



extensivo

▶▶ biologia



Volume  
**A**



**AZ**

{3ª série}



AZ

3  
VOLUME A

extensivo

bio  
lo.  
gia  
teoria e exercícios

BIOLOGIA 1 ..... 7

BIOLOGIA 2 ..... 209

**Diretor-geral**

Sandro Bonás

**Business Owner - AZ**

Natália Messina

**Gerente de Projetos**

Gustavo Fagundes

**Analista de projetos**

Fernanda M. R. Almagro

**Edição e organização da coleção**

Ana Flávia Silva Sardelari, Bruno B. Gomes, Camila Gullo, Gisele Castilho, Priscila Garcia

**Edição de arte**

Gabriel Z. Sibin

**Autoria da coleção**

Aldene R. da S. Júnior, Alex N. T. Leite, Antônio S. Ferreira, Bárbara Lima, Bruno Rabin, Bruno T. Pasquali, Bruno Z. K. do Carmo, Carlismari O. Grundmann, Carlos de O. Ferrão, Carolina S. Viana, Caroline P. Alves, Catharina P. M. Rodrigues, David G. da Silva, David Sawazaki, Diane R. Nilson, Elío R. A. Junior, Elisângela Gusmão, Evelyn S. Valverde, Felipe de C. Sundin, Felipe G. Marinho, Fellipe A. Rossi, Fernanda L. Elias, Guilherme P. da Silva, Heitor José S. F. Batista Gomes, Hugo da Silva Ferrão, Jaqueline V. Lopes, João Alberto J. P. Freitas, João H. P. Soares, Juliana S. Rettich, Marcelo da Conceição Cruz, Marcelo H. da S. Borges, Marco Aurélio F. Barbosa, Marcos A. Benfíc dos Santos, Marina R. Batistuti, Marina S. Scapolatempore, Murilo O. de Castro Coelho, Naun Zeliq Faul, Rafael Pinna, Rodrigo Magalhães, Rodrigo R. de Oliveira, Victor Hugo C. Delmas, Vinícius de Paula Silveira, Vitor F. Lima, Viviane Podenciano, Wilmar Martins

**Colaborações**

Agnaldo A., Alexandre de M. Andrade, Aline M. N. Augustinho, Aline P. Atassio, Altieris Lima, Anderson A. Lopes, Anderson Cinati, André Brochi, André C. Pimenta, Angela Ap. A. G. Borges, Angelo Reis, Antonio Carlos P. Campos, Ava Silva, Bárbara L. M. de Souza Garbelini, Bárbara Sartori Teixeira, Beatriz Carneiro, Carlismari O. Grundmann, Carlos R. E. M. Lizárraga, Caroline Cardoso, Cibele de C. Cruz, Cíntia Muramatsu, Clara Diament, Clinton M. Rodrigues, Daniela Veríssimo, Danilo C. Defina, Danilo Conti, Danilo Yamaguti, Debora J. Ramos, Diogo Cardoso, Diogo S. Santos, Edson R. M. da Costa, Edson S. Junior, Elaine A. Pinto, Emerson Cerdas, Emiliana da C. Ladeira, Enzo B. Santos, Ernani B. dos S. Neto, Estevão C. G. Júnior, Esther Alcantara, Fernanda Marcussi, Frederico A. Braga, Gabriel I. dos Santos, Giovane M. Fraiz, Guilherme Duarte, Heloisa M. dos S. Toledo, Hires Héglan, Isabel M. Marques, Jorge S. R. de Oliveira, Josiane da Silva Garcia, Josiane P. Etelvino, Karina Serrazes, Kedimo Barbosa da Paixão, Laísa N. M. Curciolli, Laryssa Rodrigues, Liliâne Custódio, Lillian Rodrigues R. Souza, Lindailton Trajano G. Junior, Livia Aceto F. dos Santos, Luana de S. Mattos, Lucas F. Feliciano, Lucimar V. Amaral, Luís E. Bove, Luiz G. E. Arruda, Lutiano V. Freitas, Luzia Rorigues, Mara Scorsafava, Marcela Batista, Marcio Della Rosa, Marcos Benfíc, Marcos R. Domenici, Marília Paris, Marina R. Batistuti, Marrary Chagas, Mayanderson R. da Silva, Melissa G. Spolon, Miriam C. M. da Silva, Murilo O. de Castro Coelho, Natália Maurício, Paula M. X. Fagundes, Paulo Victor S. de Araújo, Phublio A. da Silva, Raphael F. Corrêa, Raphael Fracalossi, Rodrigo P. Pavesi, Saulo Y. Imada, Simone Silva, Sylvio Ferreira, Stefania Fachina, Victor Gobatti, Victor T. Lourenço, Virgílio Aveiro

**Pesquisa e licenciamento**

Ana Flávia Silva Sardelari, Nádia Maria Nonato Gouvea, Paloma Rodrigues

**Preparação de textos e originais**

Livia Mendes, Sônia Sato

**Assistência editorial**

Rafaela C. Porteiro, Willian Gallego

**Diagramação, ilustrações e mapas**

Ampel Produções Editoriais, Mariluci Otavio de Albuquerque, Rosana Santos

**Projeto gráfico e capas**

Gabriel Z. Sibin

**Produção gráfica**

André Luiz Vieira

**Imagem Capa**

© Supapun Narknimitrung | Dreamstime

© Pedro Campos | Dreamstime

Direitos exclusivos cedidos à



@conexiaeducacao

www.conexiaeducacao.com.br



@plataformaaz

www.plataformaaz.com.br



# UM ECOSISTEMA DE APRENDIZAGEM COMPLETO, DE A A Z!

Caro(a) aluno(a),

Nós do AZ somos apaixonados por aprender, por ensinar e, acima de tudo, por ver nossos alunos superando-se academicamente. Acreditamos que dois fatores são fundamentais para o atingimento de grandes resultados: a dedicação dos alunos e a aplicação de uma metodologia consistente de ensino-aprendizagem.

Concebida com o objetivo de gerar **alta performance acadêmica** e tendo como premissa uma **perspectiva individualizada de aprendizagem**, a metodologia AZ é composta por um conjunto de ferramentas acadêmicas que estimulam a **autonomia** e o **gosto pelo estudo**. Os livros didáticos e as avaliações compreendem o conjunto de ferramentas AZ a que você terá acesso no tradicional formato impresso. No entanto, as ferramentas que mais ajudarão você nessa jornada não estão nas folhas de papel. Você as acessará da mesma forma pela qual interage com seus amigos, assiste a séries de TV ou lê seus blogs favoritos: **digitalmente!**

Pelo aplicativo AZ, você vai poder elaborar seu **MAPA** (conjunto de metas personalizadas para aprendizagem), assistir a **videoaulas** para todos os capítulos de cada disciplina, **checar semanalmente seu desempenho** (com *feedback* imediato), assistir a muitos **vídeos de resolução** de exercícios e **gerenciar sua performance acadêmica** ao longo das semanas.

Os livros também são importantes dentro do conceito da metodologia AZ. Eles foram produzidos com o objetivo de proporcionar uma sólida base de conhecimento científico. Da mesma forma, os mais de quinze mil exercícios ajudarão você a adquirir as habilidades e competências necessárias para obter alto rendimento tanto no Enem como nos principais vestibulares.

No dia a dia, seus livros o acompanharão nas aulas e nos seus momentos de estudo individual. Por isso, é fundamental que você os conheça profundamente. Nas páginas a seguir, você encontrará as explicações necessárias para dominar as seções do livro em todos os seus detalhes, assim como a metodologia **PDCA** (do inglês: *plan, do, check, act* – planejar, executar, checar e atuar), base da estratégia pedagógica do AZ.

Por fim, saiba que você também pode acessar integralmente seus livros na versão digital – tanto em *tablet* quanto pelo *desktop*. Além disso, pelo aplicativo AZ você tem acesso, de forma fragmentada, a cada uma das seções de seus livros.

Bem, as ferramentas de que você precisa para ter alto rendimento acadêmico e alcançar a aprovação para a universidade dos seus sonhos estão agora em suas mãos.

Bons estudos!

Time **AZ**.



# CONHEÇA A SUA COLEÇÃO

## Seção de Teoria

### CAPÍTULO 7 LANÇAMENTO DE PROJÉTEIS

#### Objetivos de aprendizagem

1. Compreender que a queda livre é um MUV partindo do repouso, em que a aceleração é a da gravidade.
2. Compreender que tanto o lançamento oblíquo quanto o lançamento horizontal (no vácuo) são movimentos compostos de outros dois movimentos distintos, porém simultâneos: um MU na direção horizontal e um MUV na direção vertical.
3. Perceber que o sentido adotado como positivo para o referencial e a determinação da origem dos espaços são fundamentais para a montagem das funções horárias de posição, velocidade e aceleração de todos os movimentos realizados.
4. Verificar que o tempo de subida só é igual ao de descida quando o corpo retorna à altura do lançamento.

Dessa maneira, como sua aceleração é constante, notamos que se trata de um MUV e podemos calcular sua aceleração como:

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{9,8}{1} = 9,8 \text{ m/s}^2$$

Se o corpo for abandonado no vácuo, seja qual for sua massa ou dimensões, ele sempre adquire a mesma aceleração. De agora em diante a chamaremos de **aceleração da gravidade**, e será orientada verticalmente para baixo. Seu módulo, nas proximidades da Terra, é aproximadamente  $10 \text{ m/s}^2$ , assim:

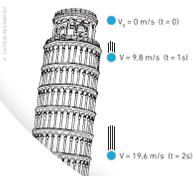
$$g = 10 \text{ m/s}^2$$

**Observação:** o módulo da aceleração da gravidade criada pelo planeta diminui à medida que nos afastamos dele. Além disso, nas proximidades de outros corpos celestes, poderá assumir valores diferentes; por exemplo, na superfície da Lua ( $1,6 \text{ m/s}^2$ ), de Marte ( $3,7 \text{ m/s}^2$ ) e de Júpiter ( $24,8 \text{ m/s}^2$ ). Estudaremos mais à frente quais são as grandezas envolvidas no cálculo desses valores.

### 1. Movimento vertical no vácuo

#### 1.1 Queda livre

Se do alto de uma torre situada na superfície da Terra um corpo for abandonado, e se pudermos desprezar a resistência do ar, ele cairá de maneira que sua velocidade sofre variações iguais em intervalos de tempo iguais. O que se observa é que sua velocidade varia aproximadamente  $9,8 \text{ m/s}$  a cada segundo que passa.



Podemos observar o intervalo de tempo que uma folha de papel leva para atingir o chão após cair de uma mesa. Caso a folha estivesse amassada, assumindo a forma de uma pequena esfera, ela chegaria ao chão em menos tempo. Isso ocorre porque a resistência do ar é maior quando a folha é plana, pois apresenta maior área de contato com o ar. A queda livre é o estudo em que justamente não há essa resistência, ou pelo menos em casos em que ela seja desprezível. Nesse caso, sem a resistência do ar, o papel plano e o papel amassado chegariam ao chão juntos.

Não é simples retirar o ar de uma sala para fazer esse teste, mas há vídeos interessantes mostrando experimentos semelhantes. O link a seguir apresenta um experimento executado em uma câmara de vácuo em que uma bola de boliche\* e uma pena caem juntas e têm o mesmo tempo de queda.



Para o estudo da queda livre, temos o hábito de considerar o sentido positivo da trajetória para baixo, assim como a velocidade, o deslocamento e a gravidade serão todos positivos.

### Capítulos

Ícone indicativo de uma etapa de **planejamento** (*Plan*).

Cada capítulo possui seu conjunto de **objetivos de aprendizagem**. Eles funcionam como uma espinha dorsal para a seleção da teoria e dos exercícios.

Ícone indicativo de uma etapa de **execução** (*Do*). Neste caso, está indicando o início da teoria do capítulo.

Ao longo dos capítulos você encontrará boxes com curiosidades, informações adicionais ou sugestões de pesquisa relacionadas ao tema apresentado. Eles têm o intuito de ampliar seu repertório cultural, provocar sua curiosidade e aprofundar seu aprendizado!

## EXERCÍCIOS DE FIXAÇÃO

### F1. (FTESM-RJ)

A temperatura de fusão de um metal  $M_1$  é superior a  $300^\circ\text{C}$  e a de um metal  $M_2$  é superior a  $1500^\circ\text{C}$ . Por apresentar temperatura de fusão constante e inferior a  $200^\circ\text{C}$ , uma liga metálica formada por esses dois metais, contendo 30% do metal  $M_1$ , é empregada como solda em aparelhos eletrônicos.

Essa solda pode ser classificada como uma:

- (a) substância simples.
- (b) substância composta.
- (c) mistura eutética.
- (d) mistura azeotrópica.
- (e) mistura racêmica.

### F2. (Enem)

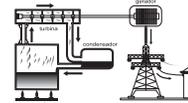
O descarte do óleo de cozinha na rede de esgotos gera diversos problemas ambientais. Pode-se destacar a contaminação de cursos d'água, que tem como uma das consequências a formação de uma película de óleo na superfície, causando danos à fauna aquática, por dificultar as trocas gasosas, além de diminuir a penetração dos raios solares no curso hídrico.

Disponível em: <<http://revistagalileu.globo.com>>. Acesso em: 3 ago. 2012. (Adaptado.)

Qual das propriedades dos óleos vegetais está relacionada aos problemas ambientais citados?

- (a) Alta miscibilidade em água.
- (b) Alta reatividade com a água.
- (c) Alta densidade em relação à água.
- (d) Alta solubilidade em relação à água.
- (e) Alta viscosidade em relação à água.

### QUÍMICA CAPÍTULO 1 - CONCEITOS FUNDAMENTAIS E MACROSCÓPICOS



**BITESIZE:** Thermal power stations. Disponível em: <[http://www.bbc.co.uk/bitesize/standard/physics/energy\\_matters/generation\\_of\\_electricity/revision/1/](http://www.bbc.co.uk/bitesize/standard/physics/energy_matters/generation_of_electricity/revision/1/)>. Acesso em: 26 jul. 2017. (Adaptado.)

Conforme o esquema apresentado, no funcionamento da usina há:

- (a) duas transformações químicas, uma transformação física e não mais que três tipos de energia.
- (b) uma transformação química, uma transformação física e não mais que dois tipos de energia.
- (c) duas transformações químicas, duas transformações físicas e, pelo menos, dois tipos de energia.
- (d) uma transformação química, duas transformações físicas e, pelo menos, três tipos de energia.

### F4. (UFPB)

A manutenção do ciclo da água na natureza, representado na figura, é imprescindível para garantir a vida na Terra.



## Seção de Exercícios

### EXERCÍCIOS DE FIXAÇÃO

São exercícios objetivos, com nível básico de dificuldade. Essas questões têm como função garantir que você compreendeu os aspectos básicos do conteúdo do capítulo.

Ícone indicativo de uma etapa de **checagem** (*Check*).

## EXERCÍCIOS PROPOSTOS

### E1. (UFPR-PR) ☆

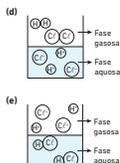
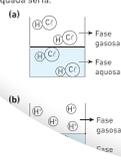
Recentemente, foram realizados retratos genéticos e de habitat do mais antigo ancestral universal, conhecido como LUCA. Acredita-se que esse organismo unicelular teria surgido a 3,8 bilhões de anos e seria capaz de fixar  $\text{CO}_2$ , convertendo esse composto inorgânico de carbono em compostos orgânicos.

Para converter o composto inorgânico de carbono mencionado em metano ( $\text{CH}_4$ ), a variação do Nox no carbono é de:

- (a) 1 unidade
- (b) 2 unidades
- (c) 4 unidades
- (d) 6 unidades
- (e) 8 unidades

### E2. (Fuvest-SP) ☆

Observa-se que uma solução aquosa saturada de  $\text{HCl}$  libera uma substância gasosa. Uma estudante de química procurou representar, por meio de uma figura, os tipos de partículas que predominam nas fases aquosa e gasosa desse sistema – sem representar as partículas de água. A figura com a representação mais adequada seria:



### E3. (IFSul-RS)

O ferro, na presença de ar úmido ou de água que contém gás oxigênio dissolvido, se transforma em um produto denominado ferrugem que não tem fórmula conhecida, mas que contém a substância  $\text{Fe}_2\text{O}_x$ .

O número de oxidação do ferro do composto acima citado é:

- (a) 0
- (b) +1
- (c) +2
- (d) +3

### E4. (UERJ-RJ)

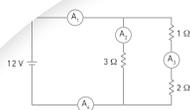
O suco gástrico contém um ácido, produzido pelas células da parede do estômago, que desempenha papel fundamental para a eficiência do processo digestivo no ser humano.

O ânion do ácido produzido contém 16 prótons e 18 elétrons de ao elemento...

Nessas condições...

- (a)  $A_1$  e  $A_2$  registram a mesma corrente.
- (b)  $A_1$  e  $A_2$  registram correntes de mesma intensidade.
- (c) a corrente em  $A_1$  é mais intensa do que a corrente em  $A_2$ .
- (d) a corrente em  $A_2$  é mais intensa do que a corrente em  $A_1$ .
- (e) a corrente em  $A_1$  é mais intensa do que a corrente em  $A_2$ .

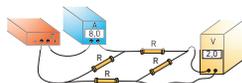
...os amperímetros  $A_1$ ,  $A_2$ ,  $A_3$  e  $A_4$  e os resistores são todos ideais.



## FOLHA AZ

### 1. (Fuvest-SP)

Considere a montagem, composta por quatro resistores iguais  $R$ , uma fonte de tensão  $F$ , um medidor de corrente  $A$ , um medidor de tensão  $V$  e fios de ligação. O medidor de corrente indica  $8,0 \text{ A}$ , e o de tensão,  $2,0 \text{ V}$ .



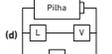
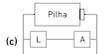
Pode-se afirmar que a potência total dissipada nos 4 resistores é, aproximadamente, de:

- (a) 8 W
- (b) 16 W
- (c) 32 W
- (d) 48 W
- (e) 64 W

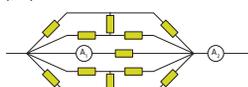
### 2. (Enem)

Um eletricitista precisa medir a resistência elétrica de uma lâmpada. Ele dispõe de uma pilha, de uma lâmpada (L), de alguns fios e de dois aparelhos: um voltímetro (V), para medir a diferença de potencial entre dois pontos, e um amperímetro (A), para medir a corrente elétrica.

O circuito elétrico montado pelo eletricitista para medir essa resistência é:



### 3. (UFPI)



## EXERCÍCIOS PROPOSTOS

Os **exercícios propostos** cobrem os diversos objetivos de aprendizagem do capítulo. Esta seção é composta por um misto de questões objetivas e discursivas, preferencialmente selecionadas de vestibulares recentes.

Dentre os exercícios propostos, há aqueles – marcados por uma estrela – denominados **prioritários**. Trata-se de um conjunto de questões que devem ser prioritariamente resolvidas (em sala de aula ou em casa) para estimular o desenvolvimento das habilidades e consolidar os aprendizados essenciais do capítulo.

## Folha AZ

A **Folha AZ** é a tarefa semanal da metodologia AZ. Ela é composta por 5 ou 10 exercícios objetivos – além de uma proposta de tema de redação – por disciplina de cada capítulo. Ela deve ser feita fora da sala de aula, sem a companhia do seu professor. Essas questões são uma excelente oportunidade para você se autoavaliar quanto ao cumprimento dos objetivos de aprendizagem. Os gabaritos dessas questões, assim como os respectivos vídeos de resolução, estarão disponíveis online, no momento em que você terminar de respondê-las no aplicativo.

...o colesterol desempenha papéis no organismo. Analise os itens a seguir.

- I. O colesterol é importante para a integridade da membrana celular.
  - II. O colesterol participa da síntese dos hormônios esteroides.
  - III. O colesterol participa da síntese dos sais biliares.
- Da análise dos itens, é correto afirmar que:
- (a) somente I é verdadeiro.
  - (b) somente II é verdadeiro.
  - (c) somente III é verdadeiro.
  - (d) somente I e II são verdadeiros.
  - (e) I, II e III são verdadeiros.

## Gabarito

Nos livros, você encontra os gabaritos dos exercícios de fixação (nos livros de teoria) e dos exercícios propostos (nos cadernos de exercícios). Além disso, no **aplicativo AZ** você encontra respostas desenvolvidas e vídeos de resolução de muitos desses exercícios.

Ícone indicativo de uma etapa de **atuação nos erros** (Act).

### GABARITO

- E1. C
- E2. C
- E3. B
- E4. B
- E5. A
- E6. C
- E7. E
- E8. D
- E9. D
- E10. D
- E11. E
- E12. E
- E13. D
- E14. C
- E15. B
- E16. D
- E17. B



# METODOLOGIA PDCA

O segredo dos bons alunos não é estudar “muito”, mas sim estudar bem. Na prática, isso significa ter método e estratégia. Nesta coleção, cada capítulo é estruturado com base no **Ciclo PDCA**, ferramenta muito utilizada por empresas que visam à melhora constante.

A ideia central é ensinar o aluno a sempre **planejar** antes de qualquer tarefa, **executar** bem o planejamento, **checar** os resultados da execução e **atuar corretivamente**, aprendendo com os erros.

Como fazer para conseguir, de fato, melhorar sempre? Em resumo, refletindo sobre o que se faz e corrigindo as falhas do percurso. Essa sabedoria não é nova, mas encontra uma tradução contemporânea bastante prática. Trata-se do ciclo PDCA, sigla em inglês para quatro comportamentos sucessivos: **planejar** (“Plan”), **executar** (“Do”), **checar** (“Check”) e **atuar nos erros** (“Act”).



