audio-editor.com/>>
- Slice Audio file Splitter – <<http://slice-audio-file-splitter.soft32.com/>>
- ExpStudio – <<http://www.expstudio.com>>

5. Cinema no ensino de Biologia

A exibição de filmes para enriquecer o trabalho em sala de aula é extremamente estimulante para os educandos.

De acordo com Napolitano (2009), levar o cinema para a sala de aula “é ajudar a escola a reencontrar a cultura ao mesmo tempo cotidiana e elevada, pois o cinema é o campo no qual a estética, o lazer, a ideologia e os valores sociais mais amplos são sintetizados numa mesma obra de arte”.

Para tirar o maior proveito possível desse recurso, porém, é necessário que você, professor(a), faça um bom planejamento de cada passo dessa atividade; do contrário, ela poderá ser encarada como mero divertimento, sem maior relevância para o estudo. Não é imprescindível que você tenha profundos conhecimentos cinematográficos, mas recomendamos que, antes da exibição, você assista ao filme e busque informar-se sobre o contexto estético e cultural em que ele se insere.

Assistir previamente ao filme também é uma forma de se antecipar a cenas que possam representar algum constrangimento para a turma. Avalie com cuidado a pertinência de expor os estudantes a tais cenas; nossa recomendação é que você não as exclua, mas sim utilize-as como ponto de partida para uma discussão crítica. É importante estar atento(a) para as eventuais situações que

o filme apresenta que possam entrar em conflito com os conhecimentos trabalhados em sala de aula. Consideramos que até mesmo essas inconsistências ou equívocos podem servir de estímulo para as discussões da turma, seja sobre aspectos científicos, seja sobre aspectos éticos, sociais, econômicos e culturais.

Como sugestão, propomos que selecione trechos dos filmes com interesse mais próximo ao que pretende discutir, para que possa caber no tempo da aula. A exibição do filme na íntegra pode ser uma opção, mas isso implicará extrapolar o tempo da aula. Nesse caso, é importante que você planeje as sessões dentro de um cronograma ou, caso a escola tenha condições e os estudantes também, os filmes poderão ser exibidos em momentos de atividades extraclasse. Sejam trechos do filme ou o filme na íntegra, na medida do possível, envolva os professores de disciplinas que poderão também tirar proveito do recurso de modo interdisciplinar, como História, Geografia, Língua Portuguesa, Arte e outras.

A seguir, apresentamos nossas sugestões de filmes que podem ser trabalhados em suas aulas de Biologia, de acordo com a pertinência ao longo dos três anos do Ensino Médio.

<p><i>A Marcha dos Pinguins (La marche de l'empereur)</i>. 2005. Direção: Luc Jacquet Duração: 80 min. Gênero: Documentário</p>	<p>O documentário, do biólogo Luc Jacquet, acompanha por um ano os hábitos reprodutivos das espécies de pinguins-imperadores. Cerca de 7.000 pinguins atravessam 100 km da Antártica para realizar o acasalamento. Os machos chegam ao local de nidificação e se exibem para atrair as fêmeas e, cerca de 2 meses após o acasalamento, elas colocam apenas um ovo. Os machos são responsáveis pela incubação que dura cerca de 2 meses. Quando o ovo eclode, as fêmeas retornam para cuidar da proteção e alimentação dos filhotes.</p> <p>Conceitos que podem ser discutidos em sala de aula: Ecologia; conservação; endemismo; acasalamento; nidificação; cuidado parental.</p>
<p><i>Avatar (Avatar)</i>. 2009. Direção: James Cameron Duração: 162 min. Gênero: Ação / Aventura / Ficção científica</p>	<p>Renascido em sua forma de avatar, o personagem Jake Sully, um ex-fuzileiro confinado a uma cadeira de rodas, consegue voltar a andar. Ele recebe a missão de se infiltrar na comunidade de Pandora e ajudar na extração de um precioso minério, o unobtanium, que pode ser a chave para solucionar a crise energética na Terra. A atmosfera de Pandora é tóxica e somente através do Programa Avatar os humanos conseguem sobreviver no lugar, sendo, para isso, conectados a um avatar, um corpo biológico controlado a distância. Os avatares são híbridos geneticamente, produzidos de DNA humano e DNA dos nativos de Pandora, os Na'vi. A missão de Jake é interrompida quando ele, ferido, é levado e acolhido pelo clã dos Neytiri e aprende a se tornar um deles, participando desse mundo alienígena. Pandora foi criada como um ecossistema real e seus habitantes são organizados em uma sociedade onde os conceitos de energia e religião são sagrados. Pandora tem sua própria “Força”, que ganha aqui uma leitura interessante sobre a manutenção dos ecossistemas e de seus organismos no equilíbrio do lugar. Todas as criaturas, plantas, animais e os habitantes de Pandora entram na batalha épica para defender seu mundo das empresas de mineração que desejam extrair o raro minério unobtanium.</p> <p>Conceitos que podem ser discutidos em sala de aula: Ecossistemas; interações entre os organismos; equilíbrio do ecossistema.</p>

<p>Criação (Creation). 2009. Direção: Jon Amiel Duração: 108 min. Gênero: Drama / Biografia</p>	<p>O filme é uma história biográfica do naturalista inglês Charles Darwin, autor da obra <i>A origem das espécies</i>. No filme, Darwin tenta equilibrar a relação com uma religiosa esposa e a dúvida sobre publicar seu livro sobre a teoria evolutiva. Após a viagem com o navio Beagle, enquanto escrevia sua obra, sua filha Anne adocece e morre. O filme apresenta alguns trechos do roteiro do Beagle e também grandes nomes da Biologia, como Thomas Huxley e Joseph Hooker.</p> <p>Conceitos que podem ser discutidos em sala de aula: Teoria da evolução; descobertas de Darwin; viagem do Beagle.</p>
<p>GATTACA – Experiência Genética (GATTACA). 1997. Direção: Andrew Niccol Duração: 106 min. Gênero: Ficção científica / Drama / Romance</p>	<p>O nome do filme, <i>GATTACA</i>, é formado pelas letras das bases de nucleotídeos que compõem a molécula de DNA: guanina, adenina, citosina e timina, ou seja, G, A, C e T, e parte do pressuposto de que o código genético já foi decifrado. Nesse contexto, a ficção científica questiona o esforço individual em uma sociedade onde o sucesso e o fracasso são determinados no momento da concepção e os seres humanos são escolhidos geneticamente em laboratórios.</p> <p>O <i>status</i> social é, então, determinado pelo DNA. As pessoas concebidas biologicamente são consideradas “inferiores” e Vincent Freeman, um primogênito, nascido do amor de seus pais, é um deles. Ele deseja, desde pequeno, ser astronauta, mas apresenta predisposições genéticas a problemas cardíacos, o que não lhe permite nada melhor do que um emprego de faxineiro. Vincent, escondendo sua identidade genética verdadeira, consegue, porém, um lugar de destaque em uma grande empresa. Tudo segue perfeitamente, até que o assassinato de seu chefe põe sua condição em risco.</p> <p>Conceitos que podem ser discutidos em sala de aula: Predisposição genética; organismos geneticamente modificados; a molécula de DNA; ética.</p>
<p>O dia depois de amanhã (The Day After Tomorrow). 2004. Direção: Roland Emmerich Duração: 124 min. Gênero: Ficção científica</p>	<p>O filme retrata uma sucessão de eventos em que a Terra sofre alterações climáticas que modificam drástica e rapidamente a vida da humanidade.</p> <p>Com o derretimento de geleiras polares, reflexo do aquecimento global, o hemisfério Norte se resfria cada vez mais e passa por uma nova era glacial. Milhões de pessoas morrem, enquanto outros milhões de sobreviventes rumam para o sul. Um paleoclimatologista, Jack Hall, que havia tentado alertar as autoridades sobre os eventos iminentes, sem ser ouvido, segue o caminho inverso e parte para Nova York, pois acredita que o filho, Sam, ainda esteja vivo.</p> <p>Conceitos que podem ser discutidos em sala de aula: Causas e consequências das mudanças climáticas; ação humana sobre o ambiente; relação entre a queima de combustíveis fósseis e o aquecimento global. Discuta em classe os exageros retratados no filme, como forma de extrair o máximo de tensão do espectador por meio dos efeitos especiais. Procure explorar, também, uma frase dita em um dos diálogos, sobre a qual pode ser proposta uma reflexão: “Tudo depende da capacidade de aprendermos com os nossos erros”.</p>
<p>Perdido em Marte (The Martian). 2015. Direção: Ridley Scott Duração: 141 min. Gênero: Ficção científica</p>	<p>Uma equipe de seis astronautas, em uma missão em Marte, bate em retirada em sua nave fugindo de uma tempestade de areia e pedras. Um dos tripulantes, porém, o botânico Mark Watney, é dado como morto e deixado sozinho no planeta. Ao recobrar a consciência, ele passa a lutar pela sobrevivência, ainda que em condições totalmente adversas: está milhões de quilômetros distante da Terra, em um planeta cuja atmosfera não é respirável. Enquanto isso, uma missão da Terra é enviada ao planeta a fim de tentar resgatá-lo. Um ponto de interesse do filme é acompanhar as estratégias por ele utilizadas para sobreviver a condições tão inóspitas, como, por exemplo, utilizar as próprias fezes como adubo para plantar batatas em uma estufa.</p> <p>Conceitos que podem ser discutidos em sala de aula: As características da Terra que fazem dela um planeta ideal para a vida como a conhecemos é um dos temas que podem ser desenvolvidos, além de aspectos relacionados ao cultivo de plantas em condições inóspitas. O roteiro do filme oferece também uma boa oportunidade de discutir questões de ética e de solidariedade entre as pessoas.</p>

<p>Procurando Nemo (Finding Nemo). 2003. Direção: Andrew Stanton e Lee Unkrich Duração: 100 min. Gênero: Animação / Comédia / Aventura</p>	<p>O início do filme mostra muito bem a territorialidade dos peixes-palhaços e também o investimento parental dessas espécies. Marlin é um peixe-palhaço que mora em uma anêmona. Após o rapto de seu único filho, Nemo, ele se aventura em mar aberto para resgatá-lo. Nemo é levado para um aquário em Sidney, Austrália. Em sua busca, Marlin encontra diversos animais marinhos como tubarões, águas-vivas, tartarugas, peixes da zona abissal, uma baleia e Dory, uma “peixinha” da família Acanthuridae, que sofre de perda de memória recente.</p> <p>O professor Ray, apesar de ser uma raia do sexo masculino, não tem o cláspere, um órgão reprodutor masculino, representado. O cláspere é um órgão presente em machos raias e tubarões.</p> <p>Conceitos que podem ser discutidos em sala de aula: Territorialidade, característica comum aos peixes que compartilham seu hábitat com anêmonas; características reprodutivas dos peixes; diversidade de animais e subdivisões do ambiente marinho; conservação; diversidade de animais invertebrados (Poríferos, Cnidários, Equinodermos); diversidade de animais vertebrados marinhos (peixes que habitam o recife de coral; peixes da zona abissal; peixes ósseos e cartilagosos; répteis e mamíferos marinhos e aves; sistema respiratório dos peixes; sistema respiratório e digestório de Cetáceos (baleias); correntes marítimas.</p>
<p>Repo men (Repo men). 2010. Direção: Miguel Sapochnik Duração: 111 min. Gênero: Ação / Ficção Atenção: a classificação indicativa desse filme é de 18 anos. Recomendamos que você o veja previamente e avalie a pertinência de exibi-lo para seus educandos.</p>	<p>Em um futuro próximo, a sociedade utiliza com frequência os serviços de uma empresa chamada The Union, que fornece a seus clientes sofisticados e caros órgãos mecânicos. Caso o comprador não honre a dívida, a empresa envia em seu encalço os “coletores”, que têm por função recolher de volta o órgão que lhe foi vendido, seja ele qual for. Remy é um dos melhores coletores da empresa, até o dia em que sofre um ataque cardíaco durante um de seus serviços. Ele é, então, submetido a uma cirurgia, na qual lhe é transplantado um dos corações fabricados pela The Union. Entretanto, em consequência do ocorrido, Remy não pode mais continuar exercendo seu trabalho. Sem ter como pagar a dívida, ele se une ao colega Jake para escapar à perseguição da empresa onde trabalhou.</p> <p>Conceitos que podem ser discutidos em sala de aula: Alguns aspectos sobre anatomia e fisiologia humanas, além de questões éticas relacionadas a transplante de órgãos e à mercantilização da ciência, poderão ser abordados.</p>
<p>Uma prova de amor (My Sister's Keeper). 2009. Direção: Nick Cassavetes Duração: 109 min. Gênero: Drama</p>	<p>Anna tem treze anos de idade e, desde que nasceu, foi submetida a inúmeras consultas médicas, cirurgias e transfusões para que sua irmã mais velha, Kate, pudesse, de alguma forma, lutar contra a leucemia que a atingiu ainda na infância. Na verdade, Anna foi concebida para que sua medula óssea prolongasse os anos de vida de Kate. Anna jamais contestou o papel a ela atribuído, porém, como todo adolescente, ela está começando a questionar quem realmente é e depara com o fato de que, diferentemente dos outros adolescentes, sempre teve sua vida pautada pelas necessidades da irmã.</p> <p>É quando, então, Anna toma uma decisão impensável para a maioria, uma atitude que irá abalar sua família: ela decide lutar na justiça pelo direito de decidir sobre o próprio corpo.</p> <p>Conceitos que podem ser discutidos em sala de aula: Poderão ser tratados conteúdos de genética; aspectos relacionados a planejamento familiar; ética; saúde (quais as características da doença da irmã mais velha?).</p>
<p>Uma verdade inconveniente (An Inconvenient Truth). 2006. Direção: Davis Guggenheim Duração: 100 min. Gênero: Documentário</p>	<p><i>Uma verdade inconveniente</i> documenta a jornada internacional de alerta sobre o aquecimento global feita por Al Gore após sua derrota nas eleições de 2000 para George W. Bush. O diretor Davis Guggenheim tece a ciência do aquecimento global com a história pessoal de Gore e seu empenho ao longo da vida para reverter os efeitos da mudança climática global. Antigo defensor do meio ambiente, Gore apresenta uma gama de fatos e informações de uma forma convincente. O documentário reúne inúmeras apresentações que Gore exibiu durante sua carreira política sobre destruição do meio ambiente, principalmente devido ao aumento das concentrações de dióxido de carbono na atmosfera.</p> <p>Fatos como o derretimento das calotas polares, aumento nos níveis dos oceanos e mudanças climáticas drásticas como furacões, enchentes e secas são mostrados de uma forma consistente no documentário. Recursos audiovisuais como gráficos, com mapas de estatísticas atmosféricas, fotografias da Patagônia, do Kilimanjaro, dos Alpes e da Antártida, entre outros locais, são utilizados para revelar o impacto produzido pelo ser humano durante anos no meio ambiente.</p> <p>Conceitos que podem ser discutidos em sala de aula: Causas e consequências do aquecimento global; medidas mitigadoras para o aquecimento global. Podem-se, nesse momento, levar opiniões distintas sobre as causas do aquecimento global e promover uma discussão em sala.</p>

6. Explorando museus e outros espaços culturais

Os chamados espaços não formais de educação correspondem a quaisquer espaços que não a escola em que seja possível desenvolver atividades educativas (Marandino *et al.*, 2009; Mergulhão, 1998). Tais espaços favorecem o desenvolvimento de habilidades e procedimentos de investigação científica, além de colaborarem para uma educação crítica, voltada para o letramento científico do indivíduo (Santos, 2007). Um dos objetivos do uso desses espaços é, por exemplo, promover um processo de ensino-aprendizagem de Ciências da Natureza inserido em seu contexto histórico, social, cultural e ambiental.

Espaços como museus, centros de ciências, jardins zoológicos e jardins botânicos são importantes centros de divulgação e ensino de Ciências. Eles utilizam principalmente a interatividade para despertar a curiosidade e disseminar o conhecimento científico. São excelentes para se desenvolverem atividades interdisciplinares.

Assim, recomendamos que, se possível, você e colegas de outras disciplinas promovam visitas a esses espaços em sua região. Para realizar esse tipo de atividade, é interessante uma visita prévia ao local e a elaboração de um roteiro com algumas perguntas a que os estudantes devem responder durante ou após a visita. Prepare os estudantes para a visita, deixando claros os objetivos educacionais, e depois retome com eles o que viram, analisaram e registraram.

Para saber de que espaços não formais de educação sua região dispõe, consulte, por exemplo, a publicação *Centros e Museus de Ciência no Brasil*, uma iniciativa da Associação Brasileira de Centros e Museus de Ciência (ABCMC), da Casa da Ciência da UFRJ e do Museu da Vida/Fiocruz, com o apoio do Ministério da Ciência e Tecnologia. Para obter a publicação integral, em sua edição de 2015, visite o *site*: <<http://www.mcti.gov.br/publicacoes>>. Acesso em: mar. 2016.

7. Legislação sobre coleta, manutenção e uso de material biológico

Consideramos importante que você, professor(a) de Biologia, tenha mais informações sobre algumas restrições ao uso de animais e outros materiais biológicos em ensino e pesquisa. O material biológico, na Instrução Normativa Nº 154/2007, é definido como organismos ou partes desses e engloba material botânico, fúngico ou microbiológico, além dos animais.

Destacamos aqui alguns *sites*, acessados em março de 2016, nos quais se podem encontrar essas informações, mas recomendamos que fique atento(a) a mudanças. Entre em contato com o Conselho Federal de Biologia ou o Conselho Estadual de sua região para orientação em caso de dúvidas.

- <<http://www.icmbio.gov.br/portal/images/stories/servicos/manual.pdf>>
- <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2008/Lei/L11794.htm>
- <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2008/Msg/VEP-761-08.htm>
- <<http://www.mct.gov.br/index.php/content/view/310553.html>>
- <<http://www.ibama.gov.br>>
- <http://www.icmbio.gov.br/sisbio/images/stories/instrucoes_normativas/IN_154_coleta.pdf>
- <<http://www.icmbio.gov.br/sisbio/duvidasfrequentees/20-coleta-de-material-botanicofungico-ou-microbiologico.html>>
- <<http://www.icmbio.gov.br/sisbio/duvidas-frequentes/32-vegetais-hidrobios.html>>
- <<http://www.cfbio.gov.br/resolucoes-cfbio/145-resolucao-no-301-de-8-de-dezembro-de-2012>>

8. Documentos norteadores do Ensino Médio e suas relações com esta obra

Desde a década de 1990, o Ministério da Educação e Cultura (MEC) vem publicando documentos e propondo diretrizes de forma a auxiliar o(a) professor(a) de todos os segmentos da educação básica (Educação Infantil, Ensino Fundamental e Ensino Médio) em seu trabalho na sala de aula.

Um exemplo dessas propostas são os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN), elaborados no período de 1995 a 1999, com sugestões de conteúdos que incluem conhecimentos, procedimentos e atitudes. Ao lado dos componentes curriculares, os PCN propõem também *temas transversais* (saúde, ecologia, orientação sexual, ética e convívio social, pluralidade cultural e outros). Embora esses documentos não tenham caráter normativo ou obrigatório, são uma referência para o trabalho do educador, assim como também foram uma das referências utilizadas na elaboração desta obra. Você os encontra facilmente no Portal do MEC (<<http://portal.mec.gov.br>>; acesso em: maio 2016).

Outro documento basilar no desenvolvimento de nossa coleção são as Diretrizes Curriculares Nacionais para o Ensino Médio, atualizadas segundo o Parecer CNE/CEB Nº 5/2011, que assim justifica tal atualização:

A elaboração de novas Diretrizes Curriculares Nacionais para o Ensino Médio se faz necessária, também, em virtude das novas exigências educacionais decorrentes da aceleração da produção de conhecimentos, da ampliação do acesso às informações, da criação de novos meios de comunicação, das alterações do mundo do trabalho, e das mudanças de interesse dos adolescentes e jovens, sujeitos dessa etapa educacional.

Nos dias atuais, a inquietação das “juventudes” que buscam a escola e o trabalho resulta mais evidente do que no passado. O aprendizado dos conhecimentos escolares tem significados diferentes conforme a realidade do estudante. Vários movimentos sinalizam no sentido de que a escola precisa ser repensada para responder aos desafios colocados pelos jovens.

Ainda do referido parecer, transcrevemos os trechos a seguir, como exemplos dos princípios que nortearam a elaboração desta obra:

Para que se conquiste a inclusão social, a educação escolar deve fundamentar-se na ética e nos valores da liberdade, justiça social, pluralidade, solidariedade e sustentabilidade, cuja finalidade é o pleno desenvolvimento de seus sujeitos, nas dimensões individual e social de cidadãos conscientes de seus direitos e deveres, comprometidos com a transformação social. Diante dessa

concepção de educação, a escola é uma organização temporal, que deve ser menos rígida, segmentada e uniforme, a fim de que os estudantes, indistintamente, possam adequar seus tempos de aprendizagens de modo menos homogêneo e idealizado.

[...]

O desenvolvimento científico e tecnológico acelerado impõe à escola um novo posicionamento de vivência e convivência com os conhecimentos capaz de acompanhar sua produção acelerada. A apropriação de conhecimentos científicos se efetiva por práticas experimentais, com contextualização que relacione os conhecimentos com a vida, em oposição a metodologias pouco ou nada ativas e sem significado para os estudantes. Estas metodologias estabelecem relação expositiva e transmissivista que não coloca os estudantes em situação de vida real, de fazer, de elaborar. Por outro lado, tecnologias da informação e comunicação modificaram e continuam modificando o comportamento das pessoas e essas mudanças devem ser incorporadas e processadas pela escola para evitar uma nova forma de exclusão, a digital.

[...] privilegiar a dimensão cognitiva não pode secundarizar outras dimensões da formação, como, por exemplo, as dimensões física, social e afetiva. Desse modo, pensar uma educação escolar capaz de realizar a educação em sua plenitude implica refletir sobre as práticas pedagógicas já consolidadas e problematizá-las no sentido de produzir a incorporação das múltiplas dimensões de realização do humano como uma das grandes finalidades da escolarização básica.

Recomendamos a você, educador(a), a leitura e análise na íntegra tanto do Parecer CNE/CEB Nº 5/2011 como da Resolução CNE/CEB Nº 2/2012, que dispõe sobre as Diretrizes Curriculares Nacionais para o Ensino Médio. Ambos os documentos, além dos demais que norteiam o Ensino Básico, estão compilados na publicação *Diretrizes Curriculares Nacionais da Educação Básica* (2013), disponível no seguinte endereço eletrônico (acesso em mar. 2016):

- <http://portal.mec.gov.br/index.php?option=com_docman&view=download&alias=15547-diretrizes-curriculares-nacionais-2013-pdf-1&Itemid=30192>

Na elaboração da presente obra, levamos em consideração também os pressupostos do Enem, que passou a ter importância como uma das formas de seleção unificada nos processos seletivos das universidades públicas federais, algumas estaduais e particulares, com as propostas de democratizar as oportunidades de acesso às vagas de ensi-

no superior, possibilitar a mobilidade acadêmica e induzir a reestruturação dos currículos do Ensino Médio. Valorizamos os eixos cognitivos, as competências e as habilidades de acordo com a Matriz de Referência do Enem 2009, mas é na seção **Ampliando e integrando conhecimentos** que esses aspectos ficam mais destacados e especificados: em cada uma das atividades dessa seção, são identificadas, para você, educador(a), as habilidades que estão sendo prioritariamente trabalhadas naquele momento.

Reproduzimos aqui os trechos de interesse para o presente material e que constam da Matriz de Referência para o Enem 2009.

Eixos cognitivos (comuns a todas as áreas de conhecimento)

- I. **Dominar linguagens (DL):** dominar a norma culta da Língua Portuguesa e fazer uso das linguagens matemática, artística e científica e das línguas espanhola e inglesa.
- II. **Compreender fenômenos (CF):** construir e aplicar conceitos das várias áreas do conhecimento para a compreensão de fenômenos naturais, de processos histórico-geográficos, da produção tecnológica e das manifestações artísticas.
- III. **Enfrentar situações-problema (SP):** selecionar, organizar, relacionar, interpretar dados e informações representados de diferentes formas, para tomar decisões e enfrentar situações-problema.
- IV. **Construir argumentação (CA):** relacionar informações, representadas em diferentes formas, e conhecimentos disponíveis em situações concretas, para construir argumentação consistente.
- V. **Elaborar propostas (EP):** recorrer aos conhecimentos desenvolvidos na escola para elaboração de propostas de intervenção solidária na realidade, respeitando os valores humanos e considerando a diversidade sociocultural.

Matriz de referência de Ciências da Natureza e suas Tecnologias

Competência de área 1 – Compreender as Ciências Naturais e as tecnologias a elas associadas como construções humanas, percebendo seus papéis nos processos de produção e no desenvolvimento econômico e social da humanidade.

- H1** Reconhecer características ou propriedades de fenômenos ondulatórios ou oscilatórios, relacionando-os a seus usos em diferentes contextos.
- H2** Associar a solução de problemas de comunicação, transporte, saúde ou outro, com o correspondente desenvolvimento científico e tecnológico.

- H3** Confrontar interpretações científicas com interpretações baseadas no senso comum, ao longo do tempo ou em diferentes culturas.
- H4** Avaliar propostas de intervenção no ambiente, considerando a qualidade da vida humana ou medidas de conservação, recuperação ou utilização sustentável da biodiversidade.

Competência de área 2 – Identificar a presença e aplicar as tecnologias associadas às Ciências Naturais em diferentes contextos.

- H5** Dimensionar circuitos ou dispositivos elétricos de uso cotidiano.
- H6** Relacionar informações para compreender manuais de instalação ou utilização de aparelhos, ou sistemas tecnológicos de uso comum.
- H7** Selecionar testes de controle, parâmetros ou critérios para a comparação de materiais e produtos, tendo em vista a defesa do consumidor, a saúde do trabalhador ou a qualidade de vida.

Competência de área 3 – Associar intervenções que resultam em degradação ou conservação ambiental a processos produtivos e sociais e a instrumentos ou ações científico-tecnológicos.

- H8** Identificar etapas em processos de obtenção, transformação, utilização ou reciclagem de recursos naturais, energéticos ou matérias-primas, considerando processos biológicos, químicos ou físicos neles envolvidos.
- H9** Compreender a importância dos ciclos biogeoquímicos ou do fluxo de energia para a vida, ou da ação de agentes ou fenômenos que podem causar alterações nesses processos.
- H10** Analisar perturbações ambientais, identificando fontes, transporte e/ou destino dos poluentes ou prevendo efeitos em sistemas naturais, produtivos ou sociais.
- H11** Reconhecer benefícios, limitações e aspectos éticos da biotecnologia, considerando estruturas e processos biológicos envolvidos em produtos biotecnológicos.
- H12** Avaliar impactos em ambientes naturais decorrentes de atividades sociais ou econômicas, considerando interesses contraditórios.

Competência de área 4 – Compreender interações entre organismos e ambiente, em particular aquelas relacionadas à saúde humana, relacionando conhecimentos científicos, aspectos culturais e características individuais.

- H13** Reconhecer mecanismos de transmissão da vida, prevendo ou explicando a manifestação de características dos seres vivos.

H14 Identificar padrões em fenômenos e processos vitais dos organismos, como manutenção do equilíbrio interno, defesa, relações com o ambiente, sexualidade, entre outros.

H15 Interpretar modelos e experimentos para explicar fenômenos ou processos biológicos em qualquer nível de organização dos sistemas biológicos.

H16 Compreender o papel da evolução na produção de padrões, processos biológicos ou na organização taxonômica dos seres vivos.

Competência de área 5 – Entender métodos e procedimentos próprios das Ciências Naturais e aplicá-los em diferentes contextos.

H17 Relacionar informações apresentadas em diferentes formas de linguagem e representação usadas nas ciências físicas, químicas ou biológicas, como texto discursivo, gráficos, tabelas, relações matemáticas ou linguagem simbólica.

H18 Relacionar propriedades físicas, químicas ou biológicas de produtos, sistemas ou procedimentos tecnológicos às finalidades a que se destinam.

H19 Avaliar métodos, processos ou procedimentos das Ciências Naturais que contribuam para diagnosticar ou solucionar problemas de ordem social, econômica ou ambiental.

Competência de área 6 – Apropriar-se de conhecimentos da Física para, em situações-problema, interpretar, avaliar ou planejar intervenções científico-tecnológicas.

H20 Caracterizar causas ou efeitos dos movimentos de partículas, substâncias, objetos ou corpos celestes.

H21 Utilizar leis físicas e/ou químicas para interpretar processos naturais ou tecnológicos inseridos no contexto da termodinâmica e/ou do eletromagnetismo.

H22 Compreender fenômenos decorrentes da interação entre a radiação e a matéria em suas manifestações em processos naturais ou tecnológicos ou em suas implicações biológicas, sociais, econômicas ou ambientais.

H23 Avaliar possibilidades de geração, uso ou transformação de energia em ambientes específicos, considerando implicações éticas, ambientais, sociais e/ou econômicas.

Competência de área 7 – Apropriar-se de conhecimentos da Química para, em situações-problema, interpretar, avaliar ou planejar intervenções científico-tecnológicas.

H24 Utilizar códigos e nomenclatura da Química para caracterizar materiais, substâncias ou transformações químicas.

H25 Caracterizar materiais ou substâncias, identificando etapas, rendimentos ou implicações biológicas, sociais, econômicas ou ambientais de sua obtenção ou produção.

H26 Avaliar implicações sociais, ambientais e/ou econômicas na produção ou no consumo de recursos energéticos ou minerais, identificando transformações químicas ou de energia envolvidas nesses processos.

H27 Avaliar propostas de intervenção no meio ambiente aplicando conhecimentos químicos, observando riscos ou benefícios.

Competência de área 8 – Apropriar-se de conhecimentos da Biologia para, em situações-problema, interpretar, avaliar ou planejar intervenções científico-tecnológicas.

H28 Associar características adaptativas dos organismos com seu modo de vida ou com seus limites de distribuição em diferentes ambientes, em especial em ambientes brasileiros.

H29 Interpretar experimentos ou técnicas que utilizam seres vivos, analisando implicações para o ambiente, a saúde, a produção de alimentos, matérias-primas ou produtos industriais.

H30 Avaliar propostas de alcance individual ou coletivo, identificando aquelas que visam à preservação e à implementação da saúde individual, coletiva ou do ambiente.

9. Referências bibliográficas

ALMEIDA, M. E. B. Tecnologias na educação: dos caminhos trilhados aos atuais desafios. *Bolema – Boletim de Educação Matemática*, Rio Claro, 29(21), 2008.

_____. Currículo, tecnologia e cultura digital: espaços e tempos de web currículo. *Revista e-curriculum*, São Paulo, v. 7, n. 1, abr. 2011.

_____. Transformações no trabalho e na formação docente na educação a distância on-line. *Em Aberto*, Brasília, v. 23, n. 84, p. 67-77, nov. 2010.

- ARROYO, M. G. *Currículo, território em disputa*. Petrópolis, Rio de Janeiro: Vozes, 2013.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15437: *informação e documentação: pôsteres técnicos e científicos: apresentação*. Rio de Janeiro, 2006.
- AUSUBEL, D. P.; NOVAK, J. D.; HANESIAN, H. *Psicologia educacional*. Rio de Janeiro: Interamericana, 1980.
- BRASIL. Comitê Gestor da Internet no Brasil. *TIC Educação 2010*. São Paulo: 2011. 448 p.
- BRUZZO, C. Biologia: educação e imagens. In: *Educação e Sociedade*, vol. 25, n. 89, Campinas, set.-dez./2004.
- COSTA, F. A. & VISEU, S. Formação-acção-reflexão: um modelo de preparação de professores para a integração curricular das TIC. In: COSTA, F. A.; PERALTA, H.; VISEU, S. (Orgs.) *As TIC na educação em Portugal: concepções e práticas*. Porto: Porto Editora, 2007.
- FESTER, A. C. R. Para que todos tenham voz (educação pela ética e dignidade do ser humano). In: PONTUSCHKA, N. N. (Org.). *Ousadia no diálogo*. 4. ed. São Paulo: Edições Loyola, 2002.
- FREIRE, P. *Pedagogia da autonomia: saberes necessários à prática educativa*. 7. ed. São Paulo: Paz e Terra, 1996.
- _____. *Pedagogia do oprimido*. 46. ed. São Paulo: Paz e Terra, 1970.
- GAUDEUL, A.; PERONI, C. Reciprocal attention and norm of reciprocity in blogging networks. In: *Economics Bulletin*, 30 (3): 2230-2248, 2010.
- KRASILCHIK, M. *Prática de ensino de Biologia*. São Paulo: Harbra, 1986.
- _____. *O professor e o currículo das ciências*. São Paulo: E.P.U., 1986.
- KRASILCHIK, M.; RAW, I.; MENUCCI, L. *A Biologia e o homem*. São Paulo: EDUSP, 2001.
- MARANDINO, M.; SELLES, S. E.; FERREIRA, M. S. *Ensino de Biologia: histórias e práticas em diferentes espaços educativos*. Cortez: São Paulo. 2009.
- MEC, SEB. *Orientações curriculares para o ensino de Biologia*. MEC, 2006.
- MERGULHÃO, M. C. *Zoológico: uma sala de aula viva*. São Paulo: Faculdade de Educação da USP. Dissertação, Mestrado em Educação. 1998. 144 p.
- MOREIRA, M. A. *Aprendizagem significativa*. Brasília: Editora da UnB, 1999.
- NAPOLITANO, M. *Como usar o cinema na sala de aula*. 4. ed. São Paulo: Contexto, 2009.
- NOVAK, J. D. *Uma teoria de educação*. São Paulo: Pioneira, 1981.
- SACRISTÁN, G. Consciência e ação sobre a prática como libertação profissional dos professores. In: NÓVOA, A. (Coord.) *Profissão professor*. Lisboa: Porto Editora, 1991.
- SIMON, S.; ERDURAN, S.; OSBORNE, J. Learning to teach argumentation: research and development in the Science classroom. *International Journal of Science Education*. n. 28, p. 235-260, 2006.
- VYGOTSKY, L. S. *A formação social da mente*. 6. ed. São Paulo: Martins Fontes, 1999.
- _____. *O desenvolvimento psicológico na infância*. São Paulo: Martins Fontes, 1998.
- WANG, H. Exploring Educational Use of Blogs in U.S. Education. In: *China Education Review* 5 (10): 35, 2008.
- WANG, W. K. S. The restructuring of legal education along functional lines. In: *Journal of Contemporary Legal Issues*, vol. 17, 2008.
- ZABALA, A. *A prática educativa*. Porto Alegre: Artmed, 1998.

10. Comentários por capítulo

UNIDADE

1

Sistemática, vírus, procariontes, protistas e fungos

CAPÍTULO 1

■ Evolução e classificação

Um dos objetivos deste volume é apresentar parte da biodiversidade atual pelo estudo dos principais grupos de seres vivos, com um enfoque evolutivo. Optamos por essa perspectiva pelo fato de considerá-la facilitadora da compreensão da classificação biológica e das relações evolutivas entre os grupos. Não pretendemos reduzir a aprendizagem desse tema à memorização de listas de características, tampouco contribuir para uma visão antropocêntrica da natureza.

Dada a importância do estudo da evolução para o ensino da diversidade biológica, sugerimos a você que, antes de iniciar o trabalho com o capítulo, retome com seus educandos os temas sobre a origem e a história da vida na Terra, a linha do tempo geológico e a origem e a evolução da célula, tratados no volume 1 desta coleção. Discuta com eles as divisões que organizam essa linha do tempo geológico.

Retome com os estudantes a ideia de que as eras e os períodos geológicos foram definidos de acordo com modificações sofridas ao longo do tempo pelo planeta e, principalmente, com a ocorrência ou a extinção de determinados grupos de seres vivos. A maioria das eras ou os períodos é reconhecida pela existência de um determinado grupo animal; por exemplo, a Era Mesozoica é conhecida como a “idade dos répteis” ou, ainda, a “idade dos dinossauros”. Nomes como esses podem ajudar na identificação do período a que estamos nos referindo, mas podem simplificar demais as informações para os estudantes. No caso da Era Mesozoica, por exemplo, muitos outros grupos animais viviam na Terra além dos répteis, como peixes, anfíbios, mamíferos e inúmeros grupos de invertebrados. A flora do planeta também sofreu mudanças significativas ao longo da história da vida na Terra e essas mudanças são consideradas na divisão do tempo geológico.

Sobre a escala do tempo geológico, sugerimos uma fonte de consulta, disponível apenas em inglês: o *site* do Museu de Paleontologia da Universidade de Berkeley (Califórnia, Estados Unidos): <<http://www.ucmp.berkeley.edu/exhibit/geology.html>> (acesso em: abr. 2016).

Nesse *site* são apresentadas as subdivisões do tempo geológico. Observe, porém, que algumas datas que definem as divisões são diferentes das que apresentamos no livro.

Outros temas interessantes para retomar neste momento são as placas litosféricas, os fósseis e a extinção de espécies, também abordados no volume 1 desta coleção.

Essa associação a conteúdos que o estudante já viu nos anos anteriores propicia a interligação de diferentes temas e reforça a visão da Biologia como um todo indissociável, como ressaltamos desde o primeiro volume da obra. Além disso, é possível retomar um dos campos de estudo da biologia evolutiva, a **macroevolução**, cujo principal enfoque é a análise histórica da vida em nosso planeta. Esse campo consiste no estudo da evolução em larga escala, acima do nível de espécie. É a história global da vida em que se analisa, ao longo do tempo, a estabilidade, a mudança, o surgimento de linhagens e a extinção.

É importante ressaltar que a diversidade de seres vivos no planeta variou muito e que períodos de grande aumento de diversidade e períodos de extinção ocorreram por processos naturais. Relembre ainda o impacto do surgimento da espécie humana e seu papel como agente responsável por um possível evento de extinção em massa em curso.

A primeira atividade proposta no item 11 deste Manual (*Sugestões de atividades extras para o volume 2*) poderá ser desenvolvida tanto ao iniciar o estudo deste capítulo como ao trabalhar com o capítulo 9, que aborda os animais. Fica a seu critério decidir acerca do melhor momento.

Vamos, agora, entrar nos objetivos centrais deste capítulo, que são discutir a importância e o significado da classificação dos seres vivos. Também aprofundaremos um pouco o estudo da microevolução.

Classificação

Aborde a importância da padronização dos nomes das diferentes espécies de seres vivos. As regras de nomenclatura usadas estão de acordo com os códigos internacionais de nomenclatura zoológica e botânica.

Enfatize para o educando que o nome da espécie é **duplo**, ou seja, formado pelo nome do gênero mais o epíteto específico. O correto, portanto, é dizer que o nome da espécie do cão é *Canis familiaris*, mas **não é correto** dizer que o nome da espécie do cão é *familiaris*.

Com relação ao sistema de classificação de Lineu, deixe claro tratar-se de um sistema totalmente artificial. Nele, eram agrupadas na mesma classe, por exemplo, plantas pertencentes aos atuais grupos das gimnospermas, eudicotiledôneas e monocotiledôneas: a classe Monocotiledônea reunia os gêneros *Thuja* (gimnosperma), *Quercus* (eudicotiledônea) e *Typha* (monocotiledônea).

A primeira edição do *Systema Naturae* de Lineu tinha 12 páginas, mas, ao longo do tempo, nas edições posteriores, o número de informações aumentou muito, de forma que a última edição coordenada por Lineu era composta de 3 volumes e quase 3 000 páginas.

Para aprofundar a discussão sobre a história da nomenclatura e as diferentes propostas que surgiram ao longo do tempo, como a descrita no boxe que trata do *Phylocode*, sugere-se a leitura dos textos:

- Americano quer trocar classificação das espécies por sistema de evolução, disponível em: <<http://www1.folha.uol.com.br/folha/ciencia/ult306u6504.shtml>>

- Modernizando a taxonomia, disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/bn/v4n1/v4n1a02.pdf>>

Acessos em: abr. 2016.

Apresentamos neste livro conceitos básicos da sistemática filogenética e de cladogramas como hipóteses de relações de parentesco entre os seres vivos. Esses conceitos estão discutidos de forma extremamente simplificada, sem empregar muitos dos termos característicos. É fundamental, porém, falar de evolução por anagênese e cladogênese para se entender inicialmente um cladograma. Esses processos, ligados à especiação, são o ponto de partida para introduzirmos a sistemática filogenética; é importante alertar que o uso de cladogramas é feito para os demais níveis taxonômicos, e não apenas para espécies.

Procuramos deixar evidente que as atuais propostas de classificação correspondem a hipóteses filogenéticas: esse é o enfoque dado a todo o volume 2. Seria muito importante que essa noção fosse reforçada com seus educandos, de forma a desmistificar a ideia de que classificar é apenas dar nomes e a de que o estudo dos seres vivos se

restringe a decorar esses nomes. A sistemática é uma das áreas que mais crescem na Biologia atual, gerando muitos debates, mudanças e avanços.

Homologia

Sugerimos destacar o conceito de **homologia**, fundamental na sistemática filogenética.

O termo “homólogo” significa “originado da mesma estrutura ancestral”. Na sistemática filogenética, o conceito de homologia é mais restrito. Consideram-se estruturas homólogas apenas aquelas que se originam da mesma estrutura derivada. Isso significa que se formaram de uma estrutura que surgiu e é exclusiva de determinado grupo. As asas das aves são um caráter derivado e nenhum outro grupo de tetrápode apresenta as mesmas modificações nos ossos dos membros anteriores. Assim, as asas de duas espécies de ave são homólogas, pois ambas derivam das asas do ancestral de todas as aves.

Segundo esse conceito mais restrito, as asas das aves não são homólogas às asas de morcegos nem aos membros anteriores de outros tetrápodes, pois surgiram de forma independente (convergência). Essa condição é um dos casos de **homoplasia** (discutido a seguir).

Ao tratarmos a homologia com esse enfoque, reforçamos que o estudo da biodiversidade inicia-se pela sistemática. No caso especial da sistemática filogenética, o objetivo maior é procurar reconstituir a história evolutiva dos diferentes grupos. Essa história vai se refletir em uma classificação, em um sistema hierárquico de referência, no qual os nomes atribuídos aos táxons são os indexadores desse conhecimento. É importante que se entenda que a classificação organiza o conhecimento sobre os diferentes grupos e torna a biodiversidade mais acessível a todos.

Anagênese e cladogênese

Como mencionado no capítulo, os processos fundamentais que causam a diversidade são a anagênese e a cladogênese. Processos anagenéticos são responsáveis pelo surgimento ou modificação de um caráter em uma linhagem histórica ou em um grupo de organismos que compartilham uma história evolutiva única. Eles são responsáveis pelo aparecimento das novidades evolutivas (apomorfias) dentro de uma mesma linhagem histórica, sem que haja o surgimento de novas linhagens. Apomorfias compartilhadas são chamadas sinapomorfias.

A diversificação de linhagens resulta da cladogênese, que é o surgimento de novos ramos em função da quebra da coesão original existente em uma linhagem histórica – que, em alguns casos, equivale a uma população, gerando duas ou mais linhagens. Optamos por destacar apenas as barreiras geográficas como um dos responsáveis por eventos cladogenéticos, isolando partes de uma população ancestral hipotética. Após a cladogênese, o acúmulo de novidades evolutivas por anagênese nas populações isoladas pode levar ao surgimento de novas espécies.

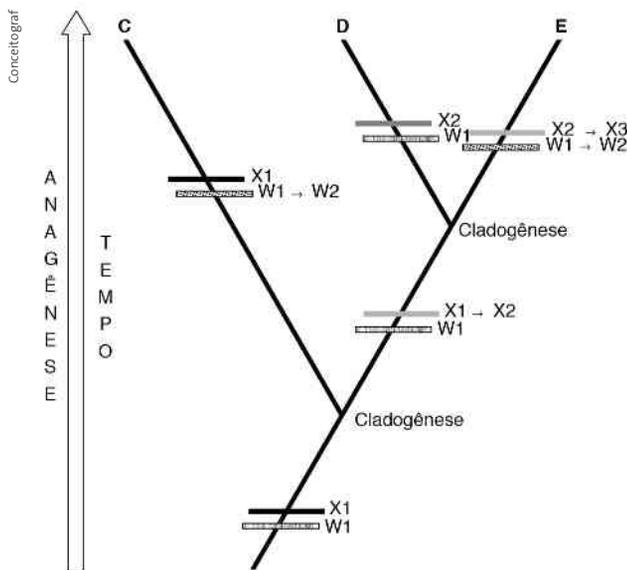
A anagênese e a cladogênese são processos que contribuem em conjunto para o aumento da diversidade biológica em nosso planeta. Há, no entanto, processos que promovem a diminuição da diversidade, caso das extinções; seria interessante retomá-las neste momento (esse assunto – as extinções – foi discutido no volume 1).

Os efeitos dos processos de anagênese e cladogênese estão representados nos cladogramas deste capítulo: por anagênese os caracteres se modificam no tempo e por cladogênese ocorre o surgimento de novas linhagens.

Apomorfia, plesiomorfia e homoplasia

Modificações no estado do caráter de um estado primitivo (também chamado de plesiomórfico) para um derivado (chamado de apomórfico) podem ser destacadas nos ramos dos cladogramas. Esses conceitos de estado plesiomórfico e apomórfico são, no entanto, relativos. Plesiomorfias compartilhadas são chamadas simplesiomorfias.

Analise a figura a seguir. Vamos considerar, por exemplo, um caráter que chamaremos de **X**, que pode aparecer sob três estados, que chamaremos de X1, X2 e X3 e que formam uma série de transformações cuja polaridade seja X1 → X2 → X3. Vamos colocar essas informações no cladograma a seguir, no qual indicaremos também outro caráter, o **W**, que analisaremos mais adiante. Focalize a atenção, nesse momento, no caráter **X**:



História evolutiva das espécies (C, D, E); a cladogênese ao longo do tempo e a ocorrência dos estados dos caracteres **X** e **W** são indicados na filogenia. A notação X1 → X2 significa que a condição X2 surgiu por modificação da condição X1.

Com relação ao caráter **X**, pode-se considerar o estado X1 primitivo ou plesiomórfico em relação aos estados X2 e X3. No entanto, quando se analisa o estado X2, ele é derivado ou apomórfico em relação a X1, mas é primitivo ou plesiomórfico em relação ao estado X3. Por isso, se diz que os estados primitivos e derivados dos caracteres são relativos.

Vamos pensar, agora, no caráter **W** apontado no cladograma. Ele aparece em dois estados, W1, primitivo, e W2, derivado. O estado derivado W2, no entanto, aparece independentemente em duas linhagens, a **C** e a **E**, que não compartilham um ancestral comum exclusivo. Assim, o estado W2 surgiu de forma independente em **C** e em **E**; é considerado uma homoplasia.

A homoplasia pode ocorrer do modo como acabamos de comentar ou por perda de uma característica já adquirida, como aconteceu com a perda da rádula na linhagem que derivou para os moluscos bivalves. A rádula é uma sinapomorfia dos moluscos, sendo colocada na raiz do grupo, mas foi perdida na linhagem dos bivalves e isso deve ser indicado no cladograma.

Seria interessante comentar com os estudantes que na evolução ocorreram vários eventos de perda de características e que não há apenas aumento da complexidade do corpo, mas também reversão. Um exemplo interessante de reversão ocorre nos fungos unicelulares, as leveduras. A condição unicelular no grupo se deve à reversão de uma condição multicelular ou multinucleada de um corpo organizado por hifas.