## Em cada capítulo, um ciclo PDCA

	LIVRO DE TEORIA	CADERNO DE EXERCÍCIOS	CONTEÚDO DIGITAL
 Objetivos de aprendizagem	✓	✓	✓
Conteúdos teóricos	✓		✓
 Exercícios propostos		✓	✓
Aprofundamento			✓
Exercícios de fixação	✓		✓
 Folha AZ		✓	✓
Gabaritos	✓	✓	✓
 Resoluções em vídeo e por escrito			✓

# BIOLOGIA 1

**CAPÍTULO 1**  
EVOLUÇÃO

**CAPÍTULO 2**  
NÍVEIS DE ORGANIZAÇÃO, FLUXO DE ENERGIA,  
CADEIAS, TEIAS E PIRÂMIDES ECOLÓGICAS

**CAPÍTULO 3**  
RELAÇÕES ECOLÓGICAS E ECOLOGIA  
DAS POPULAÇÕES

**CAPÍTULO 4**  
SUCESSÃO ECOLÓGICA  
E CICLOS BIOGEOQUÍMICOS

**CAPÍTULO 5**  
DESEQUILÍBRIO ECOLÓGICO E AÇÃO ANTRÓPICA

**CAPÍTULO 6**  
CARACTERÍSTICAS GERAIS DOS SERES VIVOS E  
COMPOSTOS INORGÂNICOS

**CAPÍTULO 7**  
COMPOSTOS ORGÂNICOS I: GLICÍDIOS E LIPÍDIOS

**CAPÍTULO 8**  
COMPOSTOS ORGÂNICOS II: PROTEÍNAS E ENZIMAS

**CAPÍTULO 9**  
COMPOSTOS ORGÂNICOS III: VITAMINAS



## CAPÍTULO 1 EVOLUÇÃO



### Objetivos de aprendizagem

1. Identificar as diferentes evidências do processo evolutivo.
2. Descrever os pontos mais importantes presentes nas principais teorias evolutivas.
3. Dominar os fatores neodarwinistas envolvidos com a evolução: mutação, seleção natural e deriva gênica.



## 1. As evidências da evolução

As tradições judaico-cristãs pregam a origem do universo e dos seres vivos como atos de criação divina. Os seres vivos assim criados, perfeitamente adaptados ao seu ambiente, teriam permanecido inalterados desde o início da criação até os dias de hoje.

Esse tipo de abordagem, chamada de fixista ou criacionista, começou a sofrer um intenso confronto a partir do século XIX, por meio de descobertas geológicas que mostravam a Terra como um sistema dinâmico, submetido a lentas mudanças no clima e no relevo, o que levou alguns naturalistas a pensar que a vida também poderia ter sido afetada por tais mudanças.

Com isso, ganhava força o evolucionismo, que mostrava os seres vivos de maneira dinâmica, modificando-se ao longo do tempo juntamente com o ambiente.

Inúmeras outras evidências apontavam para o evolucionismo, por exemplo, a existência de espécies com características intermediárias difíceis de classificar.

A Paleontologia e a Embriologia foram duas áreas de estudo essenciais para a derrubada do criacionismo, com o apontamento de semelhanças ou a existência de ancestrais comuns.

### 1.1 As evidências fósseis

Os restos ou vestígios de seres vivos de épocas passadas ou registros destes recebem o nome fósseis, podendo ser encontrados em rochas, gelo ou âmbar.

Quando um animal morre, suas partes moles, como músculos e cartilagem, são devoradas por organismos decompositores, restando apenas as partes duras, como chifres, cascos

e ossos. As condições necessárias para o aparecimento dos fósseis são muito especiais, pois, devido à exposição e ao tempo, até mesmo os ossos acabam sofrendo desagregação, não restando registro algum do animal morto.



© BAS VAN DER PLUJMSHUTTERSTOCK



© SERVICKIZ/SHUTTERSTOCK

Registros fósseis. (A) Amonitas; (B) Samambaias.

Um fóssil pode ser formado, por exemplo, quando um animal é soterrado pelos sedimentos no fundo de lagos, mares ou vales. Assim, as partes moles são decompostas, mas os ossos são preservados, com sua parte orgânica substituída por minerais do solo, como sílica, pirita ou carbonato de cálcio, em um processo denominado petrificação ou permineralização.

Em casos mais raros, organismos podem ser conservados em resina vegetal liberada por pinheiros, conhecida como âmbar. Um inseto que fique preso no âmbar e ao longo dos anos seja cristalizado, estará isolado do ar e, portanto, da ação de microrganismos.

A idade de um fóssil é correspondente, de maneira aproximada, ao terreno onde foi encontrado. Isso ocorre porque, em terrenos de natureza sedimentar, as camadas de solo depositam-se umas sobre as outras ao longo do tempo. Assim, um fóssil encontrado em determinada camada representa os restos de um animal que viveu na época em que tal camada se formou.

### A datação de fósseis

Em geral, quanto mais profundo é o terreno, mais antigo é o fóssil. Entretanto, para determinarmos a idade absoluta de rochas e fósseis devemos utilizar a taxa de desintegração de compostos radiativos.

Os compostos radioativos presentes nos fósseis, como o urânio, emitem partículas, transformando-se em isótopos mais estáveis (chumbo, no caso do urânio).

Existe uma constância no tempo gasto para essas transformações; 1 grama de urânio leva cerca de 4 bilhões e 500 milhões de anos para reduzir sua massa à metade, produzindo 0,5 grama de chumbo. Chamamos esse tempo de meia-vida do urânio, medida utilizada como marcador de tempo geológico.

Para a datação de fósseis, é muito utilizado o carbono-14, isótopo radiativo do carbono-12. Ele é incorporado na cadeia alimentar por meio dos produtores que fixam gás carbônico na forma de glicose. Assim, todos os animais apresentam uma quantidade de carbono-14 em seus corpos.

O estudo de fósseis possibilita escrever a história evolutiva de uma espécie e fornece informações valiosas sobre espécies extintas.

A observação de semelhanças estruturais internas e externas entre organismos levou muitos naturalistas a estabelecer relação de parentesco entre tais indivíduos, sugerindo a existência de um ancestral em comum.

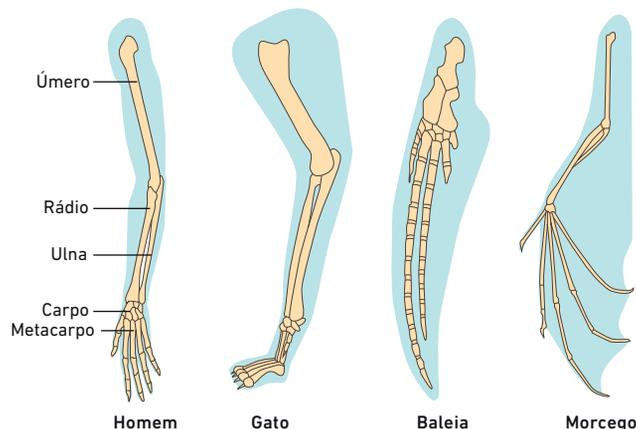
## 1.2 Anatomia comparada

Muitas espécies de seres vivos apresentam estruturas corporais que apresentam uma organização bastante semelhante, apesar de exercerem funções diferentes. Segundo o evolucionismo, essas semelhanças aparecem porque esses animais têm um mesmo ancestral comum que viveu em um passado muito remoto.

### 1.2.1 Órgãos homólogos

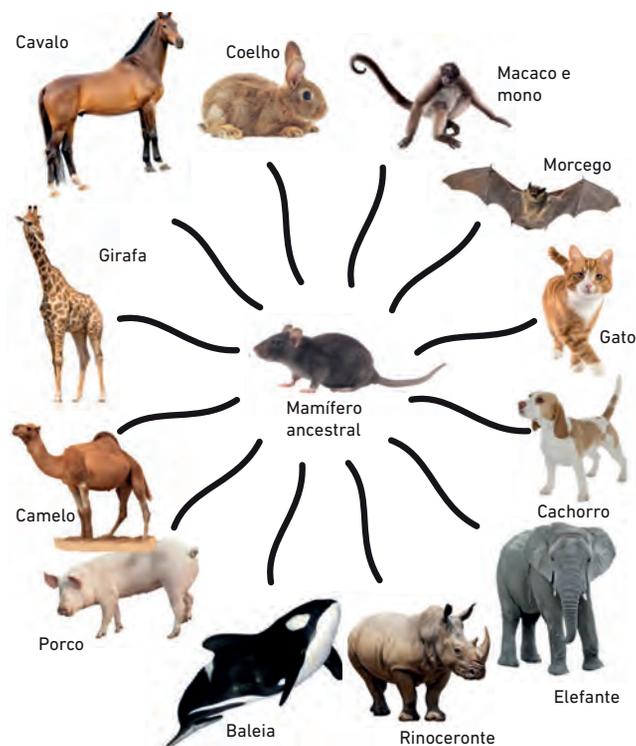
Ao observar o braço de um homem, a nadadeira de um golfinho e a asa de um morcego, percebemos que, apesar

de apresentarem estruturas diferentes, têm um mesmo padrão estrutural. A organização de músculos, ossos, nervos e tendões é muito semelhante. Isso sugere que tais órgãos evoluíram a partir da pata de um ancestral comum.



Órgãos homólogos são originados a partir de características ancestrais que sofrem modificação ao longo da evolução.

O processo evolutivo que leva ao aparecimento de órgãos homólogos é chamado irradiação adaptativa. Nele, um ancestral comum é submetido a condições ambientais diversas, que geraram pressões seletivas também diversas. A adaptação às diversas condições ambientais levou ao aparecimento de estruturas com funções específicas.



Irradiação adaptativa – homologia.

### 1.2.2 Órgãos análogos

Chamamos de órgãos análogos aqueles que estão adaptados para realizar a mesma função, porém não estão presentes em um ancestral comum aos dois organismos. É o caso das asas das aves e das asas dos insetos. As duas estruturas estão adaptadas ao voo, mas as primeiras são compostas de ossos, músculos e tendões, enquanto as outras são derivadas do revestimento de quitina presente no exoesqueleto dos insetos.

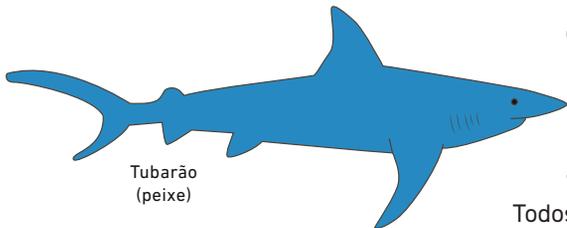
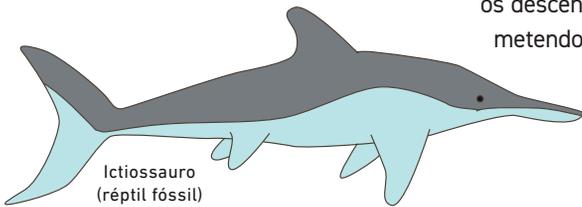
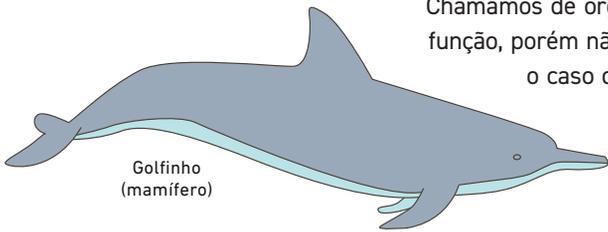
Essa semelhança não indica parentesco, mas sugere que todos os descendentes de ancestrais que ocuparam um mesmo tipo de ambiente, submetendo-se aos mesmos tipos de pressão seletiva, apresentam os mesmos tipos de adaptações ao longo do tempo.

Esse fenômeno é chamado de convergência adaptativa.

### 1.3 Embriologia comparada

No século XIX, o biólogo Ernest Haeckel (1834-1919), observando os embriões de diferentes animais, chegou à seguinte conclusão: animais muito diferentes quando adultos apresentam embriões muito semelhantes. Isso faz supor novamente a existência de um ancestral comum, podendo, com isso, estabelecer relações de parentesco entre animais tão diversos como o ser humano e o sapo.

Todos os embriões de vertebrados apresentam sulcos branquiais na fase embrionária. Entretanto, essas estruturas iniciais sofreram adaptações ao modo de vida do animal adulto. No peixe, elas darão origem a brânquias, enquanto no ser humano serão responsáveis pela formação da tuba auditiva, das amídalas e do timo.



Convergência adaptativa – analogia.

Tubarão	Salamandra	Tartaruga	Galinha	Porco	Humano
↓	↓	↓	↓	↓	↓
↓	↓	↓	↓	↓	↓
↓	↓	↓	↓	↓	↓

Quanto mais semelhanças houver no desenvolvimento embrionário dos animais, maior o grau de parentescos entre eles.

Mutações são alterações presentes na sequência de DNA, as quais se refletem nas estruturas proteicas. Assim, quanto maior for a diferença entre as sequências de nucleotídeos do DNA de duas espécies, menor será seu grau de parentesco. Isso ocorre porque diferentes mutações se acumulam em cada grupo de espécies ao longo do tempo.

Um modo de medir a diferença genética entre dois seres é a hibridização. Nela, misturam-se cadeias de DNA das espécies que se quer comparar. Quanto mais semelhantes forem as cadeias, maior será o grau de hibridização, ou seja, o número de pares de base complementares formados.

Outra maneira é mediante a comparação da sequência de aminoácidos de uma proteína, como a hemoglobina. Assim, quanto maior o número de aminoácidos semelhantes, maior será o grau de parentesco. Com base nessas diferenças, podem-se montar árvores filogenéticas partindo de um ancestral comum e mostrando as divergências evolutivas entre organismos diversos.

## 2. As teorias evolutivas

### 2.1 O lamarckismo

Em 1809, o naturalista francês Jean-Baptiste Lamarck (1744-1829) fez a primeira tentativa de explicar a evolução com base em uma teoria científica. As transformações das espécies explicadas por Lamarck apoiavam-se em duas leis:

#### 2.1.1 Lei do uso e desuso

Uma das premissas de Lamarck era de que os seres vivos teriam um “impulso interno” capaz de possibilitar a adaptação ao meio, desde que houvesse uma pressão para tanto.



Jean-Baptiste Pierre Antoine de Monet – cavaleiro de Lamarck.

Assim, na tentativa de se adaptarem a uma situação, esses organismos passariam a utilizar algumas partes do corpo mais do que outras, levando ao seu desenvolvimento. Em

contrapartida, estruturas pouco utilizadas ficariam atrofiadas, tendendo a desaparecer.

Segundo essa hipótese, o pescoço comprido da girafa e a língua do tamanduá teriam se desenvolvido pelo esforço constante proveniente da utilização desses órgãos na busca por alimento.

Podemos assim resumir a lei do uso e desuso de Lamarck: o órgão se desenvolve de maneira proporcional ao seu uso e necessidade. O desuso leva à atrofia do órgão.

#### 2.1.1.1 Os problemas da lei do uso e desuso

A primeira lei de Lamarck esbarra em alguns problemas de ordem genética e conceitual. O ambiente só é capaz de modificar características de um indivíduo dentro de um limite ditado por seus genes. Ou seja, embora o peso e a altura de um indivíduo possam variar de acordo com sua dieta ou exercícios físicos, ela nunca ultrapassará um limite máximo. Chamamos esse limite de norma de reação.

Além disso, essa lei só seria válida para órgãos de natureza muscular, não sendo aplicada, por exemplo, para características como a percepção visual, que não aumenta com o maior uso dos olhos.

#### 2.1.2 Lei da herança dos caracteres adquiridos

A segunda lei de Lamarck afirma que as características adquiridas (lei do uso e desuso) serão transmitidas aos descendentes, garantindo a perpetuação delas ao longo das gerações.

#### 2.1.2.1 Os problemas da lei dos caracteres adquiridos

As características adquiridas pelo uso ou desuso de um órgão ocorrem apenas no fenótipo do indivíduo e não em seu material genético, não podendo, assim, ser transmitidas aos descendentes. Além disso, para que as características sejam transmitidas à prole, é necessário que elas ocorram nas células reprodutoras.

Assim, ao exercitar-se, um atleta modifica o volume de suas fibras musculares, não os genes contidos em seus espermatozoides, não transmitindo essa característica para seus filhos. Além disso, o processo de transmissão das características explicado à maneira de Lamarck levaria a um gradativo processo de degeneração dos seres vivos. Isso ocorreria porque muitas das características adquiridas ao longo da vida são prejudiciais, como doenças e o próprio envelhecimento.

#### 2.1.3 O pensamento de Lamarck

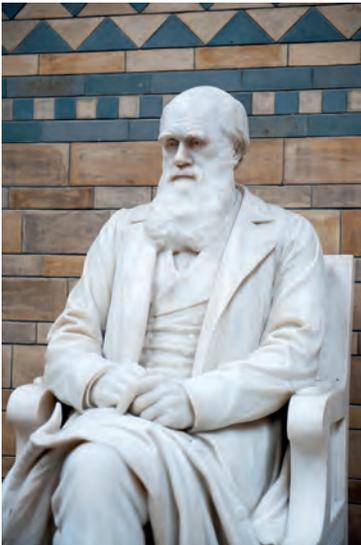
Segundo Lamarck, a evolução do pescoço da girafa teria se dado da seguinte maneira: todos os ancestrais das girafas modernas apresentavam pescoços curtos. A escassez de vegetação rasteira obrigou essas girafas a procurar alimento

nas copas das árvores, realizando um esforço constante ao esticar seus pescoços tentando alcançar as folhas.

Ao longo das gerações, essa característica adquirida teria sido transmitida de geração para geração até atingir o comprimento atual. Lamarck não acreditava em extinção biológica. Entretanto, assumia que o desaparecimento de espécies era decorrente da transformação delas em outras.

## 2.2 O darwinismo

Aos 22 anos de idade, Charles Darwin (1809-1882) realizou uma viagem de cinco anos a bordo do navio inglês H.M.S Beagle, passando pela América do Sul, pela Nova Zelândia e pela Austrália. As informações coletadas durante essa viagem foram utilizadas para compor a teoria evolutiva que revolucionaria o cenário científico do século XIX.



Estátua de Charles Darwin no Museu de História Natural em Londres, Reino Unido.

Em seu livro *A origem das espécies*, Darwin expôs sua teoria evolucionista, colocando os seres humanos e outros seres vivos como produtos da evolução das espécies.

Ao longo de sua viagem, ele coletou amostras de fósseis de preguiças e tatus gigantes na Argentina, além de observar a existência de diferenças entre indivíduos da mesma espécie que habitavam regiões distintas. Ele suspeitava de que, de algum modo, o meio selecionava os animais, de maneira semelhante ao processo de seleção artificial realizado com sementes na agricultura e com o gado.

A inspiração veio das ideias do economista Thomas Malthus (1766-1834) sobre o crescimento das populações. A teoria malthusiana afirmava que as populações tendem a crescer seguindo uma progressão geométrica, enquanto os recursos, como alimentos, crescem seguindo uma progressão aritmética. Isso levaria rapidamente a uma escassez de recursos, ocasionando o desaparecimento da população.

A conclusão de Darwin foi que nem todos os indivíduos que nascem sobrevivem, ou melhor, conseguem se reproduzir. Assim, o ambiente serviria como pressão seletiva, fazendo com que apenas os indivíduos com características apropriadas para enfrentar as condições ambientais sobrevivam. Estes teriam maior probabilidade de reproduzir-se, passando suas características favoráveis adiante. A esse processo, Darwin chamou de seleção natural.

A evolução, segundo ele, é um processo que pode ser explicado por estas etapas:

- em uma mesma espécie existem indivíduos diferentes em relação à sua anatomia e fisiologia. Existe, portanto, uma variabilidade preexistente;
- essa variabilidade é de alguma forma transmitida aos descendentes;
- a reprodução não ocorre entre todos os indivíduos da espécie, pois isso levaria a um esgotamento dos recursos;
- indivíduos lutam pela sobrevivência disputando recursos limitados;
- somente indivíduos com características que os tornam mais aptos sobrevivem e se reproduzem, transmitindo essas características a seus descendentes;
- esse processo ao longo das gerações fixa as características mais vantajosas na população.

### 2.2.1 Exemplo de seleção natural

Um exemplo da atuação da seleção natural é a anemia falciforme. Essa doença é também denominada de siclemia. Os indivíduos com essa doença produzem uma hemoglobina com defeito; isso deforma as hemácias, tornando-as ineficientes em sua função principal, o transporte de oxigênio. Os indivíduos com genótipo homocigoto dominante (SS) morrem com muita pouca idade. Os indivíduos com genótipo heterocigoto (Ss) têm maior expectativa de vida.

Por meio de análises, verificou-se que algumas populações africanas, a taxa do alelo *S* é alta, fator que chamou a atenção dos pesquisadores. Devemos também evidenciar que as regiões onde essas populações vivem são infestadas de malária. Doença causada pelo protozoário *Plasmodium* sp, transmitida pela fêmea do mosquito *Anopheles*, conhecido como mosquito-prego. Verificou-se que os indivíduos heterocigotos (Ss) para a anemia falciforme são resistentes à malária. Os indivíduos que não apresentam a doença (ss), portanto com as hemácias normais, contraem a malária e podem morrer. Dessa maneira conclui-se que os indivíduos heterocigotos para a anemia falciforme (Ss) em um ambiente com malária têm mais chance de sobrevivência; esses indivíduos heterocigotos, portanto, são favorecidos e têm mais chance de sobreviver e transmitir sua carga genética.

### 2.2.2 Pensamento de Darwin

Vamos retomar o caso das girafas para exemplificar o pensamento de Darwin. Segundo ele, existiam inicialmente girafas de pescoço longo e de pescoço curto. Os animais de pescoço longo apresentaram vantagem quando o alimento próximo ao solo se tornou escasso, uma vez que conseguiam alimentar-se das folhas nas copas das árvores. Esses indivíduos, então, obtinham um maior sucesso reprodutivo, transmitindo suas características para as gerações seguintes e aumentando de maneira gradativa a frequência dessas características na população.

É importante notar que, de acordo com Darwin, o ambiente atua com caráter selecionador, enquanto Lamarck supunha que ele atuasse como modificador. Assim, a característica preexistente de apresentar um pescoço longo nunca se fixaria, se não houvesse uma pressão seletiva para tanto.

### 2.2.3 Os problemas do darwinismo

A principal crítica à teoria de Darwin era de que ela não conseguiu explicar de maneira satisfatória a origem da variabilidade e os mecanismos de transmissão de tais características. Darwin não conseguia preencher tais informações pois não tinha conhecimento das leis de Mendel (1822-1884) sobre herança genética e, sem alternativa, utilizava-se da herança dos caracteres adquiridos de Lamarck.

Essa lei, entretanto, já havia sido desacreditada por um biólogo alemão, August Weismann (1834-1914), em cujos experimentos cortou o rabo de um rato durante várias gerações, demonstrando que seus descendentes continuavam nascendo com rabos. A validade do trabalho de Weismann consistiu em delinear a diferença entre duas linhagens celulares: as somáticas e as germinativas. As primeiras entrariam na composição do corpo, enquanto as últimas seriam responsáveis pela produção dos gametas.

As leis de Mendel só foram redescobertas em 1900, por De Vries (1848-1935); com elas, a lacuna da teoria de Darwin começava a ser preenchida. A origem da variabilidade eram as modificações nos fatores que carregavam as informações. Essas modificações foram chamadas por De Vries de mutações.

Mais tarde, com a descoberta da estrutura do DNA e a introdução do conceito de gene como um trecho dessa molécula que continha a informação para a produção de uma proteína, a mutação passou a ser compreendida como uma alteração nas bases nitrogenadas.

A mutação passou a ser encarada pela teoria sintética da evolução ou neodarwinismo como fonte de variedade a ser trabalhada pela seleção natural.

## 3. O Neodarwinismo: a teoria sintética da evolução

No início do século XX ocorreu o grande desenvolvimento da genética, que possibilitou uma nova interpretação da teoria evolucionista de Darwin. Durante as décadas de 1930 e 1940, foram incorporados novos conhecimentos que resultaram em uma teoria mais abrangente e mais consistente, a qual ficou conhecida como teoria sintética da evolução ou teoria moderna da evolução.



### O cenário histórico da Teoria da Evolução

Apesar da polarização entre Lamarck e Darwin, tradicionalmente divulgada nos textos sobre Evolução, a História da Ciência nos mostra que na verdade houve uma sequência de contribuições coletivas para o desenvolvimento desta teoria.

O evolucionismo surgiu no século XVIII, quando naturalistas franceses, como Georges Louis Leclerc (1707-1788) e o próprio Lamarck, questionaram o fixismo e revelaram a chamada transmutação das espécies. Fundaram, assim, as bases pelas quais hoje a Biologia se sustenta. A ideia de um universo dinâmico em contraste a um mundo imutável já havia inclusive ocorrido em outras áreas da ciência, como na Astronomia e na Geologia.

A teoria nascente, em seguida, foi reestruturada pelos ingleses Charles Darwin e Alfred Russel Wallace (1823-1913). Wallace, com ideias elaboradas de forma independente, chegou essencialmente às mesmas conclusões de Darwin. Em conjunto, reformularam conceitualmente o evolucionismo com as concepções de ancestralidade comum e seleção natural (descendência com modificação).

Desse eixo principal surgiu uma nova fundação, que conciliou as ideias evolucionistas aos conhecimentos mendelianos dos mecanismos de herança, tendo como principais articuladores Ronald Aylmer Fisher (1890-1962) e John B. S. Haldane (1892-1964) na Inglaterra, e Sewall Wright (1889-1988) nos Estados Unidos. Foram acrescentadas, posteriormente, contribuições da Genética, da Sistemática e da Paleontologia, resultando na síntese denominada *neodarwinismo*, que revelou nomes como Theodosius Dobzhansky (1900-1975), Ernst Mayr (1904-2005) e George Gaylord Simpson (1902-1984), dentre outros formuladores e divulgadores.

Desde então, investigações e debates enriquecedores buscam questionar, ampliar e complementar a Teoria da Evolução. Como exemplo, os estudos evolutivos sobre o

comportamento social, cujos principais expoentes são William Donald Hamilton (1936-2000) e Edward Osborne Wilson (1929-). Além disso, muitas pesquisas atuais na área chamada de Epigenética têm levantado a possibilidade de atuação direta do ambiente sobre a geração de biodiversidade (e não apenas na seleção da mesma), em uma espécie de *neolamarckismo*.

Dessa forma, o evolucionismo é muito mais que um conceito estático e dicotomizado. Pelo contrário, assim como a própria evolução biológica, é um conjunto dinâmico e complexo de desenvolvimento de ideias que têm contribuído muito no avanço do conhecimento sobre o mundo natural.



Quadro de Alfred Wallace no Museu de História Natural em Londres, Reino Unido.

© CHRISORNEY/SHUTTERSTOCK

### 3.1 A fonte da variabilidade

Existem dois mecanismos fundamentais geradores de variabilidade na natureza, ambos desconhecidos por Darwin, e por isso, causadores das lacunas em sua teoria: as mutações e a recombinação gênica.

#### 3.1.1 As mutações

As mutações, definidas como alterações ao acaso do material genético, podem ser gênicas, quando atingem apenas um ou poucos genes, com alteração de suas bases nitrogenadas, ou cromossômicas, quando alteram o número ou a forma dos cromossomos.

Podemos classificar as alterações cromossômicas em:

- **Numéricas:** causadas por problemas no pareamento de cromossomos durante a meiose. Quando todo o conjunto de cromossomos é afetado, gerando indivíduos triploides ( $3n$ ), tetraploides ( $4n$ ) etc, chamamos a alteração de euploidia. Quando a alteração numérica envolve apenas alguns cromossomos gerando indivíduos  $2n + 1$ ,  $2n - 1$  etc, a classificamos como aneuploidia. Exemplo: síndrome de Down (trissomia do par 21).

- **Estruturais:** ocorrem quando se quebram pedaços de cromossomos que podem se perder ou unir-se a outros cromossomos.

As mutações ocorrem de maneira espontânea nas células, normalmente em uma taxa muito baixa. Entretanto, mutações também podem ser induzidas por radiação ou produtos químicos.

Elas podem ocorrer tanto em células somáticas quanto em células germinativas; entretanto, só têm valor evolutivo quando ocorrem nestas, podendo, assim, ser transmitidas aos descendentes.

Mutações podem ser, do ponto de vista adaptativo, prejudiciais, neutras ou benéficas. Como ocorrem de maneira totalmente aleatória, a chance de que uma mutação seja deletéria, isto é, prejudicial, é muito elevada. Imagine se tentássemos retirar ou adicionar uma palavra ao acaso em um texto. Qual seria o efeito mais provável?

Mutações prejudiciais tendem a desaparecer, uma vez que reduzem a chance de sobrevivência dos indivíduos afetados.

Mesmo que uma mutação não seja deletéria, ela deve conferir ao indivíduo alguma vantagem adaptativa, ou então não se fixará na população, mantendo-se em uma frequência baixa ou perdendo-se ao longo do tempo.

Uma mutação que garanta ao indivíduo uma taxa diferencial de reprodução aumenta sua frequência na população, contribuindo para a história evolutiva das espécies.

#### 3.1.2 A recombinação gênica

Em indivíduos de reprodução assexuada, a única fonte de variabilidade são as mutações, uma vez que esse processo se dá por meio de mitoses.

Entretanto, na reprodução sexuada ocorre intensa recombinação genética, fornecendo novos conjuntos gênicos, que servem de matéria-prima para a seleção natural.

Dois mecanismos promovem a recombinação gênica:

- a segregação dos cromossomos na meiose;
- o *crossing-over*.

As mutações fazem surgir novos genes, enquanto a reprodução sexuada aumenta o número de combinações, colocando ainda mais combustível na máquina evolucionária.

### 3.2 Os agentes da evolução

As forças evolutivas são agentes que alteram a frequência de genes em uma população.

#### 3.2.1 As mutações

São responsáveis pelo aparecimento de novos alelos na população, por meio das alterações de alelos preexistentes.

Apesar de incluírem formas alternativas no *pool* gênico (total de genes presentes nessa população), as mutações apresentam pequena contribuição para as oscilações das frequências gênicas, devido a sua ocorrência rara e aleatória.

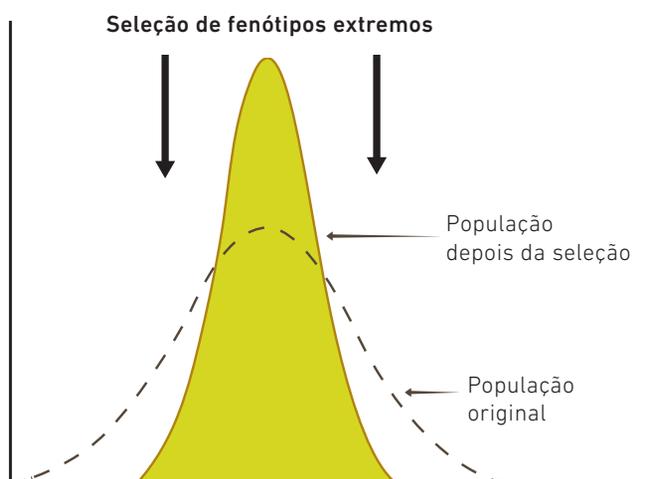
### 3.2.2 A seleção natural

A seleção natural atua, de certa maneira, em oposição às mutações. Enquanto a mutação aumenta a variabilidade, introduzindo novos alelos no *pool* gênico, a seleção natural atua reduzindo a variabilidade ao eliminar alelos que condicionam características de baixa adaptabilidade.

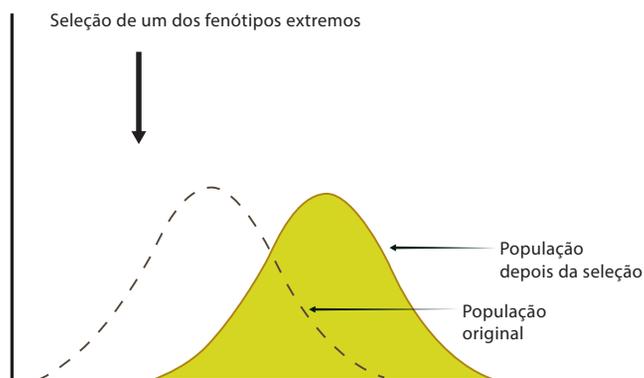
Chamamos adaptação a ação de seleção natural sobre o *pool* gênico preexistente. Como as pressões seletivas são diversas dependendo do ambiente, podemos considerar as diferenças anatômicas e fisiológicas nos organismos resultados de inúmeras seleções de características, que aumentam a chance de sobrevivência naquele meio em particular.

A seleção natural pode atuar no *pool* gênico de diferentes maneiras:

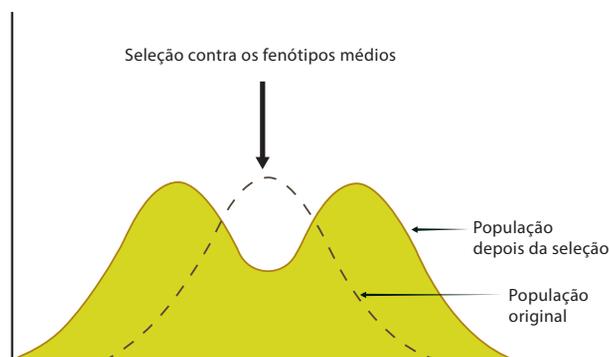
- **Seleção estabilizadora:** seleciona os indivíduos de fenótipo médio, eliminando as formas extremas. Portanto, favorece os indivíduos com características intermediárias. Os indivíduos com essas características têm maior chance de sobrevivência e reprodução. É o caso do peso de recém-nascidos, que varia de 3,0 kg a 3,5 kg. Pesos abaixo desse valor médio dificultam a sobrevivência do bebê após o parto, enquanto pesos acima da média dificultam o trabalho de parto.



- **Seleção direcional:** beneficia uma das formas extremas de determinada característica. É o caso da pesca dos salmões grandes e médios, que resulta na diminuição destes na população original e a prevalência dos pequenos. Outro exemplo importante é a seleção artificial de bactérias resistentes aos antibióticos.



- **Seleção disruptiva ou diversificadora:** beneficia os dois tipos de formas extremas, ocorrendo a redução dos fenótipos médios. Portanto, confere vantagem aos indivíduos com as características dos extremos e diminui a frequência dos indivíduos com características intermediárias. É o caso dos tentilhões da ilha de Galápagos. Aqueles com bico pequeno e bico grande sobreviviam pois conseguiam alimentar-se. Em contrapartida, os tentilhões com bico médio morriam. Pode levar a um quadro de especiação.



### 3.2.3 As migrações - o fluxo gênico

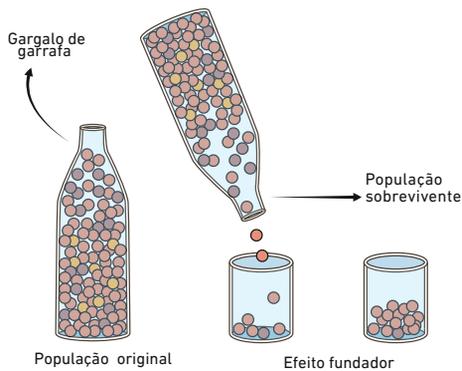
A simples migração pode representar um fator evolutivo importante, contribuindo para a alteração na frequência dos alelos de uma população. Um exemplo disso é o fato de que, antes da colonização do Brasil, não existia o tipo sanguíneo A entre os povos indígenas. Após a chegada dos europeus, e com a procriação entre estes e os indígenas, o sangue tipo A passou a ser observado.

### 3.2.4 A deriva gênica - o acaso trabalhando em favor da evolução

O fato de uma população ser extremamente pequena pode facilitar em grande parte a alteração de sua frequência gênica. Essas alterações podem ser ocasionadas sem a existência de nenhum dos fatores anteriormente citados, mas sim pelo simples acaso.

A deriva genética resulta em mudança evolutiva, porém não em adaptação. Corresponde a alterações nas frequências alélicas causadas por fenômenos aleatórios entre gerações.

Imagine uma pequena população de 10 indivíduos, na qual 1 seja (Aa) e os outros 9 sejam (AA). Se um acidente causasse a morte do indivíduo (Aa), a frequência do gene *a*, de 5%, cairia para 0%, só restando o gene *A*. A morte do indivíduo (Aa) foi totalmente esporádica, de maneira alguma relacionada a seu grau de adaptabilidade.



Observamos um bom exemplo de deriva gênica quando um desastre natural causa uma redução drástica em uma população. Chamamos esse efeito de gargalo de garrafa.

Um exemplo do efeito gargalo é o dos elefantes-marinhos, que até 1820 apresentavam grande variabilidade genética em suas populações. Eles foram caçados abundantemente, e os poucos que restaram realizaram o repovoamento.

A consequência direta desse fenômeno é a redução da variabilidade, uma vez que a população foi reconstituída de um *pool* gênico muito reduzido.

Outro exemplo extremo do efeito gargalo é quando, devido a um evento aleatório, uma pequena parcela de uma população se separa, colonizando uma nova área onde essa espécie originalmente não existia. Esse fenômeno é chamado de efeito fundador. A população formada por efeito fundador não apresenta as mesmas frequências gênicas da população original, pois reflete o *pool* gênico do pequeno grupo destacado.



## EXERCÍCIOS DE FIXAÇÃO

**Objetivo 1.** Identificar as diferentes evidências do processo evolutivo.

### 1. (PUC-RJ)

Três processos fundamentam a teoria sintética da evolução:

1. processo que gera variabilidade,
2. processo que amplia a variabilidade e
3. processo que orienta a população para maior adaptação.

Esses processos são, respectivamente:

- (a) recombinação gênica, seleção natural, mutação.
- (b) recombinação gênica, mutação, seleção natural.
- (c) mutação, recombinação gênica, seleção natural.
- (d) mutação, seleção natural, recombinação gênica.
- (e) seleção natural, mutação, recombinação gênica.

**Objetivo 2.** Descrever os pontos mais importantes presentes nas principais teorias evolutivas.

**Objetivo 3.** Dominar os fatores neodarwinistas envolvidos com a evolução: mutação, seleção natural e deriva genética.

### 2. (PUCC-SP)

As ideias de Darwin serviram de base para a elaboração da teoria sintética da evolução, hoje aceita pela ciência.

Fizeram-se as seguintes afirmações a respeito da evolução dos seres vivos.

- I. A mutação é um dos fatores evolutivos.
- II. O fator que induz a ocorrência de mutação nos indivíduos é a seleção natural.
- III. A recombinação gênica ocorre durante a reprodução sexuada.
- IV. As alterações provocadas pela ação do ambiente sobre as características físicas de um organismo adulto são sempre transmitidas a seus descendentes.

A teoria citada admite apenas

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

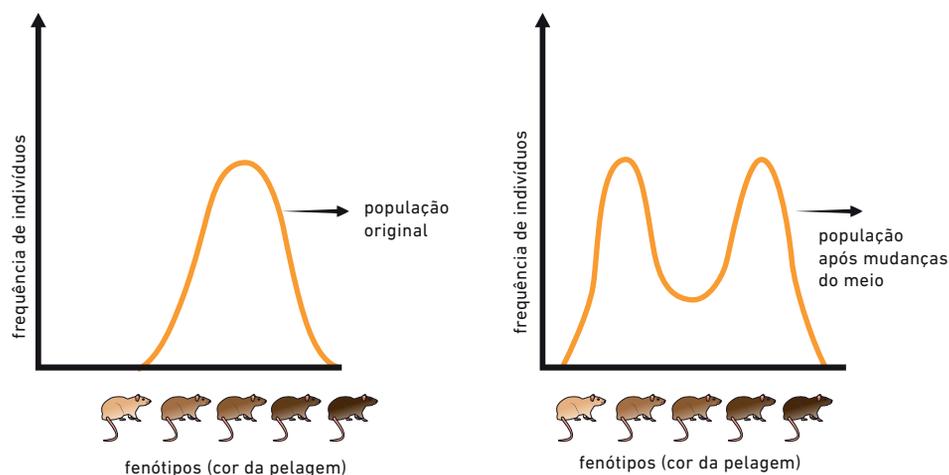
**Objetivo 2.** Descrever os pontos mais importantes presentes nas principais teorias evolutivas.

**Objetivo 3.** Dominar os fatores neodarwinistas envolvidos com a evolução: mutação, seleção natural e deriva genética.

### 3. (UERJ-RJ)

A população de uma espécie de roedores, com pelagem de diferentes colorações, foi observada em dois momentos:

antes e depois da ocorrência de uma profunda transformação no meio em que vivem. As curvas a seguir representam esses dois momentos.



A alteração ocorrida na frequência do fenótipo da população de roedores, após a mudança do meio, é um exemplo de seleção denominada:

- |                |                    |
|----------------|--------------------|
| (a) direcional | (c) estabilizadora |
| (b) disruptiva | (d) não adaptativa |

**Objetivo 1.** Identificar as diferentes evidências do processo evolutivo.

**Objetivo 3.** Dominar os fatores neodarwinistas envolvidos com a evolução: mutação, seleção natural e deriva genética.

#### 4. (Unesa-RJ)

Considerando as comparações anatômicas relacionadas a seguir, julgue quais apresentam entre si relações de analogia e homologia.

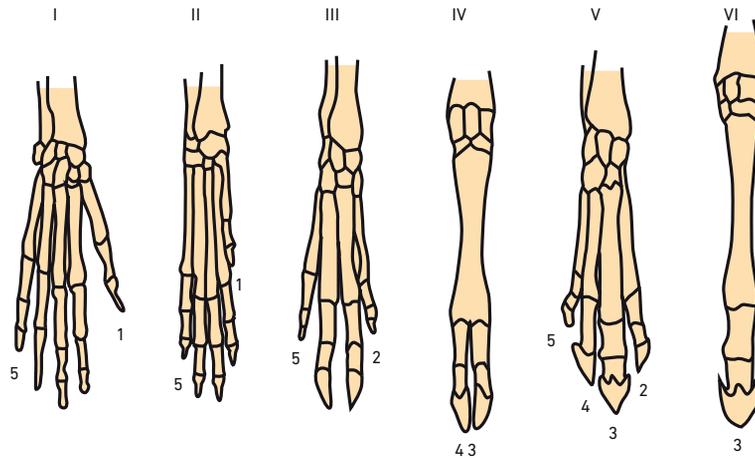
- |                                                       |                                                                                    |
|-------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|
| I. Asas das aves e braços humanos;                    | (a) Todas apresentam relações de analogia.                                         |
| II. Asas dos insetos e asas das aves;                 | (b) Todas apresentam relações de homologia.                                        |
| III. Nadadeira das baleias e nadadeiras dos tubarões; | (c) Há mais afirmativas com relações de analogia que de homologia.                 |
| IV. Ausência de membros entre as minhocas e cobras.   | (d) Há mais afirmativas com relações de homologia que de analogia.                 |
|                                                       | (e) Há duas afirmativas com relações de homologia e duas com relações de analogia. |

**Objetivo 1.** Identificar as diferentes evidências do processo evolutivo.

**Objetivo 3.** Dominar os fatores neodarwinistas envolvidos com a evolução: mutação, seleção natural e deriva genética.

#### 5. (FGV-SP-Adaptado)

As estruturas ilustram os ossos das mãos ou patas anteriores de seis espécies de mamíferos, não pertencentes obrigatoriamente ao mesmo ecossistema.



(<http://en.wikipedia.org>)

A transformação evolutiva de tais estruturas, ao longo das gerações, ocorre em função \_\_\_\_\_ e indicam uma evidência evolutiva denominada \_\_\_\_\_.

Assinale a alternativa que preenche, correta e respectivamente, as lacunas do parágrafo anterior.

- (a) da variabilidade genética [...] paralelismo evolutivo
- (b) da maior ou menor utilização das mesmas [...] analogia
- (c) do ambiente a ser ocupado [...] coevolução
- (d) da seleção natural [...] homologia
- (e) de eventuais mutações genéticas [...] convergência adaptativa

## EXERCÍCIOS PROPOSTOS



### E1. (Unesa-RJ)

A seleção natural é a grande descoberta de Charles Darwin, apresentada como um princípio evolutivo em sua obra *A origem das espécies*, de 1859. Assinale a opção que melhor retrata o significado da seleção natural para Darwin.