Em resumo:

Plesiomorfia: estado primitivo do caráter.

Apomorfia: estado derivado do caráter, correspondendo à novidade evolutiva.

Homoplasia: compartilhamento de semelhanças decorrentes de estados derivados dos caracteres, em grupos que possuem origens independentes. As perdas de caracteres também são condições homoplásticas.

É importante salientar que um mesmo táxon pode reunir esses três tipos de condição, de modo que esses termos se referem aos caracteres e não ao táxon. Por isso, não é recomendável usar as expressões “grupos mais primitivos” e “grupos mais evoluídos”, pois cada grupo pode apresentar caracteres nas condições plesiomórficas, apomórficas ou homoplásticas. No cladograma, dois grupos que partem de um mesmo nó possuem mesma idade de origem.

Para a filogenética, o critério para agrupar os organismos é o monofilatismo, definido a partir de um ancestral comum exclusivo evidenciado pelo compartilhamento de características apomórficas.

Se julgar procedente, realize com os estudantes a sugestão de atividade do item 11 deste Manual (*Sugestões de atividades extras para o volume 2*) sobre sistemática, “Construindo um cladograma”.

Neste livro, manteremos as categorias taxonômicas de acordo com os códigos vigentes de nomenclatura zoológica e botânica, até que se estabeleça um consenso sobre o uso do *Phylocode* apresentado em um box do capítulo.

Classificação atual dos seres vivos

Outro aspecto deste volume que merece atenção e discussão com os estudantes são as diferentes propostas de classificação dos seres vivos. Existem discordâncias em várias obras, reflexo do estado atual de conhecimento. Mesmo em livros destinados ao Ensino Superior, essas divergências ocorrem, e, quando se analisam os trabalhos publicados atualmente, há pouca concordância entre os autores.

Seria interessante comentar com os estudantes, ao tratar da história da classificação, que cada uma das propostas feitas registra a maneira de pensar prioritariamente vigente em um dado período. Nem sempre as classificações diferentes decorrem da descoberta de novos táxons ou apenas do uso de novos caracteres, embora isso ocorra. Elas podem ser elaboradas por seguidores de diferentes escolas de classificação, cada uma delas utilizando os mesmos dados de maneiras peculiares, ou por seguidores de uma mesma escola, mas que se baseiam em dados diferentes ou interpretam os mesmos dados de maneira diferente.

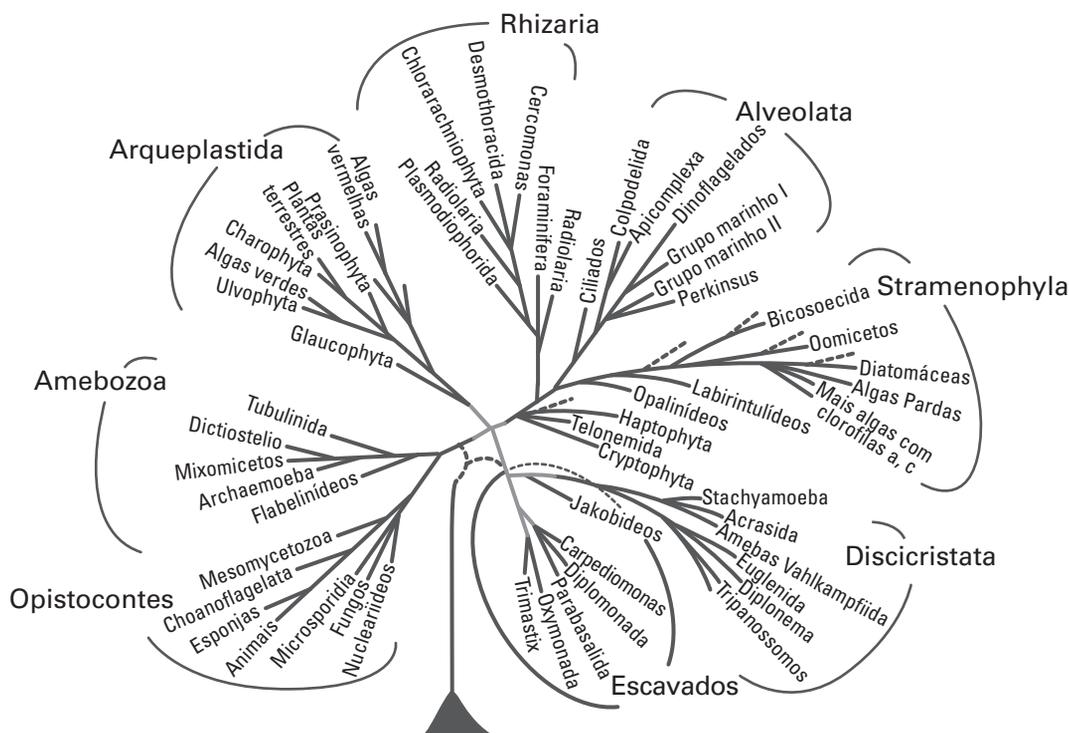
A classificação em três domínios foi estabelecida por Carl Woese, na década de 1970. De acordo com esse pesquisador, falecido em dezembro de 2012, as arqueas, apesar da estrutura procariótica de suas células, estão evolutivamente mais próximas dos eucariontes que das eubactérias.

Esse tema, entretanto, tem recebido mais e mais dados moleculares, pondo em dúvida tal afirmação. Muitos pesquisadores têm proposto que *Bacteria*, e não *Archaea*, seria mais próxima de *Eukarya*. Assim, temos mais um ponto de discussão em que ainda não há uma resposta final.

Optamos na obra, ainda que com modificações e simplificações, por seguir a corrente mais clássica que afirma que o grupo das arqueas é mais próximo do grupo dos eucariontes que do grupo das bactérias, pois, embora a discussão exista, a maioria dos pesquisadores apoia essa hipótese. A Biologia se mostra mais uma vez como uma ciência dinâmica, em plena expansão. Devemos estar abertos a novas descobertas que podem levar a mudanças de conceitos e da interpretação da árvore da vida.

Outro ponto interessante a ser discutido, com base na interpretação do esquema que representa o sistema de três domínios, é que a maior diversidade de seres vivos é unicelular, considerando procariontes e eucariontes. No grupo dos seres coletivamente chamados protistas, por exemplo, encontra-se uma diversidade genotípica e fenotípica muito maior do que no grupo das plantas, dos animais ou dos fungos. Essa diversidade deve ser ainda maior, se considerarmos que são poucos os estudos feitos com seres unicelulares. Woese afirma que o número de reinos dentro do domínio *Eukarya* ainda não é definido, mas, considerando apenas a análise genética, poderiam ser formados 70 ou mais reinos.

Para a classificação adotada em termos de grandes grupos de eucariontes, adaptamos uma das propostas que vêm sendo bem aceitas pela comunidade científica, que é a de Sandra Baldauf (2008), reproduzida na figura a seguir. As linhas tracejadas, em preto, e as linhas cinza representam dúvidas ainda por esclarecer. Nessa proposta, a raiz também é incerta.



Fonte: BALDAUF, S. L. An overview of the phylogeny and diversity of eukaryotes. *Journal of Systematics and Evolution*. 46 (3): 263-273 (2008).

Note que, para a obra, representamos no Livro do Estudante apenas os terminais que serão abordados. Os demais foram propositadamente suprimidos, pois o estudo deles é demasiado complexo para o Ensino Médio. Os terminais desse cladograma não correspondem a reinos dentro do domínio *Eukarya*. Note que há, até mesmo, termos como “plantas terrestres” – que não é um termo usado para nomear um táxon.

A discussão mais aprofundada dessa árvore encontra-se no capítulo que apresenta os protistas. Nele abordamos alguns dos critérios empregados na formação desses grupos, como a endossimbiose primária e a secundária.

■ Orientações e sugestões de respostas das atividades

p. 20 – Tema para discussão

Exemplos práticos da importância dos conhecimentos sobre sistemática filogenética

O **Tema para discussão** apresenta exemplos práticos da importância dos conhecimentos sobre sistemática filogenética, mostrando aos estudantes que essa área está relativamente próxima de seu cotidiano, como a situação que foi proposta no cladograma do dentista e seus pacientes, um caso real de processo judicial que ocorreu na Flórida. Pela análise do cladograma, pode-se concluir que o dentista provavelmente contaminou os pacientes A, B, E, C e G. Não contaminou os pacientes F e D. A análise do cladograma mostra que os vírus dos pacientes mencionados têm grande proximidade com o vírus do dentista.

p. 21 – Ampliando e integrando conhecimentos

Atividade 1: Sobre classificação

Sobre a estratégia:

Embora seja comum associar a organização de objetos no dia a dia à classificação dos seres vivos, essa relação só é válida quando se pensa em classificação artificial, para a qual são estabelecidos critérios arbitrários. Hoje, a analogia citada não é adequada, pois os critérios estabelecidos para agrupar os organismos obedecem à classificação natural, na qual se consideram relações de parentesco entre os grupos de seres vivos, e não simplesmente semelhanças ou diferenças entre eles, sem bases evolutivas.

No texto do capítulo, apresentamos a distinção entre taxonomia e sistemática, embora nem sempre seja feita a distinção entre esses dois termos. Geralmente fala-se em taxonomia quando se nomeiam os táxons e, em sistemática, quando se estabelece a relação filogenética entre eles.

Essa atividade permite aos estudantes trabalhar as diferenças na abordagem de taxonomia e de sistemática, estabelecendo ambos os conceitos. Oriente-os a compartilhar a resposta dada à questão com os colegas.

O que se espera:

- Resposta pessoal.
- Resposta pessoal.
- A comparação não é válida quando se quer dar a ela um exemplo de classificação natural. Quando as anotações ou livros são classificados por disciplina, por exemplo, são consideradas apenas suas características atuais: referem-se à Matemática, ou à Biologia ou a outra disciplina. Não há nada parecido com relações de parentesco. A classificação, nesse caso, é artificial (tal como era a proposta por Lineu). Não há uma história ao longo da qual uma informação original teria se modificado para produzir outras de Matemática e de Biologia, com origem em comum.

Atividade 2: Taxonomia – Nomenclatura binomial

Sobre a estratégia:

A classificação dos seres vivos implica algumas regras que podem ser identificadas por pesquisadores em qualquer parte do mundo. É o caso das que visam à organização das categorias taxonômicas e suas hierarquias, e das que estabelecem as normas de escrita (como terminações específicas e destaques no texto, por exemplo). Esta atividade propõe que o estudante reconheça essas categorias e suas hierarquias, e revise as regras de escrita adotadas para o nome científico das espécies.

É importante estimular os estudantes a observar esse caráter hierárquico das categorias taxonômicas. A partir de um grande grupo, vai sendo estabelecida uma progressiva subdivisão em grupos cada vez menores e mais homogêneos (ou, de modo reverso, uma progressiva fusão de grupos menores em grupos maiores e mais heterogêneos até chegar a um grande grupo diferente de todos os demais).

O que se espera:

- | | |
|-----------------|-----------|
| Animalia | (Reino) |
| Chordata | (Filo) |
| Mammalia | (Classe) |
| Carnivora | (Ordem) |
| Felidae | (Família) |
| <i>Panthera</i> | (Gênero) |
| <i>P. onca</i> | (Espécie) |
- Regras para escrita do nome científico das espécies:
 - nome da espécie é sempre duplo, formado por duas palavras escritas destacadas do restante do texto (em itálico ou sublinhadas, por exemplo);
 - usam-se sempre palavras em latim; a primeira palavra é sempre o nome do gênero e deve ser escrita com letra inicial maiúscula; a segunda palavra corresponde ao epíteto específico (palavra que especifica dentro do gênero) e deve ser escrita sempre com a letra inicial minúscula.
- Se o termo-chave for “onça-pintada”, o resultado irá se restringir a fontes em língua portuguesa. Além disso, a pesquisa poderá trazer assuntos de interesse não

científico. Caso o interesse seja técnico-científico, buscando-se fontes em qualquer idioma, deve-se usar o termo-chave “*Panthera onca*”. Um estudante de outro país, entre os dois termos-chave mencionados aqui, possivelmente optaria por usar “*Panthera onca*”, já que informações especificamente em português poderiam não ser seu maior interesse.

- d) A nomenclatura universal permite que tanto um estudante do Brasil quanto um de qualquer outro país tenham acesso ao mesmo bloco de informações, propiciando a comunicação entre pesquisadores e interessados do mundo todo.

CAPÍTULO 2

■ Vírus

O capítulo apresenta a diversidade de vírus, como se reproduzem e discute algumas doenças humanas causadas por vírus. Um aspecto muito importante deste capítulo, e que se repete em outros, é o destaque dado à saúde, fundamental para a formação do cidadão. Esse enfoque foi dado em todos os capítulos que tratam de grupos cuja interação com o ser humano passa a ser negativa, por sua importância epidemiológica.

Os vírus são abordados como formas particulares de vida, por apresentarem material genético, sofrerem mutação e possuírem capacidade de reprodução – neste último caso, apenas quando dentro de uma célula hospedeira.

Os vírus, os príons e os viroides também foram discutidos no volume 1 desta coleção, e alguns pontos lá sugeridos podem ser retomados aqui.

Definições evolutivas de vida

Há um grande número de problemas relacionados à definição de vida. É o conflito entre as abordagens funcional e físico-química. Alguns autores supõem que a falta de consenso é normal e não pode ser alterada. Edouard Machery afirma que pesquisadores de diferentes ramos da Biologia estão interessados no desenvolvimento de diferentes definições de vida, e isso resulta da discrepância entre as várias disciplinas.

Apesar de sermos capazes de gerar uma grande quantidade de definições, não há razão para considerar apenas uma delas como a correta.

Algumas definições parecem ignorar a teoria sintética da evolução, que é atualmente o paradigma central e integrador da Biologia moderna. Consequentemente, não é de admirar que a teoria sintética da evolução tenha sido frequentemente utilizada para definir a vida. Uma tentativa é a chamada “definição de vida padrão ou darwiniana”, criada por G. F. Joyce. De acordo com essa definição, a “vida é um sistema químico autossustentado, capaz de sofrer a evolução darwiniana”.

Antes de Joyce, a definição evolutiva de vida foi apresentada por muitos teóricos, como John Maynard

Smith. No primeiro capítulo de seu livro (*The Problems of Biology*), ele analisou as condições de evolução. Segundo o autor, há três pré-requisitos fundamentais de evolução: variabilidade, reprodução e hereditariedade. Uma população será alterada no tempo (evolução), se os seus elementos compartilharem essas três propriedades e sob a condição de que pelo menos uma parte da variabilidade influencie a probabilidade de sobrevivência e reprodução. Em outras palavras, um ser vivo é algo que pertence a um conjunto de elementos caracterizados por variabilidade, reprodução e hereditariedade.

Adaptado de: CHODASEWICZ K. Evolution, reproduction and definition of life. *Theory Biosci.* 2014; 133: 39-45. Disponível em: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3937540/pdf/12064_2013_Article_184.pdf>. Acesso em: abr. 2016.

No texto “A descoberta dos vírus” (p. 26), apresentamos um pouco da história da ciência ao descrevermos a descoberta do vírus e sua relação com o desenvolvimento da tecnologia nesse processo: o surgimento do microscópio eletrônico. Buscamos também evidenciar mais uma vez para os estudantes que a Biologia, como toda ciência, não está acabada e depende da contribuição de cientistas do passado e atuais. Temos assim, em um mesmo texto, dois aspectos importantes: a ciência que passou e deixou sua história, e a ciência atual, que continua a acontecer. Nos dois casos, a evolução tecnológica contribui para os avanços do conhecimento. Usamos para trabalhar esses pontos o tema polêmico sobre os vírus, um dos muitos temas ainda em plena discussão na comunidade científica.

No capítulo afirmamos ainda que os vírus apresentam DNA ou RNA como material genético. Desta forma consideramos interessante comentar o caso dos citomegalovírus, mostrando que, apesar de terem os dois tipos de ácidos nucleicos, eles são vírus de DNA, ou seja, têm como material genético o DNA.

O estudo das doenças emergentes e reemergentes é cada vez mais importante na atualidade, pois novas epidemias geralmente são acompanhadas de falta de informação e medo. Nos dias de hoje, com a facilidade de deslocamento de pessoas e animais por todo o mundo, os riscos de epidemias globais são maiores do que em outras épocas da história.

No texto “Doenças emergentes e ressurgentes” (p. 31), comentamos a respeito de alguns vírus emergentes que foram destaque na mídia. Quando você estiver trabalhando esse tema com os estudantes, é possível que haja outra doença emergente ou reemergente sendo comentada pelos meios de comunicação ou, ainda, que vacinas não mencionadas no texto já estejam sendo produzidas. É importante atualizar as informações e mostrar ao estudante que os conhecimentos biológicos e as tecnologias desenvolvidas a partir deles (vacinas, ferramentas de diagnóstico e tratamentos) estão presentes em nosso cotidiano. Entre as doenças reemergentes, a dengue é um dos casos graves que sempre são comentados nos diferentes meios de comunicação pela sua abrangência e importância no Brasil.

O texto “Febre chikungunya e febre zika” (p. 37), também trata de dois tipos de vírus que são transmitidos pelo mesmo mosquito da dengue, o *Aedes aegypti*. Em 2015, os casos de febre zika causaram preocupação não só nas autoridades brasileiras, mas também na Organização Mundial da Saúde, que declarou emergência internacional devido às fortes evidências da relação da febre zika aos casos de bebês nascidos com microcefalia no país.

Se considerar pertinente, estimule os estudantes a divulgar, na comunidade onde vivem, medidas profiláticas em relação à dengue e a outras doenças emergentes e reemergentes, em um claro exercício de cidadania. Outro exemplo que pode ser levantado é a febre amarela, cujos casos têm aumentado em função principalmente de desmatamentos, pois os mosquitos transmissores são silvestres, mas podem vir a picar o ser humano. Para tratar da febre amarela, recomendamos que realize com os estudantes a sugestão de atividade do item 11 deste Manual (*Sugestões de atividades extras para o volume 2*) a respeito da febre amarela.

O capítulo traz, ainda, informações sobre outro grave problema de saúde pública, a Aids, a qual tem sido alvo de inúmeras pesquisas visando ao seu controle e à produção de vacina. Esse assunto pode ser ampliado, pedindo-se aos estudantes uma pesquisa sobre os avanços que estão ocorrendo. Essa é uma boa oportunidade para que eles acompanhem o noticiário sobre o assunto. Eles vão perceber como os conhecimentos que estão adquirindo ao estudar Ciências lhes dão subsídios para que compreendam notícias que são cada vez mais frequentes na mídia, envolvendo assuntos biológicos.

A respeito das doenças causadas por vírus que constam do capítulo, trazemos aqui mais algumas informações, caso haja interesse de sua parte em ampliar esse assunto com a turma.

Doenças causadas por vírus

• Catapora

A catapora ou varicela é uma doença muito contagiosa, causada por vírus do tipo varicela-zoster. Caracteriza-se pelo aparecimento de pequenas e numerosas feridas, primeiramente no tronco e depois no corpo todo, que provocam intensa coceira. Dura em geral duas semanas e raramente deixa sequelas. Às vezes, cicatrizes em forma de pequenas depressões podem ficar no local das feridas, o que ocorre geralmente no rosto.

A transmissão de uma pessoa para outra se dá facilmente. O contágio acontece através do contato com o líquido da ferida ou pela tosse, espirro e saliva, ou, ainda, por objetos contaminados pelo vírus. A doença é contagiosa desde dois dias antes do aparecimento das feridas até seis dias após o aparecimento das primeiras lesões, ou até que todas as feridas tenham desaparecido. Após o contágio, o período de incubação é de 10 a 21 dias. Depois do contágio, a imunidade em geral é per-

manente, mas o vírus pode ficar latente e desencadear o herpes-zoster. A vacina existe desde 1995 e é recomendada para evitar tanto a catapora quanto o herpes-zoster.

• Gripe e resfriado

A gripe é uma infecção viral contagiosa, que afeta o trato respiratório, provocando coriza, tosse, dificuldade respiratória, febre, dor de cabeça, dores musculares e fraqueza. Existem três variedades de *Influenzavirus* (A, B, C) que causam a gripe; todas podem se disseminar de uma pessoa para outra por gotículas de secreções espalhadas pelo ar. O tipo A é geralmente o responsável pelas grandes epidemias de gripe e é o mais mutagênico deles. Os *Influenzavirus* A são ainda classificados em subtipos A(H1N1) e A(H3N2) e circulam atualmente em humanos.

A recomendação é vacinar-se contra a gripe todos os anos, especialmente para pessoas acima de 65 anos de idade. A vacina tem eficiência de 60% a 70%.

Os resfriados não são causados pelos vírus da gripe, mas pelos rinovírus, dos quais existem cerca de duzentos tipos diferentes. O contágio é feito por gotículas espalhadas pelo ar por pessoas contaminadas.

• Herpes simples

Existem dois tipos de herpes simples: o tipo I, responsável pelo aparecimento de lesões na pele e na boca; e o tipo II, responsável pelo herpes genital, uma doença sexualmente transmissível. Nos dois tipos de herpes há o aparecimento de pequenas bolhas na pele, que se tornam feridas e cicatrizam em alguns dias. Os vírus podem ficar em latência por muito tempo, voltando à atividade com periodicidade que varia conforme diversos fatores, entre eles a queda da resistência imunitária da pessoa e o aumento da tensão emocional. Pessoas com herpes oral devem evitar a exposição ao sol para reduzir a frequência das erupções. Geralmente a manifestação herpética em uma pessoa ocorre sempre no mesmo local. No caso de herpes genital, deve ser dada especial atenção a gestantes, pois, se as feridas se formarem no momento do parto, o bebê poderá ser contaminado.

Medidas profiláticas incluem evitar contato direto com herpéticos em fase de manifestação da doença e só compartilhar itens usados por eles nessa fase se forem bem lavados antes da utilização.

Tanto o herpes tipo I quanto o tipo II são contagiosos, e os primeiros sintomas surgem normalmente depois de uma a duas semanas do contato com uma pessoa infectada.

O tratamento do herpes pode ser feito com medicamentos antivirais capazes de interromper uma manifestação herpética quando ministrados aos primeiros sinais de uma possível infecção. Tais produtos também são eficientes no sentido de encurtar a duração das feridas.

• Poliomielite

Essa doença já teve alta incidência no Brasil, causando deficiências físicas em centenas de pessoas a cada ano.

Desde 1994, entretanto, a poliomielite encontra-se erradicada no Brasil, devido ao programa de vacinação e vigilância epidemiológica. O desafio é manter essa situação, por meio de programas de vacinação. Desde 2012, vem sendo implantada no Brasil a aplicação da vacina injetável contra a poliomielite. A vacina oral Sabin ainda é aplicada como reforço, conforme explicado no capítulo.

Além da vacinação, é importante frisar a importância das medidas de higiene, pois a transmissão pode ser feita pelas vias fecal-oral ou oral-oral. Ambientes fechados e com muitas pessoas, más condições habitacionais e higiene pessoal precária são fatores que favorecem a transmissão do vírus.

- **Raiva**

Doença fatal, capaz de afetar praticamente todos os mamíferos. É transmitida principalmente pela mordedura de animais infectados, em cuja saliva há o vírus da raiva.

No ciclo urbano, animais como cães, gatos e morcegos sadios são infectados pelo vírus da raiva. A incubação do vírus pode variar de dez dias a dois meses, em média. Depois, o vírus começa a ser eliminado na saliva, cerca de dois a cinco dias antes da manifestação da doença, mantendo-se até a morte do animal, que ocorre entre cinco e sete dias após a apresentação dos sintomas. A vacinação de cães e gatos é fundamental no controle dessa doença.

Em humanos, o vírus da raiva pode ficar incubado por períodos que variam de dias até um ano, com uma média de 45 dias. Após iniciados os sintomas, o quadro clínico evolui para a morte em um período que varia de cinco a sete dias. A doença começa com manifestações não específicas, como febre baixa, dor de cabeça, mal-estar e náuseas. Evolui para aumento da sensibilidade, febre acentuada, agitação, hidrofobia (causada pela contratura involuntária e extremamente dolorosa dos músculos da laringe, da faringe e da língua, o que impossibilita ingerir até mesmo líquidos), fotofobia, coma e morte.

Uma pessoa mordida por cão ou gato deve lavar o ferimento com água corrente e sabão e receber atendimento médico o mais rápido possível. O tratamento antirrábico inclui a aplicação de vacinas e soros, a critério médico. A vacina antirrábica pode ser aplicada antes ou depois da exposição ao vírus. Nos casos de profissionais que estejam mais sujeitos ao contato com animais, como médicos veterinários, biólogos e outros, a aplicação deve ser feita antes da exposição ao vírus.

- **Rubéola**

Caracteriza-se inicialmente por fracas dores de cabeça, febre baixa, aumento das glândulas do pescoço, ocorrendo em seguida a manifestação exantematosa, representada por pequenas manchas vermelhas que cobrem todo o corpo.

A rubéola é muito contagiosa e comum na infância, mas pode ocorrer também em adultos. Entretanto, é muito grave quando se manifesta em gestantes, especialmente nos primeiros meses de gravidez, pois pode acarretar a morte do feto ou inúmeras complicações, como

surdez, catarata, deficiência mental, entre outras.

A rubéola é transmitida pelo contato direto com pessoas contaminadas ou pelo contato com gotículas contendo secreções nasais ou saliva disseminadas no ar. A transmissão pode ocorrer de cinco a sete dias antes do início do exantema e pelo menos de cinco a sete dias depois. Após o contágio, a doença tem um período de incubação média de 17 dias.

Existe vacina contra rubéola, em geral ministrada na infância, produzindo imunidade duradoura. Mulheres que não tomaram a vacina nem tiveram rubéola precisam ser vacinadas antes de planejar uma gestação, evitando problemas futuros com o feto caso venham a contrair a doença durante a gravidez.

- **Sarampo**

Doença infecciosa aguda, altamente contagiosa, pois é transmitida por gotículas contendo secreções nasais e saliva, eliminadas pela pessoa contaminada quando fala, tosse ou espirra. Passado o contágio, o período de incubação é de cerca de dez dias, quando aparece a febre. Depois surgem sintomas mais específicos: numerosas erupções na pele (exantema), conjuntivite, tosse, coriza e manchas brancas típicas na face interna das bochechas. Essa doença é comum na infância, especialmente em crianças com menos de cinco anos. Embora muitos casos tenham evolução benigna, o sarampo pode evoluir para complicações graves e até fatais. Uma das mais graves complicações do sarampo é a broncopneumonia.

A transmissão do vírus pode ocorrer de quatro a seis dias antes do aparecimento do exantema até quatro dias depois.

A prevenção é feita basicamente pela vacinação e evitando contato com pessoas na fase de contágio. A doença raramente incide mais de uma vez na mesma pessoa, pois confere imunidade longa e eficiente.

- **Variola**

A variola caracteriza-se por pústulas grandes e numerosas, que deixam cicatrizes no rosto e no corpo. Embora a doença esteja praticamente erradicada, é importante seguir a orientação médica, em especial dos serviços públicos, quanto à conveniência da continuidade da vacinação. A variola causou numerosas mortes e também sequelas em muitas pessoas; é legítimo o temor de que volte a assolar a humanidade.

Outras doenças causadas por vírus e que não constam do capítulo

Vamos citar algumas outras doenças causadas por vírus, caso você se interesse em mencioná-las aos estudantes.

- **Condiloma acuminado**

Causado pelo papiloma vírus (HPV), é caracterizado por verrugas nas regiões genital e anal, podendo provocar na mulher câncer de colo de útero. Ocorre geralmente em adultos e é adquirido por contato sexual.

• Encefalite viral

A encefalite provocada por vírus é transmitida aos humanos pela picada de mosquitos e carrapatos contaminados. Caindo na corrente sanguínea, o vírus chega ao encéfalo, produzindo a infecção. Não existem vacinas e a profilaxia é feita por meio do combate aos vetores.

• Gastroenterite viral

Causada por rotavírus, que podem ser contraídos pela ingestão de alimentos ou água contaminada ou pela contaminação das mãos seguida de contato com a boca. Provoca diarreia severa, com risco de desidratação. É comum em crianças.

■ Orientações sobre o boxe *Despertando ideias*

p. 27 – Interferência de bacteriófagos no desenvolvimento de bactérias

Antes de falarmos a respeito dos bacteriófagos, apresentamos os resultados de um experimento para que os estudantes possam interpretar. Deste modo, estamos propondo que os estudantes levantem hipóteses acerca do papel dos bacteriófagos em bactérias, despertando para os temas que serão tratados a seguir.

1. No capítulo, até esse momento do curso, os vírus foram apresentados como parasitas intracelulares obrigatórios. Os estudantes poderiam associar essa característica com o resultado do experimento e dizer que as bactérias inoculadas com vírus morreram, deixando a região clara no meio de cultura.
2. Os estudantes podem levantar várias hipóteses aqui e a discussão pode ser bem proveitosa. Esse aspecto é o mais importante nesse momento: discutir hipóteses. Retome essa pergunta ao final do capítulo, ao estudar ciclo lítico e ciclo lisogênico, para que eles revejam e reflitam sobre as respostas dadas. Uma hipótese possível para explicar o resultado é que os vírus bacteriófagos podem ter entrado em ciclo lisogênico.

■ Orientações e sugestões de respostas das atividades

p. 38 – Tema para discussão

Vacinas e soros

O assunto abordado neste *Tema para discussão* está voltado ao desenvolvimento da cidadania, quando se destaca a importância da vacinação e da aplicação de soros.

Na primeira questão desse tema, pretendemos que o estudante verifique a carteirinha de vacinação e tome consciência da importância de estar em dia com as diferentes vacinas. Ao mesmo tempo, buscamos que o estudante tenha oportunidade para dirigir o olhar para outras pessoas, participando socialmente, de forma prática e solidária, ao elaborar cartazes para a comunidade escolar

sobre a importância de soros e vacinas. Pretendem-se estimular o poder de comunicação e argumentação e o convívio social dos estudantes, dando-lhes oportunidade de exercerem sua cidadania.

Nesse momento, é importante lembrar à turma o reforço da vacina antitetânica, que deve ser feito a cada dez anos. Pretende-se também que o estudante descubra quais são as vacinas disponíveis no centro de saúde da cidade onde mora.

Mais informações sobre a produção de vacinas e soros podem ser encontradas nos seguintes sites:

- <<http://www.blog.saude.gov.br/entenda-ossus/50072-brasil-avanca-na-producao-de-vacina-contraa-dengue>>
 - <<http://g1.globo.com/ciencia-e-saude/noticia/2015/08/publico-podera-assistir-extracao-de-veneno-de-aranhas-no-butantan-video.html>>
 - <http://www.vitalbrazil.rj.gov.br/etapas_producao.html>
 - <http://agencia.fapesp.br/butantan_aumentara_capacidade_de_producao_de_soros/21691/>
- Acessos em: abr. 2016.

Para atualizações a respeito da produção de vacinas no Brasil, recomendamos dois endereços eletrônicos:

- Instituto Butantan, disponível em: <<http://www.butantan.gov.br>>
 - Ministério da Saúde, disponível em: <<http://www.saude.gov.br>>
- Acessos em: abr. 2016.

Na segunda questão, propomos uma pesquisa sobre a situação atual de estudos sobre o desenvolvimento de vacinas contra doenças emergentes (como a dengue e a zika), com o objetivo de estimular os estudantes a sempre procurar informações atualizadas a respeito dos diferentes temas. Seria interessante trabalhar com eles a questão de boatos que surgem na internet e como podemos desmistificá-los. Além disso, essa questão procura levar os estudantes a refletir sobre a importância de investimento em pesquisas.

Para trabalhar os boatos que surgem na internet e como fazer para desmontá-los, recomendamos o site de uma disciplina de Licenciatura do Instituto de Biociências da USP, que se chama “Internet no ensino de Biologia”, em que os grupos de estudantes da licenciatura elaboraram materiais para trabalhar

essa questão de desmistificar boatos, como proceder e o que levar em conta. Esses trabalhos foram baseados justamente em boatos acerca da febre zika, mas o procedimento serve para qualquer boato ou para verificar a veracidade de informações que circulam pela internet: <https://pt.wikiversity.org/wiki/Educação_na_Web>. Acesso em: abr. 2016.

Na terceira questão, solicitamos uma busca por informações sobre produção de soros no Brasil. O objetivo é que os estudantes conheçam os procedimentos de produção, saibam quais são os soros produzidos no Brasil e onde eles podem ser obtidos, informações importantes para que possam se orientar melhor caso necessitem obter essas substâncias.

p. 39 – Ampliando e integrando conhecimentos

Atividade 1: Aids e modo de ação dos antivirais

Sobre a estratégia:

O ciclo de reprodução do HIV representado no capítulo mostra a fase em que a transcriptase reversa atua promovendo a síntese de DNA a partir de uma molécula de RNA viral (fase 4). A aplicação de inibidores da transcriptase reversa, entre eles o conhecido AZT ou zidovudina, bloqueia a síntese de DNA viral e, portanto, interrompe o ciclo do HIV, pois impede a formação de novos RNA (transcrição direta) necessários para a produção das proteínas virais.

Mais detalhes a respeito de estratégias farmacológicas para a terapia anti-Aids podem ser encontrados em:

PEÇANHA, Emerson Poley; ANTUNES, Octavio A. C.; TANURI, Amílcar. Estratégias farmacológicas para a terapia anti-Aids. *Química Nova*, São Paulo, v. 25, n. 6b, dez. 2002. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/qn/v25n6b/13127.pdf>>. Acesso em: abr. 2016.

No artigo recomendado acima, são citadas seis substâncias disponíveis para o tratamento da infecção por HIV: zidovudina, didanosina, zalcitabina, stavudina, lamivudina e abacavir. Elas atuam de forma similar a outros agentes antivirais: como um inibidor competitivo ou um substrato alternativo da transcriptase reversa. Enzimas proteolíticas ou proteases presentes em certos coquetéis são inibidoras específicas da integrase e da protease viral (HIV-protease). Sem a integrase, o DNA viral sintetizado pela transcriptase reversa não se integra ao cromossomo celular, etapa fundamental do ciclo de vida do HIV. Finalmente, inibindo-se a ação da HIV-protease, os poli-

peptídeos traduzidos a partir de RNA viral não são fragmentados nas unidades menores, que correspondem às proteínas virais, e, com isso, dificulta-se a formação de novas unidades virais viáveis.

O que se espera:

Tomando por base o esquema do capítulo, os inibidores de transcriptase reversa atuam na fase 4, de síntese de DNA a partir de RNA. As proteases mencionadas, por sua vez, são inibidoras da protease e da integrase virais. Atuam nas fases 5 e 8 do esquema, inibindo a integração do DNA viral ao cromossomo celular e a produção final das proteínas virais, respectivamente.

Atividade 2: Aids no mundo

Sobre a estratégia:

Os gráficos apresentados nessa atividade referem-se a dados absolutos ao longo de um período relativamente grande, já que os primeiros casos de Aids reconhecidos como tais foram registrados no início da década de 1980. Há um aspecto adicional que poderia ser trabalhado nesse momento: o aumento da população mundial no período e a influência desse fator, caso fossem considerados os parâmetros abordados nos três gráficos em termos percentuais, relativos ao tamanho da população mundial. Por exemplo, enquanto em 1990 a população mundial era de aproximadamente 5,3 bilhões de pessoas, atualmente ela já ultrapassou os 7 bilhões, o que corresponde a um aumento de cerca de 25%. Se para alguma doença, em um caso hipotético, o número de doentes tivesse passado de 100 mil para 125 mil nesse período, em termos percentuais a **prevalência** poderia ser considerada estável. Outro ponto diz respeito às escalas nas ordenadas dos gráficos (y) – como são diferentes, é necessário ter cautela na sua interpretação.

Nesse momento, você pode estender o conceito de frequência de uma doença trabalhando com a diferença entre **incidência** e **prevalência**: **incidência** refere-se aos novos casos, em termos absolutos ou percentuais, enquanto **prevalência** trata dos casos existentes, independentemente de terem surgido no período considerado ou não. O primeiro gráfico representa a **prevalência** da Aids ano a ano; nesse caso, uma pessoa que foi infectada em 1990 permanece entre as estatísticas até seu falecimento – os números são, portanto, acumulados. Já o último gráfico representa a **incidência** ano a ano, ou seja, o número de novos casos que apareceram a cada ano. A partir dele é possível verificar que os anos de 1998 e 1999 foram aqueles em que mais pessoas foram contaminadas.

O que se espera:

a) Não. No gráfico vemos que, a partir do período 2000-2002, a curva é aproximadamente retilínea, com inclinação mais atenuada do que antes desse período. O ritmo de aumento ao longo da curva depende do

balanço entre novos casos e óbitos, ou seja, uma combinação do que aparece nos gráficos **B** e **C**. A diferença entre esses dois valores é que dá a variação do número de pessoas vivendo infectadas com HIV. No gráfico, a partir de 2002/2003, é possível pensar que estaríamos observando uma compensação entre novos casos e óbitos, ou mesmo apenas uma redução da mortalidade. A observação dos demais gráficos pode esclarecer melhor essa questão.

- b) A partir de 2005, o número de mortos ao ano (taxa de mortalidade) por Aids passou a apresentar queda. Isso poderia ser explicado pelo surgimento de medicamentos mais eficientes de controle do vírus, aumentando a sobrevivência das pessoas infectadas.
- c) Observa-se um declínio no número de novos casos ano a ano (incidência). O sucesso das campanhas de prevenção do contágio, que difundem o uso de preservativos e alertam para o perigo do compartilhamento de seringas e agulhas de injeção, é uma explicação muito plausível para o que se vê no gráfico **C**.
- d) Ver item anterior.

Atividade 3: Dengue no Brasil

Sobre a estratégia:

O texto apresenta informações da Organização Mundial da Saúde acerca de uma epidemia de dengue no Brasil no ano de 2015, destacando o percentual de casos, notificados de janeiro a agosto de 2015, por estado. Em seguida, é apresentado um gráfico em que são reunidos dados dos anos de 2013 e 2014, em conjunto com os já mencionados, de 2015. A leitura do gráfico é importante para que o estudante possa ter uma visão do perfil evolutivo da doença no país. Pela análise das curvas, é possível constatar que, em relação ao ano de 2013, houve redução no número de casos em 2014, e novo aumento em 2015. Estimule os estudantes a pesquisar os possíveis fatores envolvidos nessa nova epidemia em 2015.

O que se espera:

- a) 2014.
- b) Da 8ª até a 19ª semana.
- c) Março, abril e maio.
- d) Evitar água parada visando impedir o desenvolvimento das larvas; usar substâncias químicas como larvicidas e inseticidas para combater larvas e adultos desses insetos.
- e) Febre amarela, febre chikungunya e febre zika.

CAPÍTULO 3

■ Procariontes

Neste capítulo, são apresentadas a estrutura e a reprodução das bactérias, incluindo as cianobactérias (antigamente chamadas cianofíceas ou algas azuis), e das arqueas. Procuramos demonstrar que, além das

bactérias patogênicas, há muitas espécies de bactérias e de arqueas fundamentais para o equilíbrio dos ecossistemas e até para o organismo humano, como as que compõem a biota intestinal, além das espécies que são utilizadas na indústria. A preocupação com a saúde humana também é um aspecto importante desse capítulo.

O capítulo mantém a divisão dos procariontes em dois grupos: arqueas e eubactérias, como sugerido por Carl Woese, que propôs o sistema de três domínios, com base principalmente nas semelhanças do RNAr. Há várias características peculiares das arqueas que as diferenciam das eubactérias nos níveis molecular e estrutural. Apresentamos aqui uma tabela mais completa, com características que diferenciam os três domínios:

	Bacteria	Archaea	Eukarya
Parede celular	Peptidoglicano	Diversos componentes, sem peptidoglicano	(Se presente) celulose, outros
Lipídios	Ácidos graxos, ligações éster	Isoprenos presentes, ligações éster	Ácidos graxos, ligações éster
RNA polimerase	Uma enzima pequena; quatro subunidades	Uma enzima grande; várias subunidades	Três enzimas grandes; diversas subunidades
Síntese proteica	Primeiro aminoácido na cadeia = formilmetionina (exclusivo do grupo)	Primeiro aminoácido na cadeia = metionina	Primeiro aminoácido na cadeia = metionina

O objetivo do assunto tratado no texto “Existem procariontes multicelulares?” (p. 46) é evidenciar a evolução dos conhecimentos em Biologia. Sempre se considerou que os seres procariontes eram unicelulares, até que esse conceito teve de ser ampliado com o objetivo de incluir as cianobactérias filamentosas. Essas bactérias, que apresentam células com funções distintas, como os acinetos e os heterocitos (antigamente chamados heterocistos), passaram, então, a ser consideradas multicelulares. A descoberta da bactéria *Magnetoglobus multicellularis* feita por cientistas brasileiros nas águas salgadas da Lagoa de Araruama (RJ) é outro exemplo de bactéria multicelular.

Caso seja possível, realize uma experimentação com os estudantes usando o teste de gram.

Uma proposta muito interessante pode ser encontrada no *site* <<http://www.pontociencia.org.br/experimentos/pdf/390>>. Acesso em: abr. 2016.

No item “Reprodução nas bactérias” (p. 48), abordam-se a reprodução assexuada e os processos de transferência de genes. Muitos pesquisadores afirmam que a reprodução sexuada surgiu na linhagem evolutiva dos eucariontes, sendo ausente nos procariontes, postura adotada na presente obra.

Contextualizando o assunto que está sendo estudado, consideramos relevante tratar das armas biológicas no texto “Armas biológicas” (p. 48), tanto no contexto histórico como no atual. Esse seria um bom momento para a realização conjunta de um trabalho com a disciplina de História, resgatando os episódios mencionados e trazendo os contextos sociais e políticos das respectivas datas.

Além das doenças citadas no capítulo, havendo tempo, você poderá abordar a disenteria bacilar e a febre tifoide e ampliar as informações sobre a febre maculosa. Veja as informações a seguir.

• **Disenteria bacilar**

Causada por diversos bacilos, principalmente do gênero *Shigella*, transmitidos por alimentos contaminados e, especialmente, por água contaminada.

Doença muito grave, manifesta-se principalmente por diarreias intensas, com muco e sangue nas fezes. O doente chega a defecar dezenas de vezes ao dia, podendo ficar desidratado.

Saneamento básico e cuidados higiênicos são importantes para se evitar a propagação dessa doença.

• **Febre tifoide**

Causada pela bactéria *Salmonella typhi*, caracteriza-se principalmente por febre alta, dor de cabeça, falta de apetite, diminuição da frequência dos batimentos cardíacos, aumento do baço, diarreia e manchas vermelhas pelo corpo.

Para a prevenção, as medidas básicas de higiene pessoal são fundamentais, visto que a contaminação se dá por via oral, pelo consumo de alimentos contaminados em função do manuseio feito por pessoas com as mãos sujas (doença das mãos sujas). Como a bactéria é resistente ao congelamento, sorvetes também podem estar contaminados. Outra forma de transmissão é por água contaminada, sendo comum o aumento de casos de febre tifoide após enchentes. Medidas de saneamento básico são fundamentais para evitar essa doença, pois a *Salmonella* é eliminada junto com as fezes das pessoas infectadas.

Existe vacina, mas sua eficácia é baixa, além de conferir imunidade por pouco tempo. Por isso, não é a principal medida de prevenção contra a febre tifoide.

• **Febre maculosa**

Doença febril aguda, de gravidade variável, causada pela bactéria parasita intracelular obrigatória *Rickettsia rickettsii*. Os humanos são hospedeiros acidentais, não participando da propagação do parasita.

A transmissão é feita pelo carrapato *Amblyomma cajennense*, conhecido como “carrapato-estrela”, “carrapato-de-cavalo” ou “rodoleiro”, e cujas ninfas de seis pernas são conhecidas por “carrapatinhos” ou “micuins” e as ninfas de oito pernas, por “vermelhinhos”. Podem ser encontrados em todas as fases como ectoparasitas de aves domésticas (galinhas, perus) e silvestres (seriemas), mamíferos (cavalo, boi, carneiro, cabra, cão, porco, veado, capivara, cachorro-do-mato, coelho, cotia, quati, tatu, tamanduá) e serpentes.

Os seres humanos são mais frequentemente atacados pelas fases de ninfa – micuins e vermelhinhos.

Uma vez infectados pela bactéria *R. rickettsii*, esses carrapatos permanecem assim durante toda a sua vida; as fêmeas transmitem essas bactérias aos descendentes, o que mantém a contaminação por muitas gerações.

Para que a bactéria se instale no corpo humano, há necessidade de o carrapato ficar aderido entre 4 e 6 horas no mínimo. A contaminação pode também ocorrer por lesões na pele pelo esmagamento do carrapato.

Após o contato com o carrapato infectado, o ser humano leva de 2 a 14 dias (em média 7 dias) para apresentar os primeiros sintomas, que são inespecíficos: febre, náusea, vômitos, dor de cabeça e dores musculares. Sinais específicos, que são as manchas (máculas) avermelhadas no corpo, começam a surgir entre o terceiro e o quinto dia de febre, iniciando-se pelas palmas das mãos e solas dos pés e progredindo pelos membros até alcançar o tórax e o abdômen. Quando as máculas atingem essa magnitude, o quadro clínico é considerado grave, podendo evoluir para a morte. Sem tratamento, ocorre a morte em 70% dos casos, mas com tratamento esse número cai para menos de 5%.

Como os primeiros sinais são inespecíficos, o diagnóstico pode não ser feito de forma rápida, retardando o tratamento, o que pode levar a complicações da doença. Uma vez diagnosticada, o tratamento é feito com antibióticos, que só devem ser tomados sob recomendação médica.

No Brasil, foram registrados 1511 casos de febre maculosa entre os anos 2000 e 2015. Cerca de 30% desses casos resultaram em morte do paciente.

As principais medidas profiláticas são:

- conhecer quais são os locais considerados de risco para a febre maculosa;

- evitar caminhar em áreas conhecidamente infestadas por carrapatos nos meios rural e silvestre;
- quando for necessário caminhar por áreas infestadas, vistoriar o corpo em busca de carrapatos em intervalos de 3 horas, pois, quanto mais rápido for retirado o carrapato, menor será o risco de contrair a doença;
- criar barreiras físicas: calças compridas com a parte inferior por dentro das botas e fitas adesivas dupla face lacrando a parte superior da bota. Recomenda-se o uso de roupas claras, para facilitar a visualização dos carrapatos;
- não esmagar os carrapatos com as unhas, pois, com o esmagamento, pode haver liberação das bactérias, que têm capacidade de penetrar por microlesões na pele. Retirá-los com calma fazendo uma leve torção e com o auxílio de uma pinça, para liberar as peças bucais;
- aparar o gramado bem rente ao solo;
- fazer o controle químico nos animais domésticos por meio de banhos com carrapaticidas.

Uma sugestão para este capítulo é a consulta a uma página da Fundação Oswaldo Cruz na internet que conta a trajetória de Adolfo Lutz, com destaque para suas pesquisas sobre a hanseníase. Disponível em: <<http://www.bvsalutz.coc.fiocruz.br/php/index.php>>. Acesso em: abr. 2016.

Você pode propor aos estudantes que montem uma ficha biográfica de Lutz e/ou utilizem a página para atualizar-se.