- (a) Os indivíduos melhor adaptados têm mais chance de sobreviver e propagar as suas características para gerações futuras, alterando a espécie.
- (b) Novas espécies surgem por um processo evolutivo gradual e com o tempo formam-se novos gêneros e famílias.
- (c) O ambiente seleciona as descendências, buscando promover a perpetuação da espécie.
- (d) Os organismos sofrem influência do meio e com isso transmitem suas adaptações a seus descendentes, que gradualmente se transformam.
- (e) Os indivíduos com adaptações ruins tendem a ser eliminados, mas seus genes podem permanecer na população se forem recessivos.

### E2. (PUC-RS)

A epigenética é uma área nova, a qual mostra que características adquiridas pelos pais são transmitidas para os filhos. Mesmo sem mudar a sequência de bases nucleotídicas, os hábitos paternos modificam alguns ligantes de seu DNA, e as modificações passam para a geração seguinte. Assim, algumas características que o filho apresentará serão reflexo das variações induzidas pelo ambiente sobre os pais, durante o decurso da vida deles. Essas novas descobertas permitem a reflexão sobre a validade da "Herança dos Caracteres Adquiridos", formulada por \_\_\_\_\_, teoria que ficou desacreditada por muito tempo.

- (a) Carlos Lineu
- (b) Charles Darwin
- (c) Gregor Mendel
- (d) Alexander Oparin
- (e) Jean-Baptiste Lamarck

**E3. (Uece-CE)**

Charles Darwin (1809-1882) e Gregor Mendel (1822-1884) viveram na mesma época, mas não se conheceram. No entanto, a compreensão atual da evolução deriva das teorias propostas por esses importantes pesquisadores. Sobre a teoria elementar da evolução, é correto afirmar que

- (a) o surgimento de novas espécies, denominado especiação, ocorreu em um período e a partir de espécies ancestrais.
- (b) para explicar a evolução, Charles Darwin utilizou fenômenos e processos subjetivos: por isso a evolução é considerada uma teoria.
- (c) os conhecimentos sobre mutações e recombinação gênica, sem influência da seleção natural, podem explicar a evolução.
- (d) características hereditárias que influenciam a capacidade de sobrevivência e reprodução promovem variação na espécie.

**E4. (Unifeso-RJ) ☆**

De acordo com a teoria da evolução, o meio ambiente desempenha a importante função de

- (a) favorecer a sobrevivência das variedades melhor adaptadas.
- (b) induzir a formação de novas variedades vantajosas.
- (c) inserir novos genes vantajosos na população.
- (d) promover a adequação dos indivíduos ao ambiente.
- (e) modificar para melhor os indivíduos de cada espécie.

**E5. (Unigranrio-RJ)**

**SBPC critica projeto de lei sobre ensino do criacionismo**

A SBPC (Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência) solicitou em ofício a todos os deputados federais que seja arquivado o projeto de lei proposto em 13 de novembro pelo deputado Marco Feliciano (PSC-SP) para tornar obrigatório na educação básica pública e privada do país o ensino do criacionismo, ou seja, do surgimento do mundo e dos seres vivos com base na interpretação literal da Bíblia. A proposta do parlamentar não visa proibir o ensino da evolução dos seres vivos segundo a teoria da seleção natural de Charles Darwin (1809-1882), mas de oferecer também aos alunos “analogamente ao evolucionismo, alternância de conhecimento de fonte

diversa a fim de que o estudante avalie cognitivamente ambas as disciplinas”.

“[...] Helena Nader, presidente da SBPC, afirma que o evolucionismo não é crença, como o criacionismo, que “não é ciência, não pode ser testado, refutado ou comprovado”. Segundo a pesquisadora, crenças não devem ser ministradas em aulas de ciências, mas em disciplinas de religião a critério dos sistemas de ensino, conforme a lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional.”

Disponível em: Carderno de Ciências. Folha de S. Paulo - Maurício Tuffani, 03/12/2014. <<http://www1.folha.uol.com.br/ciencia/2014/12/1556757-sbpc-critica-projeto-de-lei-sobre-ensino-do-criacionismo.shtml>>.

A despeito da polêmica e das posições contrárias, assinale a alternativa que se excetua às teorias evolucionistas:

- (a) Lei do uso e desuso
- (b) Seleção natural
- (c) Vida surgindo da matéria bruta
- (d) Teoria sintética
- (e) Isolamento reprodutivo

**E6. (UFPR-PR) ☆**

A Seleção Natural é um dos principais fatores responsáveis pela evolução, juntamente com a mutação, a deriva genética e a migração genética. Para que a Seleção Natural ocorra em uma população, é imprescindível que haja:

- (a) diversidade da composição genética dos indivíduos da população.
- (b) alteração do meio ambiente, propiciando o favorecimento de alguns indivíduos da população.
- (c) informações genéticas anômalas que produzam doenças quando em homozigose.
- (d) disputa entre os indivíduos, com a morte dos menos aptos.
- (e) mutação em taxa compatível com as exigências ambientais.

**E7. (Unigranrio-RJ-Adaptado)**

**LAMARQUISMO**

(julho 21, 2013, por Gerardo Furtado)

Infelizmente, a definição de lamarquismo de praticamente todos os livros didáticos e, por essa razão, em quase todos os cursos de biologia evolutiva, está equivocada. Estritamente falando, devemos entender por lamarquismo os mecanismos evolutivos propostos por Lamarck, e esses mecanismos evolutivos são bem mais complexos do que dizem os livros didáticos, que, ao baterem repetidamente

na tecla do uso e desuso e da transmissão dos caracteres adquiridos, ignoram a maior parte das ideias de Lamarck sobre a evolução orgânica. Acontece que nenhuma dessas duas ideias foi criada por Lamarck! É fundamental que deixemos claro, para tentar diminuir uma crença tão comumente aceita, que a “lei do uso e do desuso” e, principalmente, a “transmissão de caracteres adquiridos” não são criações de Lamarck, sendo conceitos plenamente admitidos pela maioria dos cientistas dos séculos XVIII e XIX. Na verdade, remontam não apenas a séculos, mas a milênios antes de Lamarck. E o fato de que eram conceitos plenamente aceitos no século XIX é claramente comprovado quando se verifica que Darwin fala da transmissão de caracteres adquiridos não menos que uma dezena de vezes em seu *On the origin of species*. Logo, se nós definirmos “lamarquismo” como a doutrina que defende a transmissão de caracteres adquiridos, poderemos perfeitamente trocar “lamarquismo” por “darwinismo” e tratar os termos lamarquismo e darwinismo como sinônimos, pois Darwin também defendia essa doutrina.

Logo, pautado no texto anterior, **e na ideia que melhor traduz** as teorias de Lamarck no processo evolutivo, escolha uma opção que retrate tal situação:

- (a) “Lamarquismo é a ideia de que características adquiridas podem ser hereditárias”
- (b) “Lamarquismo é a ideia de que características transmitidas não podem alterar o material genético
- (c) “Lamarquismo e Darwinismo não diferem”
- (d) “Lamarquismo é a ideia de que características adquiridas podem alterar o material genético e serem, portanto, geneticamente herdadas”
- (e) “Lamarquismo é a ideia de que características herdadas não são hereditárias”

**E8. (FTESM-RJ) ☆**

“A observação do comportamento alimentar de beija-flores me leva a crer que seu longo bico e língua muito comprida e fina são muito eficientes para a coleta do néctar no fundo das flores. Posso imaginar que, no esforço de atingir o alimento, o desenvolvimento desses órgãos deu-se gradativamente nos ancestrais dessas curiosas aves.”

O texto expressa um dos princípios centrais de uma proposta de explicação evolucionária e corresponde à ideia:

- (a) darwinista.                      (d) neomutacionista.
- (b) lamarquista.                  (e) neodarwinista.
- (c) mutacionista.

**E9. (PUC-RJ)**

Duas espécies vegetais são encontradas no mesmo bioma, mas em diferentes continentes. Embora as duas espécies não sejam taxonomicamente relacionadas, são morfologicamente semelhantes como resultado de:

- (a) evolução paralela.
- (b) especiação alopatrica.
- (c) evolução convergente.
- (d) coevolução.
- (e) fluxo gênico.

**E10. (FTESM-RJ)**

“Sucessivos sorteios ao longo de muitas gerações alteram a composição genética das populações, gerando diferenças. Por exemplo, os índios da América do Sul só têm grupo sanguíneo O, mas nada indica que haja vantagem em ter esse tipo de sangue”.

O caso reportado é melhor explicado como sendo uma consequência

- (a) de mutação adaptativa.
- (b) da seleção ao longo do tempo.
- (c) da deriva genética.
- (d) da necessidade imposta pelo meio.
- (e) de cruzamentos consanguíneos.

**E11. (PUC-MG) ☆**

A evolução biológica poderia ser definida simplesmente como “descendência com modificação”. A hipótese básica da teoria evolucionista é que os organismos vivos de hoje são formas modificadas dos seus ancestrais, tendo sido selecionados por acaso ou por valor adaptativo. Assim a anatomia e a fisiologia comparadas podem fornecer evidências da evolução da vida na Terra. Sobre esse assunto, é incorreto afirmar:

- (a) Estruturas homólogas são aquelas que, apesar de desempenharem funções diferentes, apresentam estrutura semelhante e a mesma posição relativa no organismo, indicando mesma origem embriológica e ancestralidade comum.
- (b) Estruturas que desempenham função similar, mas têm origem embrionária e estrutura anatômica diferentes são produzidas por um processo de divergência adaptativa.
- (c) A deriva genética produz oscilação das frequências gênicas, principalmente em populações pequenas e isoladas, e independe da seleção natural.

- (d) Os ossos da asa dos pássaros, da pata dianteira do cavalo e da nadadeira da baleia são semelhantes e com mesma origem embrionária, tendo sido selecionados por divergência adaptativa.

**E12. (FMP-RJ)**

Recentes investigações genéticas têm demonstrado que gêmeos idênticos (possuidores do mesmo genoma) apresentam diferenças em seu comportamento e fisiologia. Por exemplo, eles podem diferir na susceptibilidade a doenças degenerativas e infecciosas. O genótipo ou o genoma de gêmeos idênticos não é o mesmo? Os genes não são responsáveis por tudo. Uma nova área, a epigenética, está sendo desenvolvida para explicar estas diferenças, já que o genoma não possui somente a informação das sequências das quatro bases A, C, G e T na cadeia do DNA. Os mecanismos epigenéticos envolvem modificações químicas do próprio DNA, ou modificações das proteínas que estão associadas a ele, como, por exemplo, a ligação de um grupo metil (-CH<sub>3</sub>) à base citosina do DNA. Cada uma dessas modificações age como sinal de regulação e modificação na expressão gênica. O estilo de vida e exposição ambiental geralmente são diferentes entre as pessoas por mais próximas que sejam. Isso causa modificações, não na sequência de DNA necessariamente, mas nesses “apêndices” ao DNA. E, mais importante ainda, essas modificações epigenéticas podem ser transmitidas aos descendentes. É possível que uma pessoa que tenha levado uma vida sedentária e seja obesa desenvolva modificações em seu DNA que serão herdadas por seus filhos, que, por sua vez, podem ter maior susceptibilidade a certas doenças por causa disso.

GARCIA, Eloi S. Epigenética: Além da sequência do DNA. *Jornal da Ciência*, e-mail 2832, 12 ago. 2005. Disponível em: Acesso em: 08 ago. 2014. Adaptado.

A teoria da epigenética tem sido relacionada às ideias de Lamarck sobre a evolução. Isso se deve ao fato de que, em ambas as teorias os(as)

- (a) organismos expostos a pressões ambientais são selecionados até que os mais aptos sobrevivam.
- (b) alelos têm sua frequência alterada na população mediante modificações no ambiente em que vivem.
- (c) genes sofrem modificações ao acaso e algumas dessas modificações são eliminadas ao longo de gerações.
- (d) características adquiridas durante a vida podem ser transmitidas aos descendentes.
- (e) mutações ocorrem no genoma e essas alterações são selecionadas ou não no ambiente.

**E13. (PUC-RJ)**

As forças evolutivas são processos que levam à alteração das frequências gênicas nas populações. Qual das opções não constitui uma força evolutiva?

- (a) mutação
- (b) deriva genética
- (c) migração
- (d) recombinação
- (e) seleção natural

**E14. (PUC-RJ)**

O movimento de pessoas na Terra tem aumentado constantemente. Isto tem alterado o curso da evolução humana, pois possibilita o aumento de:

- (a) acasalamento não-aleatório.
- (b) isolamento geográfico.
- (c) deriva genética.
- (d) mutações.
- (e) fluxo de genes.

**E15. (Cesva-RJ)**

Suponha que, numa determinada região do oeste da África, um grupo bastante expressivo de pássaros apresenta a característica bico longo, para poder quebrar sementes duras, em detrimento de outros, da mesma espécie, com bicos de tamanho médio e pequeno. Todos convivem num mesmo habitat. Esses indivíduos que se encontram em um dos extremos de distribuição de um caractere contribuem relativamente com mais prole para a próxima geração do que os demais indivíduos. Nesse caso, a seleção é do tipo

- (a) aleatória, porque promove a adaptação de alguns indivíduos, independente do tamanho de seus bicos, contribuindo com uma prole mais numerosa para a próxima geração.
- (b) sexual, porque atua em um fenótipo que determina o sucesso reprodutivo para aqueles que possuem tal caractere chamativo e promove a lenta extinção dos outros.
- (c) disruptiva, porque muda as características da população de pássaros, favorecendo aqueles indivíduos que se desviam da média em direção a ambas as extremidades da distribuição de tal fenótipo.
- (d) direcional, porque muda as características de uma população, favorecendo indivíduos que se desviam da média em direção a uma das extremidades da distribuição.
- (e) estabilizadora, porque preserva as características médias da população, favorecendo os indivíduos de fenótipo intermediário e reduz o número de indivíduos que apresentam características extremas.

**E16. (Uece-CE) ☆**

Atente às seguintes afirmações sobre a teoria moderna da evolução, também conhecida como teoria sintética:

- I. A evolução pode ser melhor explicada a partir do surgimento da Genética, no início do século XX, com base nos conhecimentos sobre hereditariedade.
- II. A teoria moderna da evolução não considera a seleção natural e utiliza os conhecimentos genéticos para explicar a diversidade dos organismos.
- III. A evolução pode ser explicada pela variabilidade genética, originada de mutações e da recombinação gênica, orientada pela seleção natural.

É correto o que se afirma somente em

- |             |              |
|-------------|--------------|
| (a) I e II. | (c) I e III. |
| (b) II.     | (d) III.     |

**E17. (PUC-SP)**

Considere as seguintes sentenças:

- I. O apêndice vermiforme não tem serventia, logo, deixará de existir nas futuras gerações.
- II. Mastigar alimentos amolecidos pelo cozimento enfraquece certos dentes, os quais desaparecerão com o passar do tempo.

Essas sentenças têm em comum o fato de que empregam a lógica evolutiva

- (a) da seleção natural darwinista.
- (b) da recombinação genética neodarwinista.
- (c) da aleatoriedade mutacional neodarwinista.
- (d) do uso e desuso lamarckista.

**E18. (UFPR-PR)**

Um grupo de roedores é separado pelo surgimento de um rio. Ao longo do tempo, os roedores ao norte do rio tornam-se brancos, enquanto os roedores ao sul do rio tornam-se castanhos. Nesse caso, é correto afirmar que a seleção natural:

- (a) gera mutações específicas para os ambientes ao norte e ao sul do rio.
- (b) promove a competição entre roedores brancos e castanhos.
- (c) aumenta a probabilidade de sobrevivência apenas dos roedores brancos.
- (d) promove a cooperação entre roedores brancos e castanhos.
- (e) favorece diferentes fenótipos ao norte e ao sul do rio.

**E19. (UEPG-PR-Adaptado)**

O pensamento evolutivo predominante, até meados do século XVIII, preconizava que cada espécie teria surgido de maneira independente e permaneceria sempre com as mesmas características. No início do século XIX, a hipótese de uma transformação de espécies passou a ser defendida por alguns cientistas para explicar a diversidade das espécies. Indique a soma da(s) proposição(ões) correta(s) sobre as teorias evolutivas.

- (01) Segundo o lamarckismo, a evolução das espécies era guiada pelas mudanças ambientais. Ou seja, os seres vivos reagem às mudanças utilizando alguns órgãos mais do que outros e transmitem as mudanças em seu corpo às gerações seguintes.
- (02) O neodarwinismo ou teoria sintética da evolução considera que um órgão se desenvolvia com o seu uso e atrofiava-se com o seu desuso. Por exemplo, a girafa atual poderia ter adquirido um pescoço comprido como resultado do uso constante e do esforço de um ancestral, de pescoço menor, para alcançar as folhas do alto das árvores.
- (04) Segundo o mecanismo de evolução proposto por Darwin, os indivíduos com mais oportunidades de sobrevivência seriam aqueles com características apropriadas para enfrentar as condições ambientais, os quais teriam maior probabilidade de se reproduzir e deixar descendentes férteis – Seleção Natural.
- (08) De acordo com o darwinismo, o próprio ambiente selecionava as espécies mais bem adaptadas. Como exemplo atual, podemos citar a ação de certos antibióticos que induzem mutações em cepas de bactérias ultra resistentes.

**E20. (PUCC-SP)**

A seleção natural é um conceito central para a Teoria da Evolução das espécies, proposta por Charles Darwin.

Considere os seguintes exemplos:

- I. Na prole de uma linhagem pura de moscas de olhos vermelhos encontra-se um indivíduo com olhos brancos.
- II. Pássaros com bicos diferentes que consomem diferentes estruturas das plantas.
- III. Insetos camuflados no ambiente.

A seleção natural explica o que está exemplificado em

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

E21. (Udesc-SC) ☆

Ao publicar *A Origem das Espécies por Meio da Seleção Natural* (1859), Charles Darwin lançou as bases da Teoria da Evolução. Em 1883 August Weismann refutou a herança das características adquiridas, contidas na obra de Darwin. Em 1894, o naturalista inglês, George J. Romanes cunhou o termo Neodarwinismo para este novo tipo de darwinismo, sem a herança das características hereditárias. Atualmente, de maneira errônea, usa-se o termo Neodarwinismo como sinônimo de Teoria Sintética da Evolução, síntese do pensamento evolucionista.

Analise as proposições em relação à Teoria Sintética da Evolução e a seus pressupostos.

- I. A evolução pode ser explicada por mutações e pela recombinação genética orientadas pela seleção natural.
  - II. As mudanças impostas pelo ambiente no indivíduo são agregadas ao seu genótipo e transmitidas aos seus descendentes.
  - III. O fenômeno evolutivo pode ser explicado de modo consistente por mecanismos genéticos conhecidos.
  - IV. O uso de determinadas partes do organismo faz com que estas tenham um desenvolvimento maior.
  - V. A recombinação gênica não aumenta a variabilidade dos genótipos, pois atua em nível de fenótipos.
- (a) Somente as afirmativas II, III e IV são verdadeiras.
  - (b) Somente as afirmativas I e III são verdadeiras.
  - (c) Somente as afirmativas III e V são verdadeiras.
  - (d) Somente as afirmativas I, IV e V são verdadeiras.
  - (e) Somente as afirmativas II, III e V são verdadeiras.

E22. (Acafe-SC)

Estudo liga dores crônicas na coluna a “defeito” na evolução

Um novo estudo afirma que pessoas com problemas na coluna lombar podem tê-los “herdados” de um defeito ocorrido ao longo do processo de evolução. Segundo cientistas, essas pessoas teriam uma coluna em formato mais parecido com a de chimpanzés, o mais próximo ancestral humano. Um “nó” nos discos da coluna deixa o alinhamento das vértebras mais parecido com o dos animais do que com as vértebras normais de humanos. Os cientistas acreditam que uma lesão tivesse feito com que a coluna evoluísse de forma diferente em pessoas, conforme o ser humano evoluía para caminhar sobre duas pernas.

Fonte: BBC, 27/04/2015 Disponível em: <http://www.bbc.co.uk/portuguese/noticias/2015>

Acerca do tema é correto afirmar, exceto:

- (a) De acordo com a Teoria Sintética da Evolução, a seleção natural é apenas um dos mecanismos evolutivos conhecidos. Seleção sexual, derivação genética, mutação, recombinação e fluxo genético são os outros, podendo agir de forma a reduzir ou aumentar a variação genética.
- (b) A evolução por meio da seleção natural, proposta por Charles Darwin, enuncia que indivíduos que possuem características específicas, obtidas através de mutações e recombinações, e que os tornam mais aptos a viver em determinado ambiente, têm mais probabilidade de se reproduzir e gerar descendentes.
- (c) A evolução pode ser definida como o processo de variação e adaptação de populações ao longo do tempo, podendo inclusive provocar o surgimento de novas espécies, fenômeno denominado de especiação.
- (d) A Teoria da Evolução reúne uma série de evidências e provas que comprovam o mecanismo evolucionista, podendo-se citar: fósseis, analogia, homologia, provas bioquímicas e embriológicas.

E23. (UEL-PR) ☆

Leia a tirinha e o texto a seguir.



(Disponível em: [www.umsabadoqualquer.com/category/darwin/](http://www.umsabadoqualquer.com/category/darwin/). Acesso em: 27 jun. 2014.)

Antes do século XVIII, as especulações sobre a origem das espécies baseavam-se em mitologia e superstições e não em algo semelhante a uma teoria científica testável. Os mitos de criação postulavam que o mundo permanecera constante após sua criação. No entanto, algumas pessoas propuseram a ideia de que a natureza tinha uma longa história de mudanças constantes e irreversíveis.

HICKMAN, C. P.; ROBERTS, L.; LARSON, A. *Princípios Integrados de Zoologia*. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2001. p.99. (Adaptado.)

De acordo com a ilustração, o texto e os conhecimentos sobre as teorias de fatores evolutivos, assinale a alternativa correta.