No texto “Aquecimento global, arqueas metanogênicas e bactérias metanotróficas – qual a relação?” (p. 53), trazemos mais uma vez a questão do aquecimento global, já discutida no volume 1 desta coleção. Agora, contextualizamos o tema com o metabolismo bacteriano. Já comentamos que o metano retém mais calor que o gás carbônico, tendo efeito maior em relação ao aumento do efeito estufa. Retomamos esse fato aqui, mas em outro contexto, ampliando o assunto para as bactérias que degradam o metano e não apenas para as bactérias que produzem metano.

Para abordar a biotecnologia, contextualizamos o assunto no texto “Biotecnologia e arqueas das fontes termais” (p. 54), ao tratar do uso de enzimas polimerase do DNA de arqueas para o desenvolvimento do PCR, que tem ampla aplicação prática em biologia molecular e na área forense.

■ Orientações sobre o boxe *Despertando ideias*

p. 44 – Por que lavar as mãos?

A atividade prática proposta é relativamente fácil de ser realizada e não utiliza microscópio. Sugerimos que

você prepare o meio de cultura com antecedência por dois motivos: primeiro, por questões de segurança, evitando que os estudantes se exponham ao fogo e, segundo, para que eles possam iniciar o experimento no tempo de uma aula.

Esse meio de cultura pode ser feito em maior ou menor quantidade, dependendo do número de estudantes. Como há necessidade de uso do fogo, evite preparar o meio de cultura na classe ou pedir que os estudantes o preparem (mesmo que seja com antecedência). Tome todos os cuidados durante a manipulação do meio de cultura e das placas de Petri: lave bem as mãos antes de manipular os produtos, feche as placas e guarde-as em local adequado, não as armazene por muito tempo antes do uso, evitando contaminação.

O meio de cultura geralmente é feito com produtos bem específicos, com controles para evitar contaminações, em laboratórios de pesquisa. Mas é possível fazer um meio de cultura caseiro, seguindo uma receita fácil.

Você precisará de: dois cubos de caldo de legumes concentrado; dois saquinhos de gelatina em pó incolor; uma xícara, das de café, de açúcar; 500 mL de água. Em uma panela, ferva a água e adicione o caldo de legumes, a gelatina e o açúcar. Mexa até que os ingredientes se dissolvam completamente. Ferva a mistura por 30 minutos. Deixe esfriar um pouco (mas não completamente), coloque a preparação nas placas de Petri, que devem ser cobertas, evitando a contaminação com o ar. Essa quantidade é suficiente para preparar 24 placas de Petri (de plástico ou de vidro, que tenham tampa e que estejam esterilizadas). Deixe tudo esfriando até que a gelatina endureça. O meio de cultura está pronto.

Ao descartar as placas, faça-o em um saco bem fechado e coloque-o em cesto de lixo especial para materiais de laboratório. Lave bem as mãos após a manipulação dessas placas. Reforce para os estudantes os cuidados que se deve ter ao realizar essa atividade.

A duração da atividade pode variar, mas em cerca de sete dias já devem aparecer os resultados.

As respostas aos itens pedidos vão depender do que ocorrer nas placas, mas damos aqui algumas das possíveis situações:

1. Os estudantes devem encontrar maior número de colônias de bactérias na placa manipulada pelas mãos não lavadas.
2. Espera-se o desenvolvimento de diferentes colônias de bactérias e essas colônias podem ser identificadas pela cor e formato, cada uma delas podendo indicar uma espécie diferente de bactéria.
3. Os resultados devem mostrar a importância da higiene das mãos e, extrapolando o experimento, da higiene do corpo como um todo.
4. Os resultados não permitem dizer que as bactérias que surgiram são nocivas à saúde. Nenhum

teste foi feito nesse sentido. Ele apenas mostra que há bactérias nas mãos, mesmo depois de lavadas.

5. Na pesquisa sugerida, os estudantes provavelmente vão descobrir a importância das bactérias para nossa saúde e também que nosso corpo tem mais células de bactérias do que células próprias.

Para a pesquisa proposta, você poderá consultar e propor aos estudantes os seguintes endereços eletrônicos:

- <<http://chc.cienciahoje.uol.com.br/o-condominio-chamado-corpo-humano/>>
- <<http://cienciahoje.uol.com.br/revista-ch/2014/316/a-microbiota-humana>>
- <<http://cienciahoje.uol.com.br/colunas/derivagenetica/nos-as-bacterias>>

Acessos em: abr. 2016.

■ Orientações e sugestões de respostas das atividades

p. 55 – Tema para discussão

As bactérias e o tratamento do esgoto

O **Tema para discussão** aborda as bactérias e a participação delas no processo de tratamento de esgoto, reforçando o enfoque dado ao capítulo em mostrar a grande diversidade de procariontes e desmistificar a ideia de que esses organismos só causam doenças. Embora sejam importantes causadores de doenças, os procariontes não devem ser apenas estudados e conhecidos por esse aspecto.

As atividades propostas reforçam um dos objetivos que temos procurado alcançar nos demais textos presentes nesta obra, que é a cidadania. Além disso, procurou-se estimular a participação social de forma prática e solidária, levando o estudante a pensar criticamente sobre seu papel na sociedade.

Discussões sobre o sistema urbano de tratamento de esgoto são fundamentais para o desenvolvimento da cidadania. Como ele poderia ser construído? Se ele existe na sua cidade, como ele foi implantado, como é feita a manutenção, onde ele está construído? Há alguma configuração melhor para o sistema de tratamento do que a já implantada?

Para atender à primeira questão, os estudantes deverão atuar em duas frentes: uma é a administração municipal (prefeitura ou departamento/secretaria de águas e esgotos), e outra, a internet ou outras fontes confiáveis, a seu critério. No primeiro caso, a procura de informações se dá na própria administração municipal, podendo envolver entrevistas, obtenção de prospectos explicativos etc. Na segunda, temos a busca complementar nas fontes dis-

ponibilizadas pela administração pública na internet e a busca mais geral por “tipos de estação de tratamento de esgoto”, a qual trará uma variedade de instalações (por exemplo, o que se apresenta no *site* da Sabesp, Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo, no *link* <<http://site.sabesp.com.br/site/interna/Default.aspx?secaold=61>>. Acesso em: abr. 2016.

Consideramos a visita pessoal a órgãos públicos uma oportunidade muito especial para a aproximação do indivíduo com a administração do poder público: ali há pessoas envolvidas com a destinação dos esgotos e com outros problemas da cidade. Ao mesmo tempo, estudar as alternativas é prover bases para uma avaliação crítica do que está disponível à sociedade.

Como se trata da representação da estação em uma maquete, os estudantes deverão deparar-se com diversos problemas (proporções, materiais, escalas, técnicas de acabamento). Abre-se oportunidade para o exercício de uma série de habilidades que vão da abstração às habilidades motoras, além, é claro, dos conteúdos conceituais. O preparo de materiais para divulgação, envolvendo recursos gráficos, é, por sua vez, um interessante exercício de síntese.

Quanto ao item 2, ampliamos as considerações para incluir alternativas para quando o tratamento de esgoto é feito de outro modo, diferentemente do implantado na cidade. Há muitas delas, incluindo fossas sépticas e biodigestores residenciais ou caseiros.

Se houver condições, proponha aos estudantes a construção de um biodigestor funcional, como um projeto da classe. Essa proposta pode se constituir em uma sugestão de mudança efetiva no modo de vida de quem reside em local onde não há esgoto tratado de modo algum. Trata-se de assunto fundamental para a melhoria ou a manutenção da qualidade de vida, e consideramos que, com a aquisição de novos conhecimentos, vem a responsabilidade de compartilhá-los, de modo a melhorar o padrão de vida dos demais cidadãos da comunidade.

Se considerar pertinente, realize com os estudantes a sugestão de atividade extra do item 11 deste Manual (*Sugestões de atividades extras para o volume 2*) que propõe a construção de uma maquete de aterro sanitário.

p. 56 – Ampliando e integrando conhecimentos

Atividade 1: Tamanho populacional em cultura de bactérias

Sobre a estratégia:

Ao tratar do crescimento populacional em bactérias, sugerimos que seja retomado o que foi estudado no

capítulo 5 do volume 1 desta coleção (“Comunidades e populações”). Seria conveniente retomar conceitos como crescimento populacional, capacidade de suporte e resistência do meio.

Ao estudante, não pode passar despercebida a informação de que, no meio de cultivo, há apenas trocas de gases, mas não reposição de nutrientes nem exportação de resíduos. Essa é, em escala muito pequena, uma situação análoga à do ser humano na biosfera.

O site <<http://www.census.gov/popclock/>> (em inglês; acesso em: abr. 2016) informa o tamanho estimado da população mundial no momento da consulta. Caso o acesso à internet seja possível, essa é uma fonte de dados que pode ser usada para avaliar o crescimento da população humana em escala de tempo muito curta. Em escala mais longa, há dados referentes ao período desde 10000 a.C. até hoje, em muitos casos com previsões para as próximas décadas, que podem ser obtidos de diferentes fontes.

No site do departamento de assuntos econômicos e sociais da ONU, há tabelas com estimativas sobre as populações mundial e do Brasil de 1950 até 2050, com os gráficos correspondentes.

• População mundial: <<http://www.un.org/esa/population/publications/worldageing19502050/pdf/001world.pdf>>

• População brasileira: <<http://www.un.org/esa/population/publications/worldageing19502050/pdf/052brazil.pdf>>

Acessos em: abr. 2016.

No site do IBGE, há maior quantidade de informações a respeito da população e indicadores demográficos brasileiros. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/projecao_da_populacao/2013/default_tab.shtm>. Acesso em: abr. 2016.

Com base nesse material, você pode propor aos estudantes uma atividade complementar, para que relacionem as curvas de crescimento dessas populações humanas com a das bactérias.

O que se espera:

No gráfico referente às bactérias, a fase 3 (estacionária) indica que foi atingida a capacidade de suporte do meio de cultura; a fase 4 (de declínio) poderia ser explicada pelo esgotamento dos recursos (que não são renováveis) associado à insalubridade crescente causada pela própria população experimental (excesso de resíduos no meio).

Atividade 2: Ação de antibiótico em cultura de bactérias

Sobre a estratégia:

Nesta atividade, procuramos integrar as noções de dinâmica populacional e de seleção natural. O antibiótico é o fator que exerce a pressão seletiva.

Propomos um cenário favorável para discutir com os estudantes os problemas associados à automedicação. Sem orientação médica, a interrupção prematura do tratamento com antibiótico possibilita o estabelecimento, no paciente, de uma população bacteriana resistente a esse medicamento.

O que se espera:

- Em **B** reduziu-se o tamanho da população de bactérias pela morte dos indivíduos sensíveis ao antibiótico aplicado no momento **X**. Os indivíduos remanescentes no final dessa fase são resistentes ao antibiótico aplicado.
- Nas fases **C**, **D** e **E** observa-se o padrão típico de crescimento populacional, em que, uma vez atingida a capacidade de suporte do meio, a população estabiliza seu tamanho em um patamar.
- Sim. A proliferação é principalmente assexuada; as bactérias presentes na fase **E**, descendentes daquelas resistentes que sobraram após a morte da maioria da população da fase **A**, mais sensível ao antibiótico, também são da variedade resistente.

Atividade 3: Procariontes e pH do meio

Sobre a estratégia:

Nesta atividade, os estudantes devem consultar a tabela e usar as informações extraídas dela para estabelecer a categoria em que cada espécie se enquadra quanto à tolerância ao pH. Mais do que o estabelecimento das categorias a que pertencem os organismos, importa a discussão sobre as dificuldades para fazê-lo. Um exemplo nesse sentido é o que se vê com *Zymomonas lindneri*; nessa espécie, o deslocamento do pH ótimo e do pH máximo para o lado da categoria das espécies neutrófilas, mais que do pH mínimo para o lado das espécies acidófilas, permite incluí-la entre as espécies neutrófilas.

Na análise comparativa entre o gráfico e a tabela, o estudante perceberá que não há uma bactéria alcalífila. Mencione que um exemplo de bactéria alcalífila é *Vibrio cholerae*, causadora da cólera. Já foi demonstrado que ela não resiste mais de 30 minutos em meio ácido (salada temperada com limão – pH = 3,4 a 4,5). Seu pH ótimo para crescimento populacional é 9,0 – bem próximo do pH intestinal.

O que se espera:

a)

<i>Thiobacillus thiooxidans</i>	acidófila
<i>Sulfolobus acidocaldarius</i>	acidófila
<i>Bacillus acidocaldarius</i>	acidófila
<i>Zymomonas lindneri</i>	neutrófila
<i>Lactobacillus acidophilus</i>	neutrófila
<i>Staphylococcus aureus</i>	neutrófila
<i>Escherichia coli</i>	neutrófila
<i>Clostridium sporogenes</i>	neutrófila
<i>Erwinia caratovora</i>	neutrófila
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	neutrófila
<i>Thiobacillus novellus</i>	neutrófila
<i>Streptococcus pneumoniae</i>	neutrófila
<i>Nitrobacter</i> sp.	neutrófila

b) É verdade que *Thiobacillus thiooxidans* é bastante acidófila, porém a bactéria *Sulfolobus acidocaldarius* também é, e praticamente no mesmo grau. A presença em ambientes extremos não é exclusividade das arqueas.

CAPÍTULO 4

■ Protistas

Iniciamos este capítulo retomando a classificação dos protistas. Consideramos aqui o termo “protista” como vulgar ou coletivo, e não como uma categoria taxonômica.

A classificação tradicional dos protozoários, baseada na presença e no tipo de estrutura de locomoção, não é mais utilizada, com exceção do filo Ciliophora, que é monofilético. Independentemente das questões controversas a respeito da classificação desses organismos, o estudante deve compreender sua diversidade, como eles são e como vivem.

No texto “A classificação antiga” (p. 63), destacamos para o estudante a classificação dos protozoários segundo as estruturas de locomoção, que, embora antiga, ainda é usada em alguns exames de ingresso no Ensino Superior. O estudante deve ser alertado sobre isso.

Buscamos sempre atualizar a classificação dos seres vivos, mas sabemos que decorre certo tempo para que esse novo conhecimento seja incorporado no Ensino Médio. Assim, decidimos apontar a atualização, mas, por ora, conservaremos uma postura mais clássica, mantendo neste capítulo, por exemplo, as algas verdes e as vermelhas, hoje consideradas plantas ou arqueplastidas.

A parte relacionada à saúde humana apresenta diversas informações, dada a importância deste assunto na formação de seus educandos.

O estudo dos protistas de vida livre fica sempre mais interessante se os estudantes puderem analisar esses organismos com o uso de microscópio. Caso sua escola não tenha microscópio, recomendamos que busque na internet vídeos sobre esses organismos, em especial amebas, ciliados e euglenas.

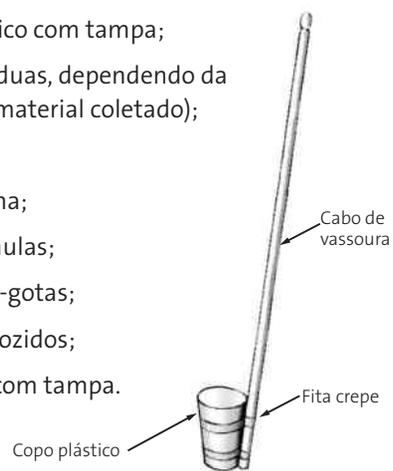
Um site interessante que traz alguns filmes sobre esses organismos é o do Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo, no link <<http://www.ib.usp.br/md/>>. Acesso em: abr. 2016.

Caso sua escola disponha de microscópio, propomos aqui uma maneira para coletar, cultivar e analisar principalmente amebas, ciliados e euglenas de água doce e algumas questões que podem ser feitas para os estudantes.

Coleta e cultivo de protistas de água doce

• Material

- copo plástico fixado a um cabo de madeira (pode ser cabo de vassoura);
- recipiente plástico com tampa;
- cubas (uma ou duas, dependendo da quantidade de material coletado);
- bandejas;
- luvas de borracha;
- lâminas e lamínulas;
- pipeta ou conta-gotas;
- grãos de arroz cozidos;
- placas de Petri com tampa.



• Coleta

A coleta deve ser feita em lagoas rasas, não poluídas, sem entrar na água e usando luvas. Com o cabo de madeira, que permite a coleta a certa distância da água, colete água próxima ao sedimento (é recomendável que se faça a coleta de um pouco do sedimento também). Coloque o material coletado no recipiente plástico e tampe. Caso seja possível, podem-se coletar também plantas aquáticas, como o aguapé. Nesses casos, siga os mesmos procedimentos de segurança: use luvas e não entre no corpo d'água. Pegue a planta e coloque as raízes mergulhadas na água do local, dentro de uma bandeja. Sacuda a planta. Os seres vivos que estiverem presos às raízes cairão na água. Coloque essa água no mesmo recipiente plástico que já tinha o material coletado na lagoa. Não se esqueça de tampar novamente o recipiente, evitando vazamentos.

- Meio de cultura

1. O meio de cultura deve ser feito com antecedência. Coloque água de lago ou de torneira em várias placas de Petri e adicione alguns grãos de arroz. Tampe as placas e deixe-as por pelo menos dois dias em temperatura ambiente e no escuro. Ao redor dos grãos de arroz vão se desenvolver fungos e bactérias decompositores. O produto da decomposição desses grãos servirá como fonte de alimento para os seres unicelulares. Coloque amostras do material coletado da lagoa neste meio de cultura, com o auxílio de um conta-gotas. Cubra e deixe em local iluminado, mas sem luz direta. Aguarde alguns dias e observe. Pegue uma gota das preparações, monte entre lâmina e lâmina, e observe ao microscópio de luz.
2. Peça aos estudantes que registrem as suas observações com desenhos, indicando o aumento do microscópio e descrevendo como os organismos encontrados se comportam.
3. Os estudantes deverão, então, montar um painel com cartolina e desenhos explicando suas observações e que analisem os painéis montados pelos colegas de modo a conhecer mais da diversidade de eucariontes unicelulares. Promova uma discussão sobre como vivem os organismos analisados e como eles são classificados, considerando as propostas

mais antigas e as mais atuais. Depois, você poderá pedir uma publicação com os desenhos, fotografias e vídeos (que podem ser conseguidos na internet) para ser divulgada no *blog* da turma.

Caso tenha a oportunidade, indicamos que faça a sugestão da seção 11 (*Sugestões de atividades extras para o volume 2*) deste Manual que propõe uma atividade de reconhecimento e assimilação de formas dos protistas.

O que apresentamos no livro sobre endossimbiose secundária está pautado no trabalho de Belorin e Oliveira (2006). Por esse trabalho e outros na área de endossimbiose, verifica-se que há muitos eucariontes derivados da linhagem com cloroplastos e que: 1) perderam o plasto na evolução, caso dos ciliados; ou 2) apresentam plastos modificados, sem pigmentos, e que não realizam fotossíntese, casos dos apicoplastos presentes nos apicomplexos.

Apresentamos, na tabela a seguir, um resumo dos eucariontes abordados na obra e que apresentam cloroplastos, incluindo o apicoplasto, que é um cloroplasto modificado. Na tabela, indicamos também o número de membranas presentes no envelope do cloroplasto, os pigmentos fotossintetizantes e se a endossimbiose foi primária ou secundária. Vários grupos não são mencionados no livro, por se tratar de uma obra destinada ao Ensino Médio.

Eucariontes com cloroplastos	Número de membranas do cloroplasto	Pigmentos fotossintéticos	Endossimbiose
Chlorophyta e plantas terrestres	2	cl-a, cl-b	Primária
Rhodophyta	2	cl-a, ficobilinas alguns acrescentam cl-d	Primária
Euglenophyta	3	cl-a, cl-b	Secundária
Dinophyta	3	cl-a, cl-c	Secundária
Apicomplexa	4	Não fotossintetizante	Secundária

É importante esclarecer que o termo “alga” não tem valor taxonômico, assim como o termo “protozoário”. Quando se fala em alga, os estudantes geralmente associam a algas marinhas multicelulares que podem ser encontradas nas praias, fixadas às rochas, ou na água doce. No entanto, a maioria das espécies de alga é unicelular. As cianobactérias também eram conhecidas como algas azuis, termo que não é mais utilizado.

Seguimos a classificação que agrupa as algas em filos ou divisões baseando-se, entre outras características, nos tipos de substância de reserva e nos tipos de pigmento fotossintetizante.

Os pigmentos fotossintetizantes já foram comentados no volume 1 desta coleção. Aqui, vamos reforçar um pouco mais esse assunto. Existem três classes principais de pigmentos fotossintetizantes:

- **clorofilas:** pigmentos verdes que possuem na molécula um átomo de magnésio (Mg); há vários tipos de clorofila, sendo que a clorofila **a** está presente em todas as algas, plantas e cianobactérias. Outros tipos de clorofila, e mesmo os demais pigmentos, atuam como acessórios na fotossíntese, pois absorvem a energia da luz e a transferem para a clorofila **a**. Existem também: clorofila **b**, presente em certas cianobactérias, nas euglenas, nas algas verdes e nas plantas; e clorofila **c**, que ocorre nos dinoflagelados, nas diatomáceas e algas pardas. A existência da clorofila **d**, exclusiva das algas vermelhas, é tema de debate, mas há artigos que demonstram que esse tipo de pigmento pode ser bem caracterizado nas algas vermelhas. Um tipo especial de clorofila, chamado bacterioclorofila, ocorre apenas em bactérias que realizam um tipo particular de fotossíntese, pois esse pigmento absorve comprimentos de onda invisíveis ao olho humano;
- **carotenoides:** pigmentos representados pelos carotenos, de cor alaranjada, presentes em algas eucarióticas e em plantas; pelas xantofilas, representadas pela fucoxantina, de cor marrom ou marrom-amarelada e típica das algas pardas e diatomáceas; e pela peridina, de cor marrom-avermelhada e que ocorre nos dinoflagelados;
- **ficobilinas:** pigmentos acessórios da fotossíntese representados pela ficocianina, de cor azulada e presen-

te nas cianobactérias, e pela ficoeritrina, de cor avermelhada e presente nas algas vermelhas.

Comentamos também a importância da endossimbiose primária e secundária para a classificação das algas. Nas atuais propostas de classificação, esse é um dos aspectos que têm levado à inclusão de algas verdes e vermelhas no grupo das plantas terrestres, pois, dentre os eucariontes clorofilados, apenas esses organismos apresentam cloroplastos decorrentes de evento de endossimbiose primária. Os cloroplastos de algas pardas surgiram por endossimbiose secundária, e elas não são incluídas, nas propostas de classificação mais recentes, no grupo das plantas. Nos demais grupos de organismos, primariamente com cloroplastos, houve endossimbiose secundária com algas verdes ou vermelhas unicelulares, com alguns casos de perda secundária do cloroplasto ou da função fotossintetizante do cloroplasto.

Os grupos de organismos que surgiram primariamente por endossimbiose secundária possuem cloroplastos com três ou quatro membranas no envelope.

As algas que possuem clorofila **c**, por exemplo, surgiram por endossimbiose secundária e estão na tabela a seguir, na qual citamos apenas as que foram tratadas no Livro do Estudante.

Algas com clorofila c (Chromista)					
Divisão ou Filo	Membranas do cloroplasto	Clorofila	Carotenoides	Reserva	Parede celular
Bacillariophyta	4	a, c	b-caroteno, xantofilas	Crisolaminarina	Carapaça de sílica
Phaeophyta	4	a, c	b-caroteno, fucoxantina	Laminarina e manitol	Celulose, alginatos
Dinophyta (Pyrrhophyta)	3	a, c	b-caroteno, xantofilas	Amido e óleo	Não possui parede celular, mas contém celulose no interior de alvéolos sob a membrana plasmática, sendo uma estrutura interna.

Contextualizando o assunto sobre os dinoflagelados, abordamos no texto “Branqueamento de corais” (p. 72), uma das prováveis consequências do aumento da temperatura média dos oceanos, que é o branqueamento de corais. Esse tema, além de atual, foi escolhido por envolver diferentes áreas do saber, como Biologia, Física e Química.

Caso queira aprofundar mais o estudo do tema, há um interessante artigo sobre o assunto: MIGOTTO, A. E. *Recifes de coral e “branqueamento”*. Disponível em: <<http://noticias.cebimar.usp.br/artigos/73-recifes-de-coral-e-branqueamento>>. Acesso em: abr. 2016.

■ Orientações e sugestões de respostas das atividades

p. 73 – Tema para discussão

Doenças negligenciadas

Esse **Tema para discussão** constitui uma excelente oportunidade para trabalhar com os estudantes questões relacionadas a aspectos éticos. Embora as doenças negligenciadas sejam um problema global de saúde pública, os maiores investimentos em pesquisa e na indústria farmacêutica são voltados para medicamentos que possam gerar maior retorno financeiro. Esse é um dos motivos que levam, muitas vezes, ao desenvolvimento de fármacos para doenças que afetam pessoas de países desenvolvidos, onde a renda *per capita* é maior. Se achar conveniente, você poderá tratar da importância da ação governamental quanto ao controle dessas doenças, que está longe do ideal, tanto no Brasil quanto no continente africano, por exemplo.

Você poderá obter mais informações nos seguintes *links* (acessos em: abr. 2016):

- <<http://agencia.fiocruz.br/doen%C3%A7as-negligenciadas>>
- <<http://agenciabrasil.ebc.com.br/internacional/noticia/2015-02/oms-pede-investimentos-no-combate-doencas-tropicais-negligenciadas>>
- <<http://pre.univesp.br/doencas-negligenciadas#.VxUUms7NP58>>

1. Informações sobre a doença do sono: também chamada tripanossomíase humana africana (HAT, sigla em inglês), ocorre em áreas rurais da África Subsaariana. É causada por um protozoário do gênero *Trypanosoma* e transmitida pela mosca tsé-tsé (*Glossina palpalis*). Essa mosca é sugadora de sangue, transmitindo os tripanossomos pela picada. A doença apresenta um primeiro estágio com sintomas inespecíficos, como febre, cefaleia, fraqueza e coceira e dores nas juntas. Se for tratada precocemente, a doença não representa maior risco. O diagnóstico nessa fase, porém, é difícil, pois os sintomas são intermitentes, podendo prolongar-se por meses. Caso não seja tratada, o parasita chegará ao sistema nervoso central, o que dará início ao segundo estágio, caracterizado por convulsões, confusão e mudanças de comportamento, levando à morte. O nome provém de seu sintoma mais característico, que é a extrema sonolência durante o dia. O diagnóstico é feito por punção lombar, a fim de verificar a presença do protozoário no fluido cérebro-espinhal. O tipo de tratamento varia conforme o estágio da doença. Não existe vacina, e a pessoa, uma vez infectada, não desenvolve imunidade, ficando suscetível a uma reinfeção. As principais medidas profiláticas são o combate ao inseto vetor e tratamento dos doentes.

Seria interessante que os estudantes procurassem na internet mapas da África indicando os locais onde a doença é mais comum.

2. Você poderá compartilhar com os estudantes os *links* indicados, além dos apresentados a seguir.

- <<http://www.dndial.org/pt/doencas-negligenciadas.html>>
- <<https://portal.fiocruz.br/pt-br/content/vpplr-pesquisa-translacional>>
- <<https://portal.fiocruz.br/pt-br/content/parceria-favorece-producao-de-medicamentos-contradoencas-negligenciadas>>
- <<http://portal.fiocruz.br/pt-br/search/site/negligenciadas>>

Acessos em: abr. 2016.

Se julgar relevante, você poderá propor aos estudantes a leitura do artigo a seguir, escrito por um pesquisador do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia em parceria com a Universidade Federal do Acre, que alerta sobre a relação entre o aumento da incidência de doenças negligenciadas e as mudanças climáticas. Será também uma possibilidade de retomar alguns dos temas estudados no volume 1.

Doenças negligenciadas e a mudança climática global

[...] Segundo dados da Organização Mundial da Saúde (OMS), mais de um bilhão de pessoas, ou cerca de 15% da população mundial, estão infectadas com uma ou mais [...] doenças negligenciadas. [...] Segundo a Fiocruz, as doenças tropicais e a tuberculose correspondem a 11,4% da carga global de doenças, mas apenas 1,3% dos 1556 novos medicamentos registrados entre 1975 e 2004 foram desenvolvidos especificamente para essas doenças. A nível global, só 10% dos investimentos em pesquisa e desenvolvimento em saúde são direcionados para as doenças que representam 90% da carga global de doenças.

No Brasil, um estudo feito pela OMS indica que o investimento no controle de sete doenças negligenciadas e consideradas endêmicas [...] poderia garantir um aumento de R\$ 55 bilhões da produtividade no país até 2030. Para chegar a esse valor, a pesquisa da OMS levou em consideração o impacto de faltas ao trabalho, aposentadorias precoces e sequelas que reduzem a capacidade de trabalho das pessoas afetadas. [...]

Se por um lado os investimentos públicos em saneamento e educação da população para erradicar e evitar a formação de focos de disseminação dessas doenças aparenta ser uma meta relativamente fácil de ser alcançada, visto que são em sua maioria ações locais, as consequências decorrentes do aquecimento global na expansão geográfica das doenças negligenciadas são muito mais difíceis e complexas de serem resolvidas, pois podem envolver ações de âmbito local, nacional e internacional.

Nesse sentido, a OMS publicou em 2015 o relatório *Investing to overcome the global impact of neglected tropical diseases*, no qual alerta que existe uma relação perigosa entre o aquecimento global em curso e as doenças tropicais negligenciadas. A premissa é a seguinte: o aumento da temperatura global causará uma expansão da atual zona tropical do planeta e ampliará as áreas favoráveis para a ocorrência de doenças como a malária e a dengue. O relatório destaca que a dengue poderá ser uma das mais beneficiadas com a mudança do clima porque o ciclo de vida do seu vetor, o mosquito *Aedes aegypti*, é favorecido por temperatura, precipitação e umidade relativa do ar mais elevadas. Além disso, é perfeitamente possível que outras doenças transmitidas pelo *Aedes aegypti*, como a febre amarela, chikungunya e a zika, apresentem aumento de incidência nos locais em que a dengue se torne epidêmica. Essa realidade parece ser a que estamos vivenciando hoje no Brasil.

Além da dengue, outros vetores como besouros e caracóis responsáveis pela disseminação da doença de Chagas e da esquistossomose também são afetados pelas mudanças de temperatura e umidade, sugerindo que o mapa atual das doenças tropicais poderá mudar substancialmente no futuro. [...]

A OMS já deixou claro que considera as mudanças climáticas globais como a maior ameaça à saúde mundial no século XXI. Ela estimou que o aquecimento global causará 250 mil mortes adicionais por ano até 2030 em decorrência de fatores como ondas de calor mais intensas e incêndios, colapso de sistemas de produção de alimentos, conflitos relacionados à escassez de recursos (água e solos agricultáveis) e movimentos de populações, desnutrição resultante da diminuição da produção de alimentos nas regiões mais pobres com a incapacitação para o trabalho das populações afetadas, e a exacerbção da pobreza que afetará a saúde das pessoas.

[...]

FERREIRA, Evandro. Doenças negligenciadas e a mudança climática global. Disponível em: <<http://agazetadoacre.com/noticias/doencas-negligenciadas-e-a-mudanca-climatica-global/>>. Acesso em: maio 2016.

p. 75 – Ampliando e integrando conhecimentos

Atividade 1: Sobre o gênero *Plasmodium*

Sobre a estratégia:

Nesta atividade, tratamos de uma relação específica entre o parasita e seu hospedeiro. Uma importante informação é que a glândula pineal é considerada a sede do “relógio biológico” do corpo. Inicialmente, o estudante deverá notar que a glândula pineal basicamente converte uma condição do ambiente externo (percebida pelas retinas) em uma alteração da condição química interna (produção do hormônio melatonina).

Os plasmódios não são capazes de perceber a natureza rítmica do ambiente externo, mas podem detectar quimicamente as variações da concentração de melatonina, e, portanto, “saber” se é dia ou noite, e, pelo menos potencialmente, “notar” uma sequência de dias sucessivos.

O ciclo intraeritrocítico do *Plasmodium* sp. apresenta uma alta sincronização de suas fases (anel, trofozoíto e esquizonte) *in vivo*, que é perdida em cultura e que representa um mecanismo importante de escape do sistema imunitário do hospedeiro. Tal sincronia requer uma sinalização para coordenação na síntese de DNA, RNA e proteínas. Essa sinalização relaciona-se com variações da concentração de melatonina. Você pode explicar aos estudantes a importância adaptativa da referida sincronia.

O que se espera:

- O *Plasmodium* sp. causa a malária.
- Ao sincronismo que se observa no avanço do ciclo de vida entre os indivíduos de plasmódio no corpo do hospedeiro, por exemplo no arrebatamento de hemácias após cada esquizogonia, liberando merozoítos e toxinas que determinam os acessos febris periódicos que caracterizam a doença.
- A falta da melatonina e suas variações cíclicas de concentração. Nessa condição, perde-se o sincronismo responsável pela liberação periódica, e em massa, das toxinas e merozoítos determinantes dos acessos febris. Seria de se esperar um processo mais contínuo de hemólise, sem picos periódicos de temperatura – não havendo uma descarga em massa, é razoável supor que a ação do sistema imunitário do hospedeiro seja mais efetiva. A reversão das alterações com a aplicação da melatonina nos ratos que tiveram sua glândula pineal extirpada comprova a participação desta substância no mencionado sincronismo.

Atividade 2: Leishmaniose no Brasil

Sobre a estratégia:

Aqui retomamos a questão epidemiológica, abordando a alta incidência da leishmaniose visceral (ou calazar), causada no Brasil pela *Leishmania chagasi*. Um ponto importante, antes mesmo de iniciar a atividade, é que os estudantes conheçam bem as características dessa doença, diferenciando-a das leishmanioses em suas diferentes formas clínicas (cutânea, cutânea difusa e mucocutânea – úlcera de Bauru), causadas por *Leishmania amazonensis* e *L. braziliensis*.

Na página da internet do Programa de Zoonoses da Região Sul, está disponível um documento detalhado a respeito das leishmanioses, com histórico da doença, agente etiológico, hospedeiros e reservatórios, ciclo epidemiológico, evolução da doença, formas de transmissão, diagnóstico, tratamento, prevenção e controle. Disponível em: <<http://www.crmvsc.org.br/arquivos/Manual-de-Zoonoses-I.pdf>>. Acesso em: abr. 2016.

No site da agência de notícias da Fiocruz (Fundação Oswaldo Cruz), há também um texto sobre os aspectos epidemiológicos da leishmaniose. Entre as informações, há uma especialmente crítica, pois alerta para uma questão crucial:

Apesar de acometerem, todos os anos, cerca de dois milhões de pessoas, espalhadas em 88 países de quatro continentes, as leishmanioses são doenças negligenciadas, ou seja, ignoradas pelas grandes indústrias farmacêuticas. Isso se explica por elas atingirem majoritariamente as populações menos favorecidas. Desse modo, devido ao baixo poder aquisitivo dos doentes e em virtude dos recursos escassos dos países onde normalmente essas moléstias acontecem, a produção de remédios para enfrentá-las não geraria um lucro satisfatório para a iniciativa privada. Agravando o quadro, elas também são relativamente pouco conhecidas pela população em geral, assim como pelos profissionais de saúde.

Sergio Mendonça, chefe do Laboratório de Imunoparasitologia do IOC/Fiocruz. Disponível em: <<http://homologacao-afn.iciet.fiocruz.br/leishmaniose>>. Acesso em: abr. 2016.

Salta à vista um aspecto muitíssimo peculiar nos mapas que mostram a distribuição espacial dos casos de leishmaniose visceral no país: a distribuição tem óbvia relação com a delimitação dos estados brasileiros, inclusive com inversão de tendências ao longo do tempo em estados vizinhos (ver Roraima – Pará). Aí está um terreno fértil para discussão com os estudantes e entre eles.

Informações sociodemográficas sobre as unidades da Federação podem ser obtidas em: <<http://portalsaude.saude.gov.br/index.php/o-ministerio/principal/secretarias/svs/leishmaniose-visceral-lv>>. Acesso em: abr. 2016.

O que se espera:

- a) Ocorreram picos no número de casos confirmados em 1995 e em 2000. O incremento de 1995 já havia se esboçado desde 1992, enquanto o de 2000 foi mais agudo, com aumento entre 1998 e 2000 e queda brusca de 2000 para 2001, chegando ao nível em que a incidência está desde então.
- b) A partir de 1998, o número de casos foi aumentando nas regiões Norte, Sudeste e Centro-Oeste. Isso só não se verificou no caso da região Sul.
- c) Sim, a afirmação é procedente. Até perto do ano 2001 as curvas referentes a todo o Brasil e apenas à Região Nordeste são bastante próximas e paralelas entre si, mostrando que o padrão observado no Nordeste praticamente coincide com o do país como um todo. A partir daí, as curvas vão se distanciando umas das outras, o que evi-

dência a participação crescente de outras regiões para formar o quadro do país.

- d) Os nomes dos estados brasileiros não foram colocados nos mapas. Instrua os estudantes a consultar o mapa da atividade 3, localizado na mesma página e, caso seja necessário, a buscar mais informações em um atlas geográfico. Em Roraima, o número de casos **notificados** foi reduzindo de um período de observação para outro. Nos demais estados, esse número foi aumentando muito. Uma hipótese para explicar o que ocorreu em Roraima é a subnotificação, ou seja, teriam surgido novos casos seguindo a tendência do estado vizinho (Pará), mas que não foram informados/notificados; outra seria o sucesso de iniciativas de prevenção e/ou tratamento da doença. Nos demais estados a situação é muito crítica; uma hipótese explicativa seria o descaso do poder público no controle da doença – pessoas não são tratadas e permanecem como depósitos dos parasitas, ao mesmo tempo que as populações de mosquitos transmissores podem estar crescendo. A hipótese de variação natural regional na população de transmissores poderia ser descartada – dentro dos limites do estado de Goiás, embora tenha havido algum aumento, a situação não se compara à dos estados adjacentes; se não for também um caso de subnotificação, temos aí um indicativo de sucesso no controle da doença. Finalmente, poderíamos pensar em um grande aumento populacional nos estados em que a doença se disseminou – nesse caso, seria mesmo de se esperar um aumento também no número absoluto de casos. Para considerar essa última possibilidade, é necessário introduzir o tamanho da população humana na análise.

Atividade 3: Malária no Brasil

Sobre a estratégia:

Nesta atividade, além de abordarmos um importante problema de saúde pública (a malária), procuramos levar o estudante a interpretar mapas e gráficos.

Uma das questões propostas pede que o estudante analise o mapa e informe a situação dos habitantes dos estados de Rondônia, Roraima e Pará em termos de risco de transmissão da malária. Para responder, além de interpretar as informações do mapa, os estudantes precisam identificar os estados no mapa.

O que se espera:

- a) A maior parte das regiões dos estados de Rondônia e Pará está em situação de baixo risco de infecção. No entanto, ambos apresentam regiões de situação de médio ou mesmo alto risco de infecção, principalmente na área onde fazem fronteira com o estado do Amazonas. Já o estado de Roraima apresenta predominantemente regiões de médio risco de infecção de malária.
- b) O estado com maior risco de transmissão da malária é sem dúvida o estado do Amazonas.

- c) O ano de maior incidência de *P. falciparum*, bem como das demais espécies, foi 2005.
- d) A curva dos dois gráficos mostra um declínio de casos, mas, nas demais espécies de plasmódio, houve um pico em 2010 que não ocorreu em *P. falciparum*.
- e) Número de pessoas infectadas por *P. falciparum* em 2015: cerca de 10 mil; demais espécies: cerca de 90 mil.

Atividade 4: Transmissão da doença de Chagas

Sobre a estratégia:

Nesta atividade, há um reforço no alerta sobre os insetos vetores e as formas de infestação mais importantes apresentadas no texto do capítulo.

O exercício dos estudantes aqui será o de organização gráfica das informações, levando a uma melhor assimilação delas.

Sugerimos o vídeo "Nova luz sobre a doença de Chagas". Nele, é possível observar os dados a respeito da doença de Chagas de maneira dinâmica e conhecer avanços na pesquisa sobre essa doença. Disponível em: <<http://www.youtube.com/watch?v=nXxTnV5dwbs>>. Acesso em: abr. 2016.

Você pode conduzir a atividade exibindo para os estudantes o vídeo sugerido no endereço eletrônico citado acima e solicitar uma pesquisa, tão aprofundada quanto possível, para identificar as formas e os processos envolvidos no infográfico animado.

O que se espera:

a)

Formas de transmissão	Medidas profiláticas
Penetração do parasita eliminado com as fezes do inseto vetor contaminado, por lesões da pele ou por mucosas, durante a picada.	<ul style="list-style-type: none"> • Eliminar os vetores e reduzir ao máximo seus habitats junto às pessoas. • Adotar formas de prevenção do contato de pessoas com o vetor, por exemplo impedindo seu acesso a elas por meio de telas protetoras para uso à noite (mosquiteiros).
Transfusão de sangue.	<ul style="list-style-type: none"> • Usar apenas sangue testado previamente.
Transplante de órgãos de doadores infectados.	<ul style="list-style-type: none"> • Testar os doadores para diagnosticar se são chagásicos.
Ingestão de alimentos contaminados com o parasita.	<ul style="list-style-type: none"> • Lavar bem e desinfetar os alimentos. • Evitar o consumo de alimentos de origem suspeita.
Contato da pele humana ferida ou de mucosas com o sangue de pessoas ou animais infectados.	<ul style="list-style-type: none"> • Evitar o contato acidental em laboratório, mediante o uso de equipamentos de proteção individual (EPI). • Evitar o contato direto com o sangue de pessoas acidentadas. • Evitar o uso de animais silvestres como alimento, e se isso indesejavelmente ocorrer, usar luvas e ainda assim tomar cuidado para não cortar a sua pele ao limpar a caça.
Transmissão da mãe para o filho durante a gravidez ou no parto.	Não há medida profilática. Pacientes crônicas devem ter acompanhamento médico durante a gestação. Após o nascimento, a criança deve passar por tratamento específico, sendo alta a probabilidade de cura (informações disponíveis em: < http://www.fiocruz.br/chagas/cgi/cgilua.exe/sys/start.htm?sid=11 >; acesso em: maio 2016).

b) Resposta pessoal, de acordo com as informações dadas no capítulo.

CAPÍTULO 5

■ Fungos

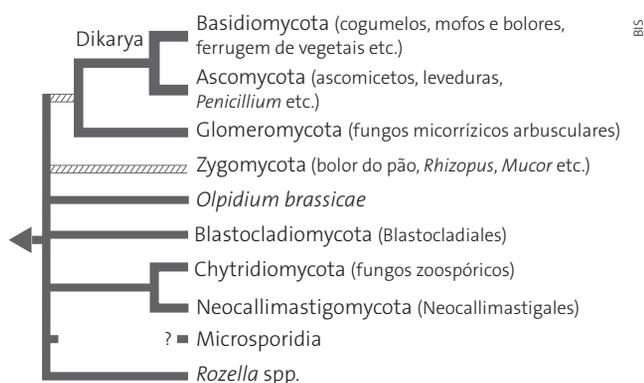
Tomando por base o que foi visto desde os primeiros capítulos a respeito da evolução dos seres vivos, retome com os estudantes a posição dos fungos na árvore da vida. O que pode causar estranheza em relação às abordagens mais tradicionais é a proximidade evolutiva dos animais com os fungos, hoje bem aceita.

Os fungos são abordados neste capítulo de forma a valorizar sua importância ecológica, econômica e médica. Pretende-se com isso mostrar a relação do assunto com o dia a dia do estudante.

Um fato curioso que mostra essa proximidade pode ser dito aos estudantes: quando somos acometidos por micoses ou qualquer outra doença causada por fungos, o tratamento é difícil, a cura é demorada e os remédios (via oral) são hepatotóxicos, devendo ser tomados com estrito acompanhamento médico. Essa dificuldade de cura e a toxicidade

dos medicamentos via oral estão relacionadas à grande semelhança genética entre fungos e animais; assim, os medicamentos acabam afetando também as células humanas.

É importante salientar que a classificação dos fungos é atualizada com frequência. A que considera quatro grupos – ficomicetos, ascomicetos, basidiomicetos e deuteroomicetos – já está abandonada. Uma das mais aceitas atualmente é a que estamos apresentando nesta obra, porém com simplificações. As relações filogenéticas entre os diferentes grupos de fungos encontram-se ainda em discussão, mas não vem ao caso abordar esse fato no Ensino Médio. Na figura a seguir, apresentamos a proposta de classificação que consta do *site* Tree of life:



Fonte: Tree of Life Web Project. Disponível em: <<http://tolweb.org/fungi>>. Acesso em: abr. 2016.

As dúvidas no cladograma acima estão representadas não apenas pela interrogação, mas também pelas linhas tracejadas. O grupo dos Zygomycota, por essa proposta, não é monofilético. Como grupo próximo de Ascomycota e de Basidiomycota está um grupo descrito mais recentemente: Glomeromycota. Dele fazem parte cerca de 150 espécies, todas obrigatoriamente mutualísticas com raízes de plantas, formando micorrizas arbusculares, que são associações intracelulares. Além desse grupo, há outros, que também não consideramos aqui, por não se tratar de tema relevante para o Ensino Médio.

Os mixomicetos, considerados fungos no passado, são organismos multicelulares também conhecidos como plasmódios (não confundir com os esporozoários do gênero *Plasmodium*) ou mofos-de-lodo, pois formam uma massa de citoplasma multinucleado que apresenta movimentos ameboides em um estágio de sua vida. Esses organismos são classificados atualmente como amebozoários. Os oomicetos são conhecidos como mofos-de-água e são classificados atualmente no grupo que abriga também as diatomáceas e as algas pardas.

Mais informações a respeito da classificação dos fungos podem ser obtidas em: <<http://tolweb.org/tree>> (em inglês). Acesso em: abr. 2016.

Esse nível de aprofundamento é interessante para sua atualização, professor(a), porém dispensável para o estudante do Ensino Médio. No entanto, é importante que os estudantes saibam que a classificação dos fungos, assim como a dos protistas e de outros organismos, é ainda um assunto controverso.

Na hipótese de classificação adotada, preferimos a abordagem de micologistas que consideram como fungos os seres vivos heterótrofos que se alimentam por absorção de nutrientes do meio, possuem quitina na parede celular e se reproduzem por meio de esporos.

Optamos por exemplificar apenas um dos tipos de ciclos de vida dos fungos, de forma a proporcionar uma visão geral de como ocorre a reprodução nesse grupo. Deve ficar clara para o estudante a diferença entre esporos e gametas: os primeiros apresentam um envoltório resistente e cada um deles dá origem a um indivíduo; os gametas são células reprodutoras haploides e, como regra geral, há necessidade da união de um gameta masculino e um feminino para dar origem a um indivíduo.

Caso considere procedente, explique aos estudantes por que, ao deixarmos um pacote de pão aberto e guardado em local quente e úmido, as fatias podem ficar emboloradas depois de alguns dias. Explique a presença de esporos no ar, os quais germinam ao encontrar matéria orgânica, dando origem ao corpo do fungo. Explique, também, por que não devemos comer alimentos embolorados, mesmo retirando as partes que apresentam estruturas visíveis dos fungos. Essas são as partes reprodutoras do fungo, que produzem esporos, entretanto, seu corpo filamentoso pode estar imerso no alimento, compondo estruturas que não podem ser vistas sem o auxílio de equipamentos.

A importância dos fungos para os ecossistemas terrestres, em especial para a sobrevivência das plantas, é evidenciada no texto “As micorrizas” (p. 81). Esse tema foi tratado no livro para reforçar a importância dos fungos em situações em que eles não aparecem como parasitas de outros seres vivos, ou como seres causadores de doenças. Caso se interesse em ampliar o estudo dessa associação, sabe-se que ela foi fundamental na evolução das plantas. Um artigo bem interessante sobre esse tema foi publicado por Barbara e colaboradores. *Fungos micorrízicos arbusculares: muito além da nutrição*, disponível em: <http://www.ufrj.br/amfoods/arquivos/arq_publicacao/20_ARQ.pdf> (acesso em: abr. 2016). Neste artigo, os autores afirmam logo no início do trabalho:

“Plantas não têm raízes, elas têm micorrizas”. Essa sentença foi proferida décadas atrás por J. L. Harley com o intuito de alertar ecologistas e biólogos para o fato de que, em condições naturais, a maioria das espécies de plantas se encontra associada a determinados fungos de solo numa simbiose mutualística do tipo micorrízico, do grego *mico* [fungo] e *riza* [raiz]. Indo além das relações funcionais que se estabelecem entre plantas e esses fun-

gos, Van der Heijden et al (1998 a, b) enfatizaram que “associações micorrízicas devem sempre ser consideradas quando se busca entender a ecologia e evolução de plantas, suas comunidades e ecossistemas”. Essa consideração está baseada em experimentos que demonstram o papel dessa simbiose no resultado da competição e sucessão de plantas, bem como na hipótese de que a evolução de plantas terrestres tem sido dependente da presença dessa simbiose (Van der Heijden et al, 1998 a,b; Kiers et al, 2000; Klironomos et al, 2000; Cairney, 2000; Brundrett, 2002; Allen et al, 2003).

Mais informações podem ser obtidas nos seguintes endereços eletrônicos:

- Palestra do micologista Paul Stamets sobre as diversas aplicações dos fungos. Disponível em: <https://www.ted.com/talks/paul_stamets_on_6_ways_mushrooms_can_save_the_world?language=pt-br#>.

- The Bashan Foundation, um instituto internacional de pesquisa sobre micorrizas como defesa do hospedeiro. Disponível em: <<http://www.bashanfoundation.org/ocampo/ocampointeraccion.pdf>> (em espanhol).

Acessos em: abr. 2016.

Neste capítulo, abordam-se também os líquens, associações entre fungos e algas, tradicionalmente interpretados como exemplo de mutualismo. É preciso ter cautela com essa visão, pois existem líquens em que o fungo penetra as células das algas para obter alimento. Experimentos mostram que, se o fungo e a alga de um líquen forem cultivados separadamente em laboratório, verifica-se crescimento rápido da alga, enquanto o fungo apresenta crescimento lento. Esses resultados têm levado os pesquisadores a sugerir que essa associação não constitui mutualismo, mas um tipo de parasitismo controlado da alga pelo fungo. Quando alga e fungo são cultivados juntos em meio de cultura, o fungo parece inicialmente colocar a alga sob seu controle para só depois assumir a aparência do líquen. Essa informação consta no livro *Biologia vegetal*, de Raven (2014).

No texto “A importância ecológica dos líquens” (p. 86), buscamos enfatizar o papel que essa associação desempenha nos ecossistemas. Se você julgar conveniente, poderá retomar com os estudantes alguns dos conceitos de ecologia trabalhados no volume 1 desta coleção. Os líquens são, em parte, responsáveis por alterações no ambiente que permitem o estabelecimento de condições favoráveis à instalação de novas espécies em uma sucessão ecológica. Com esse texto, é reforçada a importância ecológica não só dos fungos, mas também de algas. Assim, o estudante vê sentido ainda maior no que está estudando.

■ **Orientação sobre o boxe** **Despertando ideias**

p. 82 – Reconhecimento de fungos

Esta atividade pretende despertar o interesse dos estudantes pelos fungos e aproximar o conteúdo do capítulo ao cotidiano. Fazer com que os estudantes façam estudos em campo aproxima-os do tema estudado, que ganha mais sentido. Na atividade, os estudantes poderão encontrar corpos de frutificação dos fungos. Certos tipos de corpos de frutificação são estruturas efêmeras, ou seja, surgem e desaparecem em pouco tempo. Nesses casos, quando o corpo de frutificação desaparece, é importante explicitar aos estudantes que o fungo não morreu ou deixou de ocorrer naquele local: as hifas podem estar presentes, porém imersas no substrato.

Não é recomendado estimular os estudantes a manipular ou coletar esses seres vivos. Algumas pessoas podem desenvolver alergia aos esporos. No entanto, caso seja possível, seria interessante apresentar aos estudantes alguns fungos comestíveis, que são geralmente vendidos em mercados e feiras, para estudo em sala de aula. Dessa forma, os estudantes terão oportunidade de conhecer alguns organismos e estruturas que serão tratados neste capítulo. Esses fungos podem ser manipulados pelos estudantes para o estudo da estrutura dos corpos de frutificação.

■ **Orientações e sugestões de respostas das atividades**

p. 87 – Tema para discussão

Tem cacau bom na Bahia. Mas ele luta para sobreviver.

Esse tema foi selecionado em função das graves consequências econômicas e sociais da infestação das plantações de cacau pela “vassoura-de-bruxa”. Essa discussão transcende, portanto, o âmbito puramente biológico.

Aqui, seria extremamente pertinente motivar os estudantes a pesquisar sobre o ciclo do cacau e a história social e econômica do sul da Bahia, incluindo-se aí especialmente os municípios de Itabuna e Ilhéus. Recomendamos como fonte de consulta o *site* da Comissão Executiva do Plano da Lavoura Cacaueira – Ceplac, disponível em: <<http://www.ceplac.gov.br>>, acesso em: abr. 2016, no qual são encontradas muitas informações a respeito do cacau e muitas outras culturas.

Uma busca pelo termo “ciclo de cacau” em *sites* de busca na internet traz várias outras referências (entre elas, o artigo “Cacau, um dos grandes ciclos econômicos do Brasil”, disponível em: <<http://jne.unifra.br/artigos/4727.pdf>>, acesso em: abr. 2016.

Além disso, é possível trabalhar a interdisciplinaridade deste tema com a Literatura, dada a publicação do livro *Cacau* (1933), segundo romance de Jorge Amado. O romance é a saga da tomada de consciência social e política de um lavrador, com o narrador em primeira pessoa. A história passa-se em fazendas de cacau do sul da Bahia na década de 1930 sob o cenário da expansão das ideias socialistas e a luta de classes entre os trabalhadores do cacau. Você poderá selecionar trechos do livro e trabalhar de modo integrado com as disciplinas de Língua Portuguesa e História.

O *blog* <<http://coisasdesaocristovao.blogspot.com.br/2008/12/trecho-do-livro-cacau-de-jorge.html>> (acesso em: abr. 2016) traz um trecho da obra e imagens da época.

Seria muito instigante a pesquisa do destino dos antigos trabalhadores das lavouras de cacau, em busca de relações com características sociais atuais das maiores cidades da região cacauzeira e de fora dela, como Salvador, Vitória da Conquista e Feira de Santana.

Finalmente, a discussão torna-se especialmente relevante se sua escola estiver localizada na região cacauzeira.

Quanto ao segundo item, os esporos produzidos por meiose nos basidiomicetos são os basidiósporos.

p. 88 – Ampliando e integrando conhecimentos

Atividade 1: Fungos no cotidiano

Sobre a estratégia:

Esta atividade permite o reconhecimento dos itens de nossa dieta que são fungos. Talvez os estudantes não saibam o que é o queijo gorgonzola ou a que se refere a palavra *champignon* ou a palavra *shiitake*. Todos esses itens alimentares estão referidos no texto do capítulo; assim, é conveniente solicitar que o leiam atentamente.

Você pode aproveitar a ocasião para explicar o papel de certos fungos na fabricação de queijos e a origem desses tipos de produto. Os estudantes podem pesquisar sobre isso, enfatizando espécies de *Penicillium* que entram na produção de queijos com mofo branco (como o *camembert* ou o *brie*) e com mofo azul-verde (gorgonzola e *roquefort*). A esse respeito, pode-se consultar o *site* da Associação Brasileira das Indústrias de Queijo, disponível em: <<http://www.abiq.com.br>>; acesso em: abr. 2016.

O que se espera:

a) Não. Entre os itens listados, a muçarela, o queijo gorgonzola e o creme de leite são de origem animal. Os bolores presentes no queijo gorgonzola são fungos Ascomycota da espécie *Penicillium roquefortii*; o *champignon* e o *shiitake* são fungos Basidiomycota

dos gêneros *Agaricus* e *Pleurotus*, respectivamente.

b) Não. As hifas do fungo desenvolvem-se também dentro da massa do queijo. Raspar o produto só retiraria a camada mais superficial de hifas.

Atividade 2: Fungos e formigas-cortadeiras

Sobre a estratégia:

Nesta atividade, pretendemos que os estudantes, com base nas informações do texto, explorem a interação formiga-fungo e suas implicações nos sistemas agrícolas. Você, professor(a), pode rever com a turma alguns conceitos trabalhados com o estudo das cadeias e teias alimentares e das interações biológicas em ecologia, especialmente a protocooperação e o mutualismo, discutidos no volume 1 desta coleção. Convém lembrar que o termo “herbívoro” não se aplica no caso de cadeias alimentares de detritos – as saúvas acumulam material vegetal morto na forma de detritos e estes são colonizados por um fungo decompositor. Se considerarmos o detrito como o início da cadeia, o elemento pelo qual a energia entra no sistema, a primeira forma de matéria orgânica, então o fungo ocuparia a posição de um consumidor primário e a saúva, a de um consumidor secundário.

O que se espera:

- a) No sentido estrito da palavra, afirmar que as saúvas ou formigas-cortadeiras são “herbívoras” está errado, já que elas não se alimentam dos fragmentos de folhas que levam para o formigueiro, e sim do fungo que se desenvolve sobre eles nos depósitos subterrâneos onde são acumulados.
- b) Porque, se os esporos se desenvolverem formando micélios de outras espécies, essas espécies poderão entrar em competição com o fungo que as saúvas comem e reduzir o tamanho populacional dessas espécies, restringindo o suprimento alimentar para o formigueiro.
- c) Como foi visto no texto da atividade, o fungo sinaliza para as saúvas a inadequação de certos materiais e elas, como resposta, interrompem a coleta desses materiais. Assim sendo, quem “escolhe” que tipo(s) de folha(s) deve(m) ser coletado(s) é o fungo – o segundo agricultor estava certo.
- d) São vários os malefícios. Em primeiro lugar há a contaminação direta do próprio ambiente onde o inseticida é aplicado, podendo haver nesse ambiente acumulação ao longo da cadeia alimentar com efeitos negativos sobre animais de níveis tróficos mais altos e que têm papel importante na manutenção do equilíbrio ecológico da comunidade. Devemos considerar o carreamento do inseticida para a água dos rios, contaminando-os. Um efeito adicional e muito sério é a eliminação de polinizadores, que pode acarretar um enorme impacto no sucesso reprodutivo de diversas plantas frutíferas. Nos casos em que o inseto polinizador é altamente especializado em uma só espécie de planta, e esta polinizada apenas por ele, a reprodução sexuada do vegetal pode ficar completamente bloqueada.
- e) Resposta pessoal.

CAPÍTULO 6

■ Evolução e classificação das plantas

Neste capítulo, introduzimos o reino das plantas e apresentamos seus diferentes grupos, com enfoque evolutivo. Discutimos também as adaptações das plantas ao ambiente, estratégia que tem por objetivo tornar o assunto mais significativo para o estudante.

Vale ressaltar que, em botânica, há preferência pelo uso do termo “divisão” em vez de “filo”, mas isso não é regra.

Em nossa obra, tratamos neste capítulo das algas vermelhas e verdes e das embriófitas com base na atual classificação das plantas ou arqueplastida, pois somente elas são seres clorofilados derivados de endossimbiose primária, como já comentamos neste Manual, no capítulo 4.

Na visão da sistemática filogenética, o único grupo monofilético de plantas é o das angiospermas. Briófitas, pteridófitas e gimnospermas são grupos que contêm várias linhagens distintas, não podendo, assim, compor um filo ou divisão. Dessa forma, alguns aspectos da evolução e classificação dos grupos de plantas estão simplificados nesta obra, mantendo o enfoque evolutivo e pensando na adequação do conteúdo para o Ensino Médio. É interessante que os ciclos reprodutivos de briófitas, pteridófitas, gimnospermas e angiospermas sejam abordados sob este enfoque e que o estudante consiga estabelecer uma comparação entre eles.

Para abordar esse assunto, seria conveniente utilizar o maior número possível de recursos visuais para facilitar a descrição dos ciclos de vida.

Indicamos uma visita ao portal e-Aulas, da Universidade de São Paulo, já indicado também no Manual do volume 1 desta obra. Nele, use o mecanismo de busca para encontrar vídeos relacionados ao tema botânica, tanto para atualização dos conhecimentos quanto para mostrá-los aos estudantes. Sugerimos o vídeo “Ciclo das plantas”, disponível em: <<http://eaulas.usp.br/portal/video.action;jsessionid=E87B4BE3271EDDD4B5A55FE3FE5B6E7D?idItem=1826>> (acesso em: abr. 2016).

O estudo da reprodução nas plantas pode ser reforçado com atividades práticas, como a análise, na natureza

ou em laboratório, de exemplares de briófitas e pteridófitas para observação de gametófitos e esporófitos. É comum, também, encontrarmos prótalos em vasos com samambaias. Caso haja lupas ou microscópio, seria interessante observar e comparar os esporos de samambaias e os grãos de pólen das flores. Indicamos a realização das sugestões da seção 11 deste Manual (*Sugestões de atividades extras para o volume 2*) que trabalham os ciclos de vida das plantas.

Os termos técnicos característicos do estudo das plantas devem ser repetidos em sala de aula, para auxiliar a turma na identificação. Contudo, é preciso cuidado para que a apresentação deste tema não se torne enfadonha e para que não seja exigida do seu educando apenas a memorização de nomes. Cabe aqui ressaltar que simplificamos neste capítulo a terminologia nos ciclos de vida das plantas. Os termos “micrósporos”, “macrósporos”, “microsporângios” e “megasporângios” foram empregados nesta obra por serem os mais conhecidos e pela possibilidade de estarem presentes em exames vestibulares, mas vêm sendo substituídos, respectivamente, por andrósporos, ginósporos, androsporângios e ginosporângios.

Outra informação que merece ser comentada refere-se ao endosperma. Esse termo é usado apenas para o tecido triploide de reserva da semente das angiospermas. Não há endosperma em gimnospermas.

A classificação das angiospermas em mono e dicotiledôneas tem sido revista; atualmente, o uso do termo “eudicotiledôneas” é bem aceito, considerando que há um grupo basal de plantas com dois cotilédones que não formam um grupo monofilético com as demais. Assim, esses grupos basais, apesar de possuírem dois cotilédones, não são eudicotiledôneas.

Depois de discutir os ciclos reprodutivos, apresentamos algumas formas de reprodução assexuada (propagação vegetativa) em plantas. Esse assunto também pode ser trabalhado em aulas práticas. Se for possível conseguir uma hepática, coloque-a em um vaso, mantendo a terra sempre úmida. É possível que, com o passar dos dias, surjam conceptáculos, que podem ser observados na lupa.

No sentido de colaborar com sugestões de mais atividades práticas, recomendamos o livro a seguir, resultado de um projeto iniciado em 2004, com cursos de atualização para professores da Educação Básica. Ele traz procedimentos e orientações sobre aulas práticas de botânica,

contextualizadas dentro do conhecimento atual, e atividades de fácil aplicação em sala de aula.

A botânica no cotidiano, da Editora Holos, organizado pelas professoras Déborah Yara A. C. dos Santos, Fungyi Chow e Cláudia Maria Furlan, do Departamento de Botânica do Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo.

Quando for abordar o item sobre cultivo de plantas economicamente importantes, há um artigo interessante citado a seguir, para discutir as plantas transgênicas, que enumera algumas pesquisas com transgênicos atualmente em andamento no Brasil. Encaminhe seus estudantes a essa fonte para que, em grupos, selecionem um ou mais organismos geneticamente modificados (OGMs) e aprofundem a pesquisa junto às entidades envolvidas.

FLORIANI, A. *Conheça as principais pesquisas com OGMs no Brasil*. Disponível em: <www.terra.com.br/reporterterra/transgenicos/pesquisas_brasil.htm>. Acesso em: abr. 2016.

Sugerimos também a série de reportagens realizada pela ONG Repórter Brasil, como um contraponto às reportagens da Embrapa. O *link* a seguir apresenta a matéria inicial dessa série, que traz também um infográfico da história dos transgênicos no Brasil.

<<http://reporterbrasil.org.br/2013/11/legaliza-dos-ha-10-anos-transgenicos-vivem-apoteose-no-brasil/>>. Acesso em: abr. 2016.

Com base nessa atividade, pode-se propor aos estudantes um minicongresso, no qual cada grupo apresentará as informações que recolheu e suas considerações a favor ou contra em termos econômicos, sociais, biológicos e éticos, seguindo-se a discussão sobre o tema. Essa é uma oportunidade de ajudar na formação de opinião sobre os OGMs, bem como de estimular o uso de meios digitais na preparação das apresentações.

■ Orientações sobre os boxes

Despertando ideias

p. 94 – Guia ilustrado de plantas

O objetivo dessa atividade é possibilitar a observação e a exploração do ambiente ao redor de onde o estudante vive. Com isso, pretendemos aproximar o conteúdo do capítulo à realidade e ao cotidiano dos estudantes, contribuindo para despertar neles o interesse pelo estudo das plantas. Assim, antes de entrarmos mais detalhadamente no estudo dos grupos de plantas, pedimos que

eles montem um guia ilustrado, que pode acompanhá-los por todo o período de estudos da unidade **Plantas** e que poderá ser incrementado de modo a torná-lo uma obra feita pelo grupo de estudantes, com plantas de sua região.

p. 107 – Conhecendo as flores

Essa atividade procura despertar nos estudantes a curiosidade a respeito das partes que compõem a flor e busca evidenciar diferenças na estrutura floral. Reconhecer o ovário, o óvulo e o grão de pólen é fundamental para se discutir os ciclos de vida das plantas e a relação deles com a conquista do ambiente terrestre. A redução intensa da fase gametofítica, tema de difícil compreensão para o estudante, fica mais fácil após a realização dessa atividade.

Nessa proposta, sugerimos a produção de um painel simples em cartolina, no qual os estudantes poderão afixar as partes da flor. Sugerimos não trabalhar com inflorescências neste momento. Os estudantes terão a oportunidade de observar grandes variações morfológicas de uma mesma organização básica.

Para isso, instrua os estudantes a utilizar apenas flores inteiras, preferivelmente identificadas, pelo menos com o nome vulgar, e obtidas de plantas cultivadas em vasos; nunca retirar mais que uma flor de cada planta; não coletar flores em jardins, parques e outros locais. Podem também ser usadas flores descartadas por floriculturas.

Nas flores em geral, o cálice é um ciclo de **sépalas**, que podem ser completamente distintas umas das outras ou soldadas em maior ou menor extensão. Quando livres, o cálice é **dialissépalo**; quando soldadas, ele é **gamossépalo**. Analogamente, a corola é formada por um ciclo de **pétalas** distintas (corola **dialipétala**) ou soldadas em maior ou menor grau (corola **gamopétala**). Quando sépalas e pétalas são semelhantes (como no caso da flor de lírio), fala-se em **tépalas**.

O trabalho dos estudantes será separar as partes da flor e compará-las com as de seus colegas, identificando-as e observando a variabilidade morfológica. Em seguida, cada parte deverá ser afixada em uma cartolina. Para cada conjunto de peças correspondendo a uma flor, eles escreverão o nome popular da espécie (se tiver sido determinado) e os nomes das peças.

Dependendo das espécies representadas na coleção de flores usadas pelos diferentes grupos de estudantes, você, professor(a), poderá chamar a atenção para características das flores relacionadas com a polinização: seja para atrair polinizadores e assegurar que eles transportem os grãos de pólen, seja para evitar a autopolinização (casos de heterostilia, por exemplo, quando os estames são bem mais curtos que o estilete).

Como não tratamos de modo mais detalhado no Livro do Estudante os mecanismos que dificultam a polinização, use a tabela da página seguinte, caso considere pertinente.

Alguns mecanismos que dificultam a autofecundação	
Dicogamia (do grego: <i>dikha</i> = separado em dois; <i>gamos</i> = união)	Amadurecimento do androceu e do gineceu em épocas diferentes. Fala-se em proterandria (do grego: <i>próteros</i> = =primeiro, anterior; <i>andrós</i> = masculino) quando o androceu amadurece primeiro, e em protoginia (do grego: <i>gyné</i> = feminino) quando o gineceu amadurece primeiro.
Hercogamia	Barreira física impedindo a queda do pólen no estigma da mesma flor.
Autoincompatibilidade	Incompatibilidade entre pólen e gineceu, não ocorrendo germinação do grão de pólen na própria flor.

Na atividade, também propomos a elaboração de uma tabela de forma coletiva. Essa tabela pode ser retomada quando tratarmos da diferenciação entre monocotiledôneas e eudicotiledôneas.

Outra sugestão de continuidade para essa atividade é propor aos estudantes que façam um modelo da flor que analisaram. Esse projeto pode ser feito em conjunto com a disciplina de Arte, discutindo a escolha dos materiais mais adequados para a sua realização e fazendo o estudo das proporções. Depois, os modelos de flores podem ser expostos nas salas de aula. Caso opte por realizar essa atividade, este pode ser um bom momento para trabalhar a questão de gênero, ou seja, como a nossa sociedade determina papéis sociais e comportamentos para homens e para mulheres. É importante lidar com preconceitos e estereótipos que possam surgir no grupo de rapazes com relação às flores. Caso isso ocorra, sugerimos que aproveite para questionar esse comportamento. Certos estereótipos sociais inibem o desenvolvimento e a espontaneidade da pessoa. Um contraponto seria questionar por que algumas pessoas estranham mulheres jogando futebol, como se esse não pudesse ser um esporte praticado por elas.

■ Orientações e sugestões de respostas das atividades

p. 114 – Tema para discussão

Polinização e o desaparecimento das abelhas

Esse tema é de grande importância, uma vez que o desaparecimento de polinizadores como as abelhas tende a gerar um impacto considerável na produção mundial de alimentos de origem agrícola.

A atividade de pesquisa proposta abre espaço também para tratar de agrotóxicos e das monoculturas. É importante sensibilizar os estudantes para o efeito “casca” de certos procedimentos agrícolas. Dada a estreita relação entre o sucesso reprodutivo das plantas e as abelhas, a extinção destas poderia provocar um abalo de enormes proporções entre as populações de plantas polinizadas por esses animais, com impacto indireto em toda a comunidade natural e também, como já mencionado, nas próprias populações de interesse econômico. Em outras palavras, no contexto da produção agrícola, a polinização pode ser entendida como um “serviço ecológico” prestado pelas abelhas que deixaria de ocorrer.

Para a pesquisa, oriente os estudantes quanto à importância de escolher fontes confiáveis de informação. A fonte de dados do texto apresentado no Livro do Estudante é um bom ponto de partida.

Entre outras fontes de informação, você poderá, ainda, compartilhar com os estudantes a seguinte reportagem, que dá ideia da dimensão do problema, uma vez que envolve um alerta emitido pela Organização das Nações Unidas (ONU).

<<http://revistagloborural.globo.com/Noticias/Criacao/noticia/2016/02/onu-alerta-sobre-o-desaparecimento-de-polinizadores-e-pede-medidas-urgentes.html>>. Acesso em: abr. 2016.

Para a elaboração do *slogan*, da charge ou da vinheta pelo grupo, será interessante que você busque a colaboração do(a) professor(a) de Língua Portuguesa, que poderá trabalhar com a turma aspectos da linguagem publicitária, e do(a) professor(a) de Arte. Trata-se de uma excelente oportunidade de trabalho de integração entre diferentes áreas.

p. 115 – Ampliando e integrando conhecimentos

Atividade 1: Principais grupos de plantas

Sobre a estratégia:

Nesta atividade, os estudantes partem de observações e análises das fotografias, reconhecem os organismos e compilam um conjunto de informações a respeito de cada um. Cabe a você, professor(a), orientá-los na busca por essas informações, as quais se encontram dispersas no texto do capítulo. É interessante, aqui, rever noções de taxonomia e sistemática.

Os estudantes poderão ter dificuldades na elaboração do cladograma, talvez não tanto em seu aspecto gráfico, mas sim do ponto de vista da seleção das estruturas corretas (relacionadas com a independência da reprodução sexuada em relação à água e com a formação dos tecidos

condutores). Aqui, a sua participação também é muito importante, professor(a).

Toda a atividade pode ser realizada em grupos: isso facilita a compilação das informações e a tomada de decisão sobre quais estruturas devem ser incorporadas ao cladograma pedido no item “b”.

Para o esquema do ciclo de vida, se for viável em sua escola, você poderá solicitar aos estudantes que ele seja produzido usando meios digitais (como o *LibreOffice Draw* ou o *Windows Paint*). Aspectos como a correção da linguagem e da diagramação poderão ser considerados e trabalhados juntamente com as disciplinas de Língua Portuguesa e Arte. Dependendo dos recursos acessíveis aos estudantes, eles podem fotografar plantas e suas estruturas reprodutivas, incluindo as imagens no esquema.

A produção dessas imagens poderia converter-se em uma atividade do tipo “safári fotográfico”, interessante por si mesma.

O que se espera:

a)

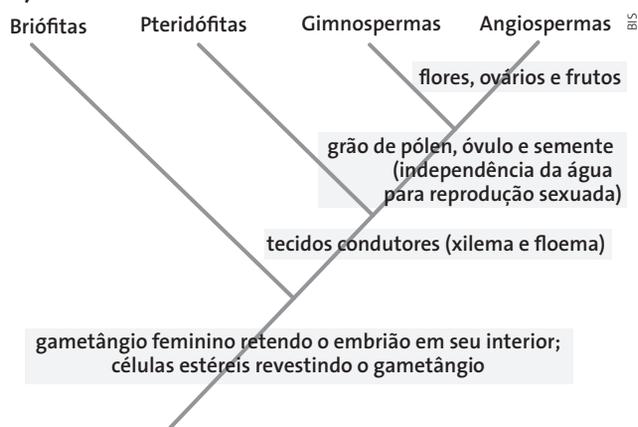
Fotografia A – musgo	
Briófitas	Ausência de tecidos condutores
Musgos (Bryophyta)	Presença de caulóide com filóides

Fotografia B – pinheiro-do-paraná	
Gimnospermas	Com sementes, mas sem frutos
Coniferophyta	Árvores grandes e longevas

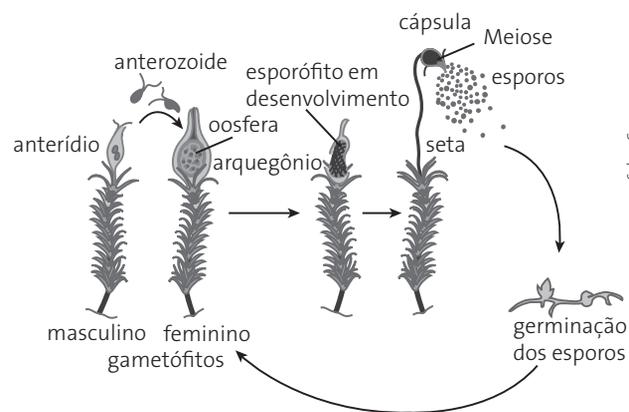
Fotografia C – girassol	
Angiospermas	Com flores, sementes e frutos
Eudicotiledôneas	Dois cotilédones nas sementes e folhas com nervuras reticuladas; flores tetrâmeras ou pentâmeras

Fotografia D – avenca	
Pteridófitas	Com tecidos condutores
Filicíneas (Pterophyta)	Esporângios em soros nas folhas

b)



- c) O que aparece na fotografia **A** são vários gametófitos, com seus respectivos esporófitos. Nas demais fotografias, o que aparece é o esporófito, muito mais desenvolvido que o gametófito (que nas angiospermas se apresenta com o máximo de simplificação).
- d) Resposta de acordo com o esquema apresentado no capítulo.



Elementos representados em diferentes escalas.

- e) São grupos de esporângios (soros).
- f) São inflorescências do tipo **capítulo**. Sobre um receptáculo floral, em forma de prato, inserem-se muitas flores diminutas mais ou menos tubulares, sendo que as periféricas têm cada uma delas uma “pétala” maior voltada para o exterior do receptáculo, formando no conjunto uma coroa vistosa.
- g) As estruturas que contêm os elementos que participam da reprodução sexuada de pinheiros são os **estróbilos**. Há formação da semente, cuja estrutura está descrita no esquema do ciclo de vida de gimnospermas incluído neste capítulo. A semente é constituída por um embrião (diploide, já com caulículo, radícula e folhas primordiais), imerso em uma massa nutritiva correspondendo ao endosperma primário – que é o tecido (haploide) do gametófito feminino, enriquecido com material nutritivo, tudo isso envolto por um integumento originado a partir de tecidos (diploides) do esporófito.

Atividade 2: Gametófitos diminutos!

Sobre a estratégia:

Embora seja possível realizar essa atividade sem que sejam feitas observações ao microscópio, ela pode ser mais bem explorada com o uso desse aparelho, o que possibilitaria observar com mais detalhes os grãos de pólen. Se em sua escola houver microscópios, coloque os grãos de pólen sobre lâminas e adicione uma ou duas gotas de solução açucarada sobre eles, cobrindo a preparação com lamínula.

O que se espera:

É esperado que, em cerca de 30 minutos, o tubo polínico, que corresponde ao gametófito masculino maduro, já esteja bastante evidente. Se houver sucesso nessa preparação, o tubo polínico será observado como delicadas projeções tubulares saindo do envoltório do grão de pólen. No tubo polínico estão os gametas masculinos, mas não será possível vê-los nessa preparação.

Atividade 3: Construindo um terrário

Sobre a estratégia:

A construção do terrário é uma atividade bastante envolvente, além de ser lúdica e operacionalmente simples. Trabalha habilidades manuais e um certo sentido estético (um dos objetivos é construir um terrário limpo, visualmente agradável, feito com cuidado e capricho).

Os organismos que indicamos incluem especialmente samambaias e avencas, e, se possível, musgos. Essas plantas não são lenhosas, adequadas ao recipiente que vai ser usado.

A procura pelo material é uma etapa muito enriquecedora também. Os estudantes vão perceber que os organismos propostos só são encontrados em ambientes bastante específicos. O terrário, pela forma como é construído, assegura pelo menos em boa parte a manutenção de condições favoráveis para a vida dessas plantas – umidade, luz e pouca insolação direta.

O aspecto crucial, que de nenhuma forma deverá passar despercebido, é que o terrário é um ecossistema autossustentável. Nele, ficarão evidentes princípios básicos tratados em diversas aulas, especialmente na área da ecologia. Estamos falando não só das plantas introduzidas durante a montagem, mas também de uma variedade de organismos não visíveis a olho nu, presentes junto a elas e no solo. Com o tempo, as populações desses organismos vão se ajustando aos recursos disponíveis e às condições de luz e de temperatura. A tendência é um equilíbrio ecológico dinâmico, flutuando como resposta basicamente a essas condições externas – não se deverá estranhar alguma mudança em função da estação do ano. Se os terrários forem movidos para ambientes muito diferentes, isso pode desestabilizá-los. É verdade que es-

sas mudanças podem matar plantas e outros organismos que houver, mas também é verdade que, depois disso, um novo equilíbrio será atingido, onde provavelmente as espécies dominantes serão outras.

Você, professor(a), observando o terrário e constatando alterações, poderá orientar os estudantes para que também notem essas alterações. A partir dessas observações, podem surgir indagações, hipóteses explicativas e projetos de experimentos para testá-las. Embora pouco prováveis, eventualmente serão observadas aparentes degradações – é o caso de algum problema inesperado que leve à morte os organismos introduzidos. Até esse “insucesso” é uma base rica para discussão e aprendizado, e, caso isso aconteça, sugerimos não desmontar o terrário, continuando com as observações.

Ao final, os estudantes terão tido uma experiência valiosíssima em termos da sustentabilidade de ecossistemas – o microcosmo é quimicamente fechado e tem recursos limitados, assim como nosso planeta.

O que se espera:

- a) As respostas dependerão das condições particulares de cada terrário. Se as plantas sobreviverem no ambiente fechado, é porque a água é de alguma forma reciclada, no mínimo entre a fotossíntese e a respiração das próprias plantas – na realidade, deverá ser entre a fotossíntese das plantas (e, eventualmente, de outros fotossintetizantes que se desenvolvam, ao longo do tempo) e a respiração delas e de todos os demais organismos que estiverem presentes. Professor(a), aproveite a oportunidade para retomar o ciclo da água, estudado no volume 1.
- b) Resposta pessoal.

CAPÍTULO 7

■ Histologia e morfologia das angiospermas

O capítulo parte da germinação da semente, acompanhando o crescimento da planta, cujo ciclo reprodutivo o estudante já conhece. No capítulo anterior, discutimos como se forma e como é a semente. Agora, vamos abordar a germinação, verificar como surgem os tecidos que compõem uma planta, analisá-los e observar sua disposição nos caules, raízes e folhas.

No início do capítulo, é abordada a estrutura do grão de milho e do grão de feijão, com o objetivo de mostrar uma diferença entre monocotiledôneas e eudicotiledôneas. É importante atentar para o fato de que o grão de milho corresponde ao fruto seco contendo uma única semente ligada à parede do fruto por toda sua extensão. O grão de feijão é uma semente, e a vagem é o fruto.

Para o estudo da anatomia das plantas recomendamos consultar o *Atlas de Anatomia Vegetal*, disponível em: <<http://atlasveg.ib.usp.br>>. Acesso em: abr. 2016.

Este capítulo pode ser apresentado por meio de uma aula bem ilustrada, mostrando os tipos de raiz, caule, folha, fruto e semente.

É interessante trabalhar a morfologia vegetal a partir de observações de plantas na natureza, como sugerido no **Despertando ideias** “Guia ilustrado de plantas”, do capítulo 6. A organização de um álbum de consulta, trabalho no qual os estudantes são estimulados a tirar ou buscar fotografias ou fazer ilustrações das plantas mencionadas no capítulo, torna o conteúdo mais significativo, e a nomenclatura específica da área é incorporada de uma maneira mais interativa.

Com relação ao conteúdo do capítulo, vale mencionar o exemplo da erva-de-passarinho, tratada no texto do item “Adaptações especiais da raiz” (p. 128) como hemiparasita, pois depende da planta hospedeira apenas para sua nutrição mineral, realizando a fotossíntese. Alguns autores, entretanto, consideram essa planta um parasita e não utilizam o termo “hemiparasita”. Optamos por empregar esse termo, pois ele permite diferenciar do que ocorre com o cipó-chumbo, que depende completamente da planta hospedeira para sua nutrição mineral e orgânica. Gostaríamos ainda de comentar o caso das chamadas raízes-escoras da planta *Rhizophora mangle*, mencionada no item “Adaptações especiais do caule” (p. 130). Essas estruturas, na verdade, não são raízes, mas caules que recebem o nome de rizóforos. Essa conclusão foi tirada a partir de estudos anatômicos que verificaram que a estrutura interna era de caule, e não de raiz.

Este capítulo trata também das plantas carnívoras, que despertam muito interesse nas pessoas e costumam ser retratadas de maneira fantasiosa em filmes e desenhos. É importante comentar com os estudantes a inconveniência de chamar essas plantas de insetívoras, pois nem toda planta carnívora é insetívora. Algumas delas podem se alimentar de pequenos animais, como sapos, roedores e pássaros.

Outros comentários merecem ser feitos, a título de esclarecimento:

- O termo “pelo”, em botânica, atualmente só tem sido empregado para **pelo absorvente**. Todas as demais estruturas que também eram chamadas por “pelos” são denominadas atualmente **tricomas**.
- Considera-se crescimento em espessura como crescimento secundário somente quando ocorre a partir do câmbio. Por exemplo: monocotiledôneas como o sisal, o agave e a iúca possuem crescimento em espessura decorrente de desdiferenciações de células do córtex, que se transformam em células meristemáticas deno-

minadas câmbio das monocotiledôneas. Nesse caso, o crescimento em espessura é um crescimento secundário, pois ocorre a partir de um meristema secundário. Entretanto, a maioria das monocotiledôneas pode apresentar crescimento em espessura sem a formação de câmbio. Nessas situações, o crescimento em espessura não é um crescimento secundário. Um caso típico é o caule das palmeiras.

Caso considere pertinente, realize com os estudantes as sugestões da seção 11 deste Manual (*Sugestões de atividades extras para o volume 2*) que envolvem a realização da técnica de herborização e uma gincana sobre frutos e pseudofrutos.

■ Orientações sobre o boxe **Despertando ideias**

p. 120 – Estudo das sementes

Nesse boxe, procuramos despertar o interesse dos estudantes pelo assunto com a realização de uma atividade prática simples, que permite a observação e a comparação de diferentes tipos de sementes.

Se for possível, você pode adiantar o processo de embebição dos grãos antes da aula para analisar a estrutura interna das sementes, de modo que os estudantes já encontrem os grãos de feijão, ervilha e milho nas condições adequadas para observação e estudo. Com essa preparação prévia, essa atividade pode ser realizada em uma aula.

Os desenhos solicitados são importantes para desenvolver a habilidade de observação. Há necessidade de análise e observação minuciosa das sementes para que os estudantes consigam fazer as ilustrações propostas. Com essa atividade, eles devem entender melhor os esquemas do livro e, assim, perceber que, no feijão e na ervilha, a reserva de alimento está nos cotilédones enquanto no grão de milho está fora do cotilédone. A planta já germinada corresponderá às demais partes do embrião.

■ Orientações e sugestões de respostas das atividades

p. 136 – Tema para discussão

Plantas medicinais e plantas tóxicas

A primeira atividade proposta sugere uma pesquisa acerca de mais informações a respeito das plantas medicinais e das plantas tóxicas. Como o texto disponibilizado no Livro do Estudante já fornece informações substanciais, é importante que a pesquisa feita pelos grupos apresente informações que de fato ampliem o que foi visto.

A pesquisa a respeito das plantas medicinais oferece uma excelente oportunidade de conhecer e resgatar o saber popular. Caso haja essa possibilidade, incentive os educandos a fazer entrevistas com familiares ou conhe-

cidos idosos, que possam compartilhar com eles conhecimentos transmitidos de geração a geração.

As plantas tóxicas constituem um tema importante, pois conhecê-las é fundamental para a prevenção de acidentes. Dentre as plantas tóxicas, destacam-se as utilizadas na alimentação humana, como a mandioca (macaxeira).

É importante que o estudante entenda o conceito de planta tóxica. Dentro desse conceito estão plantas que possuem algum princípio ativo com possibilidade de causar intoxicação em seres humanos ou animais domésticos, com registro de pelo menos um caso comprovado. Muitas vezes, a intoxicação não é causada por substâncias produzidas pela planta, mas por agentes que a infectam, como fungos. Há também plantas que são tóxicas por acumularem elementos tóxicos do solo, mas que não são produzidos por elas.

Na segunda atividade, pretende-se que o estudante busque informações a respeito da prevenção e tratamento de acidentes com plantas tóxicas na região onde mora. Procura-se também estimular a criação de uma ou mais maneiras de divulgar as informações sobre um assunto bastante importante, que nem sempre recebe a devida atenção.

Você poderá também estimular os estudantes a pesquisar informações sobre plantas tóxicas comuns nas casas e jardins, com foco nos efeitos de cada uma e no que fazer em caso de acidente envolvendo tanto seres humanos como animais domésticos (como cães e gatos).

Algumas sugestões de *sites* para pesquisa:

- <<http://www.cpap.embrapa.br/agencia/congresso/Bioticos/VILELLA-070.pdf>>
- <<http://hypescience.com/10-plantas-que-podem-matar-voce/>>
- <<http://www.portaleducacao.com.br/enfermagem/artigos/1790/plantas-toxicas-do-brasil>>

Acessos em: abr. 2016.

p. 140 – Ampliando e integrando conhecimentos

Atividade 1: Botânica na feira

Sobre a estratégia:

Essa é uma atividade de observação dos produtos comestíveis de origem vegetal encontrados na feira e de classificação em categorias gerais previamente descritas no capítulo.

A assimilação do conhecimento poderá vir com as justificativas: que elemento(s) de cada estrutura foi(ram)

essencial(ais) para classificá-la? Por que ela é um pseudofruto e não um fruto, por exemplo? A couve-flor é uma flor ou uma inflorescência? Por quê? As discordâncias que houver entre os estudantes provavelmente serão o terreno mais fértil para a assimilação de conhecimento sobre a natureza do que se vê nas feiras e nos mercados em termos de alimentos vegetais.

O que se espera:

Resposta pessoal. Eles podem, por exemplo, encontrar frutos: morango (fruto agregado), mamão, laranja e tomate (bagas), vagem (legume), abobrinha e chuchu; pseudofruto: maçã; raiz tuberosa: cenoura; tubérculo: batata-inglesa; flor: couve-flor (inflorescência); e folha: espinafre, couve e repolho.

Atividade 2: Interpretando esquemas

Sobre a estratégia:

Nesta atividade, aproveitamos para transpor informações obtidas de um esquema de objeto de estudo em vista tridimensional, para outro, do mesmo objeto, porém em corte transversal (bidimensional). Ao mesmo tempo que solicitamos a identificação, propiciamos uma oportunidade para o estudante assimilar melhor a estrutura interna de uma raiz madura de monocotiledônea.

O que se espera:

- a) É uma raiz de monocotiledônea. A presença de um cilindro vascular indica tratar-se de raiz; a presença de medula no centro do cilindro central, em vez de vasos do xilema, indica ser de monocotiledônea.
- b) Endoderme – 4
Periciclo – 2
Xilema – 5
Floema – 1
Córtex – 3
Medula – 6
A estrutura 6 do corte não é identificada no esquema tridimensional.

Atividade 3: Uma adaptação de orquídeas

Sobre a estratégia:

Você, professor(a), pode solicitar aos estudantes que se baseiem nas suas observações para propor uma hipótese sobre o valor adaptativo do velame nas raízes de orquídeas, que são epífitas.

O que se espera:

- a) A camada que corresponde ao velame é a de número 2.
- b) 1 – endoderme
3 – medula
4 – córtex
5 – floema
6 – xilema

Atividade 4: Mono ou eudicotiledôneas?

Sobre a estratégia:

Apesar de o enunciado ser simples, ele expressa um problema real que, se não for solucionado, pode ter sérias consequências por se tratar de estradas e rodovias. Os estudantes deverão estabelecer que características de monocotiledôneas (capim) ou árvores de eudicotiledôneas estariam relacionadas com a contenção da terra por ocasião das chuvas.

O que se espera:

Em primeiro lugar, o problema do arrasto de terra pelas chuvas é, pelo menos inicialmente, restrito às camadas mais superficiais do solo. Estruturas profundas e espaçadas não evitariam esse arrasto, muito embora pudessem conter o deslizamento de grandes blocos de terra (o que não é o caso). Além disso, as árvores têm crescimento muito mais lento que o capim. Sendo o capim uma monocotiledônea, seu sistema de raízes é fasciculado (em cabeleira), formando um emaranhado nos primeiros centímetros de solo. É essa estrutura emaranhada de raízes finas, relativamente curtas e de rápido crescimento, que faz do capim a melhor alternativa para a solução do problema.

CAPÍTULO 8

■ Fisiologia das angiospermas

Neste capítulo, são abordados alguns dos principais mecanismos fisiológicos envolvidos na nutrição, crescimento e desenvolvimento das plantas. O assunto é apresentado com informações dosadas de forma a levar o estudante a entender a fisiologia vegetal como um conjunto de processos integrados e dinâmicos, responsáveis por mantê-la viva e em equilíbrio com o meio. Além disso, para compreender esses aspectos da fisiologia vegetal, o estudante utilizará seus conhecimentos de biologia celular, vistos no volume 1 desta coleção, e de reprodução, morfologia e histologia das plantas, assuntos tratados nesta unidade.

Outro comentário importante, a título de esclarecimento: os termos **seiva bruta** e **seiva elaborada** têm sido substituídos por **seiva do xilema** e **seiva do floema**, respectivamente, pois, além das substâncias mencionadas no texto, transportam também outras, como os hormônios vegetais.

Os assuntos tratados no capítulo podem ser abordados em aulas práticas, com a realização de atividades simples de verificação. Veja alguns exemplos:

- **Verificação da transpiração foliar:** em uma planta do jardim da escola ou em vaso, encobrir algumas folhas com saco plástico transparente, vedando bem. No dia seguinte, o plástico terá gotículas de água em sua su-

perfície interna, formadas na condensação do vapor-d'água eliminado pela transpiração da folha.

- **Verificação do estiolamento:** colocar quatro grãos de feijão para germinar em algodão ou terra, um em cada recipiente (pode ser um copo plástico limpo, de iogurte). Dois grãos de feijão devem ser mantidos sob iluminação natural e os outros dois dentro de uma caixa escura. As plântulas que se desenvolvem no escuro serão estioladas.
- **Verificação do fototropismo positivo do caule:** colocar uma planta (pode ser de feijão) dentro de uma caixa de papelão com apenas um orifício pequeno para entrada de luz. Outra planta da mesma espécie deve ser mantida sob condições naturais, recebendo luz uniformemente. Observar depois de uma semana. Nesse intervalo de tempo, a caixa pode ser aberta para a rega da planta.
- **Verificação do geotropismo negativo do caule:** colocar uma planta (pode ser de feijão) com o caule na posição horizontal. Outra planta da mesma espécie deve ser mantida com o caule ereto, recebendo luz uniformemente. Observar depois de uma semana. Nesse intervalo de tempo, é importante regar as plantas.
- **Verificação do efeito do gás etileno na maturação de frutos:** providenciar três unidades de um fruto carnoso ainda “verde” (pode ser mamão, laranja, banana no cacho ou outro). Deixar uma unidade exposta às condições do ambiente. Outra unidade deve ser mantida dentro de uma geladeira, e a terceira, embrulhada em folhas de jornal. Verificar após alguns dias o estado de maturação de cada fruto.

Em todos os exemplos citados, existe a possibilidade de incentivar os próprios estudantes a planejar os procedimentos. Veja a seção 11 (*Sugestões de atividades extras para o volume 2*) deste Manual, que apresenta uma atividade experimental com feijões para verificar os fenômenos do geotropismo e do estiolamento.

O texto “Hidroponia, a técnica de cultivar plantas sem terra” (p. 147) aborda um assunto atual que vem a cada dia avançando em importância, em especial em locais com solos pobres e regiões com pouca água. Além disso, a hidroponia é uma solução para evitar transportes de alimentos produzidos em um local e vendidos em outros distantes. Seria interessante propor uma pesquisa aos estudantes sobre hidroponia e, se possível, realizar um projeto conjunto com a área de Geografia, analisando as diferentes condições sociais e geográficas nas diferentes regiões do país onde esse tipo de cultivo é praticado.