- (a) A variabilidade genética que surge em cada geração sofre a seleção natural, conferindo maior adaptação à espécie.
- (b) A variabilidade genética é decorrente das mutações cromossômicas e independe das recombinações cromossômicas.
- (c) A adaptação altera a frequência alélica da mutação, resultando na seleção natural em uma população.
- (d) A adaptação é decorrente de um processo de flutuação na frequência alélica ao acaso de uma geração para as seguintes.
- (e) A adaptação é o resultado da capacidade de os indivíduos de uma mesma população possuírem as mesmas características para deixar descendentes.

**E24. (UEPG-PR-Adaptado)**

Indique a soma da(s) proposição(ões) correta(s) sobre as evidências da evolução biológica.

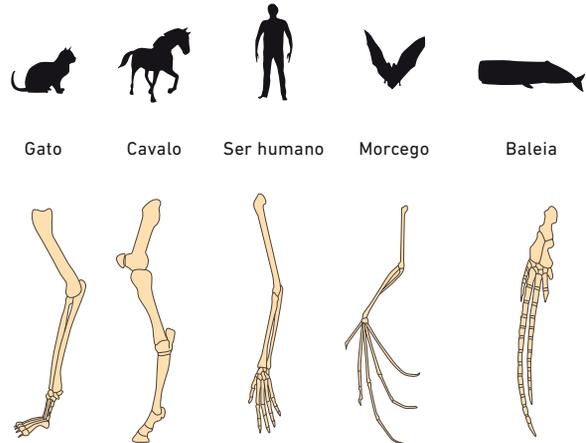
- (01) Os fósseis são considerados evidências importantes da evolução biológica. Podem ser vestígios deixados por seres que viveram no passado, como ossos, dentes, organismos ou partes deles petrificados, e pegadas impressas em rochas, entre outros, permitindo deduzir o tamanho e a forma dos organismos.
- (02) Podemos citar como exemplos de evidência da evolução biológica os órgãos análogos. Trata-se de estruturas ou órgãos que compartilham de estrutura embrionária em comum, mas desempenham funções diferentes na idade adulta.
- (04) O mimetismo é uma adaptação onde duas espécies diferentes não compartilham semelhança alguma. Por serem muito diferentes, confundem os predadores, polinizadores, entre outros. É uma adaptação sempre desvantajosa para uma das espécies.

(08) Os órgãos homólogos, ou seja, aquelas estruturas corporais com origens embrionárias diferentes e que desempenham funções semelhantes, são evidências da evolução biológica. Exemplo: asas de aves e asas de insetos utilizadas para o voo.

(16) Uma evidência biológica importante é a adaptação dos seres vivos ao seu ambiente. A camuflagem é um exemplo de adaptação, visto que uma ou mais características corporais se assemelham ao ambiente, dificultando assim a sua localização por outros seres. Exemplo: a pelagem branca de alguns animais que vivem na neve.

**E25. (UEPG-PR-Adaptado)**

A figura a seguir mostra o membro anterior de diferentes mamíferos. Com base em seus conhecimentos sobre evidências da evolução, indique a soma da(s) proposição(ões) correta(s).



- (01) A figura mostra casos de convergência evolutiva (ou adaptativa) para as diferentes espécies de mamíferos.
- (02) As estruturas mostradas são consideradas homólogas, pois apresentam a mesma origem embrionária, semelhanças anatômicas e ancestralidade comum.
- (04) Ao comparar a asa do morcego mostrada na figura a uma asa de inseto, ambas adaptadas ao voo, verifica-se origem embrionária e estruturas anatômicas diferentes, portanto, são consideradas análogas.
- (08) As evidências evolutivas mostram que as asas dos morcegos e os membros dianteiros (nadadeiras) das baleias possuem origem embrionária e estrutura anatômica diferentes, sendo considerados órgãos análogos.
- (16) Entre as diferentes espécies, mudanças no número, no comprimento dos dedos ou em outras características funcionam como adaptações a diversas funções.

**E26. (UEM-PR-Adaptado)**

No início do século XIX, o criacionismo foi severamente confrontado com o evolucionismo, possibilitando estudos que fornecessem evidências sobre a evolução biológica. Sobre esse assunto, indique a soma da(s) proposição(ões) correta(s).

- (01) Lamarck foi um dos primeiros a divulgar as ideias evolucionistas, baseado na lei do uso ou do desuso, na lei da transmissão dos caracteres adquiridos e na seleção natural.
- (02) A ideia de que os seres vivos vão se modificando ao longo do tempo, com novas espécies surgindo a partir de espécies ancestrais, é a base do evolucionismo.
- (04) Os fósseis são formados em condições especiais, sendo suas substâncias orgânicas substituídas por minerais. Esse processo é chamado de contramolde.
- (08) Segundo Charles Darwin, um organismo mais adaptado é aquele com mais chances de se reproduzir, passando suas características vantajosas para um maior número de descendentes.
- (16) As evidências utilizadas nos estudos de evolução biológica são a presença de órgãos vestigiais e as mudanças ambientais.

**E27. (Unesp-SP)**

O tuco-tuco (*Ctenomys brasiliensis*) é um animal curioso, que se pode, em linhas gerais, descrever como roedor com hábitos de toupeira. [...] São animais noturnos, e alimentam-se especialmente de raízes de plantas, o que explica os túneis longos e superficiais que cavam. [...] O homem que nos trouxe afirmou que muito comumente os tuco-tucos são encontrados cegos. O exemplar que eu conservava no álcool achava-se nesse estado. [...] Lamarck rejubilar-se-ia com este fato, se acaso o tivesse conhecido.

(Charles Darwin. Diário das investigações sobre a História Natural e Geologia dos países visitados durante a viagem ao redor do mundo pelo navio de Sua Majestade "Beagle", sob o comando do Capt. Fitz Roy, R. A, 1871.)



Tuco-tuco brasileiro (*Ctenomys brasiliensis*),  
Blainville, 1826.

mamiferosdomundo.blogspot.com.br. Adaptado.

O texto foi escrito por Charles Darwin, em seu diário de bordo, em 26 de julho de 1832, à época com 23 anos de idade, quando de sua passagem pelo Brasil e Uruguai.

Escrito antes que construísse sua Teoria da Evolução, o texto revela que Darwin conhecia a obra de Lamarck.

Como Lamarck explicaria as observações de Darwin sobre o tuco-tuco brasileiro, e qual é a explicação apresentada pela Teoria da Evolução na biologia moderna?

**E28. (Unesp-SP)**

Considere a afirmação feita por Charles Darwin em seu livro publicado em 1859, *A origem das espécies*, sobre a transmissão hereditária das características biológicas:

**Os fatos citados no primeiro capítulo não permitem, creio eu, dúvida alguma sobre este ponto: que o uso, nos animais domésticos, reforça e desenvolve certas partes, enquanto o não uso as diminui; e, além disso, que estas modificações são hereditárias.**

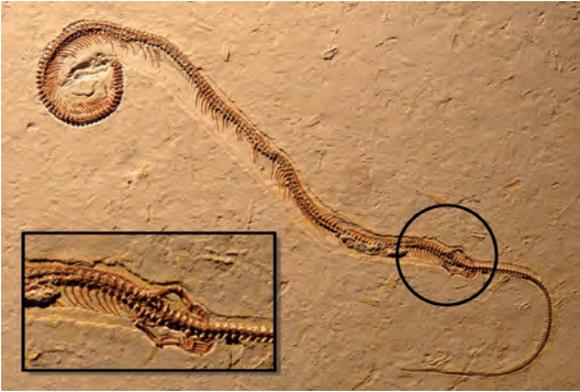
É correto afirmar que, à época da publicação do livro, Darwin

- (a) estava convencido de que as ideias de Lamarck sobre hereditariedade estavam erradas, e não aceitava a explicação deste sobre a transmissão hereditária das características adaptativas.
- (b) concordava com Lamarck sobre a explicação da transmissão hereditária das características biológicas, embora discordasse deste quanto ao mecanismo da evolução.
- (c) havia realizado experimentos que comprovavam a Lei do Uso e Desuso e a Lei da Transmissão Hereditária dos Caracteres Adquiridos, conhecimento esse posteriormente incorporado por Lamarck à sua teoria sobre a evolução das espécies.
- (d) já propunha as bases da explicação moderna sobre a hereditariedade, explicação essa posteriormente confirmada pelos experimentos de Mendel.
- (e) conhecia as explicações de Mendel sobre o mecanismo da hereditariedade, incorporando essas explicações à sua teoria sobre a evolução das espécies por meio da seleção natural.

**E29. (Unicamp-SP) ☆**

No ano de 2015, foi descrito o fóssil de um réptil que viveu há 150 milhões de anos onde hoje é a região Nordeste do Brasil. Conforme ilustra a figura a seguir, esse animal apresenta corpo alongado, com muitas vértebras e costelas, e membros anteriores e posteriores reduzidos (o círculo indica a região ampliada no canto inferior esquerdo). Por sua

anatomia peculiar, um grande debate teve início sobre a posição que esse animal deveria ocupar na árvore da vida.



David M. Martili e outros, A four-legged snake from the Early Cretaceous of Gondwana. *Science*, Nova Iorque, v. 349, fasc. 6246, p. 416-419, jul. 2015.

Sabe-se que os lagartos (que geralmente têm membros) e as serpentes (seres ápodos) que vivem atualmente têm um ancestral comum. Sendo assim, o organismo ilustrado na figura

- (a) não pode pertencer à linhagem evolutiva das serpentes, pois a perda dos membros anteriores e posteriores levaria a um prejuízo à vida do animal, e a evolução resulta apenas em melhoria dos organismos.
- (b) não pode pertencer à linhagem evolutiva das serpentes, pois a evolução é gradual e incapaz de gerar mudanças drásticas na morfologia de um ser vivo, como a perda de membros anteriores e posteriores.
- (c) pode pertencer à linhagem evolutiva das serpentes, sendo que seu ancestral comum com os lagartos possuía membros, depois perdidos por processos evolutivos, originando as serpentes ápodas atuais.
- (d) pode ser um fóssil de transição, pois os ancestrais das serpentes que não utilizavam seus membros com tanta frequência sofreram atrofia desses membros, deixando de transferir tal característica para seus descendentes.

**E30. (Uece-CE)**

Os conhecimentos genéticos foram associados aos pensamentos darwinianos na teoria moderna da evolução. Escreva V ou F conforme seja verdadeiro ou falso o que se afirma a seguir sobre essa teoria.

- ( ) A mutação e a recombinação gênica, orientadas pela seleção natural, podem ser utilizadas para compreender o processo evolutivo.

- ( ) Os conhecimentos genéticos são elucidativos quanto à diversidade biológica encontrada no planeta Terra.
- ( ) A teoria moderna incorpora à seleção natural as explicações genéticas para explicar a origem da diversidade encontrada nas populações.
- ( ) A seleção natural explica a origem das variações hereditárias enquanto a mutação e a recombinação gênica esclarecem sobre a permanência dessas variações na comunidade.

Está correta, de cima para baixo, a seguinte sequência:

- (a) V – F – V – F
- (b) V – V – V – F
- (c) F – V – F – V
- (d) F – F – F – V

**E31. (Unesp-SP) ☆**

Aristóteles procurou explicar os fenômenos naturais a partir de argumentos teleológicos. A palavra teleologia provém de dois termos gregos, telos (fim, meta, propósito) e logos (razão, explicação), ou seja, uma “razão de algo em função de seus fins” ou uma “explicação que se serve de propósitos ou de fins”. Na explicação teleológica, se algo existe e tem uma finalidade, é porque existe uma razão para essa finalidade. Neste sentido, uma explicação teleológica estará centralizada na finalidade de alguma coisa. Por exemplo, na explicação teleológica, nossos dedos são articulados para que possamos manipular objetos, ao contrário da explicação não teleológica, que afirma que manipulamos objetos porque nossos dedos são articulados.

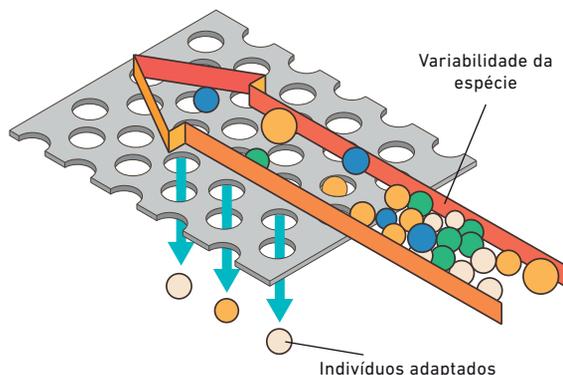
(Matheus de M. Silveira et al. Argumentos – Revista de Filosofia, julho/dezembro de 2016. Adaptado.)

Considerando as características adaptativas dos organismos, a teleologia

- (a) refuta a proposta de Lamarck, no que concerne à transmissão dos caracteres adquiridos.
- (b) contribui para a explicação da origem da variabilidade a partir da ocorrência de mutações.
- (c) contraria as fundamentações teóricas propostas pela Teoria Sintética da Evolução.
- (d) fortalece as explicações da Teoria Sintética da Evolução, quanto ao resultado da ação da Seleção Natural.
- (e) sustenta tanto as ideias evolucionistas de Lamarck como as de Charles Darwin e da Teoria Sintética da Evolução.

**E32. (UFSC-SC-Adaptado) ☆**

Em uma aula sobre evolução, o professor apresentou o seguinte modelo didático: uma tela que possibilita apenas a passagem das bolinhas pequenas.



FAVARETTO, J. A. *Biologia: unidade e diversidade*, 3º ano. 1. ed. São Paulo: FTD, 2016, p. 267. (Adaptado).

Com base no modelo didático e sobre o assunto evolução, indique a soma da(s) proposição(ões) correta(s):

**(01)** O modelo didático pode representar esquematicamente a ação da seleção natural.

**(02)** A mutação é um mecanismo que promove a variabilidade da espécie.

**(04)** Os fenótipos necessários para a sobrevivência e a reprodução dos indivíduos se modificam por causa da transmissão aos descendentes de novas características adquiridas, conforme proposto por Lamarck.

**(08)** A Teoria da Evolução proposta por Darwin e Wallace foi elaborada após a descrição dos mecanismos genéticos que promovem a variabilidade da espécie.

**(16)** Os indivíduos adaptados não apresentarão variabilidade nas suas futuras gerações.

**(32)** O *Aedes aegypti*, ao longo do seu processo evolutivo, apresentou um nicho ecológico em expansão, com novos comportamentos que favoreceram a propagação dos vírus da dengue, chikungunha e zika.

**(64)** A seleção artificial pode ser explicada através do modelo didático, no qual a tela representa os critérios estabelecidos pelo homem com o objetivo de selecionar indivíduos com características de interesse.

## FOLHA AZ



**1. (Enem)**

Hospitais de diferentes regiões do país registram casos de contaminação pela superbactéria *Klebsiella pneumoniae carbapenamase* (KPC), que apresenta resistência à maioria dos medicamentos. Acredita-se que o uso inadequado de antibióticos tenha levado à seleção dessas formas mais resistentes. De acordo com as teorias darwinistas e neodarwinistas, o surgimento dessa superbactéria ocorreu por

- (a) aumento da especiação.
- (b) crescimento populacional.
- (c) variações no material gênico.
- (d) ampliação da irradiação adaptativa.
- (e) potencialização da convergência evolutiva.

**2. (Enem)**

Atualmente, o medicamento de escolha para o tratamento da esquistossomose causada por todas as espécies do verme *Schistosoma* é o praziquantel (PQZ). Apesar de ser eficaz e seguro, seu uso em larga escala

e tratamentos repetitivos em áreas endêmicas têm provocado a seleção de linhagens resistentes.

LAGE, R. C. G. Disponível em: [www.repositorio.ufop.br](http://www.repositorio.ufop.br). Acesso em: 17 dez. 2012 (adaptado.)

Qual é o mecanismo de seleção dos vermes resistentes citados?

- (a) Os vermes tornam-se resistentes ao entrarem em contato com o medicamento quando invadem muitos hospedeiros.
- (b) Os vermes resistentes absorvem o medicamento, passando-o para seus descendentes, que também se tornam resistentes.
- (c) Os vermes resistentes transmitem resistência ao medicamento quando entram em contato com outros vermes dentro do hospedeiro.
- (d) Os vermes resistentes tendem a sobreviver e produzir mais descendentes do que os vermes sobre os quais o medicamento faz efeito.
- (e) Os vermes resistentes ao medicamento tendem a eliminar os vermes que não são resistentes, fazendo com que apenas os mais fortes sobrevivam.

---

**3. (Enem)**

Charles R. Darwin (1809-1882) apresentou em 1859, no livro *A origem das espécies*, suas ideias a respeito dos mecanismos de evolução pelo processo da seleção natural. Ao elaborar a Teoria da Evolução, Darwin não conseguiu obter algumas respostas aos seus questionamentos.

O que esse autor não conseguiu demonstrar em sua teoria?

- (a) A sobrevivência dos mais aptos.
- (b) A origem das variações entre os indivíduos.
- (c) O crescimento exponencial das populações.
- (d) A herança das características dos pais pelos filhos.
- (e) A existência de características diversas nos seres da mesma espécie.

---

**4. (Enem)**

Algumas raças de cães domésticos não conseguem copular entre si devido à grande diferença em seus tamanhos corporais. Ainda assim, tal dificuldade reprodutiva não ocasiona a formação de novas espécies (especiação).

Essa especiação não ocorre devido ao(a)

- (a) oscilação genética das raças.
- (b) convergência adaptativa entre raças.
- (c) isolamento geográfico entre as raças.
- (d) seleção natural que ocorre entre as raças.
- (e) manutenção do fluxo gênico entre as raças.

---

**5. (Enem)**

Alguns anfíbios e répteis são adaptados à vida subterrânea. Nessa situação, apresentam algumas características corporais como, por exemplo, ausência de patas, corpo anelado que facilita o deslocamento no subsolo e, em alguns casos, ausência de olhos.

Suponha que um biólogo tentasse explicar a origem das adaptações mencionadas no texto utilizando conceitos da teoria evolutiva de Lamarck. Ao adotar esse ponto de vista, ele diria que

- (a) as características citadas no texto foram originadas pela seleção natural.
- (b) a ausência de olhos teria sido causada pela falta de uso dos mesmos, segundo a lei do uso e desuso.
- (c) o corpo anelado é uma característica fortemente adaptativa, mas seria transmitida apenas à primeira geração de descendentes.
- (d) as patas teriam sido perdidas pela falta de uso e, em seguida, essa característica foi incorporada ao patrimônio genético e então transmitida aos descendentes.
- (e) as características citadas no texto foram adquiridas por meio de mutações e depois, ao longo do tempo, foram selecionadas por serem mais adaptadas ao ambiente em que os organismos se encontram.

---

**6. (Enem)**

As mudanças evolutivas dos organismos resultam de alguns processos comuns à maioria dos seres vivos. É um processo evolutivo comum a plantas e animais vertebrados:

- (a) movimento de indivíduos ou de material genético entre populações, o que reduz a diversidade de genes e cromossomos.
- (b) sobrevivência de indivíduos portadores de determinadas características genéticas em ambientes específicos.
- (c) aparecimento, por geração espontânea, de novos indivíduos adaptados ao ambiente.
- (d) aquisição de características genéticas transmitidas aos descendentes em resposta a mudanças ambientais.
- (e) recombinação de genes presentes em cromossomos do mesmo tipo durante a fase da esporulação.

---

### 7. (Enem)

As cobras estão entre os animais peçonhentos que mais causam acidentes no Brasil, principalmente na área rural. As cascavéis (*Crotalus*), apesar de extremamente venenosas, são cobras que, em relação a outras espécies, causam poucos acidentes a humanos. Isso se deve ao ruído de seu “chocalho”, que faz com que suas vítimas percebam sua presença e as evitem. Esses animais só atacam os seres humanos para sua defesa e se alimentam de pequenos roedores e aves. Apesar disso, elas têm sido caçadas continuamente, por serem facilmente detectadas.

Ultimamente os cientistas observaram que essas cobras têm ficado mais silenciosas, o que passa a ser um problema, pois, se as pessoas não as percebem, aumentam os riscos de acidentes.

A explicação darwinista para o fato de a cascavel estar ficando mais silenciosa é que

- (a) a necessidade de não ser descoberta e morta mudou seu comportamento.
- (b) as alterações no seu código genético surgiram para aperfeiçoá-la.
- (c) as mutações sucessivas foram acontecendo para que ela pudesse adaptar-se.
- (d) as variedades mais silenciosas foram selecionadas positivamente.
- (e) as variedades sofreram mutações para se adaptarem à presença de seres humanos.

---

### 8. (Enem)

O que têm em comum Noel Rosa, Castro Alves, Franz Kafka, Álvares de Azevedo, José de Alencar e Frédéric Chopin?

Todos eles morreram de tuberculose, doença que ao longo dos séculos fez mais de 100 milhões de vítimas. Aparentemente controlada durante algumas décadas, a tuberculose voltou a matar. O principal obstáculo para seu controle é o aumento do número de linhagens de bactérias resistentes aos antibióticos usados para combatê-la. Esse aumento do número de linhagens resistentes se deve a

- (a) modificações no metabolismo das bactérias, para neutralizar o efeito dos antibióticos e incorporá-los à sua nutrição.
- (b) mutações selecionadas pelos antibióticos, que eliminam as bactérias sensíveis a eles, mas permitem que as resistentes se multipliquem.
- (c) mutações causadas pelos antibióticos, para que as bactérias se adaptem e transmitam essa adaptação a seus descendentes.
- (d) modificações fisiológicas nas bactérias, para torná-las cada vez mais fortes e mais agressivas no desenvolvimento da doença.
- (e) modificações na sensibilidade das bactérias, ocorridas depois de passarem um longo tempo sem contato com antibióticos.

### 9. (Enem)

“Os progressos da medicina condicionaram a sobrevivência de número cada vez maior de indivíduos com constituições genéticas que só permitem o bem-estar quando seus efeitos são devidamente controlados através de drogas ou procedimentos terapêuticos. São exemplos os diabéticos e os hemofílicos, que só sobrevivem e levam vida relativamente normal ao receberem suplementação de insulina ou do fator VIII da coagulação sanguínea”.

SALZANO, M. Francisco. Ciência Hoje: SBPC: 21(125),1996.

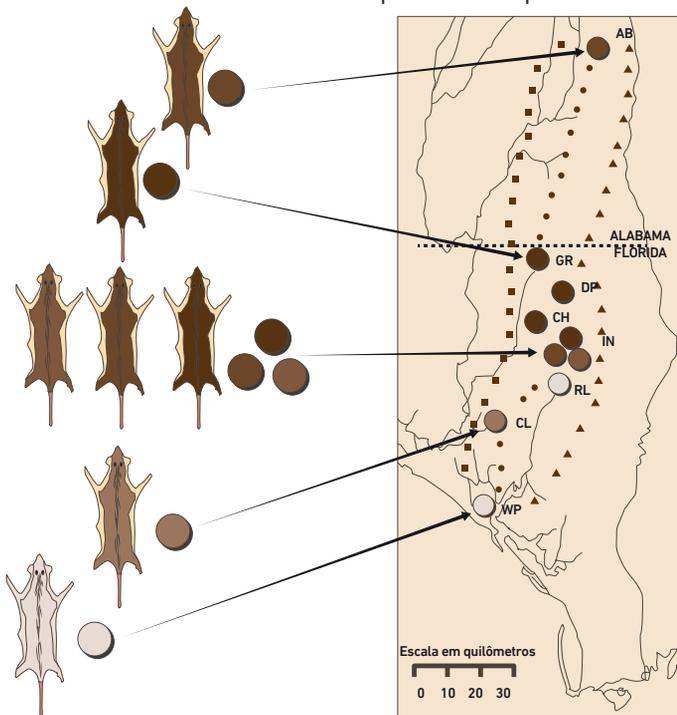
Essas afirmações apontam para aspectos importantes que podem ser relacionados à evolução humana.

Pode-se afirmar que, nos termos do texto,

- (a) os avanços da medicina minimizam os efeitos da seleção natural sobre as populações.
- (b) os usos da insulina e do fator VIII da coagulação sanguínea funcionam como agentes modificadores do genoma humano.
- (c) as drogas medicamentosas impedem a transferência do material genético defeituoso ao longo das gerações.
- (d) os procedimentos terapêuticos normalizam o genótipo dos hemofílicos e diabéticos.
- (e) as intervenções realizadas pela medicina interrompem a evolução biológica do ser humano.

### 10. (Enem)

Os ratos *Peromyscus polionotus* encontram-se distribuídos em ampla região na América do Norte. A pelagem de ratos dessa espécie varia do marrom claro até o escuro, sendo que os ratos de uma mesma população têm coloração muito semelhante. Em geral, a coloração da pelagem também é muito parecida à cor do solo da região em que se encontram, que também apresenta a mesma variação de cor, distribuída ao longo de um gradiente sul norte.



MULLEN, L. M.; HOEKSTRA, H. E. Natural selection along an environmental gradient: a classic cline in mouse pigmentation. Evolution, 2008.

Na figura, encontram-se representadas sete diferentes populações de *P. polionotus*. Cada população é representada pela pelagem do rato, por uma amostra de solo e por sua posição geográfica no mapa.

O mecanismo evolutivo envolvido na associação entre cores de pelagem e de substrato é

- (a) a alimentação, pois pigmentos de terra são absorvidos e alteram a cor da pelagem dos roedores.
- (b) o fluxo gênico entre as diferentes populações, que mantém constante a grande diversidade interpoblacional.
- (c) a seleção natural, que, nesse caso, poderia ser entendida como a sobrevivência diferenciada de indivíduos com características distintas.
- (d) a mutação genética, que, em certos ambientes, como os de solo mais escuro, têm maior ocorrência e capacidade de alterar significativamente a cor da pelagem dos animais.
- (e) a herança de caracteres adquiridos, capacidade de organismos se adaptarem a diferentes ambientes e transmitirem suas características genéticas aos descendentes.



## CAPÍTULO 2

# NÍVEIS DE ORGANIZAÇÃO, FLUXO DE ENERGIA, CADEIAS, TEIAS E PIRÂMIDES ECOLÓGICAS



### Objetivos de aprendizagem

1. Demarcar as áreas de atuação da ecologia.
2. Conceituar nicho e hábitat, citando exemplos.
3. Diferenciar nicho potencial de nicho realizado.
4. Identificar e compreender cadeias e teias alimentares.
5. Identificar e compreender os três tipos de pirâmide ecológica.
6. Descrever a dinâmica de energia e a matéria dentro dos ecossistemas.



© JACQUES LAFITE/SHERIDAN



© FLUIPE FRAZAO/SHUTTERSTOCK

## 1. O campo de estudo da Ecologia



Temas relacionados à Ecologia são diariamente veiculados em inúmeros meios de comunicação, desde publicações especializadas até manchetes de jornal e programas de televisão. Existe uma associação direta entre a palavra ecologia e uma série de impactos ambientais, tais como poluição, modificações em ecossistemas e perda de biodiversidade. Mas qual seria o verdadeiro campo de estudo da Ecologia?

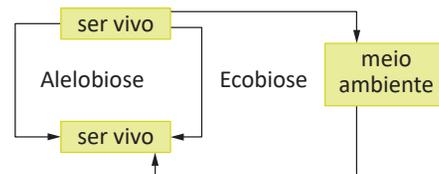
O termo ecologia é de origem grega, sendo *oikos*, casa, e *logos*, estudo, tratado. Portanto, significa o estudo de nossa casa ou ambiente em que vivemos. Entretanto, Ecologia não é somente o estudo do ambiente, mas também de um complexo relacionamento que existe reciprocamente entre os seres e destes com o ambiente. Essa ciência envolve vários ramos do conhecimento biológico, incluindo Fisiologia, Evolução e Genética.

Além disso, são necessários conhecimentos de clima e muitos conceitos de Física e Química aplicados à luz, à água, ao ar e ao solo, ou seja, aos fatores não vivos do meio.

Utilizamos o termo “ecobiose” para designar as relações entre os seres e o meio ambiente. Já o termo “alelobiose” é usado para definir as relações entre os seres. A alelobiose pode ainda ser subdividida em:

- **Cenobiose:** compreende a relação entre indivíduos da mesma espécie;

- **Aloibiose:** compreende as relações entre indivíduos de espécies diferentes.



### 1.1 Os níveis de organização

Existem diferentes níveis de organização quando estudamos organismos mais complexos. Células com diferentes funções se organizam em tecidos. Tecidos se agrupam para formar órgãos, e estes se organizam em sistemas. Finalmente, sistemas se integram para formar um organismo. Os níveis de organização superiores aos de um organismo são alvo de estudo da Ecologia. É preciso notar que a Ecologia também estuda organismos unicelulares, que são de grande importância para inúmeros processos no ambiente.

São eles:

- **População:** um conjunto de organismos da mesma espécie que vivem no mesmo espaço e período. Integrantes de uma população sofrem conjuntamente os efeitos do processo evolutivo. Em contrapartida, subpopulações que se mantêm isoladas por tempo suficiente podem acumular diferenças ao ponto de configurar novas espécies.

- **Comunidade:** populações não estão isoladas e dependem umas das outras. Os animais dependem das plantas, pois elas são responsáveis pela produção de matéria orgânica por meio da fotossíntese. Chamamos de comunidade biótica o conjunto de organismos de espécies distintas (populações) que convivem em uma mesma área e em um mesmo tempo, mantendo entre si relacionamentos que podem ser harmônicos ou desarmônicos.

Dá-se o nome de **biocenose** ao processo de integração e relacionamento das diversas populações de espécies diferentes que formam uma comunidade biótica.

- **Ecossistema:** é o resultado dos inter-relacionamentos que os seres praticam entre si e com o meio ambiente, levando à formação de complexos sistemas constituídos por fatores bióticos (organismos) e abióticos (condições ambientais: luz, temperatura, umidade, salinidade etc.) com uma contínua passagem de matéria e energia entre eles.

Exemplo: uma floresta com seu tipo de vegetação, seus animais, seu tipo de solo e seu clima característico.

É importante ressaltar que a comunidade em equilíbrio de um ecossistema é autossuficiente em alimentos.

Para que uma espécie se instale em determinada região, deve estar adaptada às condições impostas pelo ambiente local. A esse conjunto de imposições dá-se o nome de biócoro.

As comunidades podem evoluir e atingir um grau máximo de desenvolvimento em função do biócoro local. **Bioma** é um conjunto de diferentes ecossistemas, que apresentam certo nível de homogeneidade, relacionada à sua vegetação característica. São exemplos de biomas a floresta equatorial (como a Amazônia), a floresta de coníferas e o pantanal.

A área ocupada por um bioma é demarcável, pois tem limites próprios e bem definidos. O espaço ocupado por um bioma (com todas as suas características físicas) é denominado biótopo. Características como clima e tipo de solo são fundamentais para a definição da fitofisionomia de um bioma.

- **Biosfera:** podemos imaginar uma grande variedade de ecossistemas terrestres e aquáticos (mares, rios e lagos) em nosso planeta. O conjunto de ecossistemas de nosso planeta é chamado de biosfera.

Podemos conceituar a biosfera como uma camada de 15 km de espessura (da montanha mais alta até as partes mais profundas do oceano) que circunda nosso planeta e que contém toda a vida existente nele.

## 2. Conceitos ecológicos importantes

- **Habitat:** é o local ou estrutura física onde o ser vivo se desenvolve. Podemos, entretanto, encontrar em um mesmo habitat (como uma parte do oceano) diversos segmentos com características distintas. Duas espécies marinhas podem estar adaptadas a viver no substrato do costão rochoso ou boiando na coluna de água. Quando descrevemos o habitat de determinada espécie, devemos procurar a fatia mais específica dentro daquele espaço. Ele determina as condições de sobrevivência e reprodução do grupo. O habitat não é exclusivo de uma espécie. Dessa forma, podemos encontrar diversas espécies ocupando o mesmo habitat.

- **Nicho:** refere-se ao conjunto de condições toleráveis e recursos que podem ser explorados por uma espécie em um habitat. Estão incluídos na descrição de nicho, portanto, os hábitos alimentares de uma espécie, bem como ela ser afetada por fatores físico-químicos e biológicos.

Podemos dizer, de forma geral, que, se o habitat é o lugar físico, então o nicho é o espaço funcional de determinada espécie em um ecossistema. Vale ressaltar, ainda, que espécies convivendo em um mesmo habitat têm nichos ecológicos diferentes. Mesmo que haja uma sobreposição, ela será somente parcial, ou seja, dois animais podem alimentar-se de forma semelhante e procurar alimentos em horários parecidos, mas dificilmente serão iguais em todos os seus hábitos. Eles podem, por exemplo, reproduzir-se em épocas diferentes do ano.

• **Ecótono:** nas zonas limítrofes dos biótopos, ocorre grande densidade populacional. Cria-se, portanto, uma linha de tensão na qual espécies de cada um dos biótopos tentam alargar seus domínios. Essa linha é denominada ecótono, local onde é muito comum observarmos sobreposição de nichos.

Existem várias combinações de ecossistemas que podem formar um ecótono. Podemos citar, por exemplo, fazendas no encontro de áreas desmatadas com áreas naturais (campos com florestas ou matas), manguezais (água do mar e de rios) etc.

### 3. Cadeia alimentar

A maioria das relações estabelecidas entre os organismos de um ecossistema é de base alimentar. Cadeias alimentares representam a transferência contínua de energia

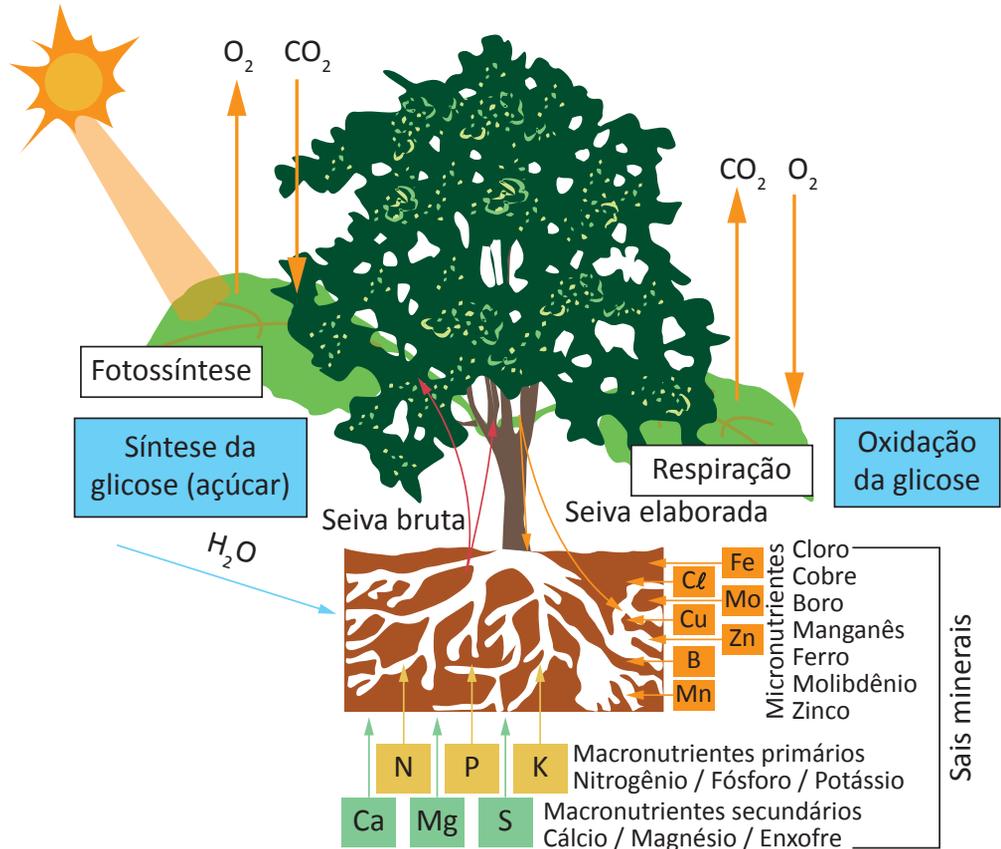
e matéria orgânica entre os seres vivos enquanto estes se nutrem uns dos outros.

Cada etapa de uma cadeia alimentar é chamada de nível trófico. Podemos identificar três níveis tróficos distintos:

#### a) Produtores

Ocupam o primeiro nível trófico da maioria das cadeias alimentares. Compreendem organismos com metabolismo autotrófico, que utiliza componentes inorgânicos (água, gás carbônico e sais) para produção de biomoléculas novas.

O vasto contingente de compostos surgidos pela atuação desses seres, representado inicialmente por carboidratos ou glicídios, acumula, nas ligações químicas de suas cadeias de carbono, a energia retirada da luz do sol. Entretanto, em ambientes abissais, podemos encontrar ecossistemas inteiros sustentados sem luz por meio da atuação de bactérias quimiossintetizantes.



Entendemos, portanto, os produtores como introdutores de energia nos ecossistemas, visto que essa energia será repassada de organismo a organismo ao longo dos níveis tróficos.

Em uma cadeia alimentar, a seta sempre aponta para o organismo que está consumindo.

**b) Consumidores**

Os consumidores são seres heterótrofos, organismos que obtêm energia a partir de outros organismos. Aqueles que se alimentam de organismos produtores são classificados como consumidores primários (herbívoros), ocupando o segundo nível trófico em uma cadeia alimentar. Aqueles que se alimentam dos consumidores primários são classificados como consumidores secundários (carnívoros), ocupando o terceiro nível trófico, e assim por diante. Os organismos onívoros podem ser consumidores primários ou secundários, uma vez que se alimentam de produtores e de consumidores (fonte vegetal e animal). São exemplos de animais onívoros o ser humano, chimpanzé, lobo-guará, gambá, jabuti, dentre outros. Todos os demais níveis de consumidores são carnívoros e alimentam-se do nível trófico anterior.

**c) Decompositores e detritívoros**

Podemos identificar dois grupos de organismos que utilizam matéria orgânica morta (saprobiontes): os decompositores (fungos e bactérias) e os detritívoros (animais que se utilizam de carcaças e excrementos).

Qualificamos esses organismos como um tipo especial de consumidor, uma vez que não controlam ativamente a disponibilidade e a renovação de seu alimento. Dependem do envelhecimento e da morte de outros organismos.

A atividade de decompositores leva à desagregação progressiva da matéria orgânica morta, transformando moléculas complexas e ricas em energia em compostos simples como CO<sub>2</sub>, água e outros nutrientes inorgânicos.

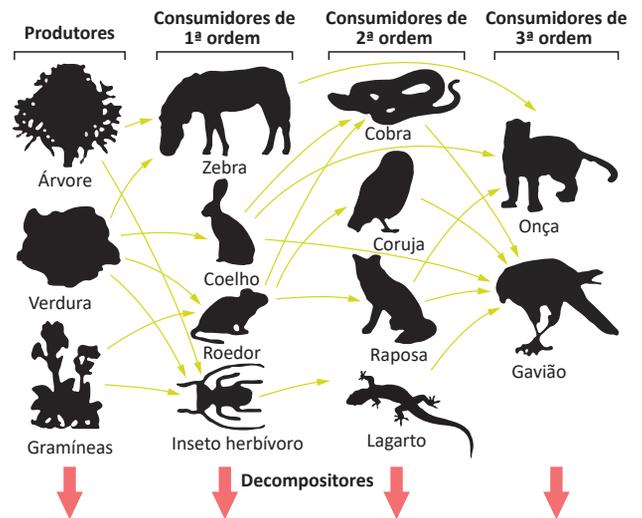
As substâncias minerais produzidas durante o processo de decomposição são devolvidas aos produtores e reincorporadas na cadeia alimentar, por meio da absorção de nutrientes e da fotossíntese.

Assim, o papel fundamental dos decompositores se encontra na reciclagem de matéria orgânica, fornecendo matéria inorgânica para os produtores. Se os produtores são vistos como introdutores de energia na cadeia, podemos considerar os decompositores como reintrodutores de matéria na cadeia.

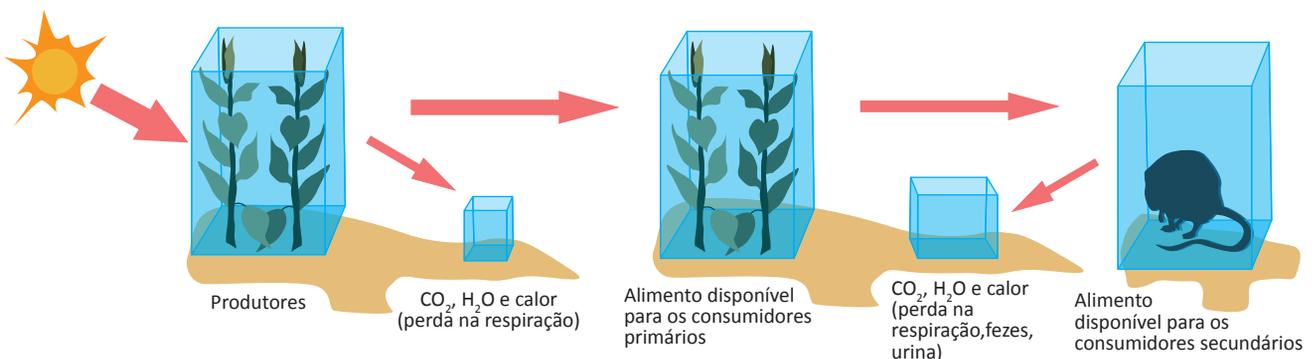
**4. Teias alimentares**

Uma teia alimentar, ou teia trófica, é o inter-relacionamento de cadeias alimentares de uma comunidade. Nela existem várias espécies de organismos produtores, consumidores e decompositores que interagem entre si de forma complexa.

Um organismo pode participar de várias cadeias alimentares e ocupar diferentes níveis tróficos na mesma teia alimentar. Assim, a teia representa uma forma multidirecional de passagem de matéria e energia, e não unidirecional como ocorre nas cadeias alimentares.



**5. O fluxo de energia**



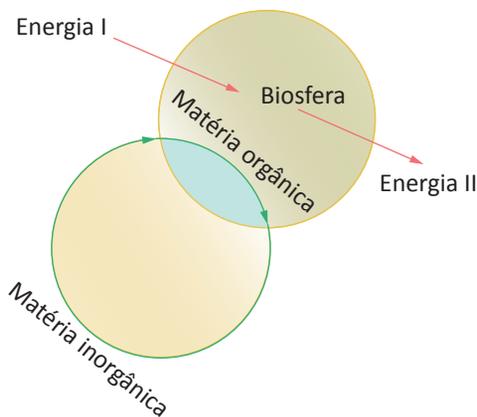
Apenas 1% de toda energia que chega a Terra na forma de luz solar é aproveitada pelo processo fotossintético. Todavia, essa energia é suficiente para gerar, no planeta, de 150 a 200 bilhões de toneladas de matéria orgânica por ano.

A energia luminosa que os organismos fotossintetizantes absorvem é transformada em energia química, armazenada nas ligações das moléculas de compostos orgânicos produzidos. Uma parte desses compostos é consumida nas reações oxidativas da respiração celular, visando obter energia para a manutenção dos processos celulares. Durante esse processo, a matéria orgânica é eliminada na forma de água e gás carbônico. O restante dela é incorporado nas estruturas celulares das plantas e algas (como a parede celular), formando partes dos corpos desses organismos (caules, folhas e raízes).

É exatamente essa matéria orgânica fixada que servirá de alimento para os consumidores primários (herbívoros). Uma parte dela é consumida na respiração celular. Outra é eliminada no processo de defecação (fezes) e excreção (urina). O restante é incorporado.

Essa sequência se repete a cada nível trófico, com parte da matéria e da energia sendo perdida na forma de água, gás carbônico, dejetos e calor.

Em média, apenas 10% da energia de um nível trófico passam para o nível seguinte. Com isso, podemos compreender por que uma cadeia alimentar dificilmente tem mais do que cinco níveis tróficos: a quantidade cada vez menor de matéria e energia disponíveis ao longo da cadeia permite sustentar uma quantidade cada vez menor de consumidores.