Além do fototropismo e do geotropismo, outros movimentos orientados por estímulos são apresentados no texto “Tropismo, tactismo e nastismo” (p. 151). Esse texto tem por objetivo trazer informações aos estudantes a respeito de movimentos das plantas que eles podem verificar no cotidiano. Isso aproxima o assunto da realidade, tornando o estudo mais atrativo.

■ Orientações sobre o boxe *Despertando ideias*

p. 149 – Interpretando uma montagem experimental

Nessa demonstração, há passagem de água da cuba para dentro do tubo, inicialmente através do balão **A**. Com o conseqüente aumento de pressão em **A**, surge um fluxo de solução de açúcar em direção ao balão **B** onde a pressão é menor. Com isso, moléculas de açúcar são arrastadas ao longo do tubo e chegam ao balão **B**. Como o tubo é largo, os dois balões (inicialmente iguais) permanecerão com volumes muito semelhantes, embora cada vez maiores, o que evidencia a entrada de água da cuba.

O balão **A** pode corresponder às células das folhas, com maior concentração de carboidratos em seu interior; o **B**, às células não fotossintetizantes da planta em geral, com menor concentração; e o tubo em U, aos vasos do floema.

Você pode pedir aos estudantes que analisem o experimento e atentem para as etapas: qual a condição inicial? Em seguida: o que se observou? A partir daí, formulamos a pergunta: “A passagem de água para uma solução hipertônica através de uma membrana semipermeável pode aumentar a pressão hidrostática a ponto de produzir fluxo de solução ao longo de um tubo?”. Para respondê-la, testamos a hipótese de que essa diferença de pressão é verdadeira. O experimento foi feito para testar essa hipótese.

Note que o único material que pode entrar no sistema do tubo a ponto de aumentar o volume dos balões é a água destilada da cuba. Se o açúcar chegou ao balão **B**, então houve maior entrada de água no balão **A**, evidenciando a ocorrência de osmose e de transporte.

■ Orientações e sugestões de respostas das atividades

p. 154 – Tema para discussão

Um triste exemplo de conhecimento biológico mal utilizado

O uso do agente laranja constituiu mais um triste episódio da Guerra do Vietnã. Assim como muitos dos demais boxes *Tema para discussão*, este também procura relacionar o conhecimento teórico com a aplicação prática e levanta uma questão ética fundamental sobre a utilização do conhecimento: ele deveria trazer harmonia e não destruição. Essa reflexão é uma das propostas para o aprofundamento do tema.

Seria interessante, neste momento, fazer um trabalho integrado com professores da área de História, com o objetivo de resgatar conhecimentos a respeito da Guerra do Vietnã e de outras guerras em que o conhecimento biológico foi utilizado para a destruição.

p. 155 – Ampliando e integrando conhecimentos

Atividade 1: Geo e fototropismo

Sobre a estratégia:

Para interpretar os resultados experimentais apresentados nesta atividade, os estudantes terão de relacionar luz e gravidade com a ação de hormônios vegetais. É interessante propor uma releitura do capítulo para que eles compilem as informações necessárias.

O que se espera:

Tanto a luz quanto a gravidade, ambas direcionadas na vertical, afetam a distribuição de hormônios de crescimento (auxinas) pelas partes da planta e, portanto, sua concentração. A rotação constante do vaso faz com que a gravidade atue homoganeamente em torno de todo o eixo da planta, da mesma forma que acontece com a luz. Dessa maneira, não se estabelecem diferenças de concentração de auxinas entre um lado e outro da planta e ela se alonga do mesmo modo que faria se estivesse na vertical, isto é, sem curvaturas. Já no caso do segundo vaso, com a planta na horizontal sem girar, o lado dela que está voltado para cima é sempre o mesmo e, nesse cenário, surge uma diferenciação no efeito das auxinas entre esse lado e o lado voltado para baixo. No caule, a concentração que estimula o alongamento se verifica no lado inferior, que se alonga mais que o superior e produz a curvatura para cima. Na raiz, essa mesma concentração é inibitória para o alongamento. Assim, com a distensão inibida no lado inferior, o superior alonga-se comparativamente mais e, com isso, a raiz se curva para baixo.

Atividade 2: Sobre o ponto de compensação

Sobre a estratégia:

É importante lembrar aos estudantes de que só a velocidade do processo fotossintético não estabelece, por si, a produtividade líquida. Há que se fazer a integração com a velocidade da respiração celular. Somente acima do ponto de compensação haverá um excedente de produto orgânico para viabilizar a sobrevivência do organismo vegetal. No final, você, professor(a), pode fornecer aos estudantes informações adicionais a respeito das espécies tratadas nesta atividade e dos ambientes mais propícios ao seu desenvolvimento.

Reproduzimos aqui trechos de artigo sobre o cupuaçuzeiro que pode ser consultado na íntegra em: <<http://www.ceplac.gov.br/radar/cupuaçuzeiro.htm>> (acesso em: abr. 2016).

[O cupuaçuzeiro] é uma planta de boa adaptação à sombra, o que a torna uma planta apropriada para formação de consórcios com outras espécies frutíferas ou florestais. Este sistema proporciona bons resultados econômicos e ecológicos, permitindo uma exploração com maior sustentabilidade. Portanto, torna-se uma alternativa válida

para a diversificação da fruticultura comercial, sem provocar fortes impactos ambientais [...]. É cultivado em regiões que apresentam temperaturas médias anuais superiores a 22 °C, pluviosidade acima de 1500 mm, [com chuvas] bem distribuídas, e umidade relativa acima de 75% [...]. Para instalação do pomar, poderão ser escolhidas áreas ocupadas com mata, capoeira ou áreas de pastagens. Em qualquer situação, é importante verificar a profundidade do solo e retirar as amostras para a análise química. Os solos deverão ser, de preferência, profundos e bem drenados [...]. Esta etapa (preparação do pomar) consiste basicamente na derrubada ou raleamento da vegetação existente, balizamento, calagem e drenagem (quando necessário) e plantio de sombreamentos, definitivos e provisórios, requeridos pela cultura, por se tratar de uma cultura adaptada às condições de sub-bosque.

O cupuaçuzeiro (*Theobroma grandiflorum*) é do mesmo gênero do cacauzeiro (*Theobroma cacao*), planta também cultivada à sombra dentro da mata.

A outra espécie, bico-de-papagaio (*Euphorbia pulcherrima*), também é conhecida como poinsettia, estrela-de-natal e folha-de-sangue e é muito comum em áreas ajardinadas. Deve ser plantada a pleno sol, em solo fértil, drenável e enriquecido com matéria orgânica, com regas regulares. Seu látex é tóxico, causando irritações na pele. As flores são bem pequenas, ficando a inflorescência no centro de uma coroa de folhas modificadas ou brácteas muito coloridas (geralmente vermelhas).

O que se espera:

- a) No caso do cupuaçuzeiro, a fotossíntese já atinge sua velocidade máxima (platô) com uma intensidade luminosa bem menor do que no caso do bico-de-papagaio, uma planta reconhecidamente de ambientes com insolação direta. Isso indica que suas adaptações permitem que ele viva melhor com pouca luz que o bico-de-papagaio. Sua taxa respiratória também é menor. Assim sendo, o cupuaçuzeiro deve ser plantado à sombra.
- b) Se o bico-de-papagaio for plantado em um ambiente no qual a intensidade luminosa fique abaixo de seu ponto de compensação, ele morrerá. Nessas condições, a taxa respiratória poderá ficar acima da fotossíntese e, então, haverá um déficit de produção de matérias-primas essenciais para seu crescimento e sobrevivência.

Atividade 3: Interpretando um experimento sobre fotoperiodismo

Sobre a estratégia:

Inicialmente é bom que os estudantes retomem o texto sobre fotoperiodismo. Propositadamente, o experimento descrito nesta atividade difere do padrão mais básico, apresentado no capítulo, já que há um fator adicional sendo testado – a continuidade do período de escuro.

Você, professor(a), poderá propor, talvez como um desafio, que os estudantes façam uma pesquisa em fontes

confiáveis sobre o mecanismo de interconversão dos fitocromos **F** e **R**, apenas resumido no texto do capítulo.

O que se espera:

Os experimentos evidenciam a importância do período escuro para a floração. Quando esse período é interrompido, mesmo que por um *flash*, o comportamento das plantas muda: a planta de dia curto não floresce e a planta de dia longo floresce.

O comportamento das plantas não muda quando a interrupção ocorre no período de luz. Em função disso é que se diz que plantas de dias curtos deveriam ser chamadas de plantas de noites longas, e plantas de dias longos deveriam ser chamadas de plantas de noites curtas. Esse experimento deixa isso bem elucidado, pois a interrupção do período claro não afeta o comportamento da planta quanto à floração, mas a interrupção do período escuro, sim.

Atividade 4: Interpretando experimento sobre fototropismo

Sobre a estratégia:

Mais uma vez apresentamos resultados de um experimento para serem analisados pelos estudantes. Neste caso, voltamos ao fototropismo, mas, ao contrário do que vimos na atividade 1 desta mesma seção, tratamos apenas do fator luz, isolado da gravidade. Todas as plantas iniciam seu crescimento na vertical, isto é, sem assimetrias na distribuição de auxinas em torno do eixo das plantas que pudessem estar sendo provocadas pela gravidade.

É bom enfatizar a diferença entre os dois experimentos como reflexo dos métodos utilizados. O significado do tratamento-controle pode ser retomado – ele informa como os eventos se sucedem na condição sem manipulação.

Seria bom discutir com os estudantes a importância da terceira montagem – se o resultado, nesse caso, fosse diferente daquele da segunda montagem, curvando-se a plântula, a única explicação plausível seria uma ação da pasta de lanolina devolvendo o potencial de curvatura aparentemente perdido com a extirpação do ápice.

O que se espera:

A segunda montagem demonstra que o fator determinante da resposta do coleóptilo à incidência oblíqua de luz (curvatura) se localiza no seu ápice.

A terceira montagem mostra que a pasta de lanolina é inócua do ponto de vista da orientação do crescimento. A montagem decisiva é a quarta. Ela evidencia que os tecidos do ápice, em si, não são essenciais para o fototropismo desde que esteja presente o AIA.

Em resumo, o experimento demonstra que o AIA presente no ápice dos coleóptilos é o fator determinante do fototropismo.

CAPÍTULO 9

■ Origem, evolução e características gerais dos animais

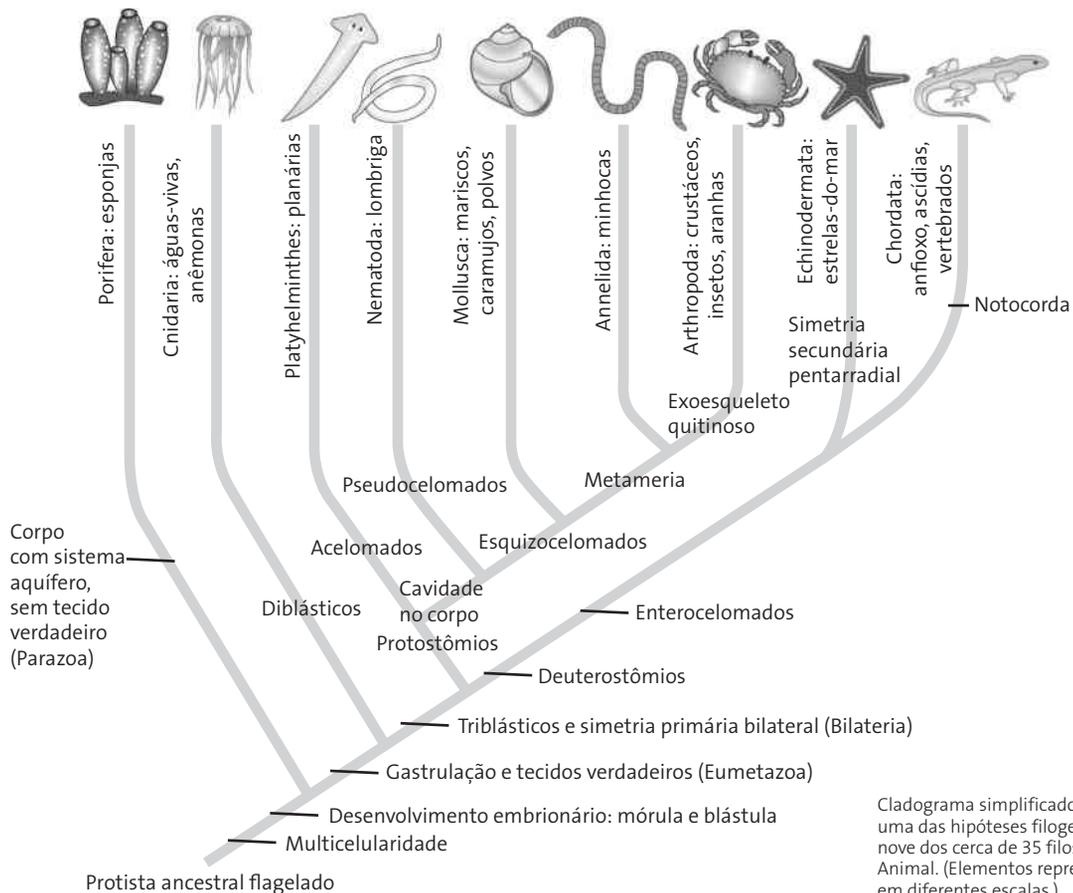
Retome com os estudantes a posição dos animais na árvore da vida antes de iniciar o texto do capítulo. Nele discutiremos as características gerais que os diferenciam dos demais seres vivos. Uma delas é o aparecimento da multicelularidade, característica que surgiu várias vezes em diferentes linhagens dos seres vivos, como nas algas multicelulares, plantas e fungos. Lembre os estudantes da questão sobre a existência de multicelularidade em procariontes.

No caso dos animais, estudaremos os tecidos a partir do momento em que tratamos dos cnidários. A alimentação por ingestão é característica presente em todos os animais, mesmo nos poríferos, em que ocorre a ingestão de diminutas partículas presentes na água circulante,

fagocitadas ou endocitadas. Nos demais animais, há cavidade digestória; o padrão de digestão intracelular persiste em muitos grupos, como em cnidários, platelmintos e na maioria dos moluscos.

Entre as características que definem os animais está o desenvolvimento embrionário, com as fases de mórula e blástula. É aqui que passamos às noções de embriologia, que não está em uma unidade separada, mas sim incorporada e contextualizada para se abordar evolução animal, o que é mais significativo para o estudante. Assim, apresentaremos a embriologia aos poucos, introduzindo os assuntos na medida do necessário para entender a evolução animal.

Nesta obra, abandonamos a hipótese mais clássica e já superada de classificação dos animais. É, no entanto, importante alertar os estudantes para o fato de que a classificação antiga ainda pode estar presente em muitos exames de vestibular. Por isso, nós a apresentamos aqui, para o caso de você querer mostrá-la aos estudantes.



Conceitograf

Cladograma simplificado mostrando uma das hipóteses filogenéticas para nove dos cerca de 35 filos do Reino Animal. (Elementos representados em diferentes escalas.)

Na nova proposta de classificação, as modificações maiores estão nos protostômios. Note que *Nematoda* é um grupo mais aparentado com *Arthropoda*, por causa da muda ou ecdise, além de semelhanças moleculares. Eles estão em um grande agrupamento chamado *Ecdisozoa*. O corpo desses animais é revestido por uma **cutícula** derivada da epiderme. Embora outros animais também possam apresentar cutícula, nos ecdisozoários há a peculiaridade da ecdise: durante o crescimento e/ou metamorfose, há um desprendimento total da cutícula, que é abandonada de uma só vez pelo animal; ao mesmo tempo, uma nova cutícula é formada. Há, portanto, troca ou **muda**, processo que se verifica várias vezes ao longo da vida desses animais. Nos nematódeos a cutícula é rica em **colágeno**, e nos artrópodes, em **quitina**.

Platyhelminthes, *Mollusca* e *Annelida* ficam mais próximos evolutivamente por semelhanças moleculares e algumas semelhanças anatômicas. Eles estão com outros filos em um grande agrupamento chamado *Lofotrochozoa*, que inclui, por exemplo, os briozoários, grupo não tratado nesta obra. Esse termo deriva de dois aspectos: 1) a presença de lofóforo em alguns dos grupos aí incluídos, caso dos briozoários; e 2) da larva trocófora, caso dos anelídeos e moluscos. Os plattelmintos, por outro lado, não possuem lofóforo nem trocófora, incluindo-se no grupo por outros motivos.

A origem da metameria na evolução animal é outra fonte de constantes debates. Existem duas principais correntes: uma delas afirma que o ancestral bilatério não era segmentado e que a metameria ocorreu independentemente na linhagem que derivou para os anelídeos e artrópodes, dentre os protostômios, e na que derivou para a maioria dos cordados, dentre os deuterostômios; a outra afirma que esse ancestral bilatério já era segmentado e, assim, a metameria seria uma condição de todo animal com simetria bilateral. Aqueles bilatérios que não apresentam metameria teriam perdido essa condição em sua evolução.

Esses debates ainda estão longe de um fim, embora a tendência ainda seja considerar que a condição metamérica surgiu várias vezes na evolução.

Com as novas propostas de classificação dos animais e com o destaque que o tema células-tronco vem ganhando, consideramos relevante falar sobre os dois tipos de clivagem: a espiral e a radial no texto “Clivagem e células-tronco” (p. 165). A clivagem espiral ocorre em toda a linhagem dos protostômios, e o que ela tem de interessante em relação à clivagem radial, tradicionalmente dada no Ensino Médio, é que cada blastômero já tem um destino definido desde a primeira divisão do ovo. Isso é muito diferente do que ocorre na linhagem dos deuterostômios, que possuem clivagem radial. Nesses casos, há células-tronco embrionárias até o início da gastrulação, quando ocorre a diferenciação dos folhetos germinativos. Por isso,

no estudo com células-tronco embrionárias, só são considerados animais da linhagem dos deuterostômios até o estágio de blástula.

■ Orientações e sugestões de respostas das atividades

p. 168 – Tema para discussão

O maior bioma do mundo

No **Tema para discussão**, aborda-se o artigo que trata da enorme diversidade que há no Brasil em relação a outros países. Saber que nosso país é o que apresenta a maior diversidade de espécies do mundo, que ainda há muito por descobrir e que o número de espécies em extinção está crescendo parece-nos fundamental para alertar nossos educandos a respeito da importância do Brasil também nesse aspecto. Na proposta para discussão desse tema, pedimos aos estudantes que pesquisem mais informações sobre a Amazônia e que as discutam em classe, com foco na relação entre desmatamento e aumento do número de espécies em risco de extinção.

Como trabalho de desenvolvimento de cidadania, pedimos que os estudantes estruturarem um trabalho de divulgação na escola, de modo a explicar a importância da preservação do meio tomando a Floresta Amazônica como exemplo. Nesse momento, os estudantes são estimulados também a transformar as informações obtidas e discutidas na classe em uma das muitas formas de divulgação do saber. O uso de diferentes linguagens e formas de expressão foi valorizado em vários dos textos apresentados na seção **Tema para discussão** desta coleção.

Se for conveniente, sugere-se que você, professor(a), estimule os estudantes a estudar, como atividade adicional, o bioma da localidade onde vivem.

p. 170 – Ampliando e integrando conhecimentos

Atividade 1: Transitando entre duas e três dimensões

Sobre a estratégia:

Esta atividade apresenta graus distintos de dificuldade para converter a estrutura evidenciada nos cortes em uma imagem mental tridimensional e na habilidade exigida para fazer a moldagem. Nossa intenção é não só levar os estudantes a fazer essa transposição, como também associar cada padrão de construção a um tipo de animal de fato.

No momento da moldagem, serão necessárias massas de cinco cores diferentes, a fim de permitir a distinção dos seguintes componentes: luz do tubo interno, parede do tubo interno, cavidade em torno do tubo interno,

camada mais profunda periférica e camada superficial. Sugerimos que a moldagem seja feita por aposição de camadas sucessivas em torno de um cilindro sólido interno, aparando-se as extremidades no final. Você, professor(a), poderá orientar os estudantes na construção do molde, mas é preferível que eles repitam a moldagem quando ela não der certo, até que os componentes tenham sido corretamente dispostos. Convém enfatizar os casos em que o espaço, apesar de preenchido com massa, deve ser entendido como uma cavidade, na comparação entre um animal e outro.

O que se espera:

a) e b)

Espera-se que, ao cortarem longitudinalmente (plano mediano de todo o modelo) e transversalmente (uma das metades resultantes do primeiro corte), os estudantes vejam reproduzidas em massa de modelar as estruturas representadas nas figuras do livro.

- c) A cavidade amarela é a luz do tubo digestório, estrutura na qual ocorre a digestão extracelular. A cavidade branca é um espaço entre o tubo digestório (origem endodérmica) e a parede do corpo. Como ela está delimitada por material celular de diferentes origens (endoderme e mesoderme), trata-se de um pseudoceloma, também denominado blastoceloma.
- d) O componente em vermelho tem origem endodérmica; o roxo, mesodérmica.
- e) O animal com estrutura mais próxima da representada no modelo seria um nematódeo (por exemplo, uma lombriga). A cavidade é um blastoceloma que atua como esqueleto hidrostático na sustentação do corpo e como meio de distribuição de nutrientes pelo corpo.
- f) Esse animal poderia ser um anelídeo (por exemplo, uma minhoca).
- g) Seriam cavidades celômicas.
- h) Há duas diferenças importantes: nas figuras **A** e **B**, a cavidade é indivisa e delineada por dois tipos diferentes de material, enquanto nas figuras **C** e **D** ela é compartimentada e cada compartimento é delineado por apenas um tipo de material.

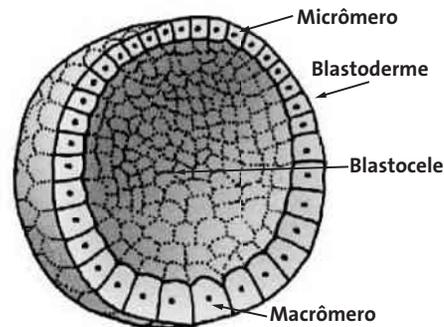
Atividade 2: Tipos de ovo e de clivagem

Sobre a estratégia:

Tal como na atividade anterior, propomos a análise de figuras, extraindo delas elementos para resolver uma série de questões. Você pode chamar a atenção dos estudantes para o aspecto principal: a quantidade e distribuição do vitelo – esse fator afeta a organização do fuso mitótico e, portanto, o plano de divisão (além de interferir na citocinese). Também pode relacionar a segunda figura com a gema do ovo da galinha, lembrando que na gema a parte sem vitelo é proporcionalmente muito menor.

O que se espera:

- a) É um ovo heterolécito.
- b) Aparece, por exemplo, nos sapos (anfíbios).
- c) A clivagem é total, desigual.
- d) Dependerá do modelo elaborado pelo estudante.



Jurandir Ribeiro

- e) A clivagem seria parcial (a citocinese não se estende pela massa vitelínica), formando o blastodisco na superfície da massa de vitelo. Sob o blastodisco aparece a cavidade subgerminal, cujo “assoalho” é o vitelo (não se fala em blastocelo).

Atividade 3: Um problema da multicelularidade

Sobre a estratégia:

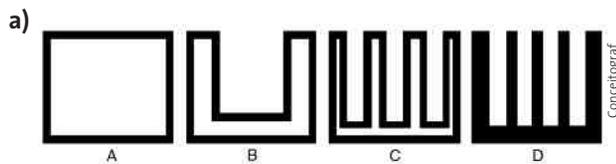
Nesta atividade, procuramos trabalhar uma questão física: a limitação do processo de difusão como mecanismo de distribuição de substâncias pelo corpo dos animais devido à distância a ser vencida. Você poderá auxiliar os estudantes no estabelecimento dessa relação.

Se os estudantes assimilarem o que é discutido nesta atividade, posteriormente compreenderão a importância de muitas características dos animais: qual o valor adaptativo de a planária ser achatada? Por que nossos vasos capilares precisam ser tão finos e numerosos? Por que as brânquias e os pulmões não são grandes massas compactas?

Os blocos experimentais propostos aqui diferem entre si pela relação entre superfície e volume, mas vamos deixar para tratar disso mais especificamente no próximo capítulo. O essencial é que, na sequência de **A** até **D**, a distância máxima que precisaria ser percorrida por difusão pelas moléculas vá progressivamente diminuindo. Na situação **A**, o resultado apresentado dá uma medida da penetração das moléculas de corante na gelatina. Essa medida independe da forma do bloco e deve manter-se em **B**, **C** e **D**.

Depois que os estudantes pintarem nesses últimos uma camada com essa mesma espessura, deverão perceber a diferença entre as três formas quanto à distribuição do corante pela massa de gelatina. Você, professor(a), pode enfatizar que a camada pintada deve ter a mesma espessura em todos os desenhos.

O que se espera:



b) Por causa de sua estrutura, com maior relação área/volume, a massa interna de um animal construído no padrão **D** fica toda oxigenada, ao contrário dos outros casos em que ficam porções não pintadas, evidenciando partes do corpo que não receberiam gás oxigênio do meio exterior.

CAPÍTULO 10

■ Diversidade animal I

Neste capítulo, passamos ao estudo dos poríferos, cnidários, platelmintos, nematódeos, moluscos e anelídeos. Comentaremos aqui alguns aspectos técnicos:

- O uso do termo “diblástico” para Porifera: os poríferos não possuem tecidos verdadeiros, embora essa abordagem seja contestada por alguns autores, que consideram o meso-hilo um tipo de tecido conjuntivo (veja o livro *Zoologia dos invertebrados*, de Ruppert, Fox e Barnes). O termo “diblástico” só pode ser empregado por analogia e não por homologia. O desenvolvimento embrionário é, dentre os poríferos, extremamente diversificado e em alguns casos podem ser diferenciados dois “folhetos germinativos”, mas que não correspondem aos dos demais animais. É o que ocorre, por exemplo, nas espécies em que a forma larval é a anfiblástula. Nesse caso, existem células menores, flageladas, por analogia chamadas micrômeros, e células maiores, por analogia denominadas macrômeros. Os micrômeros originam coanócitos; os macrômeros originam as células que revestem externamente o corpo do animal adulto (pinacócitos). Os poríferos não apresentam a fase de gástrula: as larvas estão na fase de blástula e dela entram em metamorfose, sem passar pela gastrulação. Assim, não apresentam folhetos germinativos, equivalentes aos dos demais animais, além de não terem boca nem cavidade digestória.
- O uso do termo “protostômio”: esse termo não é utilizado para os poríferos, pois eles não têm cavidade digestória nem boca nem ânus. Não apresentam blastóporo nem arquêntero durante o desenvolvimento embrionário, pois não passam pela fase de gástrula. Alguns autores consideram os cnidários como protostômios, mas a maioria dos textos de zoologia emprega o termo “protostômio” apenas para bilatérios com clivagem espiral, nos quais o blastóporo dá origem à boca ou à boca e ao ânus. Neste último caso, o blastóporo é uma fenda e há fusão das duas margens entre as duas extremidades: uma das extremidades

que permanece aberta dá origem à boca; a outra, ao ânus. Há autores que usam o termo “protostômio” somente para moluscos, anelídeos, nematódeos e artrópodes, entre os grupos que são estudados no Ensino Médio.

- O uso do termo “Cnidaria” em vez de Coelenterata (celenterados): o termo “celenterado” só tem valor vulgar, sem valor taxonômico; engloba os ctenóforos (grupo não abordado no Ensino Médio).
- O uso dos termos “cnidócito”, “cnidoblasto”, “cnida” e “nematocisto”: esses termos referem-se a estruturas distintas. O cnidócito é a célula já diferenciada que caracteriza os cnidários, contendo em seu interior a cnida, uma organela citoplasmática e derivada do complexo golgiense; a cnida mais comum é o nematocisto. Assim, o nematocisto é uma organela citoplasmática encontrada no cnidócito. O cnidoblasto é uma célula indiferenciada que, após o processo de diferenciação, originará o cnidócito. Em Biologia utiliza-se a terminação “-blasto” toda vez que nos referimos a uma estrutura ou condição embrionária.
- A classificação dos cnidários: as classificações mais recentes consideram quatro classes de cnidários, sendo a condição primitiva no grupo a presença de pólipos no ciclo de vida. As medusas teriam surgido depois. Isso muda a forma como sempre foram abordados os cnidários, a partir dos hidrozoários. Essa nova proposta é muito bem aceita e resolvemos introduzi-la aqui. Por isso, o primeiro grupo apresentado é o dos antozoários, em cujo ciclo de vida não há medusas. Depois, entram os Hydrozoa, em que muitas espécies apresentam medusas em seu ciclo de vida, para depois falar dos Scyphozoa, em que a medusa é a forma predominante. Por fim, adotamos a classe Cubozoa, animais que cada vez mais se mostram diferentes das demais medusas do grupo dos cifozoários. Nos Cubozoa, estão medusas com umbrela cúbica, como *Chironex fleckeri*, que ocorre na Austrália, e *Tamoya haplonema* e *Chiropsalmus quadrumanus*, que ocorrem no Brasil. Se achar oportuno, faça a sugestão de atividade da seção 11 deste Manual (*Sugestões de atividades extras para o volume 2*) que relaciona as diferentes fases de vida dos cnidários às formas de dispersão e proliferação.
- A classificação adotada para os platelmintos é a mais tradicional. Caso se interesse por uma discussão sobre outras propostas de classificação desses animais, consulte os livros referenciados de Brusca & Brusca e de Ruppert, Fox & Barnes. Consideramos suficiente o que foi apresentado na coleção para o estudante de Ensino Médio ter uma ideia geral da diversidade do grupo.
- Com relação ao filo Nematoda (também denominado Nemata), é importante esclarecer que se trata realmente de um filo, e não de uma classe incluída no filo Aschelminthes. O termo “asquelminte” não tem mais valor de filo, constituindo um vocábulo vulgar utilizado para designar coletivamente todos os animais pseudocelomados. Esses animais compõem cerca de oito

filos independentes (Gastrotricha, Nematomorpha, Rotifera, Acanthocephala, Kinorhyncha, Loricifera, Priapulida e Nematoda). Destes, os nematódeos são os mais numerosos, com cerca de 22 mil espécies, a maioria de vida livre, mas com muitos representantes parasitas do ser humano.

Neste capítulo, demos ênfase aos vermes parasitas do ser humano. Com relação aos ciclos de parasitas discutidos neste e em outros capítulos, recomendamos que os estudantes analisem o ciclo e sugiram formas de evitar a doença estudada. Para isso, terão de avaliar em que ponto(s) o ciclo pode ser interrompido. Nessa hora, é importante esclarecer as razões pelas quais os ciclos de parasitas são estudados. A intenção não é introduzir uma série de nomes, mas entender como o parasita se reproduz e como é possível impedir seu sucesso reprodutivo ou seu contato com o ser humano, evitando a transmissão da doença. Ao estabelecer formas de interrupção do ciclo, estamos propondo medidas profiláticas eficazes.

Outras verminoses que podem ser comentadas, caso haja interesse:

- *Fasciola hepatica* é um platelminto da classe dos trematódeos. A doença causada por ele é a fasciolose ou distomatose, que é pouco comum no ser humano. Os hospedeiros definitivos do verme são ovelhas, bois, cavalos e porcos, e os hospedeiros intermediários são caramujos do gênero *Lymnaea*. O ciclo de vida é semelhante ao de *Schistosoma mansoni*: os ovos presentes nas fezes do animal doente eclodem na água de lagoas de água doce; deles eclodem larvas ciliadas, que penetram no caramujo. Neste hospedeiro intermediário, ocorre a reprodução assexuada do parasita e a liberação das larvas cercárias. Essas larvas fixam-se à vegetação das margens do lago, perdendo sua cauda e passando a se chamar metacercárias. O ser humano é o hospedeiro acidental da *Fasciola hepatica* quando ingere cercárias ou metacercárias. A larva migra do intestino até o fígado, onde causa necrose dos tecidos e cirrose. Os ovos produzidos pelos vermes adultos são encaminhados para o intestino via canal colédoco, que parte da vesícula biliar. O diagnóstico é feito pelo exame de fezes e identificação dos ovos.
- *Onchocerca volvulus* é um nematódeo parasita do ser humano, transmitido pela picada do mosquito borrachudo ou pium (gênero *Simulium*). Os machos do nematódeo medem cerca de 5 cm, enquanto as fêmeas podem ultrapassar os 50 cm de comprimento. As fêmeas formam grupos enovelados e alojam-se sob a pele do hospedeiro, formando nódulos visíveis, que provocam muita coceira. Os machos circulam pelo corpo, fecundando as fêmeas de nódulo em nódulo. Os ovos desenvolvem-se em larvas dentro do hospedeiro definitivo. As larvas desencadeiam resposta inflamatória do organismo, que pode resultar em perda da elasticidade da pele e cegueira, se houver formação de nódulos ou instalação de larvas nos olhos. Os casos

mais graves, que culminam com a cegueira, ocorrem na África, onde são registrados 99% dos casos da oncocercose ou “cegueira do rio”, como a doença é conhecida. No Brasil, a doença é considerada endêmica da Amazônia, ocorrendo principalmente entre indígenas da etnia Yanomami e garimpeiros que vivem na região. Embora existam borrachudos em outras áreas do país, nelas não existem casos registrados de oncocercose. A transmissão da doença depende não somente dos mosquitos, mas também da presença de pessoas com alta carga parasitária na região, para que os mosquitos se contaminem e passem a atuar como transmissores da doença.

Os moluscos apresentam celoma bem reduzido e restrito apenas à cavidade pericárdica. Dentre os grupos de moluscos analisamos apenas os bivalves, os gastrópodes e os cefalópodes.

Para mostrar a diversidade de tipos e hábitos de vida dos poríferos, nem sempre conhecidos dos estudantes, apresentamos o texto “Diversidade de poríferos” (p. 177). Entre os destaques escolhidos estão desde esponjas exóticas e curiosas até informações recentes sobre a descoberta, em algumas espécies, de compostos químicos com importância médica e as esponjas carnívoras.

Um mecanismo de defesa das ostras perlíferas fez surgir toda uma indústria de produção de pérolas, a qual movimentava milhões de dólares em países como o Japão, que tem grandes cultivos desse molusco. Como sabemos que esse assunto desperta o interesse dos estudantes, sugerimos que você, caso seja possível, aproveite o texto que trata da “Produção de pérolas” (p. 193) e converse com o colega da área de Geografia, e juntos explorem a questão do cultivo de pérolas nos diferentes países, relacionando as condições ecológicas dos locais onde esses cultivos são feitos com o impacto econômico desse tipo de atividade na população.

Com relação às ostras perlíferas de valor comercial, é interessante frisar que elas não são do mesmo tipo das ostras comestíveis comercializadas no Brasil (gênero *Crassostrea*). Nesses animais comestíveis, a camada interna da concha é de cor branca opaca, não apresentando o brilho nacarado típico das pérolas. Essa é uma das confusões mais comuns que os estudantes e muitas outras pessoas fazem.

■ Orientações sobre o boxe *Despertando ideias*

p. 174 – Safári na mídia

Neste capítulo iniciamos uma “maratona” pelos nove filos animais que selecionamos para estudar com mais detalhes no Ensino Médio. A diversidade animal é grande e, por isso, o maior desafio é conseguir que os estudantes assimilem as características essenciais que incluem cada animal em determinado táxon.

O primeiro passo é trazer para a sala de aula a diversidade percebida pelos estudantes em seu cotidiano e parte da que se apresenta nos meios de informação. A partir daí, e com sua ajuda, o passo seguinte é associar conceitos às percepções: os estudantes devem ser orientados sobre **o que** observar para, então, poderem classificar os animais. Uma possibilidade bem compatível com a forma com que apresentamos os conteúdos até este ponto é usar os aspectos que são perceptíveis externamente e que são ligados à constituição básica do corpo: tipo de simetria, presença de metameria, divisões básicas do corpo, presença e número de pernas, antenas etc. Com maior detalhe, podem ser observadas estruturas anexas, tais como pelos, penas, escamas, espinhos, carapaças ou exoesqueletos de diferentes naturezas. Você pode passar aos estudantes a tarefa de estabelecer o critério de classificação com base no que foi visto no capítulo 9.

Quanto à execução da atividade, sugerimos um prazo curto, por exemplo, de 2 dias. O prazo é importante para limitar o tempo de pesquisa e evidenciar para os estudantes qual filo animal é mais citado e comparar se coincide com o filo animal com maior número de espécies conhecidas.

Dependendo do interesse dos estudantes e de suas próprias habilidades, você poderá estimular a organização das imagens em álbum digital (há a opção gratuita *Picasa*, *Google*).

Ao final, esperamos que os estudantes sintam-se mais à vontade quando forem apresentados a cada um dos nove filis animais que eles estudarão nesta obra.

■ Orientações e sugestões de respostas das atividades

p. 197 – Tema para discussão

O escritor e o caipira

O **Tema para discussão** aborda a personagem Jeca Tatu, de Monteiro Lobato.

A questão proposta procura destacar do texto exemplos de conduta e de cidadania, de modo a levar os estudantes à reflexão sobre a relação existente entre diversas verminoses, a condição socioeconômica da população e os problemas decorrentes da falta de saneamento básico em muitas regiões do país. Outro aspecto desse tema é a preocupação em mostrar aos estudantes que não se deve discriminar ou estereotipar pessoas. Essa preocupação é recorrente em diversos momentos desta coleção. Retoma-se, ainda, na proposta para discussão, o olhar dos estudantes para questões sociais relacionadas à existência de elevados índices de verminoses ou outras parasitoses na população.

Outro trabalho interessante que pode ser desenvolvido é a respeito da questão dos estereótipos surgidos em diversas mídias e replicados sem que haja um aprofundamento a respeito dos fatos. Conforme menciona Mendes (2008):

O imaginário estereotipado apresenta-se no cotidiano de todos nós. As imagens não servem só para nos atrair pelas cores, formas, mas, também, pelo seu discurso verbal, portanto são imagens para ser consumidas a partir de posições, lugares sociais representados por essas personagens. O poder do discurso perpassa todas as áreas de conhecimento por meio das linguagens. Personagens das HQ, como Magali, Mônica, Cebolinha, Cascão, entre outras, ou a iconografia, imagens de índios de arco, flecha e cocar, seminus, ou de negros escravizados são divulgadas em livros didáticos e passam sem uma ação reflexiva de estudantes e de professores. Esse consumo massivo de linguagem visual e de linguagem verbal interfere nas escolhas, constrói o significado e o sentido que se dá às coisas mexendo com comportamentos, é aceito passivamente pelas pessoas.

Uma educação cuja natureza seja o respeito à diversidade sociocultural deve propiciar a reflexão crítica do discurso veiculado dessas imagens para garantir o convívio construtivo na diferença, por meio do diálogo e do respeito mútuo.

[...]

As formas de apreensão do estereótipo têm em comum o fato de considerá-lo um modo de conhecimento prévio e uma forma de identificação social, portanto coletiva.

[...]

Jeca Tatu

[...]

A consequência deste discurso de Lobato [no conto “Urupês”] foi criar um estereótipo para todos os trabalhadores rurais. Lobato fala de um lugar marcado, de uma certa posição de classe, a dos proprietários ou donos do capital, no caso, fazendeiros, que, na história do país, tiveram por algum espaço de tempo não somente a posse dos latifúndios como também a hegemonia política. O que marca a exclusão social do trabalhador rural brasileiro. Lobato revê em *Jeca Tatu: a ressurreição – 1918* – que o Jeca não era a praga, mas uma vítima do governo. Depois em 1947, com o livro de vinte e duas páginas intitulado *Zé Brasil*, o autor reconhece que Jeca foi expropriado de suas terras pela política dos latifúndios. Contudo, esses outros discursos não tiveram o efeito na sociedade como o primeiro em 1914, do caipira como uma praga, alheio à própria terra. O autor não conseguiu apagar a representação do Jeca Brasileiro que está presente na classe popular ou no estilo representado pelo indivíduo que alienado, inativo vive o marasmo, a passividade diante dos problemas pessoais e coletivos, pelo contrário, alimentou a sua ideia inicial do caipira [...].

MENDES, A. M. Estereótipos e o discurso pedagógico. *Cadernos de Pós-Graduação em Letras*. São Paulo: Mackenzie, 2008. v. 8., n. 1. Disponível em: <http://www.mackenzie.br/fileadmin/Pos_Graduacao/Doutorado/Letras/Cadernos/Volume_8/7-ESTEREOTIPOS_E_O_DISCURSO_PEDAGOGICO.pdf>. Acesso em: abr. 2016.

Os estudantes poderão tentar representar um morador rural ou urbano, dependendo da região onde moram, sem lançar mão de estereótipos. Esse é um trabalho bem difícil, no entanto, serve como ponto de partida para a discussão da influência dos estereótipos na forma como lidamos com outros indivíduos.

Sugerimos um trabalho conjunto com os(as) professores(as) de Língua Portuguesa e de História, explorando ao máximo trechos da obra de Monteiro Lobato. Sugere-se que você, professor(a), selecione trechos que sejam mais próximos da questão da condição de vida do trabalhador rural da época e da do atual, da qual a saúde é um componente importantíssimo.

Na segunda proposta de atividade, solicita-se que os estudantes procurem informações sobre as principais verminoses da região onde vivem e, como exercício de cidadania, deverão divulgar as medidas profiláticas contra essas verminoses junto à população.

p. 198 – Ampliando e integrando conhecimentos

Atividade 1: Lembrando-se dos poríferos

Sobre a estratégia:

Além de retomar o tema dos poríferos, apresentando sua característica mais básica – ausência de tecidos especializados na condição pluricelular e grande capacidade de regeneração –, a leitura do texto é uma ponte para estimular os estudantes a compilar outras informações sobre poríferos, tanto no texto do capítulo quanto eventualmente em outras fontes.

O que se espera:

a) Os tipos principais são:

- **Pinacócitos:** células achatadas, pavimentosas, relacionadas com o revestimento externo.
- **Coanócitos:** forma globosa, com um “colarinho” de expansões citoplasmáticas e um flagelo, acumulando as funções de impelir água, capturar e englobar partículas de alimento.
- **Porócitos:** células canaliculadas destinadas a dar passagem à água através da parede do corpo.
- **Arqueócitos:** células ameboides não diferenciadas e capazes de formar outros tipos celulares.

Os desenhos dos tipos celulares podem ser feitos tomando-se por base os esquemas do capítulo.

- b) A regeneração permite a rápida e intensa multiplicação do número de indivíduos, aumentando muito a população e, conseqüentemente, a produção.
- c) A maioria das esponjas apresenta uma trama de estruturas minerais, muitas vezes em forma de agulhas, que poderiam ferir a pele. Essas estruturas são as espículas.

Atividade 2: Branqueamento de corais pode ser mau sinal?

Sobre a estratégia:

Nesta atividade, integraremos conhecimentos de Química e Biologia: pH; equilíbrio do carbonato-bicarbonato; características de cnidários; e fenômenos globais, como aquecimento global e acidificação dos oceanos.

O texto apresentado introduz o problema da acidificação e sua relação com os recifes de coral. Deixa o tema do branqueamento para o final, associando-o ao aquecimento.

Você, professor(a), poderá orientar os estudantes no estabelecimento da conexão entre os dois fenômenos (acidificação e branqueamento). Os recifes são edificações cuja estrutura resulta do balanço entre dois processos:

- **componente construtivo:** crescimento das colônias de corais, além de algumas espécies de moluscos e algas calcárias, envolvendo precipitação e deposição de calcário nos exoesqueletos ou mesmo nos tecidos vivos.
- **componente destrutivo:** morte dos corais e fragmentação ou degradação de estruturas calcárias por ação mecânica (ondas, furacões, ação antrópica derivada da pesca e até pisoteio, como acontece atualmente em algumas barreiras muito exploradas turisticamente); físico-química (variação da temperatura para além da faixa tolerada pelos organismos, redução da transparência da água reduzindo a taxa fotossintética das zooxantelas simbiotes, poluição, ação de sucos digestivos de estrelas-do-mar, dissolução do calcário em pH acidificado); e biológica (trituração dos corais por peixes e outros animais).

Se os processos destrutivos superam os construtivos, o edifício coralíneo degenera-se e, com isso, extinguem-se os habitats de uma quantidade cada vez maior de espécies da comunidade recifal.

O branqueamento dos corais é um indício de mau estado fisiológico desses animais e/ou de ambiente incompatível com a sobrevivência das zooxantelas correspondentes pela sobrevivência dos pólipos e formação de seus exoesqueletos calcários.

Em escala global, os estudantes devem perceber que a acidificação decorrente da dissolução de mais CO₂ na água do mar propicia a dissolução dos carbonatos, liberando mais CO₂ e retroalimentando o processo. Ao mesmo tempo, o aquecimento da água mata os corais, reduzindo a precipitação de carbonatos, forma indireta de sequestro de carbono da atmosfera, contribuindo para a manutenção de mais CO₂ no ar e, assim, retroalimentando o efeito estufa.

O que se espera:

- a) Os corais são cnidários exclusivamente marinhos. Os corais-cérebro pertencem à classe Anthozoa, em cujo ciclo de vida aparece apenas a forma sésil: o pólipo. Quando vemos uma fotografia desses corais normal-

mente trata-se de colônias mais ou menos hemisféricas, com linhas sinuosas delimitando os pólipos. São essas linhas sinuosas que fazem a colônia lembrar um cérebro.

- b) Esses seres vivos são algas unicelulares que pertencem ao grupo dos dinoflagelados e vivem dentro do citoplasma das células dos corais.
- c) Como elas absorvem o CO_2 , aumentam a velocidade da transformação de H_2CO_3 em CO_2 e H_2O . Reduzindo a concentração de H_2CO_3 , os íons cálcio aumentam sua tendência a precipitar na forma de carbonato de cálcio. É por isso que os corais com algas simbiotes são os mais importantes no crescimento dos recifes.
- d) Com o aumento do CO_2 na atmosfera, o teor dissolvido na água também aumenta e, com isso, acelera-se a formação de ácido carbônico (o pH se reduz) e intensifica-se a dissolução do carbonato de cálcio.
- e) Dependerá do estudante, mas deverá abordar:
- o aquecimento global, relacionando-o com as emissões de CO_2 ;
 - o aquecimento dos oceanos, levando o ambiente marinho tropical a um regime térmico fora da faixa de tolerância das algas simbiotes;
 - a morte ou eliminação das algas simbiotes pelos corais, comprometendo fortemente a capacidade destes de produzir os esqueletos e, portanto, de contribuir para a manutenção e crescimento dos recifes coralinos;
 - a degradação mais ou menos gradual do edifício coralino e, com isso, a perda de inúmeros micro-habitats fundamentais para a existência de diversas espécies, daí a perda de diversidade.

CAPÍTULO 11

■ Diversidade animal II

Neste capítulo, são estudados os artrópodes e os equinodermos. Na abordagem dos artrópodes, procuramos dar destaque às características que propiciaram a esses organismos tornarem-se o grupo com maior número de espécies na Terra.

Com relação aos artrópodes, dentre os Cheliceriformes, enfatizamos a classe Arachnida e mencionamos a classe Merostomata. Os Cheliceriformes incluem também a classe Pycnogonida. Nesta obra, abordamos os crustáceos como um grande grupo e não apresentamos seus subgrupos (dez ao todo). Não há necessidade de explicar cada um deles no Ensino Médio; basta ao estudante desse nível ser capaz de reconhecer um crustáceo. Outros grupos de artrópodes, como Symphyla e Pauropoda, também não foram abordados.

Os estudantes certamente conhecem muitos representantes dos animais estudados neste capítulo, pois são amplamente distribuídos em meio terrestre e aquático. Seria interessante estimulá-los a classificar os represen-

tantes que conhecem e, em seguida, apresentar à turma outros representantes, menos comuns. Sempre que possível, incentive os estudantes a associar os conhecimentos adquiridos em sala de aula com os elementos do dia a dia. Uma das maneiras mais estimulantes de lidar com a grande diversidade biológica existente em nosso país é instigando seus educandos a observá-la.

Ao tratar do grupo dos aracnídeos, pode ser importante mencionar a febre maculosa, uma doença transmitida pelo carrapato-estrela infectado por bactérias do tipo riquétsias. Se na região onde moram for comum o aparecimento de casos dessa doença, os estudantes poderão ser estimulados a pesquisar mais sobre o tema.

O artigo “Febre maculosa brasileira”, indicado a seguir, pode ser uma fonte inicial de pesquisa: <http://www.saude.sp.gov.br/resources/sucen/homepage/downloads/arquivos-de-febre-maculosa/bepa94_suplemento_fmb.pdf>. Acesso em: abr. 2016.

Comente sobre o bicho-da-seda, nome popular das lagartas (larvas) de mariposas da espécie *Bombyx mori*. Trata-se de um inseto da ordem Lepidoptera. Logo após a eclosão, a lagarta tem apenas 1 mm. Alimenta-se de folhas de amoreira, é branca e sofre cinco mudas em cerca de 31 dias antes de entrar na fase de pupa, medindo cerca de 9 cm. Nesse estágio, a lagarta sintetiza um casulo branco, feito com um longo fio de seda enrolado. O fio de seda tem constituição proteica, é produzido por glândulas especiais e secretado pela boca, razão pela qual é conhecido como “fio-baba”. Após um período que pode variar entre 10 e 12 dias, a mariposa adulta eclode do casulo. Acredita-se que a criação de bichos-da-seda tenha surgido na China, há cerca de 4000 anos, segundo achados de antigos casulos e rocas (equipamentos para fiar). A seda tornou-se um tecido nobre e um importante elemento da economia chinesa na Antiguidade.

Atualmente a sericultura inicia-se com a seleção de ovos da mariposa. As larvas devem ser alimentadas e mantidas em local limpo e aquecido; quando começam a produzir o fio, devem ser separadas das outras larvas e colocadas em um suporte, onde se transformam em pupas. Após a eclosão do adulto, os casulos são colocados em água quente para desnaturação da sericina, proteína que mantém o fio de seda na forma do casulo. Quando a ponta do fio é encontrada, coloca-se na máquina para fiar, ou seja, para formar meadas. Em muitos casos, as etapas da produção são realizadas por diferentes produtores: um cuida das larvas e as fornece; outro fornece casulos; e indústrias transformam os casulos em fios e tecidos. De acordo com o BNDES (Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social), o Brasil exporta cerca de 95% da seda que produz, sendo forte no mercado mundial desse tecido com uma participação de 2,7% (quinto produtor mundial).

Para saber mais sobre o processo de produção da seda e a contribuição do Brasil no mercado mundial, acesse o texto “Seda, um tecido nobre”, elaborado por Maria Helena de Oliveira e disponível em: <http://www.bndes.gov.br/SiteBNDES/export/sites/default/bndes_pt/Galerias/Arquivos/conhecimen to/setorial/is11seda.pdf>. Acesso em: abr. 2016.

Neste capítulo também estudamos um grupo de invertebrados exclusivamente marinhos: os equinodermos. Esses animais são deuterostômios, assim como os cordados, que serão estudados nos dois capítulos seguintes.

Para trabalhar a diversidade de invertebrados, especialmente de artrópodes, há um excelente documentário franco-italo-suíço, intitulado *Microcosmos: fantástica aventura da natureza* (direção: Claude Nuridsany e Marie Pérennou, 1996). Os diretores do filme desenvolveram lentes especiais para captar imagens de pequenos animais. É impressionante, por exemplo, a sequência que mostra o impacto das gotas de chuva em grilos, formigas e joaninhas. Além de insetos, aparecem também outros invertebrados comuns nos jardins.

O texto “Siri ou caranguejo? Macho ou fêmea?” (p. 206) traz o cotidiano dos estudantes para o ambiente escolar. Vale lembrar que os hábitos das duas espécies de crustáceos também ajudam a diferenciá-las: o siri vive permanentemente imerso na água, sobre o fundo, eventualmente apresentando reação de escape nadando por pequenas distâncias (o último par de pernas tem a extremidade achatada, o que facilita a natação). Seu corpo achatado pode permanecer oculto no fundo do mar, coberto por uma camada de areia. Já os caranguejos têm corpo globoso, pernas longas e sem características que favoreçam o nado; vivem geralmente associados aos manguezais e ocultam-se dentro de reentrâncias ou de tocas, que constroem e mantêm. Enquanto os siris são detritívoros, os caranguejos mais comuns podem ser também herbívoros explorando as folhas das plantas dos manguezais (algumas espécies chegam a subir nas árvores para forragear).

Tanto siris quanto caranguejos têm sexos separados (vale aqui resgatar os conceitos de espécies dioicas, monoicas e também de dimorfismo sexual). Dada a informação de que as fêmeas de siris e caranguejos mantêm seus ovos junto a si, na forma de uma massa granulosa presa entre o abdômen dobrado e o cefalotórax, você poderia perguntar aos estudantes qual seria o valor adaptativo de o abdômen ser mais largo nas fêmeas.

É importante também destacar entre os estudantes a importância socioeconômica desses animais nas regiões

costeiras, à medida que são alternativas de alimento e renda.

Também pode ser comentado o caso do “siri-mole”, que é aquele coletado logo após desfazer-se de sua carapaça antiga e antes de enrijecer-se a nova, por ocasião da muda.

■ Orientações e sugestões de respostas das atividades

p. 213 – Tema para discussão

Principais aranhas e escorpiões de interesse médico

As aranhas e os escorpiões de interesse médico constituem um assunto de extrema importância para o dia a dia do estudante, tanto para auxiliar na prevenção de acidentes quanto para repensar credences e mitos sobre esses animais.

A primeira atividade propõe a produção de um resumo sob a forma de cartaz ilustrado. Seria interessante pedir ao estudante que pesquise a ocorrência de acidentes com aranhas e escorpiões na região onde mora. Se achar adequado, também pode estimulá-los a levantar as circunstâncias em que tais acidentes ocorreram e que providências foram tomadas.

Vários casos de acidentes com esses animais têm sido registrados e é importante que a população aprenda a reconhecê-los, conheça as medidas preventivas e saiba o que fazer em caso de acidente. As questões propostas têm o objetivo de valorizar esses aspectos, procurando desenvolver a habilidade de síntese do conhecimento e também o exercício de cidadania, estimulando os estudantes a participar da divulgação dos conhecimentos para a comunidade.

p. 215 – Ampliando e integrando conhecimentos

Atividade 1: Você conhece o bicho-do-pé?

Sobre a estratégia:

Tratando-se de um parasita muito comum em certas áreas, é possível que diversos estudantes o conheçam. Geralmente, as pessoas que já foram infestadas se recordam especialmente da coceira resultante da infestação, mas não conhecem mais detalhes sobre o parasita e seu ciclo de vida nem têm noção dos riscos envolvidos nos casos mais graves, incluindo tétano, gangrena e muitas infecções oportunistas.

Aqui é particularmente interessante que você, professor(a), resgate os conhecimentos e as experiências prévios dos estudantes a respeito do bicho-do-pé. Se houver acesso à internet, e a seu critério, pode-se sugerir uma busca de imagens usando como termo-chave o nome científico *Tunga penetrans*.

Nesta atividade, é interessante ampliar os conhecimentos sobre o tétano, enfatizando o papel facilitador do bicho-do-pé na infecção por *Clostridium tetani*.

O tétano é uma doença que afeta seriamente o sistema nervoso, produzindo contrações musculares espasmódicas que podem levar o indivíduo à parada respiratória e à morte. O tratamento do tétano é caro e prolongado.

A doença não é transmissível de um indivíduo para outro e pode ocorrer em pessoas não imunizadas, ou seja, sem níveis adequados de anticorpos protetores. A neurotoxina produzida pela bactéria é que determina as contrações musculares involuntárias que caracterizam a doença e é contra ela que a vacina atua. Os anticorpos são induzidos exclusivamente pela aplicação da vacina antitetânica, uma vez que a neurotoxina, em razão de atuar em quantidades extremamente reduzidas, é capaz de produzir a doença, mas não a imunidade. A neurotoxina pode ser letal para seres humanos em doses de 2,5 nanogramas (1 nanograma = 1 bilionésimo do grama) por quilo de peso (150 nanogramas, para um adulto de 60 kg).

Ao contrário de outras doenças, não há imunização natural para o tétano. A vacina, disponível para qualquer pessoa nos centros municipais ou estaduais de saúde, foi desenvolvida em 1924. Além da série básica, aplicada para assegurar proteção permanente, é necessária a aplicação de uma dose de reforço a cada dez anos, uma vez que os níveis de anticorpos vão se reduzindo com o passar do tempo. Caso haja suspeita de que o indivíduo com ferimento profundo em condição favorável para a multiplicação do *Clostridium tetani* não esteja devidamente imunizado (muitas pessoas não tomam a dose de reforço a cada 10 anos), pode ser conveniente, a critério médico, que receba também imunização passiva, feita com a imunoglobulina antitetânica (soro antitetânico).

O tétano pode ser adquirido por meio da contaminação de ferimentos (tétano acidental), inclusive os crônicos (como úlceras varicosas) ou do cordão umbilical (tétano neonatal). Nesse último caso, a infecção pode ocorrer em consequência do uso de instrumentos não esterilizados ou pela utilização subsequente de substâncias contaminadas para realização de curativo no coto umbilical (esterco, fumo, pó de café, teia de aranha etc.). Os esporos germinam quando em condições anaeróbicas.

Entre os primeiros sintomas está a dificuldade de abrir a boca e de engolir. Na maioria dos casos, ocorre progressão para as contraturas musculares generalizadas. Em média, o tétano é letal em cerca de 30% dos casos, podendo essa porcentagem chegar a 80% em neonatos e em pessoas com mais de 60 anos. A frequência de óbitos depende muito das condições e recursos locais para o tratamento.

Mais informações sobre o tétano acidental podem ser obtidas em:

- Portal da Saúde, Ministério da Saúde. Disponível em: <[http://portalsaude.saude.gov.br/index.php/o-ministerio/principal/secretarias/svs/tetano-acidental](http://portalsaude.saude.gov.br/index.php/o-mi-nisterio/principal/secretarias/svs/tetano-acidental)>
- Centro de Informação em Saúde para Viajantes. Disponível em: <<http://www.cives.ufrj.br/informacao/tetano/tetano-iv.html>>

Acessos em: abr. 2016.

O que se espera:

- a) Ao grupo dos insetos (é uma pulga).
- b) Uma vantagem, comum entre parasitas, é evitar diversas pressões do ambiente, entre as quais os ataques de predadores. A fêmea do bicho-do-pé grávida, ao infestar a pessoa, garante a proteção da cria do bicho-do-pé em estágio inicial.
- c) Segundo o texto, o ciclo de vida inclui as fases ovo → larva → pupa → adulto. Trata-se, portanto, de desenvolvimento holometábolo.
- d) O mais importante é andar calçado, já que, na maioria dos casos, a infestação se dá pelos pés. No caso de crianças, brincar no solo contaminado é fator de risco. A proximidade com chiqueiros deve ser evitada em locais com casos frequentes.
- e) *Clostridium tetani* é uma bactéria. A vacina ou toxoide tetânico é a toxina atenuada por processos laboratoriais que, embora não determine os sintomas, estimula o sistema imunitário a fabricar os anticorpos específicos, os quais atuam sobre a toxina.

Atividade 2: Artrópodes na dieta de corujas-buraqueiras

Sobre a estratégia:

Antes de iniciar a atividade, há alguns esclarecimentos que você precisará dar aos estudantes. Primeiramente, convém explicar o que são regurgitos: parte do material que é ingerido não se digere e é eliminada. Muitos animais que conhecemos eliminam restos de pelos, ossos, penas e outros componentes que não são digeridos do alimento com as fezes. As corujas-buraqueiras, assim como muitas outras espécies de animais, regurgitam (“vomitam”) esses componentes na forma de pelotas (regurgitos). Os pesquisadores recolhem e lavam essas pelotas, separam os resíduos e finalmente os identificam. Com base nos registros obtidos, podem descrever quais itens compõem a dieta da espécie estudada, e também em que proporção são ingeridos.

O que se espera:

- a) Insetos e aracnídeos. Os itens foram mandíbulas, élitros, cabeça, asa e antena, que aparecem em insetos; telson, pinças e quelíceras, que aparecem em aracnídeos.

- b) Os élitros são asas anteriores muito espessadas e rígidas, características dos besouros (coleópteros).

Atividade 3: Artrópodes peçonhentos

Sobre a estratégia:

Aqui, novamente, tratamos de classificar artrópodes, neste caso, espécies peçonhentas menos conhecidas, mas com particularidades interessantes. Os três organismos apresentados são de diferentes grupos de artrópodes que os estudantes têm de reconhecer na atividade. Propositadamente não incluímos de forma clara as características morfológicas que permitiriam situar cada um em seu grupo correspondente; os estudantes deverão basear-se apenas no que é possível observar nas imagens. Talvez você precise auxiliá-los no levantamento de hipóteses para explicar o aumento no número de acidentes por lonômiias em alguns estados. As informações fornecidas no texto da atividade podem ser úteis nessa fase.

Informações oficiais sobre números de casos de acidentes com animais peçonhentos nos últimos anos, com discriminação por sexo do acidentado e muitos outros critérios, estão disponíveis no *site* do Portal da Saúde, do Governo Federal, em: <<http://portalsaude.saude.gov.br/index.php/o-ministerio/principal/secretarias/svs/acidentes-por-animais-peconhentos>>. Acesso em: abr. 2016.

O que se espera:

- a) O potó apresenta seis pernas e corpo dividido em três tagmas: cabeça, tórax e abdômen. É um inseto. A taturana é uma lagarta. Suas características não são as típicas do adulto. Embora não se possa ver na fotografia, ela tem cabeça e muitos pares de pernas no corpo, porém, dentre eles, apenas os três primeiros pares são articulados. As lagartas são larvas de borboletas e, portanto, são insetos.
- b) Os estados onde houve o maior aumento do número de acidentes foram Santa Catarina e, principalmente, Paraná.
- Na falta de dados adicionais, hipóteses pelo menos plausíveis seriam:
 - diminuição das populações de predadores naturais das lonômiias;
 - mudança da atividade econômica, favorecendo o contato entre mais pessoas e o hábitat onde vivem as lonômiias;
 - invasão de novos hábitats pelas lonômiias, devido à degradação de seus hábitats naturais, aumentando a frequência do contato com pessoas;
 - aumento do número de casos efetivamente notificados devido à divulgação do problema.

Atividade 4: Equinodermos

Sobre a estratégia:

Para os estudantes responderem às questões propostas, é necessário que se lembrem de como ocorrem os processos de fossilização. Você pode orientá-los, nesse sentido, discutindo, por exemplo, qual característica têm os equinodermos que faz com que sejam animais com vasto registro fóssil – o esqueleto calcário.

O que se espera:

- a) Todos os equinodermos são animais marinhos. As rochas onde apareceram os fósseis devem, portanto, ter sido formadas por consolidação de sedimentos de fundos marinhos.
- b) É a presença de um esqueleto mineral calcário, que, por sua natureza química, é fossilizável.

CAPÍTULO 12

■ Diversidade animal III

Neste capítulo, são apresentadas as características gerais dos cordados e de seus subfilos. Entre os Craniata, são estudados os ágnatos, os condrictes, os osteíctes e os anfíbios. Os répteis, as aves e os mamíferos serão estudados no próximo capítulo.

Somente neste capítulo trazemos a embriologia dos anfioxos, mais contextualizada para se entender as principais características que definem os cordados.

As relações evolutivas entre os grupos de cordados têm sido revistas, em especial com o uso da biologia molecular. Até o momento, tem sido bem corroborada a hipótese proposta em 2009 de maior proximidade entre os urocordados e os vertebrados. Por ter se consolidado como a hipótese mais provável, optamos por trazê-la para a obra.

Se possível, consulte o *link* indicado a seguir, que traz um texto de divulgação científica a respeito de artigo publicado na Revista *Nature*:

<<http://cienciahoje.uol.com.br/colunas/cacado-res-de-fosseis/a-origem-dos-vertebrados-revista>>. Acesso em: abr. 2016.

Ao trabalhar tubarões, pode-se propor uma discussão sobre a questão dos ataques desses animais a banhistas. É fundamental comparar a frequência de acidentes desse tipo com a de outros tipos de acidente, como colisões de carro, quedas de aviões, incêndios e homicídios. Só assim os estudantes terão referências para dimensionar o problema. Os motivos que podem favorecer a ocorrência de ataques devem ser trabalhados. O caso de Recife é um bom caminho para ver a situação do ponto de vista do tubarão.

Uma pesquisa nos jornais poderá levar à alocação geográfica dos casos sobre um mapa, favorecendo a integração com a disciplina de Geografia. Desse modo, poderão ser identificadas as áreas mais problemáticas e suas especificidades.

Ao tratar dos celacantos (*Latimeria*), você poderá recorrer aos *links* a seguir, que apresentam imagens belíssimas, em vídeo, desses animais. Destacam-se os movimentos e a morfologia do corpo, particularmente das nadadeiras pares.

<https://www.youtube.com/watch?v=4jl_txxYQEA>

<<http://www.youtube.com/watch?v=NzzxOIFJtzg>>

Acessos em: abr. 2016.

Você também pode estimular seus estudantes a usar os vídeos como fonte de informação, ao destacar as nadadeiras ímpares e pares que são facilmente reconhecidas nessas imagens. A nadadeira caudal também é especial, com raios não apenas apicais. Narinas e olhos são claramente visíveis.

Ao analisarmos o modo de reprodução dos anfíbios, comentamos o tipo mais usual encontrado no grupo, com fase larval aquática. Entre os vertebrados, porém, os anfíbios apresentam a segunda maior diversidade de estratégias reprodutivas; como muitos anfíbios se reproduzem diferentemente do que foi explicado no texto, comentaremos aqui um pouco mais sobre outras estratégias desses animais.

Sabemos que a maioria das espécies de anfíbios tem reprodução sexuada. Em alguns casos, como em certas espécies de anuros e salamandras, observa-se um tipo de reprodução assexuada na qual o genoma da fêmea é transmitido sem modificações para a geração seguinte. A fecundação externa é considerada condição primitiva nos anfíbios, sendo a fecundação interna um caráter que evoluiu independentemente em algumas salamandras, em poucos anuros e no grupo das cecílias. Em cada um desses grupos, o mecanismo de introdução dos espermatozoides no sistema genital feminino é diferente. No caso das cecílias, o macho apresenta um órgão copulador, chamado falodeu, formado a partir da parede da cloaca. Em algumas espécies de salamandras, o macho produz espermatóforos, que são pequenos “pacotes” de espermatozoides com base proteica, utilizada para fazer o espermatóforo aderir ao substrato. A fêmea armazena o espermatóforo dentro dela, em uma bolsa denominada espermateca. Dos anuros vivos, apenas a espécie *Ascaphus truei*, que habita o noroeste dos Estados Unidos da América e o sudoeste do Canadá, apresenta órgão introdutor. Nos demais anuros com fecundação interna, como o sapo porto-riquenho *Eleutherodactylus coqui*, a introdução dos espermatozoides é realizada por aposição da cloaca. Tanta variedade de métodos de fecundação

é possível porque os ovos dos anfíbios não apresentam casca, e a fecundação pode ocorrer antes ou depois de o óvulo sair do corpo da fêmea.

Quanto ao ciclo de vida dos anfíbios, o mais comum deles evidencia três estágios de desenvolvimento: ovo, larva e adulto. Há, porém, vários outros tipos de ciclo de vida, não sendo rara a simplificação dos três estágios pela perda da forma adulta ou larval. Como exemplo, podemos citar casos em que o desenvolvimento é direto, com as fases embrionária e larval completadas dentro do ovo. Há também casos de espécies cujas larvas aquáticas realizam reprodução sexuada. Em contraste com a simplificação dos ciclos de vida, temos o gênero *Notophthalmus*, uma salamandra norte-americana que acrescentou um quarto estágio ao seu ciclo: uma forma terrestre não reprodutiva, que persiste por alguns anos (de 2 a 7) antes de se transformar em adulto aquático.

Os ovos dos anfíbios podem ser depositados em ambiente aquático (poças, beira de lagoas ou riachos, água acumulada dentro de bromélias ou em axilas de folhas etc.) ou em ambiente terrestre. Há casos, ainda, em que os ovos são depositados no dorso da fêmea e lá se desenvolvem até se tornarem jovens, como o que ocorre com a espécie de anuro *Pipa pipa*. Nos anfíbios, também há casos de viviparidade, nos quais os embriões são retidos nos ovidutos das fêmeas até que o desenvolvimento esteja completo. A viviparidade é mais difundida no grupo das cecílias, rara em anuros e incomum nas salamandras. O cuidado parental é observado em cecílias, salamandras e anuros.

Sobre a vocalização em anuros, você pode estender as informações do texto apresentado no capítulo. Diversos artigos podem ser encontrados na internet com o termo-chave “vocalização em anuros”. Esse tema é interessante, com implicações no sucesso das espécies tanto do ponto de vista reprodutivo quanto das relações com predadores e competidores da mesma espécie ou de outra.

Um exemplo é o da rã túngara (*Physalaemus pustulosus*). Os machos vocalizam nas margens das lagoas, buscando atrair fêmeas das redondezas. Eles podem emitir um canto simples ou complexo. O simples assemelha-se a um gemido; o complexo é um gemido seguido por uma série rápida de 6 a 7 sons curtos (não há diferença entre os cantos do ponto de vista do esforço ou consumo de energia).

O tamanho dos machos afeta seu sucesso reprodutivo **individual** (em geral, quanto maiores eles forem em relação ao tamanho da fêmea selecionada, mais descendentes serão produzidos). Acontece que, quanto maior for o macho, mais grave será o som que produz. As fêmeas são atraídas mais intensamente pelos sons mais graves; isso significa que, só pelo som que ouvem, já podem “avaliar” o tamanho do macho que está vocalizando.

Além do aspecto da frequência do som, há a complexidade. Fêmeas preferem machos com cantos complexos para acasalar. Assim, machos maiores emitindo esse tipo

de canto **individualmente** são mais bem-sucedidos na reprodução. Esse é o benefício da vocalização.

Há, entretanto, outro lado a ser levado em conta. Rãs túngaras, por exemplo, são fortemente predadas por morcegos, os quais são mais hábeis em lidar com sons do que com imagens (espécies noturnas). Esses predadores são atraídos justamente pelos cantos complexos. Isso quer dizer que, vocalizando à noite, os machos mais atrativos para as fêmeas também o são para os morcegos. Finalmente, vem a questão da formação de grupos. Para o morcego, a localização de uma rã é mais difícil quando há um grupo delas cantando em coro do que quando o indivíduo está isolado. Assim, em um bando de indivíduos cantando em coro, a probabilidade de um deles ser capturado é menor.

Como os machos lidam com isso? Quando isolados, há pouca competição pelas fêmeas e eles emitem apenas cantos simples para não atrair os morcegos e aumentar sua chance de sobreviver – nesse caso, o sucesso no acasalamento dependerá mais do tamanho corporal. Quando cantando em coro, com menor risco de serem localizados, passam a emitir os sons complexos, atraindo mais as fêmeas justamente quando há entre os machos maior competição por elas.

Esse exemplo mostra bem como o sucesso reprodutivo de uma espécie pode ser resultado de fatores não só físicos, mas também comportamentais e ecológicos.

No texto “Toxinas na pele de anfíbios” (p. 234) também apresentamos uma característica comum em anfíbios: a presença de toxinas em secreções produzidas em glândulas de sua pele. Você, professor(a), pode explorar qual seria o valor adaptativo desse tipo de secreção – imediatamente vem a ideia da defesa contra predadores. Outro ponto é que a secreção é passiva na grande maioria dos casos, embora já tenha sido descoberta uma espécie capaz de esguichar ativamente seu veneno sobre os predadores.

Sobre esse tema, veja:

“Pesquisa brasileira descobre que sapo esguicha jatos de veneno”, de Eduardo Carvalho, disponível no *link* <<http://g1.globo.com/natureza/noticia/2012/03/pesquisa-brasileira-descobre-que-sapo-esguicha-jatos-de-veneno.html>>.

“Sapo esguicha veneno”, vídeo do canal da *Revista Pesquisa FAPESP*, no *link* <<http://www.youtube.com/watch?v=JFutg-dHKI4>>.

Acessos em: abr. 2016.

Outro ponto para o qual chamamos a atenção é a intensa coloração dos sapos mais venenosos (família Dendrobatidae). Isso é entendido como um padrão de alerta para os predadores, diminuindo a probabilidade de o sapo ser predado “por engano”. Uma coloração viva identifica a espécie para o predador, que então evita a suposta presa.

Além disso, você pode tratar dos casos em que sapos são a presa típica de outros animais: um exemplo é o das cobras-d’água, que se alimentam normalmente de sapos. A corrida armamentista entre presas e predadores em tempo evolutivo frequentemente conduz a defesas fortes das presas associadas a resistências também fortes dos predadores em relação às defesas. Por meio de coevolução, as cobras do exemplo passam a ter acesso a um item alimentar evitado pela maioria dos outros predadores em potencial – isso reduz a competição pelo alimento entre os predadores.

Os anfíbios são comumente usados como animais bioindicadores, pois são muito sensíveis às mudanças ambientais. Essa característica tem colocado muitas espécies em risco de extinção nas mais diversas regiões do planeta. Mesmo assim, ainda hoje espécies novas estão sendo descritas pela ciência, como mostra o texto “Novas brasileiras” (p. 235), que relata a descoberta de três espécies novas de salamandra na Amazônia.

Recentemente, outras notícias também relataram a descoberta de novas espécies de anfíbios, como a que aconteceu em 2015, por um grupo de cientistas da Universidade de São Paulo, disponível no *link*:

<<http://portalamazonia.com/noticias-de-talhe/meio-ambiente/pesquisadores-identificam-novas-especies-de-anfibio-em-roraima-uma-delas-pode-estar-extinta/?cHash=88005d77b1120aa6a83eb4fbd2376cbe>>. Acesso em: abr. 2016.

■ Orientações e sugestões de respostas das atividades

p. 237 – Tema para discussão

Impactos sobre os anfíbios

A questão da vulnerabilidade dos anfíbios diante das alterações climáticas é de grande gravidade. Segundo especialistas, na Mata Atlântica, por exemplo, há mais de quatrocentas espécies, o que representa 18% do total de espécies de anfíbios na América do Sul. Algumas projeções, porém, que levam em conta tanto a distribuição das espécies em função de uma série de variáveis ambientais como a tendência de diminuição desse bioma, apontam para uma possível extinção de até 12% dessas espécies e de uma retração da população das 88% espécies restantes.

Para mais detalhes, leia:

<http://agencia.fapesp.br/mudancas_climaticas_devem_reduzir_especies_de_anfibios_da_mata_atlantica/18627/>. Acesso em: abr. 2016.

Dado o foco do texto na questão climática e dada a relação entre esta e a atividade humana, convém alertar os estudantes para o equívoco de considerar o ser humano o responsável pelos processos atuais de extinção. Por outro lado, não há como negar que a interferência humana na supressão de habitats é um fator importantíssimo não tratado no texto e que merece ser discutido. Você poderá resgatar o tema da extinção de espécies a partir do volume 1 desta coleção.

Para o trabalho de pesquisa, será interessante que você proponha a alguns dos grupos buscar informações acerca de biomas brasileiros e a outros, acerca de biomas mundiais. Será uma boa oportunidade de retomar o estudo dos biomas realizado no volume 1. A montagem e a divulgação do cartaz poderão envolver as disciplinas de Língua Portuguesa e Arte, mediante uma conversa sua com os responsáveis por elas.

Algumas sugestões de sites para a pesquisa:

- <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-40142010000100014>
- <<http://www2.uol.com.br/sciam/reportagens/metamorfose.html>>

Acessos em: abr. 2016.

p. 238 – Ampliando e integrando conhecimentos

Atividade 1: Formar cardumes é vantagem ou desvantagem?

Sobre a estratégia:

Segue um trecho do artigo “Formação de cardumes por *Astyanax altiparanae* (Teleostei: Characidae) no Rio Congonhas, Paraná, Brasil”, escrito por pesquisadores do Departamento de Biologia Animal e Vegetal, Centro de Ciências Biológicas da Universidade Estadual de Londrina.

Segundo Shaw (1978), mais de 10000 espécies de peixes formam cardumes e destes 50% o fazem na fase juvenil. Isto sugere que a formação de cardumes oferece vantagens adaptativas aos seus membros em pelo menos alguma fase da vida. Partridge (1982) acredita que o hábito de encardumar é uma tática antipredatória, já que seu movimento sincronizado pode causar um efeito de confusão para o predador. Além disso, pelo fato de formarem um grupo, aumentam as chances da percepção de várias direções quanto à presença de um potencial predador, possibilitando uma fuga eficiente (MILINSKI, 1986). Pitcher (1986) e Wootton (1998) ainda ressaltam vantagens como o aumento de detecção de alimentos e da eficiência do forrageamento; e identificação de sítios para a reprodução, respectivamente. Todavia, a formação de grupos pode também trazer alguns aspectos negativos, como: uma maior competição por alimento ou de

atividades reprodutivas com formação de parceiros, risco de canibalismo de jovens, maior transferência de parasitas e uma maior probabilidade de serem vistos pelos predadores (KREBS; DAVIES, 1993), ou ainda uma maior probabilidade de serem capturados por pesca (ORSI et al., 2004).

SUZUKI, Fábio M.; ORSI, Mário L. Formação de cardumes por *Astyanax altiparanae* (Teleostei: Characidae) no Rio Congonhas, Paraná, Brasil. *Revista Brasileira de Zoologia*, v. 25, n. 3, Curitiba, set. 2008. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?pi=S0101-81752008000300026&script=sci_arttext> (acesso em: abr. 2016).

Do ponto de vista da reprodução, o hábito gregário é especialmente interessante quando a fecundação é externa, aumentando a variedade de encontros gaméticos possíveis.

O que se espera:

- Algumas vantagens adaptativas são a redução da probabilidade de um indivíduo em particular ser escolhido por um predador, aumento da probabilidade de o predador ser detectado ao aproximar-se, o mesmo valendo em relação às presas, e outras.
- Resposta pessoal.
- É a linha lateral. Essa estrutura é capaz de perceber sutis variações de pressão associadas ao movimento de corpos dentro d’água e vibrações. São tubulares e se estendem sob a pele dos peixes, em comunicação com o meio externo por meio de numerosos poros. Seu revestimento interno apresenta células com cílios que, ao se movimentarem, induzem a transmissão de impulsos nervosos.

Atividade 2: O sucesso reprodutivo em peixes

Sobre a estratégia:

Com o conhecimento dos mecanismos de fertilização de diferentes peixes e de seus hábitos de vida, os estudantes podem perceber as bases do sucesso reprodutivo desses animais. Você pode destacar o fato de as espécies serem bem-sucedidas na natureza por apresentarem adaptações eficientes. Não se trata de julgar se é melhor formar cardumes ou não. Espécies que formam cardumes são bem-sucedidas por um motivo; as que não formam, também o são, mas por outro motivo. O sucesso adaptativo da espécie decorre do conjunto de adaptações que ela apresenta, e não de cada uma isoladamente. Um exemplo: se em uma espécie de fecundação externa os indivíduos estiverem muito esparsos, a chance de haver encontro de gametas será diminuída significativamente. Nesses casos, as adaptações que apresentam se referem ao número de gametas liberados, que é enorme, bem como ao tempo em que esses gametas permanecem viáveis na água. Se, ao longo da evolução dessa espécie, surgir o hábito de viver em cardumes (seja continuamente, seja apenas na época reprodutiva), então formar grande número de gametas poderá passar a ser menos essencial, levando à economia de recursos e energia.

O que se espera:

- Elas apresentam fecundação interna seguindo-se à cópula. O número de gametas formados não é muito grande em relação ao que ocorre nos casos de fecundação externa.
- Uma vasta quantidade de gametas é liberada pelos integrantes do cardume. Espermatozoides de um indivíduo fecundam óvulos de numerosas fêmeas, assim como os óvulos de uma mesma fêmea são fertilizados por uma variedade de machos. Essa mistura (pan-mixia) tende a favorecer o aumento da variabilidade genética entre os descendentes de cada indivíduo em particular.
- Resposta pessoal.

CAPÍTULO 13

■ Diversidade animal IV

Dando continuidade ao estudo dos cordados, abordamos agora os vertebrados que conquistaram definitivamente o ambiente terrestre (répteis, aves e mamíferos), mantendo o enfoque evolutivo e adaptativo. No capítulo apresentamos uma discussão sobre o fato de o *Aurornis xui*, cuja descoberta na China foi divulgada em 2013, ser ou não considerado a mais antiga ave de que se tem notícia. Você poderá comentar com os estudantes a origem do nome que foi dado a ele, segundo as notícias publicadas à época: o gênero *Aurornis* resultaria de uma combinação entre *aurora* (do latim tardio) e *ornis* (termo grego que significa “ave”; daí o estudo das aves se chamar “ornitologia”). Já o nome dado à espécie, *xui*, seria uma homenagem ao paleontologista chinês Xu Xing, nascido em 1956 e responsável pela descoberta de grande número de fósseis de dinossauros.

Para mais informações sobre o *Aurornis xui*, você poderá consultar texto sobre a descoberta dessa espécie e sobre o fato de ela ser, provavelmente, a ave mais antiga, disponível em:

• <<http://www1.folha.uol.com.br/ciencia/2013/05/1287186-fossil-achado-na-china-e-candidato-a-mais-antigo-ancestral-das-aves.shtml>>

Acesso em: abr. 2016.

No livro *The Rise of Birds: 225 Million Years of Evolution*, por Sankar Chatterjee, de 2015, está bem discutido que *Archaeopteryx* deve continuar a ser a primeira ave.

Os seguintes links (em inglês) também evidenciam que *Archaeopteryx* é provavelmente a primeira ave:

• <<https://pterosaurheresies.wordpress.com/2015/06/30/aurornis-pre-bird-skull-traced-using-dgs/>>

• <<http://www.ucmp.berkeley.edu/diapsids/birds/birdfr.html>>

Acessos em: maio 2016.

Apenas como curiosidade, assim como alguns peixes e anfíbios, os lagartos e as serpentes também podem se reproduzir assexuadamente, por meio da partenogênese. Esse processo pode ocorrer de diferentes modos, como em casos de fêmeas que produzem óvulos diploides (2n), sendo seus descendentes geneticamente idênticos.

Consideramos também importante destacar o fato de que muitos animais terrestres retornaram ao ambiente aquático, como exemplificado no texto “A reconquista do ambiente aquático” (p. 243), evidenciando para os estudantes o dinamismo da evolução.

O texto “A Era dos Répteis, o Mesozoico” (p. 243) traz os dinossauros, assunto que geralmente gera muito interesse nos estudantes. Vale apontar que os dinossauros não foram os únicos répteis de grande porte no período. Os pterossauros também tinham representantes grandes. Se for o caso, poderia ser solicitada uma pesquisa sobre os dinossauros encontrados no Brasil. Outra pesquisa que pode ser solicitada é sobre os pterossauros encontrados no nosso país.

Além da internet, dois excelentes materiais para essa pesquisa podem ser os livros:

• *O guia completo dos dinossauros do Brasil*, de Luiz Eduardo Anelli. Editora Peirópolis, 2010.

• *Pterossauros: os senhores do céu do Brasil – Relato inédito da aventura de importantes descobertas da paleontologia*, de Alexander Kellner. Editora Vieira e Lent, 2006.

Dentro das perspectivas de valorizar iniciativas brasileiras de preservação da natureza e de pesquisa, destacamos o projeto Tamar (p. 245) e a pesquisa com o veneno de cascavel (p. 248) para o combate ao câncer realizada no Instituto Butantan. Em relação ao projeto Tamar, é importante comentar com os estudantes a existência de certas regras para garantir a preservação de espécies de tartaruga marinha, como não colocar iluminação em praias onde esses animais desovam nem construir nesses locais.

■ Orientações e sugestões de respostas das atividades

p. 255 – Tema para discussão

Serpentes peçonhentas do Brasil: reconhecimento e primeiros socorros

No *Tema para discussão*, damos ênfase ao estudo das serpentes peçonhentas encontradas no Brasil. As informações foram obtidas principalmente de materiais distribuídos pelo Instituto Butantan. Os procedimentos que devem ser adotados em casos de mordida de serpentes são os recomendados pelo Instituto Butantan e pelo Ministério da Saúde.

Consulte os *links*:

- <<http://www.butantan.gov.br/saude/hospital/acidentes/Paginas/default.aspx>>
- <<http://www.institutobutanta.com.br/como-tratar-picadas-de-animais-peconhentos/>>

Acessos em: abr. 2016.

Na questão proposta, a ideia é de que os estudantes, ao realizarem o trabalho de divulgação, não só trabalhem o conteúdo, como também discutam aspectos da comunicação visual, por meio de linguagem e imagens adequadas. Além disso, a ideia de fazer divulgação serve ao propósito de levar os estudantes a socializar o conhecimento adquirido, despertando-os cada vez mais para o exercício da cidadania, tônica que procuramos valorizar ao longo de toda esta coleção.

p. 258 – *Ampliando e integrando conhecimentos*

Atividade 1: Padrões da determinação do sexo pela temperatura e dimorfismo sexual em répteis

Sobre a estratégia:

Aqui o objetivo é dar aos estudantes uma oportunidade de integração de informações sobre fisiologia de répteis e questões de natureza ecológica. É importante que eles entendam bem de que maneira a temperatura de incubação interfere na diferenciação sexual – por meio do hormônio estrógeno –, bem como o valor adaptativo do tamanho corporal em machos e em fêmeas.

Indicamos a você a leitura do seguinte artigo, que trata da determinação sexual em tartarugas: FERREIRA JÚNIOR, P. D. Aspectos ecológicos da determinação sexual em tartarugas. *Acta Amazonica*, v. 39, p. 139-154, 2009. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/aa/v39n1/a14v39n1.pdf>>. Acesso em: abr. 2016.

O que se espera:

- Especialmente quando não há cuidado com a prole, verifica-se uma intensa predação dos ovos e mortalidade dos filhotes assim que nascem. Nesse cenário, é altamente adaptativo produzir o maior número de descendentes possível. No caso de tartarugas, o espaço interno do corpo precisa ser grande para conter maior quantidade de ovos. Assim, fêmeas maiores podem produzir mais filhotes.
- Pouco abaixo, de modo que se produzam mais fêmeas que machos. As fêmeas têm seu número de descendentes limitado ao número de óvulos que produzem, não importando com quantos machos se acasalem, desde

que os óvulos sejam fecundados. Os machos, por sua vez, produzem quantidades enormes de pequenos gametas, podendo fertilizar numerosas fêmeas: seu número de descendentes pode ser muito grande. Em uma criação em que se pretende aumentar o número de crias, o ideal é ter um número maior de fêmeas, desde que todas, ou pelo menos a maioria delas, sejam fertilizadas.

- Padrão II. Nos limites da distribuição geográfica, geralmente as condições ambientais já não são tão propícias e os indivíduos não se encontram em seu ótimo estado fisiológico e ecológico. Nessas condições, aumentar a taxa de natalidade na população pode ser uma forma de compensar o menor sucesso médio por indivíduo.
- Em princípio a população tenderia a ficar masculinizada, pois os jacarés têm padrão “Ib” na DST. Com a diminuição do número de fêmeas, restringe-se o número máximo de filhotes, e isso comprometeria a própria sobrevivência da população.

Atividade 2: Metabolismo em répteis

Sobre a estratégia:

Antes do início da atividade, seria conveniente retomar com os estudantes as diferenças entre animais peclotérmicos e homeotérmicos, fazendo a relação entre a taxa metabólica – relacionada com a atividade geral do organismo – e a temperatura. Em uma espécie peclotérmica (invertebrados, peixes, anfíbios e a maioria dos répteis), a taxa metabólica varia com a temperatura ambiente. Se ficar muito baixa, o animal já não poderá manter sua atividade normal. Nas espécies homeotérmicas, a faixa de variação da temperatura ambiente sem comprometer a atividade do organismo em seu meio é mais larga, permitindo-lhe sobreviver com atividade mais ou menos constante em ambientes mais diversos. Aproveite para lembrar que esses termos não são sinônimos de “ectotérmicos” e “endotérmicos”, termos que se referem ao modo como os animais obtêm calor para manter a temperatura do corpo adequada ao metabolismo: os ectotérmicos usam fonte externa de calor e os endotérmicos usam a fonte que vem do próprio metabolismo.

O que se espera:

- Sim, estava correta. Com a temperatura mais alta, os lagartos ficam mais ativos, podendo ser notados com mais facilidade. Em um dia mais frio, sem sol, cai também a temperatura corporal e eles ficam mais tempo abrigados ou imóveis, por isso passam despercebidos.
- A atividade dos répteis atuais fica limitada quando a temperatura ambiente diminui.
- Denominam-se peclotérmicos e ectotérmicos. No verão, sua temperatura corporal aumenta e a taxa respiratória aumenta junto. Com isso, gastam mais “combustível”. No caso dos homeotérmicos, a situação se inverte, já que é no inverno que eles têm aumentada a taxa respiratória para poder compensar a maior perda de calor para o ambiente.
- O fato de aves e tamanduás serem endotérmicos ga-

rante a esses animais que sua atividade metabólica seja mantida mais ou menos constante em faixas largas de variação de temperatura ambiente.

Atividade 3: Pinguins-imperadores suportam o inverno na Antártida

Sobre a estratégia:

Nesta atividade, procuramos associar a espécie com a personagem do filme *A marcha dos pinguins*, mas ela também está bem representada no desenho animado *Happy Feet*. Neste último, cenas com diversas informações do texto foram incluídas. Você pode discutir com os estudantes o fato de que permanecer sob condições muito inóspitas, porém suportáveis, pode ter uma vantagem adaptativa. Reproduzir-se no inverno antártico, sem migrar, favorece a sobrevivência inicial dos filhotes cujos predadores migraram. Isso funciona desde que os ovos e os recém-nascidos possam ser protegidos das intempéries do inverno. Os pinguins-imperadores (tal como aparece nos filmes) são extremamente dedicados à prole; cada casal garante a proteção de seu único ovo e a alimentação do filhote quando nasce.

O que se espera:

- Permanecer no meio da Antártida enquanto potenciais predadores migram para outras áreas é uma forma de aumentar a chance de sobrevivência dos filhotes, uma vez resolvidos o problema da manutenção dos ovos e a proteção dos recém-nascidos contra as agruras do ambiente no inverno.

Atividade 4: Serpente tem placenta?

Sobre a estratégia:

Muito provavelmente você vai sentir a estranheza dos estudantes ao serem informados de que há serpentes com placenta. É uma boa oportunidade para um aprofundamento na estrutura e função desse órgão de origem mista, com partes formadas pelo embrião e adaptações por parte da fêmea.

O que se espera:

- Entre os mamíferos metatérios (marsupiais) a placenta é formada pelo córion juntamente com o saco vitelínico, ambos em associação com tecidos do útero materno. Nos eutérios em geral são o córion e a alantóide que, juntos, se associam a tecidos maternos. Isso quer dizer que o réptil cascavel tem placenta do mesmo tipo da presente nos mamíferos eutérios, que correspondem à maioria dos mamíferos.
- A placenta é uma estrutura de dupla origem, derivada da interação entre tecido materno e membranas extraembrionárias do embrião e assegura proximidade entre os capilares maternos e do embrião, garantindo as trocas de gases, excretas e nutrientes entre eles.

■ Forma e função dos animais: um estudo comparado

Neste capítulo, aprofundamos a apresentação dos sistemas internos dos grupos de animais com os quais os estudantes já devem estar mais familiarizados, após o estudo dos quatro capítulos anteriores. Para isso, optamos por apresentar um estudo comparado, sempre com enfoque evolutivo. Trabalhamos com as estruturas (e, em vários casos, também com princípios gerais) da sustentação e locomoção nos animais, trocas gasosas, circulação, excreção, osmorregulação e coordenação nervosa.

A seguir, vamos comentar alguns pontos que consideramos relevantes.

No item referente a sistemas de sustentação e locomoção (p. 263), é importante que os estudantes assimilem os mecanismos de integração dos músculos com o esqueleto hidrostático ou com partes rígidas de esqueletos externos e internos. Para isso, recomendamos a realização das atividades 1 e 2 da seção **Ampliando e integrando conhecimentos** (p. 282 e 283).

Quanto a outros sistemas, uma boa forma de abordagem é partir de padrões básicos. No caso do sistema digestório, por exemplo, a constituição básica é a cavidade digestória (sistema incompleto) e o tubo digestório (boca, esôfago, estômago, intestino e ânus ou cloaca). Nesses conceitos, é possível introduzir novos: digestão intra e extracelular, fígado e suas funções, pâncreas e suas funções, adaptações especiais em peixes (válvula espiral e cecos), oligoquetos (papo, moela e tiflosole), aves (papo, proventrículo e moela) e mamíferos (estômago dos ruminantes) etc. Abordagem semelhante pode ser aplicada aos outros sistemas, sempre que pertinente.

Ao estudar o sistema digestório das aves, usamos como exemplo a galinha (p. 267). Assegure-se, porém, de não passar a falsa ideia de que todas as aves apresentam as estruturas como mostrado na figura. É importante que o estudante entenda que a anatomia do sistema digestório das aves varia e que isso tem relação com a alimentação.

Ainda a respeito das modificações no estômago dos vertebrados, há um caso muito interessante que não foi comentado no capítulo: o da cigana (*Opisthocomus hoazin*), uma espécie de ave que pertence à mesma ordem dos cucos e que ocorre apenas na Amazônia. O texto a seguir apresenta mais informações sobre essa ave.

A cigana, diferentemente das outras aves, alimenta-se preferencialmente de folhas. O hábito folívoro não é comum entre as aves, que necessitam de muita energia para manter sua elevada taxa metabólica. As folhas são ricas em fibras, que não são digeridas pelos vertebrados e, portanto, não representam uma boa fonte energética. Os mamíferos ruminantes conseguem se alimentar de

folhas porque apresentam especializações em seu sistema digestório, que abriga microrganismos capazes de digerir a celulose. Dentre as aves, o único caso conhecido de espécie que apresenta esse tipo de especialização é o da cigana. O esôfago é modificado em câmaras de fermentação, análogas às câmaras dos ruminantes. O papo e a porção inferior do esôfago da cigana são as estruturas digestivas mais desenvolvidas, correspondendo a quase 10% da massa corpórea do animal. Essa grande massa na região anterior da ave dificulta o voo. Além disso, o osso esterno e a quilha são pouco desenvolvidos na espécie. A cigana não é capaz de realizar voos longos e se locomove saltando de galho em galho. O papo apresenta duas câmaras intercomunicantes, revestidas internamente com epitélio córneo. A região do esôfago abaixo do papo também está modificada em câmaras, separadas umas das outras por válvulas musculares. Nas câmaras do papo e do esôfago inferior ocorre a fermentação das folhas ingeridas. O proventrículo e a moela, por sua vez, têm volume reduzido em comparação com o volume proporcional que ocupam em outras aves. Estudos sobre a digestão nas ciganas revelaram que as partículas de alimento vão tendo seu tamanho reduzido durante a passagem pelo sistema digestório, como resultado de abrasão e ação dos microrganismos fermentadores. As partículas maiores ficam retidas nas câmaras do papo e do esôfago inferior por mais tempo do que partículas menores de alimento. As semelhanças entre as câmaras de fermentação das ciganas e dos mamíferos ruminantes constituem um impressionante exemplo de convergência evolutiva.