Os resíduos produzidos ao longo da sequência alimentar (excretas e organismos mortos) acabam voltando para a cadeia pela ação dos decompositores, que transformam a matéria orgânica em inorgânica, utilizada pelos produtores na fotossíntese. Dessa forma, é possível dizer que a matéria de um ecossistema nunca se esgota: ela está em constante reciclagem.

A energia transformada em trabalho celular ou perdida na forma de calor, no entanto, não pode ser reaproveitada. Ela precisa ser constantemente reposta por uma fonte externa à cadeia. Essa fonte externa é o sol, que, por intermédio dos produtores, reintroduz energia no ecossistema.

De maneira geral, podemos dizer que um ecossistema é aberto ou unidirecional em relação à energia e fechado ou cíclico em relação à matéria.

## 6. A produtividade e os ecossistemas

A quantidade de matéria orgânica produzida ou transferida em certa área e em determinado intervalo de tempo para um nível trófico é denominada produtividade. Podemos dividi-la em:

- **Produtividade primária:** quantidade de matéria orgânica produzida pelos autotróficos;
- **Produtividade secundária:** quantidade de matéria orgânica incorporada pelos consumidores.

Podemos subdividir essas categorias em outras duas:

- **Produtividade bruta:** total de matéria orgânica acumulada;
- **Produtividade líquida:** total de matéria orgânica acumulada depois de descontados os gastos com a respiração celular.

A produtividade pode ser expressa em peso (gramas ou quilos); por metro quadrado por ano (ou dias). Ela também pode ser medida por meio da quantidade de energia absorvida ou transferida para determinado nível trófico. Nesse caso, será expressa em calorias ou quilocalorias por metro quadrado por ano (ou dias).

A produtividade primária pode sofrer interferência de inúmeros fatores, entre eles:

- **Disponibilidade de luz;**
- **Índice pluviométrico e disponibilidade de água;**
- **Temperatura;**
- **Sais minerais.**

Assim, florestas tropicais costumam ter grande produtividade primária bruta, uma vez que apresentam grandes índices pluviométricos, associados a altas temperaturas e a grande intensidade de luz. Essa produtividade tende a diminuir à medida que nos aproximamos dos polos.

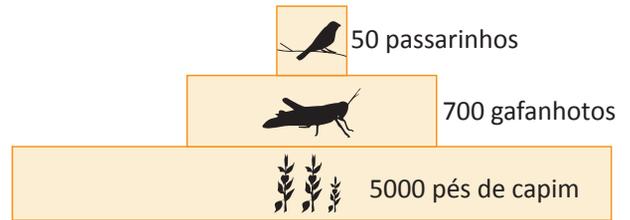
Da mesma forma, como dito anteriormente, áreas de estuário apresentam grande produtividade, pois acumulam grande quantidade de sais minerais associados à grande quantidade de luz. Regiões de alto-mar, por sua vez,

apresentam baixa produtividade, porque nelas os sais se precipitam para o fundo, aonde a luz não chega.

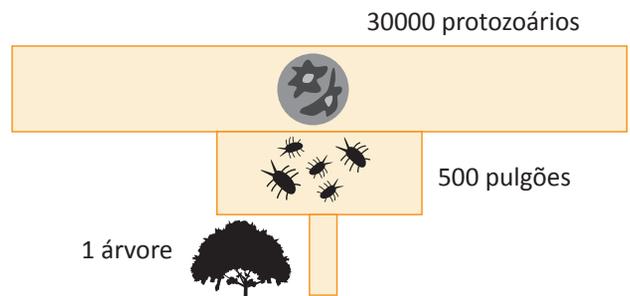
**Floresta Amazônica – Uma grande floresta com grande produtividade bruta**

Grandes biomas, como a floresta Amazônica, que se apresentam como comunidades clímax, têm grande produtividade primária bruta, por causa da associação de diversos fatores, como citado anteriormente. Entretanto, apesar de produzir grande quantidade de matéria orgânica, esta é totalmente consumida pela própria floresta, o que caracteriza as comunidades clímax, como veremos com mais detalhes em outro capítulo. Sendo assim, a produtividade primária líquida da Amazônia é próxima ou igual a zero, mantendo a floresta em equilíbrio.

**Exemplo:** Milhares de pés de capim sustentam centenas de insetos, que por sua vez servem de alimento para dezenas de pássaros.



Uma pirâmide de números tem o inconveniente de igualar os organismos sem levar em conta o seu tamanho e sem representar, adequadamente, a quantidade de matéria orgânica em cada nível. Isso gera alguns erros de representação quando as pirâmides se mostram invertidas. Imagine, por exemplo, uma árvore que fornece alimento para um grande número de pulgões, que, por sua vez, são parasitados por um número ainda maior de protozoários.



**7. Pirâmides ecológicas**

Pirâmides ecológicas permitem uma análise quantitativa dos níveis tróficos. Elas representam os níveis tróficos de um ecossistema por meio de retângulos sobrepostos, nos quais os produtores são sempre colocados na base.

Em geral, as quantidades de energia e biomassa tendem a diminuir através dos níveis. Sendo assim, podemos chegar a uma concepção gráfica, em que a base é sempre mais larga que o ápice.

Existem três tipos de pirâmide:

- Pirâmide de número;
- Pirâmide de biomassa;
- Pirâmide de energia.

**7.1 Pirâmide de número**

Ela indica o número de organismos em determinada cadeia alimentar.

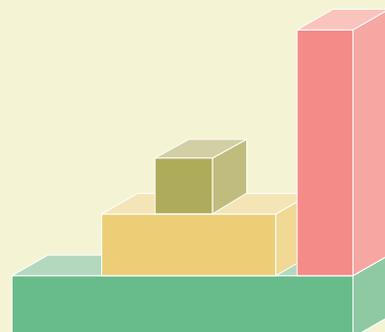
Nos grandes biomas da Terra, é notável uma escala decrescente no número de indivíduos que ocupam os diferentes níveis tróficos, ou seja, observamos, por exemplo, que os predadores costumam estar em menor quantidade que suas presas.

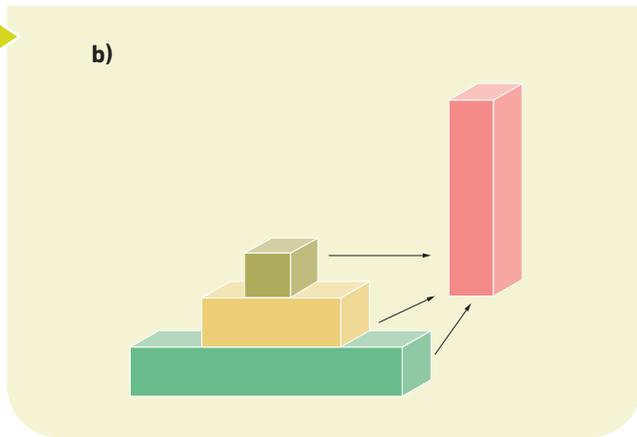
Essa constatação é consequência direta da perda de energia inerente aos processos alimentares da cadeia (como discutido nos tópicos anteriores), fazendo com que apenas uma pequena quantidade de energia chegue aos últimos níveis tróficos. Assim, apenas um pequeno número de consumidores pode ser mantido por essa energia.

**Onde colocar os decompositores em uma pirâmide ecológica?**

Como os decompositores recebem matéria orgânica de todos os níveis tróficos, sua representação pode ser problemática. Eles podem ser colocados na pirâmide como um retângulo sobre o retângulo dos produtores (figura a) ou como um retângulo destacado da pirâmide (figura b).

a)





primários, secundários, terciários...). Dessa forma, as pirâmides de biomassa em geral não são invertidas.

Há, como na pirâmide de número, alguns fatores que levam a possíveis inversões na pirâmide. O problema da pirâmide de biomassa é desconsiderar o fator tempo, em curtos períodos.

Em ambientes aquáticos, observamos uma pequena massa de fitoplâncton (produtores) alimentando uma massa maior de zooplâncton (consumidores primários). No entanto, como isso seria possível?

Embora a biomassa de fitoplâncton seja realmente menor, sua taxa de reprodução é maior do que a do zooplâncton, permitindo uma renovação rápida de biomassa de produtores capaz de sustentar os consumidores.



### 7.3 Pirâmide de energia

Em uma pirâmide de energia, representamos a quantidade de energia acumulada ou fixada por unidade de área ou volume e unidade de tempo. Assim, temos os dados de uma pirâmide de energia dispostos, por exemplo, em quilocalorias por metro quadrado por ano.

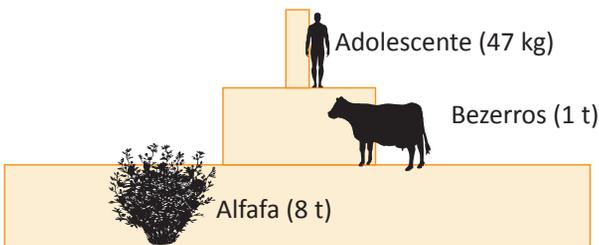
Uma pirâmide de energia nunca se mostra invertida, em razão do princípio de perda energética a cada nível trófico. Isso garante que cada nível trófico tenha quantidade menor de energia que o nível anterior.

Ao considerar o fator tempo, uma pirâmide de energia também informa a produtividade líquida de um ecossistema.

### 7.2 Pirâmide de biomassa

Chamamos de biomassa a quantidade de matéria orgânica presente no corpo dos seres vivos de determinado nível trófico. A biomassa é expressa em peso por unidade de área (gramas por metro quadrado) ou de volume (gramas por metro cúbico) em um determinado momento.

Por exemplo: cerca de 8 toneladas de alfafa sustentam uma tonelada de bezerros, e estes, por sua vez, alimentam um adolescente de 47 kg durante o período de um ano.



Assim como na pirâmide de número, também na pirâmide de biomassa ocorre decréscimo quantitativo de matéria da base (produtores) para o ápice (consumidores

## EXERCÍCIOS DE FIXAÇÃO



**Objetivo 1.** Demarcar as áreas de atuação da ecologia.

#### 1. (Fuvest-SP)

Em um lago, estão presentes diversas espécies de animais, plantas, algas, protozoários, fungos e bactérias.

O conjunto desses seres vivos constitui

- (a) uma cadeia alimentar.
- (b) uma comunidade biológica.
- (c) um ecossistema.
- (d) uma população.
- (e) uma sucessão ecológica.

**Objetivo 1.** Demarcar as áreas de atuação da ecologia.

## 2. (Unigranrio-RJ)

Há quatro espécies de girafa – não uma, como se acreditava “A ciência reconhecia até hoje a existência de uma única espécie de girafa, dividida em diversas subespécies mais ou menos iguais. Mas um grupo de cientistas da Alemanha realizou a maior análise genética feita até hoje sobre o animal e concluiu que existe não uma, mas quatro espécies de girafa no mundo. Assim, o cruzamento entre as quatro não gera descendentes férteis, o que pode estar contribuindo para o declínio da população desses animais na natureza. Duas das espécies já nascem ameaçadas de extinção”.

Veja, Ciência. Disponível em: <<http://veja.abril.com.br/ciencia/ha-quatro-especies-de-girafa-nao-uma-como-se-acreditava/>>. (Adaptado.)

Assim sendo, sabe-se que dentro de uma definição clássica o táxon em destaque na matéria acima pode ser definido como:

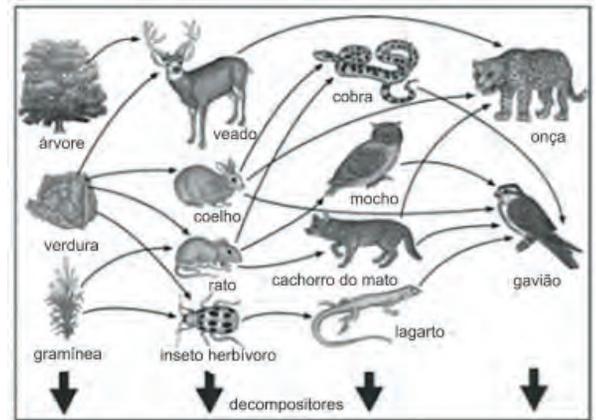
- (a) conjunto de populações de diversas espécies que habitam uma mesma região num determinado período;
- (b) lugar específico onde uma espécie pode ser encontrada dentro do ecossistema;
- (c) conjunto de indivíduos semelhantes (estrutural, funcional e bioquimicamente) que se reproduzem naturalmente, originando descendentes férteis;
- (d) conjunto de indivíduos de mesma espécie que vivem numa mesma área em um determinado período;
- (e) conjunto de indivíduos diferentes (estrutural, funcional e bioquimicamente) que se reproduzem naturalmente ou não, podendo originar descendentes estéreis.

**Objetivo 4.** Identificar e compreender cadeias e teias alimentares.

**Objetivo 6.** Descrever a dinâmica de energia e a matéria dentro dos ecossistemas.

## 3. (Acafe-SC)

Os seres vivos interagem e estabelecem relações entre si e com o ambiente. A seguir está representada, esquematicamente, a relação de alimentação entre os organismos de um ecossistema e a respectiva transferência de energia e de nutrientes.



Fonte: SOARES, José Luis. Biologia. São Paulo, v. único.

Sobre o tema abordado no esquema, analise as afirmações a seguir.

- I. Uma cadeia alimentar é sempre composta por diferentes níveis que são caracterizados de acordo com o tipo de nutrição dos organismos. Dependendo do nível trófico ocupado, os organismos podem ser produtores, ou consumidores, ou decompositores.
- II. Os produtores são seres autótrofos, sintetizam matéria orgânica a partir de substâncias inorgânicas, por isso estão obrigatoriamente no início de qualquer cadeia alimentar. Transformam energia luminosa em energia química através da fotossíntese. Essa energia nutre os tecidos vegetais que servirão de fonte energética para outros organismos, com eficiência ecológica média de 90%.
- III. A decomposição é um processo de transformação da matéria orgânica em moléculas simples, que podem ser reutilizadas pelos produtores, num processo natural de reciclagem.
- IV. A teia alimentar é caracterizada pelo conjunto de cadeias alimentares, ligadas entre si e, geralmente, representadas como um diagrama das relações tróficas (alimentares) entre os diversos organismos ou espécies de um ecossistema.
- V. A produtividade de um ecossistema depende de diversos fatores, dentre os quais os mais importantes são a luz, a água, o gás carbônico e a disponibilidade de nutrientes. A produtividade bruta corresponde ao total de matéria orgânica acumulada depois de descontados os gastos referentes à atividade metabólica, enquanto a produtividade líquida corresponde ao total de matéria orgânica acumulada.

Assinale a alternativa que contém as afirmações corretas.

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

**Objetivo 6.** Descrever a dinâmica de energia e a matéria dentro dos ecossistemas.

#### 4. (Unesp-SP)

Considere as três cadeias alimentares a seguir.

- I. Vegetação → insetos → anfíbios → cobras → fungos.  
 II. Vegetação → coelho → gavião.  
 III. Fitoplâncton → zooplâncton → peixes → tubarão.

A maior quantidade de energia disponível para os níveis tróficos mais elevados estará:

- (a) Apenas na cadeia (I).  
 (b) Apenas nas cadeias (I) e (III).  
 (c) Apenas na cadeia (II).

(d) Apenas nas cadeias (I) e (II).

(e) Nas cadeias (I), (II) e (III).

**Objetivo 5.** Identificar e compreender os três tipos de pirâmide ecológica.

#### 5. (Uece-CE)

As pirâmides ecológicas, que podem ser de números, de biomassa e de energia, são bons modelos para análise de cadeias alimentares. Sobre esses modelos, é **correto** afirmar que

- (a) a cada nível trófico, a energia do nível anterior é obtida em maior quantidade.  
 (b) a pirâmide de energia representa o número total de indivíduos de uma cadeia alimentar.  
 (c) a quantidade de energia em cada nível trófico é calculada multiplicando-se o número de indivíduos pela sua massa.  
 (d) a pirâmide de energia não pode ser expressa na forma invertida.



## EXERCÍCIOS PROPOSTOS

#### E1. (UEL-PR)

Em um ribeirão foram pescados dois peixes muito semelhantes, exceto pela coloração das nadadeiras. Um biólogo informou que pertenciam ao mesmo gênero; eram, porém, de espécies diferentes e apresentavam dietas distintas. O peixe com as nadadeiras claras alimentava-se de moluscos e crustáceos que viviam no fundo do ribeirão, e o outro, cujas nadadeiras eram avermelhadas, comia folhas de plantas e insetos aquáticos.

Com base nessas informações, é **correto** afirmar:

- (a) os dois peixes viviam em habitats diferentes, mas ocupavam o mesmo nicho.  
 (b) os dois peixes viviam no mesmo habitat e ocupavam o mesmo nicho.  
 (c) os dois peixes viviam em habitats diferentes e ocupavam nichos diferentes.  
 (d) os dois peixes viviam no mesmo habitat, mas ocupavam nichos diferentes.  
 (e) os dois peixes viviam no mesmo nicho, mas ocupavam habitats diferentes.

#### E2. (Emescam-ES)

Qual a afirmativa **correta**:

- (a) O local do ecossistema onde vive uma determinada espécie é denominado de habitat.  
 (b) Populações são conjuntos indivíduos geneticamente iguais.  
 (c) Clone é um grupo de indivíduos da mesma espécie que vivem no mesmo habitat.  
 (d) Ecossistema é a palavra empregada para indicar o conjunto de populações de um ambiente.  
 (e) Comunidade é a palavra que indica o conjunto de indivíduos de uma mesma espécie que habitam uma região.

#### E3. (PUC-PR) ☆

Em uma floresta ocorrem três espécies de árvores, igualmente bem-sucedidas e numerosas. Essas árvores constituem

- (a) três populações.                      (d) três comunidades.  
 (b) uma população.                      (e) duas comunidades.  
 (c) um ecossistema.

**E4. (UFPR-PR-Adaptado)**

O sucesso do estabelecimento do mexilhão-dourado na América do Sul (e de outras espécies consideradas exóticas em locais onde não existiam previamente) depende da inter-relação entre dois conceitos ecológicos: *nicho ecológico* e *hábitat*. Assim:

Defina esses dois conceitos (nicho ecológico e hábitat) de forma objetiva.

**E5. (Enem) ☆**

Suponha que o chefe do departamento de administração de uma empresa tenha feito um discurso defendendo a ideia de que os funcionários deveriam cuidar do meio ambiente no espaço da empresa. Um dos funcionários levantou-se e comentou que o conceito de meio ambiente não era claro o suficiente para se falar sobre esse assunto naquele lugar. Considerando que o chefe do departamento de administração entende que a empresa é parte do meio ambiente, a definição que mais se aproxima dessa concepção é:

- (a) Região que inclui somente cachoeiras, mananciais e florestas.
- (b) Apenas locais onde e possível o contato direto com a natureza.
- (c) Locais que servem como áreas de proteção onde fatores bióticos são preservados.
- (d) Apenas os grandes biomas, por exemplo, Mata Atlântica, Mata Amazônica, cerrado e caatinga.
- (e) Qualquer local em que haja relação entre fatores bióticos e abióticos, seja ele natural ou urbano.

**E6. (UPM-SP)**

Há espécies de insetos, como, por exemplo, o *Aedes aegypti*, em que machos e fêmeas vivem no mesmo esconderijo, porém na hora de se alimentar a fêmea busca o sangue de outros animais, enquanto que o macho se alimenta de frutas ou outros vegetais adocicados. Assim, podemos afirmar que o macho e a fêmea

- (a) ocupam nichos ecológicos diferentes, porém o mesmo hábitat.
- (b) ocupam o mesmo nicho ecológico, porém com habitats diferentes.
- (c) ambos ocupam o mesmo nicho ecológico e o mesmo hábitat.
- (d) são consumidores de primeira ordem.
- (e) são consumidores de segunda ordem.

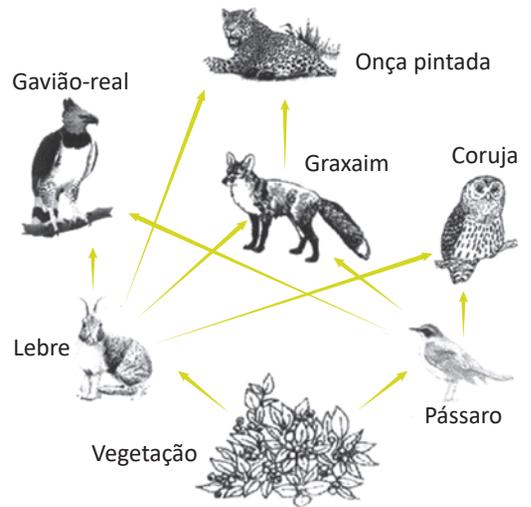
**E7. (UnB-DF)**

Uma ave que se alimenta das larvas que atacam folhas do fumo comporta-se como:

- (a) Decompositor.
- (b) Transformador primário.
- (c) Consumidor primário.
- (d) Consumidor secundário.
- (e) Consumidor terciário.

**E8. (PUC-RS)**

Considere a figura a seguir, a qual representa parte dos organismos que constituem uma comunidade e as inter-relações existentes.



Qual das possibilidades apresentadas a seguir possui um efeito mais provável na promoção do aumento na população de graxains?

- (a) A redução da população de corujas.
- (b) O aumento da população de gaviões.
- (c) O aumento da população de onças.
- (d) A redução da vegetação.
- (e) A redução da população de pássaros.

**E9. (Enem)**

Estudos de fluxo de energia em ecossistemas demonstram que a alta produtividade nos manguezais está diretamente relacionada às taxas de produção primária líquida e à rápida reciclagem dos nutrientes. Como exemplo de seres vivos encontrados nesse ambiente, temos: aves, caranguejos, insetos, peixes e algas.

Dos grupos de seres vivos citados, os que contribuem diretamente para a manutenção dessa produtividade no referido ecossistema são

- (a) aves.
- (b) algas.
- (c) peixes.
- (d) insetos.
- (e) caranguejos.

**E10. (PUC-RS)**

Produtividade é o termo dado à capacidade que alguns seres vivos têm de converter a energia luminosa assimilada na fotossíntese em biomassa. Considere as informações a seguir sobre os fluxos de energia e matéria.