GRAJAL, A. Structure and function of the digestive tract of the hoatzin (*Opisthocomus hoatzin*): a folivorous bird with foregut fermentation. *The Auk* 112(1), 1995. p. 20-28.

No caso do sistema circulatório, a base para vertebrados é simples: circuito fechado com “bomba” (coração), dutos principais (veias e artérias) e redes capilares nos órgãos e tecidos. A partir desse esquema, você pode diversificar para circulação dupla.

Com relação aos termos “protonefrídio” e “metanefrídio”, seria interessante fazer alguns comentários. Na maioria dos casos, o protonefrídio filtra o fluido intersticial. A estrutura apresenta uma célula terminal flagelada, localizada na extremidade de túbulos. Quando há um só flagelo, essa célula recebe o nome de solenócito; quando há vários, chama-se célula-flama. A função dos metanefrídios é filtrar o fluido celomático. Cada metanefrídio é formado por um duto, com duas aberturas: uma ciliada, denominada nefróstoma, que fica voltada para o celoma, e outra, chamada nefridióporo, que elimina do corpo os produtos de excreção. Dos invertebrados estudados na coleção, o protonefrídio ocorre em platelmintos, e o metanefrídio, em moluscos e anelídeos.

Em nematódeos, a excreção é feita por glândulas ou células excretoras, por um sistema de canais excretores ou por ambos, mas nada semelhante a um protonefrídio ou metanefrídio. A célula excretora é chamada renete. Em *Ascaris* sp. e outros nematódeos parasitas, há em ge-

ral uma renete modificada associada a um canal excretor que percorre o interior da célula, a maior do corpo do animal. Existe apenas um poro excretor.

Você pode enfatizar o valor adaptativo de cada um dos tipos de excreta nitrogenado: amônia em um extremo, quando há grande disponibilidade de água, e ácido úrico no outro, quando há pouca água disponível ou quando é importante reduzir o peso (por exemplo, no caso das aves).

Finalmente, ao abordar o sistema nervoso, é importante estabelecer bem a relação entre o aparecimento de centros nervosos e a cefalização.

No volume 1 desta obra, já falamos sobre a importância da relação superfície-volume na evolução das células e agora retomamos com o caso da evolução animal. Aproveite, como já comentamos no volume 1, para fazer conexão com Matemática evidenciando mais uma vez a importância dessa área para todas as ciências, no caso para a Biologia. Esse tema será reforçado ainda mais na atividade 3 da seção **Ampliando e integrando conhecimentos** (p. 284).

■ Orientações e sugestões de respostas das atividades

p. 281 – Tema para discussão

Descoberta a menor serpente do mundo

O **Tema para discussão** trata da descoberta da menor serpente do mundo. Por meio da pergunta do texto, os estudantes podem perceber que seres diminutos são tão adaptados ao meio quanto seres maiores.

Unicelulares com estrutura corpórea mais simples, como os procariontes, apresentam diversidade metabólica não encontrada em nenhum eucarionte. Assim, apesar de estruturalmente mais simples que os eucariontes, os procariontes têm adaptações relacionadas ao metabolismo energético e à resistência a condições adversas do meio muito mais complexas que os eucariontes. Outro ponto importante é fazer com que o estudante entenda que não devemos usar as expressões “mais evoluído” e “menos evoluído”. Cada organismo é um mosaico de características primitivas e derivadas e essas expressões devem ser abandonadas.

p. 282 – Ampliando e integrando conhecimentos

Atividade 1: O esqueleto hidrostático

Sobre a estratégia:

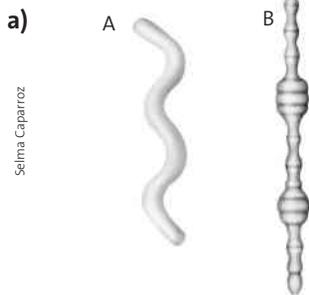
Muito do que trataremos aqui poderia ser modelado com bexigas de borracha (balão de aniversário) redondas e em forma de bastão. Se você, professor(a), achar conveniente, use bexigas diversas para pressionar suas pare-

des, de modo que elas distendam ou contraíam de modos diferentes, observando as variações de forma.

Essa analogia entre as bexigas sendo apertadas de uma ou outra maneira e as cavidades corporais sendo pressionadas pela contração de músculos dispostos de uma ou outra forma apresenta como restrição o fato de o ar ser compressível e o líquido que preenche as cavidades corporais dos animais não o ser. Caso opte por essa experimentação mais concreta, você pode discutir esse aspecto com os estudantes antes de iniciar a atividade.

É importante que as informações do texto da atividade tenham sido muito bem compreendidas para que os estudantes possam responder ao que se pede. No final, você pode discutir a vantagem do movimento longitudinal de que a minhoca é capaz para a locomoção dentro de uma galeria no solo, onde movimentos sinuosos não são possíveis (o diâmetro da galeria é pouco maior que o do corpo da minhoca). Se imaginarmos uma lombriga no material fluido do intestino, o movimento sinuoso é suficiente. Se possível, você pode demonstrar o movimento da minhoca colocando um animal em uma caixa e permitindo que os estudantes reconheçam tanto os movimentos sinuosos quanto o longitudinal (este último geralmente ocorre quando a minhoca fica encostada em uma das quinas do fundo da caixa, talvez “percebendo” o maior contato com o substrato como indicativo de estar na galeria).

O que se espera:



b) Não. Para encurtar, sabendo-se que o volume de líquido interno é constante, o diâmetro deveria aumentar. Como esse aumento de diâmetro é impedido pela cutícula flexível, mas inelástica, não tem como diminuir o comprimento. Se toda a musculatura se contrair com a mesma força, o efeito será aumentar a pressão interna sem mudança de forma – o resultado é o animal ficar mais rígido.

Atividade 2: Movimentos nos vertebrados

Sobre a estratégia:

Oferecemos aqui uma oportunidade interessante de relacionar conceitos da Física (Mecânica) com fenômenos biológicos – Biofísica. Uma vantagem é que tudo de que tratamos na atividade pode ser experimentado pelos estudantes com uma régua, representando a tábua de madeira, e uma pequena massa, como uma pedrinha que possa ser apoiada na régua, para exercer a força peso.

As alavancas nesta atividade são todas interfixas, isto é, o ponto de apoio fica entre os pontos de aplicação das forças potente (F) e resistente (peso). As alavancas biológicas que queremos entender são desse mesmo tipo, com ponto de apoio na articulação.

Em uma alavanca em equilíbrio, os momentos em ambos os lados do apoio têm de ser iguais. O momento é o resultado da multiplicação da força pela distância até o centro da rotação – no nosso caso, o ponto de apoio. Isso quer dizer que no equilíbrio vale a expressão abaixo, onde “ d_1 ” é a distância entre os pontos de apoio e de aplicação da força potente (por exemplo, o ponto de inserção do músculo) e “ d_2 ” é a distância entre os pontos de apoio e de aplicação da força resistente (por exemplo, sobre as unhas do tatu).

$$\text{Peso} \times d_1 = F \times d_2$$

Quando um dos momentos supera o outro, a alavanca sai do equilíbrio e gira. No caso do tatu, quando o momento potente (relacionado com a força muscular) supera o resistente (relacionado com a força de resistência do solo), a terra é deslocada para trás. Se os estudantes não encontrarem essas informações nas fontes acessadas, caberá a você instruí-los. Na figura, os números representam as distâncias “ d_1 ” e “ d_2 ” ($d_1 : d_2$) em unidades arbitrárias.

O que se espera:

- a) **Situação A:** $1 \text{ (kgf)} \times 1 \text{ (} d_1 \text{)} = F_1 \text{ (kgf)} \times 1 \text{ (} d_2 \text{)}$ e, portanto, F_1 é 1 kgf.
Situação B: $1 \text{ (kgf)} \times 3 \text{ (} d_1 \text{)} = F_2 \text{ (kgf)} \times 1 \text{ (} d_2 \text{)}$ e, portanto, F_2 é 3 kgf.
Situação C: $1 \text{ (kgf)} \times 7 \text{ (} d_1 \text{)} = F_3 \text{ (kgf)} \times 1 \text{ (} d_2 \text{)}$ e, portanto, F_3 é 7 kgf.
b) $10 \times d_1 = 5 \times d_2$; portanto, $\frac{d_1}{d_2} = \frac{5}{10} = \frac{1}{2}$.

Nesse caso, é satisfatória qualquer alavanca cujo braço – na extremidade do qual se aplica a força – tenha o dobro do comprimento daquele em cuja extremidade fica o peso.

- c) É a distância entre a extremidade posterior do antebraço (onde se insere o tríceps) e o ponto de articulação com o braço em relação ao comprimento do restante do antebraço. Essa proporção é maior no tatu que no ser humano (em palavras mais simples, o cotovelo do tatu é mais saliente que o do ser humano).

Atividade 3: Relação área/volume

Sobre a estratégia:

Aqui vamos estender um pouco o que já tratamos na atividade 3, seção **Ampliando e integrando conhecimentos** do capítulo 9 (p. 171). Ao longo desta atividade, você, professor(a), assegure que os estudantes percebam como a relação área/volume afeta a efetividade das trocas.

Para isso é necessário, inicialmente, lembrar que os gases são trocados através da superfície, enquanto sua

demanda ou produção depende da massa corporal metabolicamente ativa (basicamente proporcional à quantidade de células). Se a área é suficiente para permitir as trocas necessárias para manter a massa interna de células, então o organismo é viável. Há, entretanto, dois caminhos para determinar a relação área/volume: um deles refere-se à forma; o outro, ao tamanho. Nos itens “a” a “e” está imposta a condição de mesma massa (volume) corporal; nesses casos, o principal fator que interfere na efetividade das trocas é a forma.

Na prática há, ainda, outro ponto a ser considerado: a distância que pode ser percorrida pelas moléculas por difusão pode ser o limitador mais importante – isso já foi estudado anteriormente.

No item “c” pode-se fazer uma aproximação do volume de material corado em relação ao volume total. Consideremos que a espessura da camada corada, a qual depende da difusibilidade do corante e não da forma ou do tamanho do bloco, seja de 3 mm. Nesse caso, ao multiplicar a área de cada bloco por 0,3 cm, teremos o volume corado. Os valores são $96 \text{ cm}^2 \times 0,3 \text{ cm}$ e $160 \text{ cm}^2 \times 0,3 \text{ cm}$, ou seja, $28,8 \text{ cm}^3$ e 48 cm^3 . Se calcularmos a proporção entre esses valores e o volume total dos dois blocos, teremos, respectivamente, 0,45 (ou 45%) e 0,75 (ou 75%). Isso mostra matematicamente o quanto a forma achatada contribuiu para a distribuição do corante na massa dos blocos.

Você pode estender a atividade pedindo aos estudantes que calculem numericamente a relação área/volume (RAV) dos blocos **A** e **B** e, em seguida, propondo a eles a pergunta: “De que tamanho deveria ser o lado (L) de um

terceiro bloco, C, cúbico (forma do bloco **A**), para que sua RAV fosse $2,5 \text{ cm}^{-1}$ (a mesma do bloco **B**)?”. Os resultados dos cálculos serão:

$$\text{RAV}_A = \frac{96}{64} \text{ cm}^{-1} = 1,5 \text{ cm}^{-1}$$

$$\text{RAV}_B = \frac{160}{64} \text{ cm}^{-1} = 2,5 \text{ cm}^{-1}$$

$$\text{RAV}_C = 2,5 \text{ cm}^{-1} = \frac{6L^2}{L^3} \text{ cm}^{-1} = \frac{6}{L} \text{ cm}^{-1}$$

$$L = \frac{6}{2,5} \text{ cm} = 2,4 \text{ cm}$$

Se as moléculas de gases puderem difundir-se por uma distância de 1,2 cm em relação à superfície de trocas, então um organismo hipotético com a forma do bloco **A**, porém com 2,4 cm de lado (em vez de 4 cm), seria tão viável quanto um com a forma e o tamanho do bloco **B**. Se a distância que pode ser vencida por difusão for menor, então tal organismo com a forma do bloco **A** só seria viável com tamanho menor ainda ou com outra forma.

O que se espera:

- Os volumes são idênticos. Ambos os blocos têm 64 cm^3 .
- O bloco **A** tem 96 cm^2 de área superficial. O **B**, 160 cm^2 .
- Com a mesma penetração, a região sem corante é muito mais delgada no bloco **B** do que em **A**.
- A forma achatada contribui para aumentar a efetividade das trocas de substâncias através da superfície.
- No bloco **B**, portanto, as trocas seriam mais efetivas e o organismo achatado seria positivamente selecionado.

11. Sugestões de atividades extras para o volume 2

Nesta parte do Manual você encontra um conjunto de sugestões extras para o trabalho com o volume 2 desta coleção. Estimulamos que você as use adaptando-as para suas necessidades e até mesmo criando outras que possam colaborar com a aprendizagem dos estudantes.

Sugestão 1: A tectônica de placas pode explicar por que certos animais vivem onde vivem! (Capítulo 1 ou Capítulo 9)

Para retomar os conceitos de tectônica de placas e sua relação com a distribuição atual dos animais e também a participação desse processo na evolução das espécies, assuntos já abordado no volume 1, sugerimos que você peça

aos estudantes, como atividade em grupo, que pesquisem e elaborem um texto sobre a evolução dos mamíferos marsupiais. Escolhemos animais pela proximidade maior que os estudantes têm com o grupo e dentro dos animais escolhemos os marsupiais, grupo de mamíferos que, em geral, os estudantes têm curiosidade em conhecer, o que pode ser motivador para eles se interessarem pelo assunto. Para isso, os estudantes devem buscar informações sobre os marsupiais já extintos e também sobre os atuais (como cangurus, coalas, gambás e cuícas), pesquisando sobre o local de origem do provável ancestral comum. Os estudantes também podem pesquisar por que atualmente os marsupiais apresentam maior diversidade na Austrália do que em qualquer outro lugar do mundo.

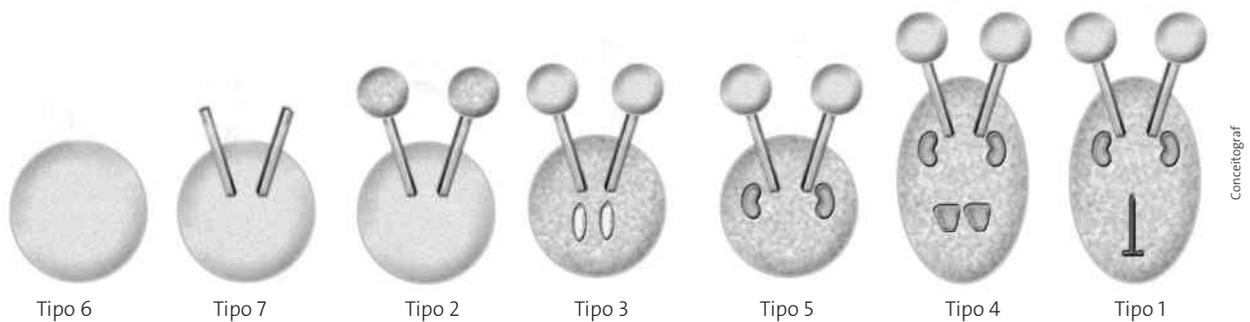
A distribuição geográfica dos grupos atuais de mamíferos marsupiais também pode ser explicada pela Teoria Tectônica de Placas. Na época da Pangeia, os mamíferos estavam representados apenas por espécies sem placenta (prototérios) ou com placenta pouco desenvolvida (metatérios ou marsupiais). Os metatérios viviam em toda a Pangeia. Com a separação dos continentes, espécies de metatérios também se separaram e evoluíram independentemente em cada nova massa de terra. Além disso, várias espécies de mamíferos placentários evoluíram nessas novas massas de terra, com exceção da Austrália. Neste país, os metatérios evoluíram sem a competição com os mamíferos placentários e se diversificaram muito em uma rica variedade de marsupiais, incluindo cangurus e coalas. Nesse momento, pode-se falar um pouco sobre especiação e espécies endêmicas também.

Sugestão 2: Construindo um cladograma (Capítulo 1)

Esta atividade é uma adaptação dos procedimentos descritos no Livro do Estudante.

Para realizá-la, os estudantes utilizarão massa de modelar de duas cores, 4 palitos de dente quebrados ao meio, 6 grãos de feijão, 2 grãos de arroz, 2 grãos de milho e um prego pequeno.

O passo inicial é produzir os tipos morfológicos (correspondendo a organismos) que serão representados no cladograma a ser construído.



Tipo 1: uma estrutura fusiforme de massa verde, com dois pedaços de palito encravados até a metade, duas bolinhas de massa da outra cor (0,5 cm a 1 cm de diâmetro) espetadas nas extremidades dos palitos, dois grãos de feijão incrustados na estrutura principal e finalmente o prego espetado entre os dois grãos de feijão até a metade de seu comprimento.

Tipo 2: uma esfera de massa branca, com dois pedaços de palito encravados até a metade, duas bolinhas de massa da outra cor (0,5 cm a 1 cm de diâmetro) espetadas nas extremidades dos palitos.

Tipo 3: uma esfera de massa verde, com dois pedaços de palito encravados até a metade, duas bolinhas de massa da outra cor (0,5 cm a 1 cm de diâmetro) espetadas nas extremidades dos palitos e dois grãos de arroz.

Tipo 4: uma estrutura fusiforme de massa verde, com dois pedaços de palito encravados até a metade, duas bolinhas de massa da outra cor (0,5 cm a 1 cm de diâmetro) espetadas nas extremidades dos palitos, dois grãos de feijão incrustados na estrutura principal e dois grãos de milho.

Tipo 5: uma esfera de massa verde, com dois pedaços de palito encravados até a metade, duas bolinhas de massa da outra cor (0,5 cm a 1 cm de diâmetro) espetadas nas extremidades dos palitos, dois grãos de feijão incrustados na esfera principal.

Tipo 6: apenas uma esfera de massa branca, com 2 cm a 3 cm de diâmetro.

Tipo 7: uma esfera de massa branca, com dois pedaços de palito encravados até a metade.

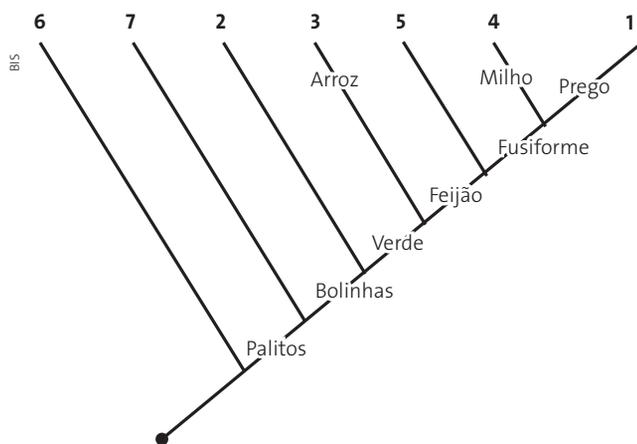
Na construção da tabela, o tipo 6 será usado no cladograma como grupo externo.

Cada condição nova deve ser assinalada. Deixe o estudante montar a tabela da forma como quiser, mas diga a ele que o tipo 6 apresenta as condições primitivas dos caracteres em questão. Aqui apresentamos a tabela organizada de forma mais fácil para a construção do cladograma:

Organismo/ Característica	Tipo 6	Tipo 7	Tipo 2	Tipo 3	Tipo 5	Tipo 4	Tipo 1
Palito	Ausente	Presente	Presente	Presente	Presente	Presente	Presente
Bolinha	Ausente	Ausente	Presente	Presente	Presente	Presente	Presente
Cor	Branca	Branca	Branca	Verde	Verde	Verde	Verde
Feijão	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Presente	Presente	Presente
Forma	Esférica	Esférica	Esférica	Esférica	Esférica	Fusiforme	Fusiforme
Milho	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Presente	Ausente
Prego	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Presente
Arroz	Ausente	Ausente	Ausente	Presente	Ausente	Ausente	Ausente

O cladograma deverá ser montado sobre uma cartolina, riscando-se os ramos e registrando-se os pontos em que os caracteres derivados aparecem com caneta diretamente no papel.

O resultado deverá ser como mostrado na figura abaixo, com os “organismos” posicionados em seus respectivos lugares.



Cladograma mostrando as relações filogenéticas entre os tipos 1 a 7.

Sugestão 3: A febre amarela está voltando? (Capítulo 2)

Aqui apresentamos dois textos sobre febre amarela. O primeiro trata da febre amarela silvestre, com predominância de infecção de trabalhadores na zona rural, especialmente em cidades pequenas no Sudoeste do estado de São Paulo. Localizá-las em um mapa seria interessante para que os estudantes percebam que se trata de uma

mesma região (região de Avaré, SP). Se julgar interessante, consultem na internet imagens de satélite da área, mostrando a intensiva atividade agrícola, bem como a abundância de rios e represas.

Um perigo adicional que vem com os novos casos de febre amarela silvestre é que as pessoas infectadas podem chegar às cidades grandes e nessas cidades, com a presença do mosquito vetor urbano (*Aedes aegypti*), desencadear um surto ou uma epidemia da doença.

O segundo texto é do Centro de Informação em Saúde para Viajantes Cives e fala sobre os mosquitos transmissores e sobre como ocorre a transmissão da doença.

A ocasião é propícia para você discutir com os estudantes o problema da invasão de novos habitats pelo ser humano, expondo-se dessa forma a novos agentes transmissores ou patogênicos.

Leia o trecho abaixo, extraído do *Boletim Final sobre a Febre Amarela Silvestre no estado de São Paulo*, em 2009.

A Emergência de Saúde Pública de Importância Nacional (ESPIN) de febre amarela no Estado de São Paulo ocorreu no período de fevereiro a abril de 2009. Cento e um casos suspeitos de febre amarela silvestre (FAS) foram notificados na área de provável transmissão (denominada de área afetada e ampliada), dos quais 83 casos suspeitos apresentavam local provável de infecção em municípios com confirmação de circulação viral.

Destes, vinte e oito casos foram confirmados, sendo onze com evolução para o óbito (letalidade 39,3%). Outros cinquenta e cinco casos foram descartados. Os locais prováveis de infecção (LPI) foram: município de Avaré divisa com Itatinga, Sarutaiá, Piraju, Tejupá e Buri; todos os casos foram relacionados a atividades de lazer e/ou trabalho em área rural (Tabela 1).

[...]

Tabela 1 – Distribuição das notificações de casos de febre amarela silvestre por classificação e município provável de infecção. São Paulo, agosto de 2009.

Município provável de infecção**	Confirmados		Descartados		Total	
	Casos	Óbitos*	Casos	Óbitos*	Casos	Óbitos*
Avaré	4	1	6	-	10	1
Buri	5	3	2	-	7	3
Piraju	11	5	16	-	27	5
Sarutaiá	7	2	31	-	38	1
Tejupá	1	-	-	-	1	-
Total	28	11	55	-	83	11

Obs.: *Os óbitos estão incluídos no total dos casos.

**Local provável de infecção dos casos notificados reavaliados após investigação.

[...]

Entre os vinte e oito casos confirmados de febre amarela silvestre, dezoito (64,3%) eram do gênero masculino. A idade variou entre 3 dias de vida e 52 anos, com média de 29 anos. Todos os indivíduos positivos para FA não eram imunizados e estiveram envolvidos com atividades em ambiente silvestre ou eram moradores de zona rural, o que permitiu classificá-los como casos silvestres de febre amarela. [...]

Febre Amarela Silvestre, Estado de São Paulo, 2009 – Boletim final, dezembro 2009. Disponível em: <ftp://ftp.cve.saude.sp.gov.br/doc_tec/ZOO/Boletim_FASP171209.pdf>. Acesso em: abr. 2016.

Agora, leia o trecho de um texto sobre febre amarela do Centro de Informação em Saúde para Viajantes (Cives), localizado na Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ).

A transmissão da febre amarela pode ocorrer em áreas urbanas, silvestres e rurais ou intermediárias (em fronteiras de desenvolvimento agrícola). As manifestações da febre amarela não dependem do local onde ocorre a transmissão. O vírus e a evolução clínica são idênticos. A diferença está apenas nos transmissores e no local geográfico de aquisição da infecção.

A transmissão da febre amarela em área silvestre é feita por intermédio de mosquitos do gênero (principalmente) *Haemagogus*. O ciclo do vírus em áreas silvestres é mantido através da infecção de macacos e da transmissão transovariana no próprio mosquito. A infecção humana ocorre quando uma pessoa não imunizada entra em áreas de cerrado ou de florestas. Uma vez infectada, a pessoa pode, ao retornar, servir como fonte de infecção para o *Aedes aegypti*, que então pode iniciar a transmissão da febre amarela em área urbana. Uma pessoa pode ser fonte de infecção para o mosquito desde imediatamente antes de surgirem os sintomas até o quinto dia da infecção. O *Aedes aegypti* torna-se capaz de transmitir o vírus da febre amarela 9 a 12 dias após ter picado uma pessoa infectada. Durante a gestação, embora não seja comum, pode ocorrer transmissão para o bebê através da placenta, o que também é observado em infecções causadas por outros flavivírus (como a dengue).

No Brasil, a transmissão da febre amarela em áreas urbanas não ocorre desde 1942. Em áreas de fronteiras de desenvolvimento agrícola, pode haver uma adaptação do transmissor silvestre ao novo habitat e ocorre a consequente possibilidade de transmissão da febre amarela em áreas rurais (“intermediárias”). Em áreas urbanas, o *Aedes albopictus* é um transmissor potencial, embora ainda não tenha sido definitivamente incriminado como vetor da febre amarela. O *Aedes aegypti* (principalmente) e o *Aedes albopictus* proliferam dentro ou nas proximidades de habitações (casas, apartamentos, hotéis), em recipientes que acumulam água limpa (vasos de plantas, pneus velhos, cisternas etc.). O *Aedes aegypti* e o *Aedes albopictus* (comprovadamente) também transmitem o vírus da dengue. Ambos picam durante o dia, ao contrário do mosquito comum (*Culex*), que tem atividade noturna.

CIVES. Disponível em: <<http://www.cives.ufrj.br/informacao/fam/famiv.html>>. Acesso em: abr. 2016.

Os dados mostram que existem casos registrados de febre amarela ainda hoje, inclusive com óbitos.

Como discussão, propomos as seguintes questões:

- Apresente pelo menos uma hipótese para explicar o reaparecimento da febre amarela silvestre, considerando-se que existe vacina contra ela.
- Como esses casos de febre amarela poderiam ter sido evitados?
- Se você tiver acesso a fontes de pesquisa sobre mosquitos do gênero *Haemagogus*, procure descobrir particularidades do ciclo de vida dessa espécie e características que o diferenciam do ciclo de vida do *Aedes aegypti*.

Respostas esperadas:

- Se existe vacina para a febre amarela, e se as formas urbana e silvestre são idênticas, então uma hipótese plausível é que pessoas não vacinadas estão indo ao encontro dos vetores, cuja contaminação nessas regiões rurais ou intermediárias independe do ser humano. O controle dos mosquitos, já difícil nas cidades, torna-se praticamente impossível nas áreas rurais, já que os corpos d’água não podem ser eliminados e a aplicação de substâncias para matar as larvas no ambiente natural pode ter consequências ecológicas imprevisíveis.
- Por campanhas de vacinação. Apenas o controle dos mosquitos em áreas urbanas, sem um programa de vacinação, não impede que as pessoas contraiam a doença ao visitarem áreas rurais.
- Do ponto de vista morfológico, há uma diferença nítida entre os dois mosquitos: o *Aedes aegypti* apresenta manchas brancas ao lado do abdômen e nas articulações das pernas; o *Haemagogus* é inteiramente escuro. Quanto ao ciclo de vida, o *Haemagogus*, um dos transmissores da febre amarela silvestre, pode desenvolver-se em pequenos depósitos de água, como reentrâncias em troncos de árvores, e pica diversas espécies de animais, geralmente primatas. O *Aedes* é antropófilo, buscando o ser humano mais especificamente (daí o sucesso de sua ocorrência nas cidades). Por isso, no caso do *Haemagogus*, o ciclo de vida é macaco > mosquito > ser humano, e o do *Aedes* é ser humano > mosquito > ser humano.

Sugestão 4: Maquete de aterro sanitário (Capítulo 3)

Aqui, trata-se de fazer um concurso entre os grupos da classe para fazer uma maquete de um aterro sanitário, representando seus principais componentes. Para se orientar, os estudantes deverão trazer para a sala de aula figuras e fotografias que mostrem como são construídos aterros sanitários. Essas fotografias e figuras podem ser encontradas em livros ou na internet, por exemplo, caso seja possível (basta acessar um site de busca com o termo aterro sanitário), e devem ser analisadas cuidadosamente, buscando-se reconhecer os componentes principais do sistema e discutir, em grupo e com a sua orientação, como eles se integram.

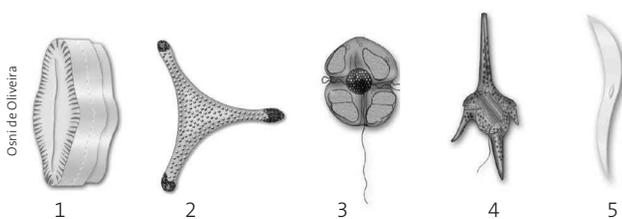
A maquete poderá ser construída em uma caixa de madeira com areia. A camada impermeabilizante poderá ser feita em plástico, e as instalações, de papelão ou isopor (pintados ou não com tinta guache). Você, professor(a), deverá instruir os estudantes para que estabeleçam, com a maior liberdade possível, uma forma de mostrar como o aterro sanitário funciona. Tomando como base a maquete, as informações obtidas no livro e no levantamento das fotografias e figuras trazidas, os estudantes poderão fazer oralmente a comunicação do trabalho. Placas ou etiquetas com textos curtos distribuídos na própria maquete são outra alternativa.

Se na cidade houver um aterro sanitário, você, professor(a), poderá estimular os estudantes a visitar o local, a fim de obter mais informações para o entendimento de todo o processo que ocorre ali.

Sugestão 5: Reconhecimento de formas de algas unicelulares e fitoplâncton (Capítulo 4)

Os estudantes terão de consultar o texto e as figuras do capítulo para responder ao que se pede. É um exercício de reconhecimento e assimilação de formas.

Em um laboratório de pesquisa em que se estuda fitoplâncton, um estagiário analisou uma amostra de água ao microscópio de luz e encontrou vários protistas. O estagiário desenhou alguns deles e levou ao pesquisador para confirmar suas observações. Ao analisar os desenhos, que reproduzimos a seguir, o pesquisador constatou que um dos organismos ali representados não poderia jamais ter sido encontrado em uma amostra de fitoplâncton. Analise os desenhos, indique qual é esse organismo e justifique sua resposta. Além disso, informe a quais grupos pertencem todos os organismos representados.



Elementos representados em diferentes escalas.

Resposta esperada:

O organismo que não poderia jamais pertencer ao fitoplâncton é o número 5, já que não tem nenhuma estrutura de locomoção (flagelos, cílios ou pseudópodes) característica dos apicomplexos; ele pode ser, por exemplo, um esporozoíto de *Plasmodium*, cuja forma alongada permite distingui-lo das demais ao longo do ciclo de vida. Os organismos 1 e 2 são diatomáceas (formas representadas em figuras do capítulo); 3 e 4 são dinoflagelados.

Sugestão 6: Analisando leveduras (Capítulo 5)

Nessa atividade há necessidade de microscópio.

Material necessário:

- fermento biológico fresco (*Saccharomyces cerevisiae*), que pode ser comprado em padarias ou mercados;
- 200 mL de água filtrada morna (cerca de 30°C);
- 1 colher de sobremesa de açúcar;
- frascos de vidro ou bêqueres para cultivo das leveduras;
- filme plástico de PVC;
- microscópio;
- lâminas e lamínulas;
- pipeta ou conta-gotas;
- toalha de papel;
- solução de azul de metileno (opcional; usado para dar contraste, possibilitando melhor visualização das células, pois elas são muito pequenas).

Procedimento:

1. Coloque a água morna e o açúcar no frasco de vidro e acrescente um pouco de fermento. Mexa com a colher até dissolver bem.
2. Tape o frasco com filme plástico e deixe em local escuro por 48 horas.
3. Com o auxílio do conta-gotas ou da pipeta, pingue em uma lâmina uma ou duas gotas desse cultivo (pegue sempre mais perto do fundo do frasco). Cubra a amostra com uma lamínula.
4. Seque o excesso de líquido com a toalha de papel.
5. Observe ao microscópio.
6. Opcionalmente, faça outra preparação na lâmina, adicionando uma gota de solução de azul de metileno. Observe a preparação ao microscópio e localize as células de levedura e as células em reprodução.
7. Peça aos estudantes que registrem as observações no caderno. Oriente-os a fazer desenhos grandes representando as células e anotar o aumento usado no microscópio em seu estudo.

Como discussão propomos as seguintes perguntas:

- a) Como são as células da levedura?
- b) Qual é o tipo de reprodução que pode ser identificada nas preparações observadas?
- c) Qual é a importância de se adicionar açúcar ao meio de cultura?
- d) Houve algum problema durante a execução dessa atividade?

Respostas esperadas:

- a) As células de levedura são arredondadas e muito pequenas. Seria interessante retomar com os estudantes a estrutura da célula da levedura. As células são muito pequenas, mas será possível verificar que há uma estrutura mais brilhante no interior delas: essa estrutura corresponde ao vacúolo. Você poderia ampliar um pouco a discussão e comparar células vegetais, animais e de fungos.
- b) Reprodução assexuada, do tipo brotamento ou gemação.
- c) O fungo usa o açúcar como fonte de energia.
- d) Resposta pessoal.

Sugestão 7: Ciclo de vida das algas verdes (Capítulo 6)

Uma estratégia que ajuda a compreender ciclos de vida de diferentes organismos é pedir aos estudantes que façam o esquema do ciclo de vida de um animal bem conhecido por eles, como o de um cachorro. Depois, comparar os ciclos de vida dos demais organismos com o ciclo do animal que o estudante conhece. Finalmente, comentar as semelhanças e diferenças a partir do referencial do estudante. No caso do ciclo da alga *Ulva* sp., peça aos estudantes que, em grupos, após observar a fotografia da alga *Ulva* mostrada no capítulo, respondam às questões: Você já viu esse organismo? Onde?

Em seguida, peça-lhes que analisem o ciclo de vida da *Ulva*, como um todo e depois etapa por etapa. Para cada etapa, solicite um registro do estudante na forma de um esquema simples e outro registro das dúvidas e situações que não compreenderam. Peça que comparem o ciclo de vida dessa alga com o ciclo de vida do animal que eles descreveram e apontem em qual momento ocorre a formação de gametas em cada caso, e as principais diferenças entre esses ciclos. Estaremos, assim, retomando com eles os diferentes momentos do ciclo de vida em que a meiose ocorre, determinando os ciclos haplontes, diplontes e haplontes-diplontes.

Sugestão 8: Plantas e ciclos de vida (Capítulo 6)

Trabalharemos com o exemplo do ciclo de vida das angiospermas, mas é possível usar uma estratégia semelhante para estudar os ciclos de vida dos outros grupos de plantas.

Antes de aprofundar o estudo dos ciclos de vida dos diferentes grupos vegetais, é importante que os estudantes sejam desafiados.

a) Mostre aos estudantes uma fotografia de uma angiosperma (não diga que é uma angiosperma nesse momento) com flor crescendo em uma brecha no cimento, como em um muro ou em um chão de quintal. Em seguida, proponha-lhes o seguinte:

Observe a fotografia e reflita:

— Como essa planta foi parar ali? Represente sua resposta por meio de um desenho ou de um pequeno texto. Inclua na sua representação as etapas do ciclo de vida dessa planta, antes e depois da situação mostrada.

— Que estruturas da planta você vê nessa fotografia?

— Essa planta tem semente? Por que você pensa isso? Caso a resposta seja afirmativa, complemente a pergunta: de onde a semente pode ter vindo? Todas as plantas têm sementes?

Uma visita com os estudantes a um ambiente próximo, como o pátio ou outro local da própria escola, pode enriquecer a explicação com exemplos. Se nessa atividade forem encontrados musgos, samambaias ou gimnospermas, peça aos estudantes que expliquem como cada

planta, que não foi plantada por uma pessoa, foi parar ali. Pergunte quais estruturas estão visíveis nesses organismos. Ao observarem as diferentes plantas, solicite um desenho indicando as partes que puderam identificar.

É interessante solicitar a cada estudante que guarde suas representações iniciais, de modo que possa avaliar as informações que tinha inicialmente ao responder à questão e como variam seus conhecimentos à medida que estuda os conceitos, voltando a essas representações ao longo do curso.

b) Peça, agora, aos estudantes que analisem o cladograma apresentado no início do capítulo 6 (p. 96).

— A qual dos grupos a planta da fotografia pertence? Justifique sua resposta.

Resposta: Ao grupo das angiospermas, porque tem flores.

— Pesquise no livro que outras estruturas as plantas desse grupo têm.

Resposta: As angiospermas têm também frutos e raízes, além de folhas, caule e flores.

— Dê exemplos de plantas, desse grupo, que você conhece.

Resposta pessoal.

c) Analise inicialmente o ciclo de vida das angiospermas apresentado no capítulo (p. 108); depois analise-o passo a passo. Volte ao desafio inicial: Como aquela plantinha nasceu naquele lugar?

Resposta pessoal. Se conseguirem compreender o ciclo, responderão corretamente à questão, concluindo que uma semente da planta, de alguma maneira, foi parar naquele lugar, que ofereceu a ela condições adequadas para germinar e crescer. Também saberão identificar as etapas que antecedem e sucedem a que viram na fotografia. Caso contrário, os conceitos precisarão ser retomados.

d) Redija um texto com o título: “A história da vida de uma angiosperma”. Inclua em seu texto as seguintes informações: o nome popular da angiosperma cuja história da vida você vai relatar; as etapas pelas quais essa planta passa durante a vida até a morte; como ela deixa descendentes e como estes podem ocupar novos ambientes. À medida que for escrevendo seu texto, monte uma lista de dúvidas (caso elas apareçam).

Após a discussão desta questão, peça aos estudantes que comparem as respostas que deram aqui com as representações iniciais (item **a**). Abra uma discussão geral para os comentários dos estudantes sobre essa comparação. Se você optar por padronizar a angiosperma a ser estudada, a discussão dos textos ficará mais fácil; nesse caso, sugerimos escolher uma planta do ambiente cotidiano do estudante. É interessante propor aos estudantes que pesquisem a forma de disseminação das sementes da planta escolhida. Durante a discussão, questione os estudantes sobre outras formas de disseminação que conhecem. Escolha alguns dos relatos para sistematizar os conhecimentos, esclarecendo as dúvidas que apresentarem.

Sugestão 9: Mitose, meiose e ciclos de vida das plantas (Capítulo 6)

A partir de angiospermas familiares aos estudantes, estimule-os a reconhecer por que e onde a meiose e a mitose ocorrem e qual a função desses processos celulares nos ciclos de vida das demais plantas. Essa mesma estratégia pode ser usada com os ciclos de vida de outros organismos, como os animais, inclusive o ser humano. É importante que os estudantes reconheçam que os processos da mitose e meiose ocorrem em todos os organismos que apresentam reprodução sexuada. Desse modo e com esses objetivos, você pode usar também todos os ciclos de vida apresentados neste volume. As atividades a seguir que pedem a produção de um esquema para o ciclo de vida da melancia podem ser usadas para verificar se os estudantes conseguem fazer relações, ler imagens e listar as diferenças para fazer seus esquemas e desenhos. A seguir, apresentamos sugestões de como proceder nesse caso.

a) Vamos, agora, identificar os processos de mitose e de meiose no ciclo de vida das angiospermas. Que estruturas você vê no ciclo de vida das plantas que têm flores e que também podem ser reconhecidas em uma planta da sua casa ou da sua escola?

b) Vamos considerar uma planta — a melancia — que também é uma angiosperma, mas possui flores estaminadas e pistiladas no mesmo indivíduo. Sabendo que as células diploides da melancia possuem 22 cromossomos, propomos o seguinte desafio: a partir do esquema do ciclo de vida da angiosperma mostrada no livro (cerejeira), elabore um esquema para o ciclo de vida da melancia.

c) Liste as diferenças que você nota entre os dois ciclos.

d) Se você pudesse ver os cromossomos a olho nu, quantos encontraria em uma célula da folha da melancia? E na da parede do ovário da flor? E em uma oosfera? E em uma célula espermática? Faça desenhos para responder a essas questões e elabore um pequeno texto para justificá-los.

e) Qual(is) processo(s) forma(m) grãos de pólen, zigoto e embrião? Explique resumidamente cada um deles.

f) Como começa a vida de um novo pé de melancia?

Respostas esperadas:

a) Resposta pessoal. A ideia é saber se os estudantes estão familiarizados com os componentes florais, frutos, sementes etc. Isso ajudará no encaminhamento das aulas.

b) Resposta pessoal. O importante é que os estudantes percebam que a parte do ciclo que se refere à reprodução ficará igual, mas o ciclo da melancia, no final, apresentará algumas diferenças, pois têm flores estaminadas e pistiladas.

c) Na melancia há dois tipos de flor na mesma planta, e formam-se muitas sementes no fruto. O importante é que os estudantes percebam que a melancia apresenta características que diferem do esquema padrão, mas possui as características que permitem que seja classificada no mesmo grupo.

d) Os estudantes devem desenhar células simplifi-

cadas e representar, no núcleo, os cromossomos como traços (se quiserem, podem usar 11 cores diferentes para diferentes pares de homólogos). Na célula da folha e da parede do ovário devem desenhar 22 cromossomos (2 de cada cor, mas espalhados, não emparelhados, se estiverem usando cores) e nas células espermáticas e oosfera devem desenhar 11 cromossomos (1 de cada cor) em cada uma delas. Células reprodutivas — como a oosfera (que fica dentro do óvulo) e as células espermáticas (e também os grãos de pólen) — são haploides, isto é, terão 11 cromossomos cada uma, pois originaram-se de um processo de meiose. Todas as outras células da planta, como as do caule, raiz, pétalas, sépalas, pedúnculos e ovário, são diploides, com 11 pares de cromossomos, porque vêm de mitoses sucessivas. Caso você, professor(a), queira discutir melhor o assunto, lembramos que, após a meiose, há mitoses que formam no grão de pólen as duas células espermáticas, e no óvulo a oosfera e os núcleos polares; todas estas são, portanto, células haploides.

e) Grãos de pólen possuem células haploides (n) que surgiram por mitose a partir de um esporo haploide (desenvolvimento endospórico do gametófito, lembrando que o grão de pólen é o gametófito imaturo). O esporo vem de uma célula diploide ($2n$) que sofreu meiose, falando-se em meiose espórica ou intermediária. O zigoto se forma pelo processo da fecundação (junção) de duas células haploides (o gameta masculino ou célula espermática, e o gameta feminino ou oosfera) e, portanto, ele é diploide. O embrião se forma por mitoses sucessivas do zigoto sem que se altere o número de cromossomos por célula.

f) Começa a partir do zigoto que se divide e forma o embrião. Este, junto com outras células do óvulo, formará a semente. Quando essa semente é liberada do fruto e, caso se encontre em um lugar favorável à sua sobrevivência, ela germina, formando mais células por mitoses sucessivas, também diploides, até formar a jovem planta que, por mitoses, continuará crescendo até atingir a idade adulta.

Sugestão 10: Herborização (Capítulos 6 e 7)

A herborização é uma técnica fundamental para preservar algas multicelulares e plantas, facilitando assim a identificação e o estudo das espécies. Essa técnica envolve a prensagem do material, que pode ser o talo de uma alga ou partes de uma planta — folhas, flores, sementes — para que o material perca a umidade. Depois é montada uma exsicata: o material é disposto em uma folha de papel e etiquetado com a identificação da alga ou planta. As exsicatas são mantidas em herbários, que representam coleções de referência em estudo de algas multicelulares e de plantas. Existem herbários em vários lugares do mundo.

As etapas da herborização de uma macroalga estão resumidas a seguir:

1. Dentro de uma bacia com água, a alga é assentada sobre uma folha de papel.

2. O material precisa ser desidratado, para que não cresçam fungos e o material possa ser conservado por

anos. Para isso, é montada uma prensa com várias camadas de papel e panos, que depois é colocada para secar ao sol ou em uma estufa.

3. Nos dias seguintes, a prensa deve ser desamarrada para troca dos papéis que estiverem encharcados por papéis secos. O procedimento deve ser repetido até que o papel onde está a alga esteja bem seco. Quando a herborização estiver pronta, o nome da espécie e as informações da coleta são escritos no canto inferior da página.

As etapas 2 e 3 são idênticas para a montagem de exsicatas de plantas. No caso das plantas de porte arbóreo, geralmente são montadas diversas exsicatas, cada uma contendo apenas algumas partes da planta.

Sugestão 11: Gincana – Reconhecendo a morfologia de frutos e pseudofrutos (Capítulo 7)

Nesta atividade, os estudantes poderão analisar os frutos dos quais se alimentam e/ou que são encontrados nas feiras e supermercados.

É interessante comentar que as frutas são frutos adocicados, mas existem frutos que não são adocicados, como tomate, abobrinha, chuchu, berinjela e outros, que são usados na elaboração de pratos salgados. Esses frutos são tratados no comércio por legumes, o que não coincide com a classificação botânica.

Como os frutos se originam por desenvolvimento dos ovários, a análise da sua estrutura deverá ser conduzida à luz do conhecimento sobre tipos de ovário.

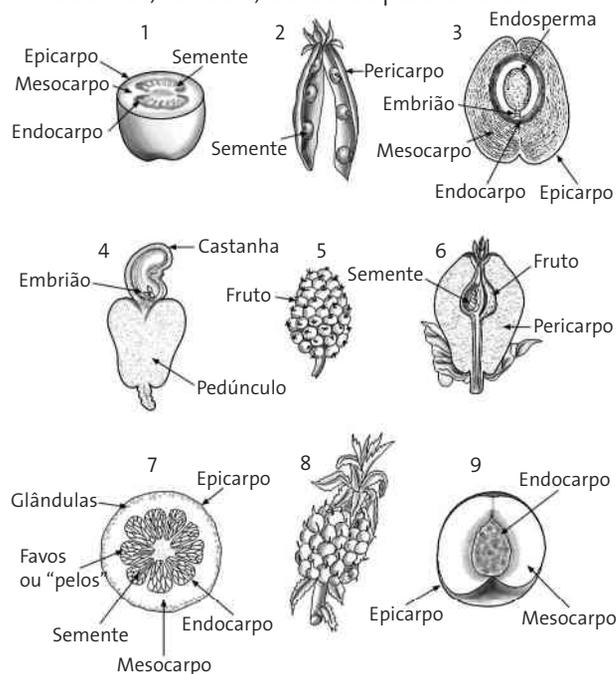
Um ovário é o resultado evolutivo da fusão de estruturas dispostas em um ciclo floral chamadas carpelos (os quais poderiam ser entendidos como folhas férteis modificadas, em cujas bordas desenvolvem-se os óvulos).

O ovário do tomate não cultivado é formado por dois carpelos, apresentando dois espaços internos ou câmaras, para dentro das quais se projetam os óvulos – por isso é chamado bicarpelar e bilocular. Já o ovário do pêssego é mais simples, unicarpelar e unilocular. Tais configurações dos ovários são aplicáveis aos frutos que deles se originam. As bagas, por exemplo, são frutos formados por um ou mais carpelos, cuja(s) semente(s) se destaca(m) do endocarpo (como no caso da laranja, da abóbora e do pimentão). No caso das drupas, o fruto é unicarpelar e só tem uma semente. Esta é envolta pelo endocarpo, que é bastante duro, formando o caroço (a ameixa, o pêssego e a azeitona são exemplos de drupas).

O fruto típico é formado pelo **pericarpo**, que é subdividido em **epicarpo** (casca do fruto), **mesocarpo** (em frutos carnosos, a parte mais volumosa) e **endocarpo** (camada que reveste a cavidade do fruto).

Os principais tipos de fruto constam no capítulo. Aqui se acrescentam frutos secos deiscentes, que podem ser folículos, legumes ou cápsulas. Os folículos são frutos unicarpelares que se abrem por uma só linha longitudinal; os legumes também são unicarpelares, porém abrem-se por duas linhas longitudinais (feijão); as cápsulas são os que têm dois ou mais carpelos.

Podem-se, também, discutir os pseudofrutos.



Walter Caldera

- 1 – Fruto do tomateiro – onde dois carpelos formam duas lojas com muitas sementes cada uma;
 - 2 – Fruto seco deiscente de leguminosa (legume);
 - 3 – Coco-da-bahia;
 - 4 – Pseudofruto do cajueiro – o fruto é a castanha;
 - 5 – Pseudofruto ou fruto composto da amoreira – cada unidade é uma flor com corola suculenta;
 - 6 – Pseudofruto do marmelo – o verdadeiro fruto fica dentro do receptáculo floral desenvolvido;
 - 7 – Corte transversal de laranja;
 - 8 – Abacaxi – pseudofruto ou fruto composto formado por flores concrescidas com o eixo da inflorescência;
 - 9 – Fruto do pessegueiro.
- (Elementos representados em diferentes escalas.)

No fim da atividade, você poderá apresentar um desafio aos estudantes: a laranja. Em grupo, eles deverão tentar reconhecer, na laranja cortada ao meio, as partes de um fruto simples, típico, estabelecendo sua correspondência em relação às partes de um pêssego:

- epicarpo é a casca “cor de laranja”, que corresponde à casca do pêssego;
- mesocarpo da laranja é a massa branca, logo abaixo do epicarpo, correspondendo à polpa do pêssego;
- endocarpo da laranja (que é um fruto multilocular) é a película que reveste cada um dos gomos ou lojas internas, preenchidas por pelos do endocarpo, voltados para dentro das lojas e suculentos; a parte da laranja que comemos corresponde à parte mais externa do caroço do pêssego mais os pelos internos modificados.

A gincana pode ser montada após o estudo desses frutos, da seguinte maneira: você, professor(a), escolhe alguns dos frutos que os estudantes já reconheceram e coloca-os sobre a mesa. Divide a classe em quatro grupos e para cada grupo faz uma “lista de compras” com base nos tipos de fruto: baga, drupa, legume, folículo, cariopse, aquênio e sâmara. Alguns deles podem ser providenciados por você com antecedência, como é o caso dos frutos secos. Cada grupo de estudantes deverá “comprar” (pegar de cima da mesa) cinco tipos de fruto em 5 minutos.

Terminado o tempo, cada grupo deve mostrar aos colegas os frutos que “comprou” e você, professor(a), avaliará se eles aprenderam ou não a reconhecer os tipos de fruto.

Sugestão 12: Fisiologia de angiospermas (Capítulo 8)

Geotropismo e estiolamento

Com essa atividade, pretende-se que os estudantes observem, na prática, o fenômeno do geotropismo negativo de caules aéreos e o estiolamento. A espécie escolhida é o feijão. Serão necessários 40 grãos de feijão, quatro vasos com 10 cm de diâmetro e 10 cm de altura, aproximadamente, e terra suficiente e bem misturada.

Em todos os vasos devem ser semeados 10 grãos de feijão. Os vasos devem ser nomeados como **A, B, C e D**.

Depois de preparar os vasos, as plantas devem ser regularmente regadas com a mesma quantidade de água e mantidas em um local iluminado e bem ventilado, **porém protegidas da insolação direta**. É importante que o regime de iluminação seja o mesmo (afinal estamos interessados apenas no efeito da gravidade; com luz difusa, espera-se que as plantas dos dois vasos não cobertos sejam iluminadas da mesma forma, assim esse fator fica fixo e a única variável que permanecerá determinando a orientação do crescimento será a gravidade).

Quando as plantas estiverem com cerca de 10 cm a 15 cm de altura (o que deve ocorrer aproximadamente em uma semana, dependendo muito da procedência da semente e das condições ambientais), os vasos **B e D** deverão ser deitados, ficando as hastes na horizontal (só serão colocados novamente em pé nos momentos em que for necessário regar e, é claro, no final do experimento); os vasos **C e D** serão cobertos, de modo que as plantas fiquem no escuro daí por diante (a não ser nos momentos em que serão observadas e nos momentos de regar).

Diariamente, ao longo da semana seguinte, a forma de crescimento das plantas e o estado geral delas devem ser cuidadosamente observados em cada um dos quatro vasos.

As questões a serem discutidas são:

- Os caules mantiveram a orientação de crescimento inicial?
- A altura média das plantas foi a mesma dos outros vasos?
- As novas folhas, formadas em ambiente sem luz, foram semelhantes às do período inicial?
- As distâncias entre as bases das folhas nos caules foram as mesmas antes e depois de iniciado o período no escuro?

O que se espera é que nos vasos **B e D** os caules exibam uma flexão e que nos vasos **C e D** ocorra estiolamento dos caules, juntamente com alterações na forma e na cor das folhas em função da falta de luz. Comparando-se o crescimento das plantas nos vasos **A e C**, e **B e D**, pode-se avaliar o efeito da falta de luz no modo de crescimento (mantendo-se igual à orientação das plantas).

Você, professor(a) deverá então discutir com os estudantes quais as vantagens adaptativas dos fenômenos observados.

Sugestão 13: Proliferação e dispersão de organismos (Capítulo 10)

De forma análoga aos terrários, os aquários, sejam de água salgada sejam de água doce, são um exemplo muito rico de ecossistemas aquáticos. Neles se podem reconhecer alguns processos ecologicamente fundamentais e também medir — desde que se disponha dos *kits* apropriados vendidos no comércio especializado — as variações de uma série de fatores ambientais. Desde que o aquário não seja povoado com espécies muito sensíveis, a construção é simples e sua manutenção, relativamente barata.

Você pode solicitar aos estudantes que pesquisem como se monta um aquário simples, estudando as finalidades de cada componente principal: do borbulhador de ar, da fonte de luz e do leito de cascalho ou areia (os grãos servem de substrato para a instalação da comunidade bacteriana que irá metabolizar os resíduos da atividade dos animais — daí o nome “filtro biológico”). A atividade a seguir pode ser proposta aos estudantes: Um dos problemas que afligem os aquaríofilos marinhos diz respeito às características da água do mar que será utilizada. Tais características não se restringem àquelas puramente físicas ou químicas, abrangendo também as de natureza biológica. Veja um exemplo a seguir:

Um aquário foi preenchido diretamente com água do mar não filtrada. Em seguida, foi povoado com algumas esponjas, um camarão, um peixe pequeno e alguns caramujos. Semanas depois, apareceram alguns organismos bem pequenos, alongados, com tentáculos em torno da extremidade superior e aderidos pela base à parede interna do aquário; assemelhavam-se a pequenas flores. Embora fossem muito interessantes, sua presença foi vista com estranheza, pois esses organismos não haviam sido selecionados para povoar o aquário. Responda:

- a) A que grupo animal pertenciam, provavelmente, os organismos que apareceram no aquário?
- b) Considerando a forma desses animais “intrusos” e seu ciclo de vida, elabore hipóteses para explicar o seu aparecimento no aquário.
- c) Dentre as hipóteses levantadas na questão anterior, alguma poderia ser considerada uma adaptação para a dispersão de organismos sésseis? Em caso positivo, indique-a e explique.

Respostas esperadas:

a) A julgar pela forma alongada, presença de uma coroa de tentáculos e hábito sedentário, os organismos que apareceram muito provavelmente são pólipos de alguma espécie de cnidário.

b) A hipótese mais plausível, já que o aquário foi enchido diretamente com água do mar (isto é, sem filtrar), é

que com a água tenha vindo também certa quantidade de plânulas, larvas muito pequenas e ciliadas características de cnidários. Outra hipótese é que minúsculos jovens pólipos tenham vindo fixados à superfície da concha de algum caramujo.

c) No caso de espécies de hábito sésil ou sedentário, a

presença de larvas livre-natantes pode ser considerada uma adaptação importante, já que nessa condição podem se dispersar incorporadas ao zooplâncton nas massas de água em movimento (correntes). Passado certo tempo, podem ter percorrido distâncias consideráveis, procurando, então, o fundo onde se instalam e completam seu ciclo de vida.

12. Indagação científica

As atividades aqui apresentadas foram especialmente elaboradas para você, professor(a), desenvolver com os estudantes habilidades científicas por meio da ferramenta “Ciclos de indagação”. Tal como representado na figura abaixo, em cada ciclo, há uma pergunta seguida da ação e depois da reflexão sobre os resultados — ao tentar responder a uma indagação inicial, geralmente surgem novas perguntas que podem iniciar novos ciclos.



Em nossas indagações, as perguntas abordam temas que podem não estar diretamente relacionados com os assuntos tratados em aula no momento da execução. Isso não tem importância, pois a intenção é fazer o estudante exercitar uma técnica de produção de conhecimento, ou seja, uma forma de fazer Ciência independentemente do tema. Antes de iniciarmos as propostas de indagação, é importante discutir um pouco com os educandos cada uma de suas fases, o que permitirá construir algumas bases conceituais importantes para a formulação das indagações.

Os mais diversos conceitos biológicos podem ser atrelados às *Indagações científicas*, pois serão pano de fundo para o desenvolvimento de um conjunto de habilidades voltadas à construção do conhecimento científico.

As habilidades que podem ser trabalhadas na *Indagação científica* são muito diversificadas. Em uma conferência entre especialistas (GRANDY; DUSCHL, 2007), foram levantadas as seguintes habilidades que podem ser desenvolvidas com essa abordagem:

1. formular, refinar e avaliar perguntas;
2. desenhar, refinar e interpretar experimentos;
3. fazer observações;
4. coletar, representar e analisar dados;
5. relacionar dados com hipóteses, modelos ou teorias;
6. formular hipóteses;
7. aprender e refinar teorias e modelos;
8. comparar diferentes teorias ou modelos com os dados;
9. dar argumentos prós e contras modelos e teorias;
10. apresentar explicações;
11. comparar modelos alternativos;
12. fazer previsões;
13. registrar, organizar e discutir dados;
14. discutir e explicar teorias e modelos;
15. escrever e ler sobre dados, teorias e modelos.

Dependendo do objetivo, você, professor(a), poderá enfatizar mais esta ou aquela habilidade. Uma vez expostos os objetivos, é fundamental que você e os estudantes compreendam as etapas envolvidas na *Indagação científica*, pois cada uma possui suas exigências. Dois protocolos de indagação por volume estão prontos para serem aplicados. Você também pode se sentir livre para gerar uma nova *Indagação científica*, respeitando as etapas Pergunta → Ação → Reflexão.

PERGUNTA

O primeiro passo da *Indagação científica* consiste na formulação de uma pergunta. Todo o processo de investigação parte de um conjunto de curiosidades, experiências e conceitos que chamaremos aqui de inquietude.

Os seres humanos são inerentemente curiosos: invariavelmente, observamos nosso entorno, procurando reconhecer padrões, ou seja, situações não aleatórias que tendem a se repetir. O contato com a natureza leva à curiosidade e à tentativa de explicar aquilo que está à nossa volta; quando não temos uma explicação satisfatória, sentimos uma espécie de inquietude, que nos faz buscar uma série de conceitos ou experiências anteriores que consideramos relacionados com o que queremos entender. Esse conjunto de conceitos prévios nos dá o contexto da indagação e se constitui como base sobre a qual

serão incorporados os novos conceitos a serem aprendidos. Temos, assim, os chamados marcos conceituais. Em nossas indagações, o contexto e os marcos conceituais serão abordados ao descrevermos a inquietude.

Para que a *Indagação científica* tenha condições de ser realizada com sucesso, a pergunta deve obrigatoriamente ser:

Respondível

As perguntas devem ser construídas de modo que uma resposta precisa possa ser alcançada. Toda pergunta é válida, mas, para ser respondida através do ciclo de indagação, existem perguntas mais adequadas que outras. Perguntas que incluem, por exemplo, *Como? Quantos? e Como varia?* são respondíveis, pois envolvem medir características bióticas e/ou abióticas do ambiente em questão. Perguntas feitas com *Por quê?* não são respondíveis de modo direto com essa proposta, porque geralmente requerem experimentos controlados, desenhados para estabelecer relações de causa e efeito — a resposta não está baseada na observação direta em campo, exigindo manipulação de fatores.

Comparativa

A pergunta ideal deve resgatar na inquietude um fator de comparação que se apresente em diferentes estados. A quantidade de observações em cada grupo é o número de casos. Por exemplo, tomemos o fator sexo, com dois estados possíveis: masculino e feminino. Se pretendemos investigar as alturas do corpo, definimos *a priori* dois grupos — homens e mulheres (que são os dois estados do fator em questão).

Cada homem ou mulher é um caso, pois fornecerá um (e apenas um) valor da variável altura. Assim, comparamos-se as alturas de homens com as alturas de mulheres.

Perguntas que não são comparativas não oferecem boa base para chegar ao(s) marco(s) conceitual(is) ou para levantar hipóteses caso se queira estender o âmbito da investigação.

Sedutora

Para a pergunta ser sedutora, a resposta não deve ser óbvia ou já conhecida, ou exigir um esforço exagerado para ser obtida.

Simple e direta

A pergunta deve ser simples, evitando-se terminologia científica formal. A utilização de uma linguagem simples e cotidiana é recomendável para estimular o envolvimento de todos com a investigação. A assimilação da terminologia científica formal deve ocorrer na reflexão como parte do processo de aprendizagem. Assim, o vocabulário deve diversificar-se como consequência, e não como precursor da investigação. Materiais simples e de fácil acesso são mais indicados e igualmente capazes de

proporcionar investigações científicas precisas e elaboradas. Além disso, sendo direta, a pergunta não exige esclarecimentos adicionais para ser plenamente entendida.

A pergunta deve ser *respondível, comparativa, sedutora e simples*, apresentando em si mesma aquilo que será medido (variável), o que será comparado, onde e, se necessário, quando.

AÇÃO

Esta etapa envolve, primeiro, o planejamento de como obter as informações necessárias para responder à pergunta; é aí que se define o desenho amostral ou experimental, bem como os procedimentos e o âmbito espacial e temporal da indagação (**domínio**).

Os estudantes possuem papel ativo nesta fase, pois as informações, muitas vezes inesperadas, serão obtidas por eles mesmos. Uma vez que os resultados forem obtidos, será preciso organizá-los, resumí-los e apresentá-los. Este segundo passo da ação deve ser muito trabalhado com os estudantes, pois é fundamental para a interpretação das informações obtidas e para facilitar a comunicação delas a outras pessoas. Vale ressaltar que em qualquer *Indagação científica*, mesmo naquelas sugeridas nesta seção, as informações obtidas são sempre inéditas, de modo que professor(a) e estudantes produzem um novo conhecimento a partir de dados únicos.

A ação é uma etapa crucial, pois é nela que se definem o desenho amostral ou experimental, bem como os procedimentos para que se efetuem observações válidas. Nessa fase, a sua participação, professor(a), é importante para ajudar os educandos quanto aos métodos de coleta e análise dos dados.

Uma noção importante e nova para os estudantes é a de *variabilidade*. Normalmente existe a cultura de comparar valores médios de alguma variável em duas categorias distintas, mas sem considerar a variação entre os valores que entraram na constituição de cada média. A variabilidade entre os casos para certa variável pode ser calculada numericamente através da grandeza chamada variância, mas não pretendemos trabalhar diretamente com esse conceito matemático.

Uma vez disponíveis, os dados precisam ser organizados, resumidos e apresentados.

Como exemplo, apresente aos estudantes uma situação simulada de comparação de dois grupos de pessoas.

A pergunta é: “Há diferença entre a altura dos homens e das mulheres na classe, atualmente?”

Estamos *comparando dois grupos de pessoas*, um formado por homens e outro, por mulheres; o *fator de comparação* é o que distingue os grupos, ou seja, o sexo; a variável em questão é a altura do corpo; cada indivíduo que terá sua altura medida é um caso.

Quanto à ação, há dois caminhos: um deles é medir a altura de todos os estudantes da classe (domínio), separar as medidas em dois grupos e calcular a média em cada grupo. De posse das duas médias, a pergunta pode ser imediatamente respondida com segurança (inclusive permitindo saber *qual a diferença*, se houver).

Outro caminho é trabalhar com amostragem ao acaso de certo número de homens e de mulheres (escolhidos por sorteio), usando também aqui as médias. Como dessa forma nem todos os estudantes da classe serão medidos, surgirá certa insegurança com relação à resposta: “Será que, se tivéssemos medido todo mundo, a resposta seria a mesma?”. Em estudos científicos, é nesse ponto que entra a chamada estatística.

A análise estatística permite avaliar a probabilidade de a resposta obtida por amostragem ser diferente da que se teria observando todos os casos possíveis. Na maioria das vezes, as análises estatísticas levam em conta um novo aspecto: a variação entre as medidas (casos) dentro de cada grupo ou *variabilidade*.

REFLEXÃO

Você, professor(a), e os estudantes deverão participar ativamente desta etapa decisiva. Estimule todos a refletir acerca do processo da investigação.

A reflexão de todos deve ser como uma ponte, ligando a resposta da pergunta com o contexto da indagação e com os conteúdos já conhecidos; nessa hora, buscar novas informações em fontes confiáveis pode ser muito importante para uma reflexão mais rica e instrutiva tal como fazem os pesquisadores.

Resumidamente, você, professor(a), deve incentivar os estudantes a refletir a respeito de:

Qual foi a resposta para a pergunta inicial?

A ação tal como planejada foi necessária e suficiente para conduzir a uma resposta consistente para a pergunta proposta?

Que possíveis fatores podem ter influenciado a obtenção desta resposta?

Neste momento, é preciso que os educandos extrapolem a resposta. Por meio da própria investigação, além de conceitos e experiências prévias, reflitam sobre possíveis elementos físicos e biológicos que estão por trás da resposta. O levantamento de hipóteses que possam melhor explicar a resposta levam à compreensão de diferentes situações e fenômenos biológicos associados aos resultados práticos.

E se...?

A resposta obtida poderia ser diferente em outras situações (outros métodos, outros domínios)? Refletir sobre isso é fundamental para avaliar se os padrões observados podem ser atribuídos a situações hipotéticas novas.

A resposta obtida pode trazer aplicações?

Através da reflexão, a *Indagação científica* pode fornecer embasamento lógico e científico para proposição de atitudes ou hábitos. Essas sugestões de aplicação geralmente ocorrem quando a investigação possui ligação com práticas humanas ou ambientes associados ao ser humano. É a investigação subsidiando a cidadania.

Referências:

ARANGO N.; CHAVES, M. E.; FEINSINGER, P. (2009). *Principios y práctica de la enseñanza de ecología en el patio de la escuela*. Instituto de Ecología y Biodiversidad – Fundación Senda Darwin, Santiago, Chile. 136 pp.

GRANDY, R.; DUSCHL, R. A. (2007). Reconsidering the character and role of inquiry in school science: analysis of a conference. *Science & Education* (2007) 16: 141–166.

FEINSINGER, P. (2001). *Designing field studies for biodiversity conversation*. Island Press. 212 p.

Para estender seu conhecimento sobre as Indagações científicas e aprofundar seu domínio sobre a ferramenta “Ciclos de Indagação”, sugerimos baixar o manual na íntegra, em formato PDF. Faça uma busca na rede com o título “Guía Metodológica para la Enseñanza de la ecología en el patio de la escuela” (um espanhol) ou use o endereço eletrônico a seguir:

<<http://www.sendadarwin.cl/espanol/wp-content/uploads/2010/01/ensenanza-de-la-ecologia-en-el-patio-de-la-escuela-eepe1.pdf>>

Acesso em: mar. 2016.

Vamos agora iniciar as propostas de indagação deste volume, que deverão ser propostas aos estudantes.

Indagação 1: Nas águas do lago

INQUIETUDE

Os lagos são ambientes de água doce que não têm correntezas. Em termos práticos, considera-se que as massas de água de lagos são “paradas” em comparação a rios cujas águas apresentam correnteza. Essa condição, em muitos lagos, favorece a formação de camadas mais ou menos bem delimitadas na massa d’água. Por isso, é comum os lagos terem camadas que diferem entre si quanto a variados fatores ambientais, tais como luminosidade, temperatura, teor de oxigênio e muitos outros. Isso significa que pode haver diferença entre os tipos e as quantidades de organismos presentes na superfície e no fundo.

PERGUNTA

Em um determinado lago, como variam as abundâncias de pequenos animais e de microalgas verdes presentes na água da superfície e do fundo em um mesmo período do dia?

AÇÃO

Um lago **não poluído** deve ser escolhido para ser amostrado na superfície e no fundo.

Material necessário

- 2 garrafas plásticas idênticas (tipo PET de 1 L);
- 1 rolha de cortiça ou borracha compatível com a abertura da garrafa PET;
- 2 baldes ou recipientes grandes, etiquetas e luvas;
- funil e papel de filtro (pode ser de coador para café);
- recipientes pequenos de boca larga e com tampa;
- placas de Petri ou qualquer tipo de recipiente raso e transparente e um conta-gotas;
- cartões de cartolina preta;
- lupas de mão e microscópio.

Você, professor(a), deverá orientar os estudantes na construção do amostrador, por meio das instruções a seguir. Se possível, construa um antes para servir de modelo e conduza os procedimentos da **AÇÃO** de maneira que os grupos sigam cada passo corretamente.

Construção e uso do amostrador de água de fundo

Para coletar água junto ao fundo do lago, deve ser construída uma garrafa especial, utilizando materiais simples (ver figuras a seguir). Passar um arame através da rolha, adaptar um peso ao fundo da garrafa e a rolha ao gargalo.

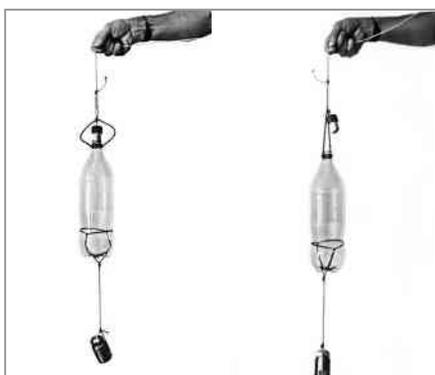
Amarrar a ponta de uma cordinha fina e longa na alça do arame da rolha, forte o suficiente para não se romper com o peso da garrafa cheia e longa o suficiente para permitir que a garrafa chegue ao fundo no ponto onde for lançada.

No caso da garrafa representada nas fotografias, quando o peso estiver no fundo e a cordinha estiver solta, ela ficará na vertical, com o gargalo fechado a cerca de 80 cm acima dele.

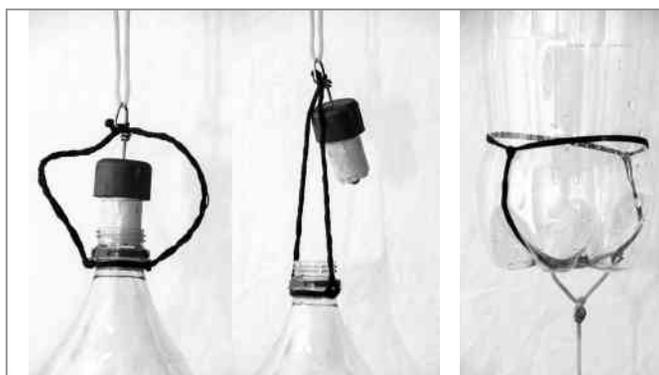
O lago escolhido deve ter pelo menos de 2 a 3 metros de profundidade no ponto onde será lançada a garrafa.

Para coletar a amostra da superfície, basta imergir a garrafa PET comum junto à superfície do lago, recolher a água e colocá-la em um dos baldes. Repetir este procedimento mais 4 vezes. O balde deve ser etiquetado como “Amostra de superfície”.

Para recolher as amostras de fundo, o ideal é imergir o amostrador verticalmente a partir de uma ponte, cais ou plataforma situada em uma parte do lago com a profundidade mínima requerida. Se isso for inviável, pode-se lançar o amostrador arremessando o peso a partir da margem, **sem segurar a cordinha**, até que chegue ao fundo. Para abrir o amostrador, dar uma puxada firme na cordinha, de modo que a rolha se solte, porém sem içá-lo. Quando bolhas de ar não chegarem mais à superfície, a garrafa estará cheia.



À esquerda, amostrador fechado, suspenso no ar; à direita, aberto após um puxão na cordinha.



Detalhes da rolha fechando o gargalo do amostrador, da rolha com o gargalo aberto e de como prender o peso ao fundo do amostrador.

Fotografias: Luis Marcelo Totem

Basta recolher lentamente o aparato e passar o volume coletado para outro balde, etiquetado como “Amostra de fundo”. Repetir este procedimento mais 4 vezes.

O desenho amostral por grupo não tem replicação: poderá haver um só caso de superfície e um de fundo. Haverá tantas réplicas ou casos quantos forem os grupos.

Cada amostra deverá ser concentrada em pequeno volume de água, a fim de facilitar a observação. Para isso, cada balde deverá ter seu conteúdo passado através do papel de filtro, guardando 200 mL da água filtrada e descartando o restante. Todo o material retido no papel de filtro deverá ser transferido para um frasco menor e etiquetado; ao final, completar o volume do frasco com água filtrada.

Para observação dos microanimais, retirar um volume

conhecido de material concentrado (sem misturar o material de superfície com o de fundo), que seja suficiente para formar uma camada de 3 mm de espessura em uma placa de Petri. O conteúdo do frasco deve ser agitado antes de retirar material. Com uma lente de aumento, contar o número total de animais observados na placa. É importante que a quantidade total de material observada para água de superfície seja igual à quantidade observada para água de fundo. Utilizar os cartões pretos de cartolina sob as placas ajuda a distinguir os pequenos animais.

Para a observação das microalgas, agitar a amostra concentrada e colocar uma gota em uma lâmina de vidro.

Cobrir com a lamínula e observar a preparação ao microscópio.

Diferenciar as algas (pela cor verde) e contar o total de indivíduos. É importante que a quantidade de amostra observada para água de superfície seja igual à quantidade observada para água de fundo.

Note-se que cada caso (balde) está sendo quantificado através de uma subamostragem, ou seja, através da soma das contagens em um número total de unidades observadas (mL para animais e gotas para microalgas). Padronizar as contagens de animais na forma de número de indivíduos por volume de concentrado observado (em mL); no caso das microalgas, por gota de concentrado.

Os dados do grupo, registrados em uma tabela, deverão ser juntados aos dos outros grupos, em uma tabela geral. A partir desta última, calcular as médias dos números totais de animais por mL e de microalgas por gota de concentrado obtidos pelos grupos.

Finalmente, você, professor(a), deverá propor que cada grupo construa um gráfico representando todos os resultados por grupo e as médias da classe.

REFLEXÃO

Ao apresentar a proposta, você deverá assegurar-se de que todos os grupos tenham observado um mesmo volume de cada material. Com isso, os números de microanimais e microalgas contados pelos diversos grupos corresponderão a réplicas de água de superfície e de água de fundo do lago. A pergunta estabelece um determinado lago como universo ou domínio amostral e as observações só podem ser estendidas a todo o lago se as réplicas foram posicionadas ao acaso. Para cada grupo de réplicas calcula-se a média; esta procura descrever uma característica do universo amostral — por isso é tão importante delimitar corretamente o universo amostral. Uma vez reunidos os dados de todos os grupos em uma tabela geral, proponha a construção de um gráfico com as abundâncias médias e valores das réplicas correspondentes (microanimais no eixo Y primário e microalgas no eixo Y secundário) em água superficial e em água do fundo.

Os educandos devem ser capazes de descrever como variam as abundâncias dos organismos em questão de acordo com o ambiente amostrado do lago. Eles também podem questionar e avaliar o método utilizado para obter os dados e como ele poderia interferir no resultado. O lago foi de fato representado na amostragem pelo conjunto dos grupos? Se não foi, qual seria o universo amostral? Uma vez respondida a pergunta, você deve auxiliá-los a refletir sobre possíveis fatores responsáveis pelos resultados observados. Neste momento, é fundamental resgatar conceitos relacionados ao ecossistema de lagos, como a estratificação em camadas que variam quanto a temperatura, disponibilidade de luz, nutrientes, substrato e outros fatores. Essa parte seria enriquecida caso fosse usado um termômetro para medir a temperatura de cada volume de água coletado, tanto da superfície como do fundo, tirando a média para cada amostra (balde). Como o volume coletado pelo amostrador é razoavelmente grande, a troca térmica durante a subida à superfície é lenta a ponto de permitir uma leitura confiável

da temperatura da água desde que feita rapidamente assim que içado o amostrador (lembrar de jamais tirar o bulbo da água no momento da leitura).

Os estudantes devem refletir sobre os resultados que obtiveram sob a perspectiva de fatores físicos e biológicos influenciando os seres vivos em um ambiente. Hipóteses devem ser levantadas para explicar a variação de abundância de microanimais e de microalgas: muitos microanimais predam microalgas; estas precisam de luz para a fotossíntese, a luz pode restringir-se à superfície, dependendo da transparência da água; muitos microanimais podem concentrar-se no fundo, onde durante o dia ficam no escuro ou na penumbra protegendo-se de predadores.

É possível que os educandos também se questionem sobre a abrangência temporal dos resultados obtidos (a pergunta estabelece um mesmo período do dia). Por exemplo, seria natural questionarem se o observado se repetiria caso as amostras tivessem sido coletadas à noite. Isso conduziria a um segundo ciclo de indagação.

Caso tenha sido possível medir temperaturas, é interessante buscar na Física os conceitos de densidade e de estratificação térmica.

OUTROS ASPECTOS

A Indagação e as mídias digitais

Uma das maneiras de inserir o uso das mídias nesta *Indagação científica* é propor uma reportagem, feita pelos estudantes, sobre a situação do lago amostrado. Caso notem sinais de poluição (superpopulações de algas, água enegrecida, cheiro de gás sulfídrico — “ovo podre”), desmatamento ou outros problemas ambientais no local, eles podem investigá-los e procurar descobrir suas causas. Podem também procurar descobrir que autoridade é responsável pela manutenção do lago e se há medidas para assegurar sua conservação.

Com os dados coletados, a reportagem poderá ser feita em forma de texto ou vídeo. A distribuição do resultado do trabalho ficará a seu critério, professor(a): no *blog* da classe, no *site* da turma ou da escola, via *e-mail* ou em uma rede social da qual os estudantes façam parte.

Marcos conceituais (conceitos abordados)

- Fatores abióticos e bióticos limitam a ocorrência dos seres vivos.
- Um gradiente ambiental vertical em um lago, envolvendo diferentes fatores associados à estratificação, pode implicar variação na abundância de diferentes tipos de organismos presentes nas diversas profundidades.

Habilidades e competências envolvidas

- Lidar com dados e amostras para obter respostas.
- Desenvolver o poder de observação e identificação de seres vivos em diferentes escalas de observação.
- Interpretar valores e conjuntos de valores como forma de entender estruturas e fenômenos.
- Utilizar base lógica e prática para a construção de hipóteses científicas.

Indagação 2: A busca das formigas

INQUIETUDE

As formigas são insetos sociais que vivem em colônias. Muitas formigas percorrem rotineiramente o ambiente em busca de alimentos e, depois, retornam para a colônia. É muito interessante que elas possam se comunicar umas com as outras, por exemplo, transmitindo informação sobre como chegar a uma fonte de alimento recém-encontrada, ou o caminho para retornar ao formigueiro. Sinais ou rastros químicos deixados no solo poderiam ser importantes na comunicação entre as formigas e, quando deixados no ambiente, poderiam servir de pista para que elas encontrem o alimento. Formigas teriam essa forma de comunicação química?

PERGUNTA

A partir de um contato inicial entre uma formiga e uma fonte de alimento, como varia o tempo até alguma formiga da mesma espécie encontrar novamente o alimento, comparando uma situação de interferência e uma de não interferência sobre uma possível “pista” deixada no solo pela primeira formiga?

AÇÃO

Material necessário

- régua;
- torrão de açúcar ou pedaço de outro alimento atrativo (atum, por exemplo; o pedaço deve ser suficientemente grande para não ser carregado por uma única formiga);
- espátula ou equivalente, com 5 cm de largura;
- cronômetro ou relógio;
- caderno e lápis para anotar as informações.

Para obter as informações necessárias, você, professor(a), deverá dividir a classe em grupos.

Inicialmente, é preciso encontrar trilhas de formigas em qualquer tipo de ambiente com terra, como jardins, terreiros e outros ambientes externos. Formigas do tipo saúva ou cortadeira não devem ser consideradas, pois se alimentam de um fungo e não da isca que estamos usando aqui.

É necessário assegurar previamente que a isca é atrativa para a espécie de formiga escolhida para essa ação.

A isca deverá ser colocada em um pequeno buraco raso na terra, feito com o dedo, a 40 cm de distância de uma trilha de formigas. Dessa forma, não poderá ser vista de cima da superfície do solo, eliminando-se qualquer pista visual que as formigas poderiam utilizar e limitando a percepção a sinais químicos. Comumente, uma formiga mais isolada fará o primeiro contato com o alimento. O esperado é que ela se afaste para depois indicar o local para outras formigas. Isto pode levar certo tempo.

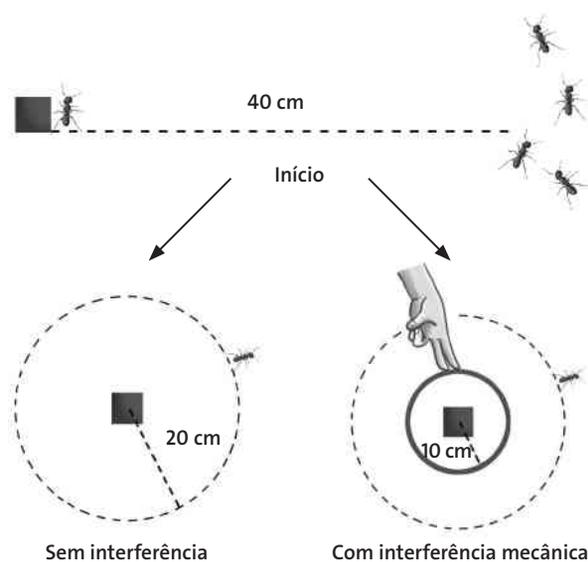
Quando, após encontrar a isca, a primeira formiga se afastar cerca de 20 cm do alimento (utilize a régua para ter noção da distância), deve-se começar a contagem do tempo. Quando a mesma formiga, ou outra, encontrar (ou reencontrar) o alimento, parar o cronômetro e registrar o tempo marcado.

Repetir este procedimento cinco vezes, colocando as iscas em locais não muito próximos entre si (mas sempre à distância adequada da trilha de formigas). Cada estudante (ou dupla) pode realizar a observação de modo que haja pelo menos cinco observações sem interferência.

Essas observações feitas como descrito acima são consideradas as de situação de não interferência.

Para simular a situação de interferência, repetir o procedimento acima, porém, interferindo quando a formiga inicial se afastar 20 cm. Nesse momento, remover rapidamente a camada mais superficial da terra ao longo de uma circunferência com 10 cm a 15 cm de raio de distância do alimento (importante não modificar muito o relevo, criando um obstáculo à passagem). Este procedimento pode ser executado usando uma espátula ou simplesmente os dedos. Deste modo a interferência será mecânica, retirando as partículas da superfície do solo com possíveis odores deixados pela primeira formiga. Também nesta situação, parar o cronômetro quando outra formiga (ou a mesma) tocar o alimento.

Repetir esse procedimento cinco vezes em locais não muito próximos entre si. O esquema do experimento pode ser visualizado na figura a seguir.



Esquema do experimento. Acima, a isca colocada a 40 cm de uma trilha de formigas. Abaixo, representações das situações de não interferência e interferência.

Nesse experimento, o **fator de comparação** é a interferência mecânica sobre as eventuais pistas; a variável é o tempo para o reencontro da isca por alguma formiga; cada observação é um **caso** (total de 5 + 5 casos).

Para organizar e apresentar os dados, proponha aos estudantes preencher a tabela abaixo.

Sem interferência		Com interferência	
Caso	Tempo	Caso	Tempo
1		1	
2		2	
3		3	
4		4	
5		5	
	Média		Média

Usando os dados da tabela, proponha aos grupos que construam um gráfico.

REFLEXÃO

Os dados devem ser interpretados a fim de responder à pergunta inicial. É muito importante que os educandos se apoiem nas informações que eles mesmos obtiveram para chegar a uma resposta, além de observar atentamente os tempos obtidos e também a variação entre eles. Para responder à pergunta, eles também devem considerar diferentes aspectos como o conjunto de dados, a variação entre tempos e a média. A comparação entre as situações de interferência e não interferência deve ser detalhada e cuidadosamente analisada.

Uma vez respondida a pergunta, auxilie-os a refletir sobre possíveis fatores responsáveis pelos resultados observados. A utilização de sinais químicos (feromônios) é um importante ponto de reflexão, pois foi justamente este o fator alterado na situação com interferência. Aspectos do comportamento das formigas, busca de alimento e ação conjunta também são relevantes.

Os estudantes também podem avaliar a metodologia usada em relação à sua eficiência em obter uma resposta segura e sugerir novos experimentos.

OUTROS ASPECTOS

A Indagação e as mídias digitais

Esta atividade pode ser utilizada como pretexto para um trabalho integrado com as mídias digitais. Sugerimos que a turma registre os passos do experimento na forma de texto (relatório científico) e complemente o material com filmagens das formigas em ação ao longo da atividade. Os filmes podem ser feitos com câmeras simples, de celular. Caso algum estudante saiba fazer edição de vídeo, pode também inserir legendas ou áudio.

O resultado do trabalho (texto e vídeos) pode ser divulgado de diferentes maneiras: no *site* da escola, no *blog* da turma, em um arquivo do tipo apresentação de *slides* ou mesmo em um *e-mail*, elaborado para ser distribuído a estudantes de outras turmas. Em cada caso, é interessante você, professor(a), avaliar com o(a) professor(a) de Língua Portuguesa a possibilidade de realizar um trabalho interdisciplinar.

Marcos conceituais (conceitos envolvidos)

- Espécies animais podem apresentar estratégias que melhoram a eficiência na captação de recursos.
- A comunicação pode ser uma forma de interação entre indivíduos de mesma espécie.
- Sinalizadores químicos podem ser uma forma de comunicação.

Habilidades e competências envolvidas

- Avaliar e comparar conjuntos de valores em diferentes níveis.
- Desenvolver experimentos como forma científica de abordar um problema.
- Utilizar base lógica e prática para a construção de hipóteses científicas.

13. Bibliografia

- ALBERTS, B. et al. *Biologia molecular da célula*. 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2010.
- _____. *Fundamentos de Biologia celular*. 3. ed. São Paulo: Artmed, 2011.
- AMORIM, D. de S. *Fundamentos de sistemática filogenética*. 3. ed. Ribeirão Preto: Holos, 2002.
- AUDESIRK, T.; AUDESIRK, G.; BYERS, B. E. *Life on Earth*. 10. ed. Prentice Hall, 2013.
- BARBOSA, H. R.; TORRES, B. B. *Microbiologia básica*. São Paulo: Atheneu, 1999.
- BARNES, R. D. et al. *Zoologia dos invertebrados*. São Paulo: Roca, 2005.
- BREWER, R. *The science of ecology*. São Diego: Saunders College, 1994.
- BRUSCA, R.; BRUSCA, G. J. *Invertebrados*. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2007.
- CAMPBELL, N. A. *Biology*. 10. ed. Nova York: The Benjamin Cummings, 2013.
- CARVALHO, I. de S. (Ed.). *Paleontologia*. 3. ed. Rio de Janeiro: Interciência, 2010. v. 1 e 2.
- DAWKINS, R. *O gene egoísta*. São Paulo: Companhia das Letras, 2007.
- _____. *O relojoeiro cego*. São Paulo: Companhia das Letras, 2001.
- _____. *O rio que saía do Éden – Uma visão darwiniana da vida*. São Paulo: Rocco, 1996.

- DIAS, G. F. *Educação ambiental – princípios e práticas*. 9. ed. São Paulo: Gaia, 2010.
- DI DIO, L. J. A. *Tratado de anatomia aplicada*. São Paulo: Atheneu, 2002. 2 v.
- EL-HANI, C. N.; VIDEIRA, A. P. *O que é vida? Para entender a Biologia do século XXI*. Rio de Janeiro: Relume-Dumaráz/FAPERJ, 2000.
- FERRI, M. G. *Botânica: morfologia externa das plantas*. São Paulo: Nobel, 1981.
- _____. *Botânica: morfologia interna das plantas*. São Paulo: Nobel, 1981.
- FUTUYAMA, D. *Biologia evolutiva*. 3. ed. Ribeirão Preto: Funpec, 2009.
- GAMLIN, L.; VINES, G. *The evolution of life*. Nova York: Oxford University, 1991.
- GILBERT, S. F. *Developmental biology*. 10. ed. Massachusetts: Sinauer Associates, 2013.
- GOULD, S. J. *Pilares do tempo: ciência e religião na plenitude da vida*. São Paulo: Rocco, 2002.
- GRIFFITH, J. F. et al. *Introdução à genética*. 10. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2013.
- GUYTON, A. C.; HALL, J. E. *Tratado de fisiologia médica*. 12. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2013.
- HILDEBRAND, M. *Análise da estrutura dos vertebrados*. 2. ed. São Paulo: Atheneu, 2013.
- JOLY, A. B. *Conheça a vegetação brasileira*. São Paulo: Edusp – Polígono, 1970.
- JUNQUEIRA, L. C.; CARNEIRO, J. *Histologia básica*. 12. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2013.
- KARP, G. *Cell and molecular biology*. 7. ed. Nova York: John Wiley & Sons, 2013.
- KERBAUY, G. B. *Fisiologia vegetal*. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2004.
- KUHN, T. *A estrutura das revoluções científicas*. São Paulo: Perspectiva, 1975.
- LEWONTIN, R. *Biologia como ideologia: a doutrina do DNA*. Ribeirão Preto: FUNCEP, 2000.
- MARGULIS, L.; SCHWARTZ, K. V. *Cinco reinos: um guia ilustrado dos filós da vida na Terra*. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2001.
- MARZZOCO, A.; TORRES, B. B. *Bioquímica básica*. 4. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2015.
- MATIOLI, S. R. (Ed.). *Biologia molecular e evolução*. 2. ed. Ribeirão Preto: Holos, 2013.
- MAYR, E. *Biologia, ciência única: reflexões sobre a autonomia de uma disciplina científica*. São Paulo: Companhia das Letras, 2005.
- MINISTÉRIO DA SAÚDE. *Guia de vigilância epidemiológica*. 7. ed. Brasília: Ministério da Saúde, 2009.
- MOORE, K. L.; PERSAUD, T. V. N. *Embriologia básica*. 8. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2013.
- MOORE-LANDECKER, E. *Fundamental of the fungi*. 4. ed. Nova Jersey: Prentice Hall, 1996.
- NETTER, F. H. *Atlas de anatomia humana*. 6. ed. Porto Alegre: Artmed, 2015.
- ODUM, E. P. *Ecologia*. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2007.
- _____; BARRETT, G. W. *Fundamentos de ecologia*. São Paulo: Cengage Learning, 2007.
- OTTO, P. G.; OTTO, P. A.; FROTA-PESSOA, O. *Genética humana e clínica*. 2. ed. São Paulo: Roca, 2004.
- PELCZAR JR., M. J.; CHAN, E. C. S.; KRIEG, N. R. *Microbiologia*. São Paulo: Makron Books do Brasil, 1997. v. 1.
- PESSÔA, S. B.; MARTINS, A. V. *Parasitologia médica*. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1988.
- POUGH, F. H.; Heiser, J. B.; Janis, C. M. *A vida dos vertebrados*. 4. ed. São Paulo: Atheneu, 2008.
- PRESS, F. et al. *Para entender a Terra*. 6. ed. Tradução: Menegat, R. et al. Porto Alegre: Bookman, 2013.
- PURVES, W. et al. *Vida – a ciência da Biologia*. 8. ed. Porto Alegre: Artmed, 2009.
- RAVEN, P. H. *Biology of plants*. 8. ed. Nova York: W. H. Freeman, 2012.
- _____. et al. *Biologia vegetal*. 8. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2014.
- RICKLEFS, R. E. A. *Economia da natureza*. 6. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2010.
- _____. *Economia da natureza: um livro-texto em ecologia básica*. 3. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2005.
- RIDLEY, M. *Evolução*. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2006.
- ROMER, A. S.; PARSONS, T. S. *Anatomia comparada*. Ciudad de México: Nueva Editorial Interamericana, 1981.
- ROTHWELL, N. V. *Understanding genetics: a molecular approach*. Nova York: John Wiley & Sons, 1993.
- SALGADO-LABOURIAU, M. L. *História ecológica da Terra*. 2. ed. São Paulo: Edgard Blücher, 2001.
- SCHMIDT-NIELSEN, K. *Fisiologia animal: adaptação e meio ambiente*. 5. ed. São Paulo: Liv. Santos, 2002.
- SOLOMON, E. P.; BERG, L. R.; MARTIN, D. W. *Biology*. 10. ed. Nova York: Saunders College, 2014.
- SUGUIO, K.; SUZUKI, U. *A evolução geológica da Terra e a fragilidade da vida*. São Paulo: Edgard Blücher, 2003.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. *Fisiologia vegetal*. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2004.
- TEIXEIRA, W. et al. (Coord.). *Decifrando a Terra*. 2. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2009.
- TORTORA, G. J.; FUNKE, B. R.; CASE, C. L. *Microbiologia*. 10. ed. Porto Alegre: Artmed, 2011.
- TOWNSEND, C. R.; BEGON, M.; HARPER, J. L. *Fundamentos em Ecologia*. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2009.
- WHITERS, P. C. *Comparative animal physiology*. Nova York: Saunders College, 1992.
- ZAHA, A. (Coord.). *Biologia molecular básica*. 5. ed. Porto Alegre: Mercado Aberto, 2014.