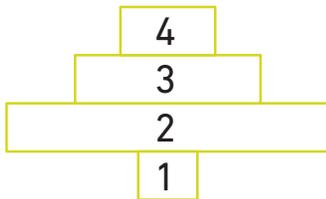
- I. A produtividade primária bruta (PPB) corresponde à quantidade total de energia luminosa convertida em biomassa por um ser vivo.
- II. A produtividade primária líquida (PPL) corresponde à energia que estará à disposição do nível trófico seguinte, somada à energia derivada da fotossíntese.
- III. Florestas tropicais costumam ter grande produtividade primária bruta, uma vez que apresentam grandes índices pluviométricos, associados a altas temperaturas e a grande intensidade de luz.

Estão **corretas** as afirmativas

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

**E11. (UFPR-PR)**

Pode-se representar o número de indivíduos de cada nível trófico por uma pirâmide de números. O diagrama ao lado representa uma pirâmide de números.



Assinale a alternativa que identifica corretamente os organismos indicados no diagrama.

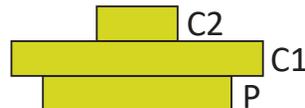
- (a) 1 = árvore – 2 = pulgão – 3 = joaninha – 4 = pássaro.
- (b) 1 = capim – 2 = pulgão – 3 = joaninha – 4 = pássaro.

- (c) 1 = árvore – 2 = pássaro – 3 = joaninha – 4 = pulgão.
- (d) 1 = bezerro – 2 = capim – 3 = homem – 4 = parasita intestinal do homem.
- (e) 1 = capim – 2 = bezerro – 3 = homem – 4 = parasita intestinal do homem.

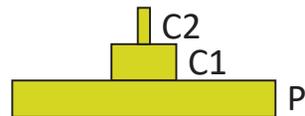
**E12. (UFRGS-RS) ☆**

Considerando que, nas pirâmides ecológicas apresentadas nas alternativas, P (produtor) = fitoplâncton, C1 (consumidor primário) = zooplâncton e C2 (consumidor secundário) = peixes, assinale a que representa uma pirâmide de biomassa.

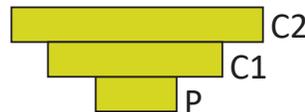
(a)



(b)



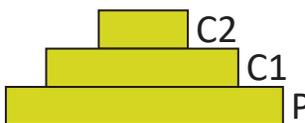
(c)



(d)



(e)



**E13. (PUC-RJ)**

Considere os conceitos de nicho ecológico e hábitat apresentados abaixo:

- I. O nicho de um organismo é seu papel ecológico.
- II. A ocupação de nichos distintos por diferentes espécies reduz a competição por recursos.
- III. Nicho ecológico é o lugar onde um organismo vive.
- IV. Um determinado hábitat pode proporcionar diferentes nichos aos organismos.

Estão **corretas**:

- (a) Todas as afirmações.
- (b) Apenas a I.
- (c) Apenas I e IV.
- (d) Apenas II e III.
- (e) Apenas I, II e IV.

**E14. (UEL-PR)**

Nas cadeias alimentares, a energia luminosa solar é transformada em energia química pela ação dos produtores, a qual é transferida para os herbívoros e destes para os carnívoros. Portanto, o fluxo de energia no ecossistema é unidirecional. Com base nessas informações, considere as afirmativas a seguir:

- I. A energia na cadeia alimentar acumula-se gradativamente, alcançando a sua disponibilidade máxima nos carnívoros.
- II. A energia armazenada é maior nos produtores quando comparada com a dos carnívoros.
- III. A energia fixada pelos produtores é transferida sempre em menor quantidade para os herbívoros.
- IV. A energia consumida pelos carnívoros é sempre maior quando comparada com a consumida pelos produtores e herbívoros.

Assinale a alternativa **correta**.

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

**E15. (UEFS-BA) ☆**

Os organismos vivos e seu ambiente não vivo ou abiótico estão inseparavelmente inter-relacionados e interagem entre si. Denomina-se de sistemas

**ecológicos ou ecossistemas qualquer unidade, biosistema, que abranja todos os organismos que funcionam em conjunto, a comunidade biótica, em uma dada área, interagindo com o ambiente físico de tal forma que um fluxo de energia produza estruturas bióticas claramente definidas e uma ciclagem de materiais entre as partes vivas e não vivas.**

ODUM, 2008, p. 9.

Analisando-se as informações do texto e com base nos conhecimentos a respeito dos ecossistemas, em geral, é correto afirmar:

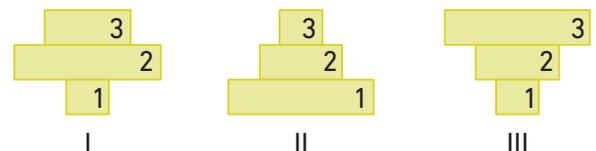
- (a) os fatores abióticos são prescindíveis à manutenção da vida.
- (b) a ação dos decompositores é fundamental para a reciclagem da energia.
- (c) os heterótrofos, normalmente, são encontrados em estratos desprovidos de energia luminosa.
- (d) os componentes bióticos autotróficos têm como objetivo produzir alimentos para todos os outros níveis tróficos do ecossistema.
- (e) em sua estrutura, há um estrato autotrófico constituído de organismos clorofilados que podem ser encontrados em reinos distintos.

**E16. (Unesp-SP) ☆**

Considere a notícia sobre o controle biológico de pragas adotado pela prefeitura de Paris e as pirâmides ecológicas apresentadas logo a seguir.

**Para combater parasitas que têm consumido a vegetação de Paris, a prefeitura distribuiu aos moradores 40000 larvas de joaninhas, predador natural desses organismos e que pode substituir pesticidas.**

Veja, 05.04.2017. (Adaptado.)

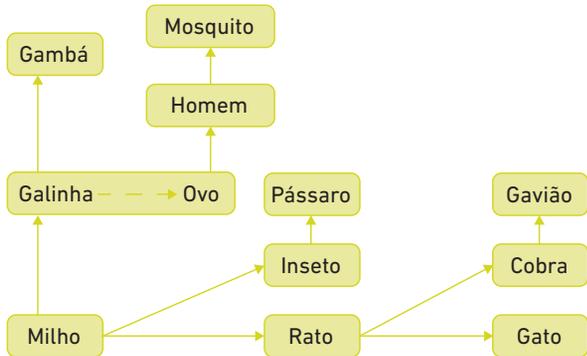


A pirâmide de biomassa, a pirâmide de energia e a barra que representa as joaninhas são:

- (a) I, II e 3.
- (b) II, II e 3.
- (c) I, II e 2.
- (d) II, III e 1.
- (e) III, III e 2.

**E17. (UFRGS-RS)**

Observe a teia alimentar representada no diagrama abaixo.

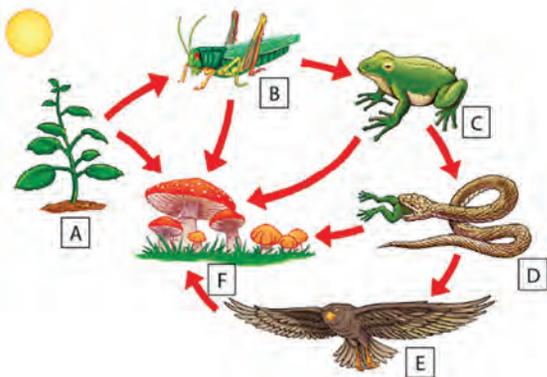


Com base neste diagrama, assinale a afirmação correta.

- (a) O mosquito e o gavião ocupam níveis tróficos diferentes.
- (b) O nível trófico dos produtores não está representado no diagrama.
- (c) O homem e o gambá ocupam o mesmo nível trófico.
- (d) O pássaro e o gato ocupam o mesmo nicho ecológico.
- (e) O gavião e o gambá são equivalentes ecológicos.

**E18. (Uerj-RJ) ☆**

Observe a cadeia alimentar representada no esquema a seguir.

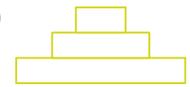


- (a) Nomeie o nível trófico no qual é encontrada a maior concentração de energia, indique a letra que o representa no esquema e justifique sua resposta.
- (b) Nomeie o nível trófico responsável pela reciclagem da matéria no meio ambiente, indique a letra que o representa no esquema e justifique sua resposta.

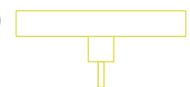
**E19. (UFPR-PR-Adaptado)**

Abaixo estão representados três exemplos de cadeias alimentares na coluna da esquerda e, na coluna da direita, três pirâmides que expressam o número relativo de indivíduos em cada nível, numa situação de equilíbrio ecológico. Relacione as cadeias alimentares da coluna da esquerda com as pirâmides da direita.

1. Árvore ---: preguiças  
-----: pulgas ( )



2. Árvore ---: cotias -----: jaguatiricas ( )



3. Milharal ---: roedores -----: cobras ( )



Assinale a alternativa que apresenta a numeração **correta** da coluna da direita, de cima para baixo.

- (a) 1 – 2 – 3.
- (b) 1 – 3 – 2.
- (c) 3 – 1 – 2.
- (d) 2 – 1 – 3.
- (e) 3 – 2 – 1.

**E20. (Enem)**

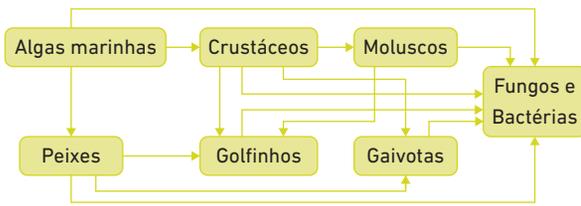
O caramujo gigante africano, *Achatina fulica*, é uma espécie exótica que tem despertado o interesse das autoridades brasileiras, uma vez que tem causado danos ambientais e prejuízos econômicos à agricultura. A introdução da espécie no Brasil ocorreu clandestinamente, com o objetivo de ser utilizada na alimentação humana. Porém, o molusco teve pouca aceitação no comércio de alimentos, o que resultou em abandono e liberação intencional das criações por vários produtores. Por ser uma espécie herbívora generalista (alimenta-se de mais de 500 espécies diferentes de vegetais), com grande capacidade reprodutiva, tornou-se uma praga agrícola de difícil erradicação. Associada a isto, a ausência de predadores naturais fez com que ocorresse um crescimento descontrolado da população. O desequilíbrio da cadeia alimentar observado foi causado pelo aumento da densidade populacional de

- (a) consumidores terciários, em função da elevada disponibilidade de consumidores secundários.
- (b) consumidores primários, em função da ausência de consumidores secundários.

- (c) consumidores secundários, em função da ausência de consumidores primários.
- (d) consumidores terciários, em função da elevada disponibilidade de produtores.
- (e) consumidores primários, em função do aumento de produtores.

**E21. (PUC-RJ)**

O estudo da comunidade biótica do ecossistema marinho de uma faixa litorânea revelou o esquema montado abaixo.

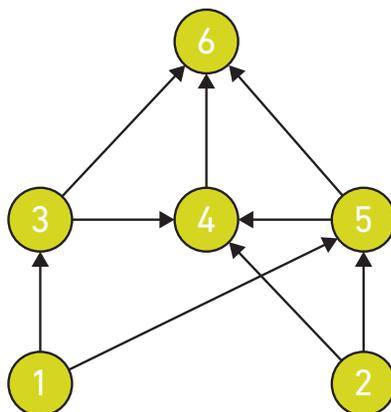


Quais indivíduos ocupam o mesmo nível trófico nesta teia alimentar?

- (a) Algas marinhas, fungos e bactérias.
- (b) Peixes, crustáceos e moluscos.
- (c) Golfinhos, moluscos e gaivotas.
- (d) Peixes, golfinhos e gaivotas.
- (e) Algas marinhas, crustáceos e moluscos.

**E22. (FTESM-RJ)**

No esquema a seguir estão representadas, de modo simplificado, as populações participantes de uma teia ecológica, na qual as setas indicam o sentido do alimento.



Considerando que 1 e 2 sejam produtores, é correto afirmar que nessa teia

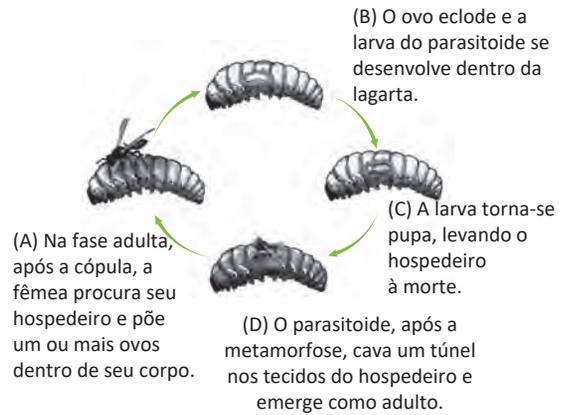
- (a) a energia entra nesse sistema apenas por 1.
- (b) 3 e 5 ocupam o mesmo nicho ecológico.
- (c) 4 representa uma população constituída por onívoros.

- (d) 5 representa uma população de consumidores secundários.
- (e) A diminuição da população 6 não afetará a população 3.

**E23. (Enem) ☆**

A forma larval do parasitoide assume qual papel nessa cadeia alimentar?

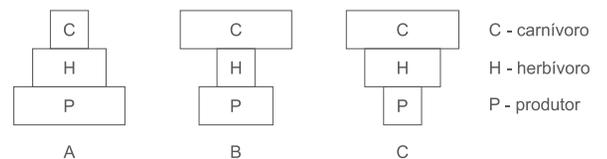
**Ciclo de vida de um inseto parasitoide de lagartas**



SANTO, M. M. E.; FARIA, M. L. Parasitoides: insetos benéficos e cruéis. *Ciência Hoje*, v. 49, n. 291, abr. 2012 (Adaptado.)

- (a) Consumidor primário, pois ataca diretamente uma espécie herbívora.
- (b) Consumidor secundário, pois se alimenta diretamente dos tecidos da lagarta.
- (c) Organismo heterótrofo de primeira ordem, pois se alimenta de pólen na fase adulta.
- (d) Organismo heterótrofo de segunda ordem, pois apresenta o maior nível energético na cadeia.
- (e) Decompositor, pois se alimenta de tecidos do interior do corpo da lagarta e a leva à morte.

**E24. (UPM-SP)**



A respeito das pirâmides **A**, **B** e **C**, representadas acima, são feitas as seguintes afirmações.

- I. A** pode representar pirâmides de número, de massa e de energia.

- II. **A e B** podem representar apenas pirâmides de massa e energia.
- III. **B e C** podem representar apenas pirâmides de energia e massa.
- IV. **A, B e C** podem representar apenas pirâmides de massa e número.

Estão corretas apenas as afirmativas

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

**E25. (Uerj-RJ)**

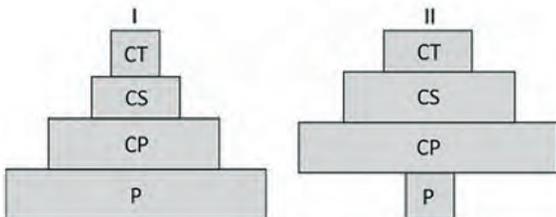
Observe a figura abaixo e responda:



- (a) O que esse gráfico representa? Explique.
- (b) O que são os compartimentos e por que eles são representados por barras de diferentes tamanhos?
- (c) Se esse gráfico representasse um ecossistema aquático, a relação de tamanho entre os compartimentos seria a mesma? Explique.

**E26. (Fuvest-SP)** ☆

As figuras I e II mostram pirâmides ecológicas de biomassa para dois ecossistemas



P = Produtor  
 CP = Consumidor primário  
 CS = Consumidor secundário  
 CT = Consumidor terciário

- (a) Indique um ecossistema que cada uma dessas pirâmides de biomassa possa representar.

- (b) Desenhe as pirâmides de energia correspondentes às pirâmides de biomassa, para os dois ecossistemas indicados.

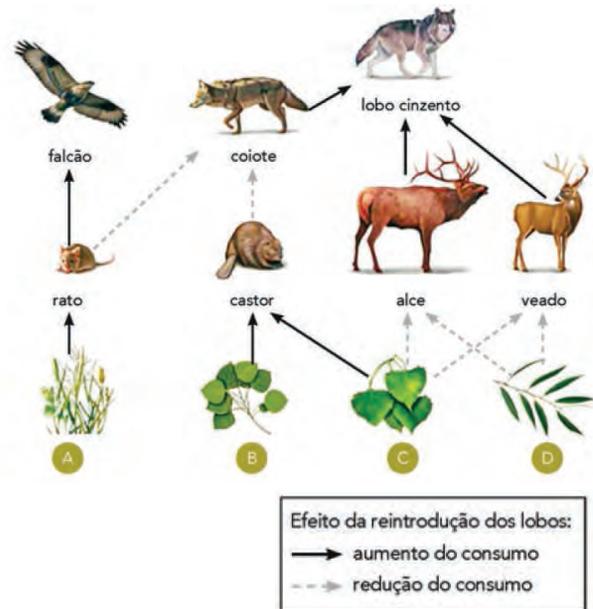
**E27. (Uerj-RJ)** ☆

Em um lago, três populações formam um sistema estável: microcrustáceos que comem fitoplâncton e são alimento para pequenos peixes. O número de indivíduos desse sistema não varia significativamente ao longo dos anos, mas, em um determinado momento, foi introduzido no lago um grande número de predadores dos peixes pequenos.

Identifique os níveis tróficos de cada população do sistema estável inicial e apresente as consequências da introdução do predador para a população de fitoplâncton.

**E28. (Uerj-RJ)**

O Parque Nacional de Yellowstone é considerado o habitat selvagem dos EUA com maior variedade de megafauna. Depois de 70 anos ausentes, os lobos cinzentos foram reintroduzidos nesse espaço, causando grande impacto no ecossistema. A figura abaixo ilustra uma teia alimentar do parque, após a reintrodução dos lobos.



Explique por que a reintrodução dos lobos provoca redução das espécies A e B. Pesquisadores observaram que, em menos de dez anos, diminuiu a erosão do solo no parque. Indique o efeito da reintrodução dos lobos sobre as populações de alces, veados e plantas de que estes se alimentam.



# FOLHA AZ

## 1. (Unigranrio-RJ)

Dezenas de leões marinhos têm adoecido – até a morte, em alguns casos – nas praias da Califórnia central nos últimos dois meses. E o inimigo está no próprio oceano. “Tivemos muito trabalho, disse à BBC Mundo Shawn Johnson, diretor de ciência veterinária no Centro de Mamíferos Marinhos, em Sausalito, perto de San Francisco. Sob a sua coordenação, os veterinários do centro dificilmente têm tempo para pausas. E o que os mantém ocupados são os casos crescentes de envenenamento pela neurotoxina ácido domoico (toxina que age sobre o sistema nervoso, causando paralisias ou contraturas musculares). O ácido domoico é produzido por certas algas marinhas, como as chamadas doumoi ou hanayanagi (*Chondria armata*), que são comumente ingeridas por peixes.”

G1. Disponível em: <<https://g1.globo.com/natureza/noticia/por-que-dezenas-de-leoes-marinhos-estao-aparecendo-doentes-ou-mortos-em-praias-da-california.ghtml>>. (Adaptado.)

Nos ecossistemas, existe um fluxo de energia e de nutrientes como elos interligados de uma cadeia, uma cadeia alimentar. Nela, os “elos” são chamados de níveis tróficos e incluem os produtores, os consumidores (primários, secundários, terciários etc.) e os decompositores. No ecossistema aquático citado na matéria acima, as algas marinhas se encontram em que nível trófico?

- (a) Consumidor Primário.
- (b) Consumidor Terciário.
- (c) Produtores.
- (d) Decompositor.
- (e) Consumidor Secundário.

## 2. (UFPE-PE)

Ao dizer onde uma espécie pode ser encontrada e o que faz no lugar onde vive, estamos informando respectivamente,

- (a) Nicho ecológico e hábitat.
- (b) Hábitat e nicho ecológico.
- (c) Hábitat e biótopo.
- (d) Nicho ecológico e ecossistema.
- (e) Hábitat e ecossistema.

## 3. (FEI-SP)

Num ecossistema, um fungo, uma coruja e um coelho podem desempenhar os papéis, respectivamente, de:

- (a) Decompositor, consumidor de 2ª ordem e consumidor de 1ª ordem.
- (b) Produtor, consumidor de 1ª ordem e consumidor de 2ª ordem.
- (c) Consumidor de 1ª ordem, consumidor de 2ª ordem e consumidor de 1ª ordem.
- (d) Consumidor de 2ª ordem, consumidor de 3ª ordem e consumidor de 1ª ordem.
- (e) Decompositor, consumidor de 1ª ordem e decompositor.

## 4. (Enem)

A posição ocupada pela vaca, na interação apresentada na tirinha, a caracteriza como



clubedamafalda.blogspot.com

- (a) Produtora.
- (b) Consumidora primária.
- (c) Consumidora secundária.
- (d) Consumidora terciária.
- (e) decompositora.

**5. (Enem)**

O menor tamanduá do mundo é solitário e tem hábitos noturnos, passa o dia repousando, geralmente em um emaranhado de cipós, com o corpo curvado de tal maneira que forma uma bola. Quando em atividade, se locomove vagarosamente e emite som semelhante a um assobio. A cada gestação, gera um único filhote. A cria é deixada em uma árvore à noite e é amamentada pela mãe até que tenha idade para procurar alimento. As fêmeas adultas têm territórios grandes e o território de um macho inclui o de várias fêmeas, o que significa que ele tem sempre diversas pretendentes à disposição para namorar!

*Ciência Hoje das Crianças*, ano 19, n.º 174, nov. 2006. (Adaptado.)

Essa descrição sobre o tamanduá diz respeito ao seu

- (a) Hábitat.
- (b) Biótopo.
- (c) Nível trófico.
- (d) Nicho ecológico.
- (e) Potencial biótico.

**6. (Enem)**

Bioindicador ou indicador biológico é uma espécie ou grupo de espécies que reflete o estado biótico ou abiótico de um meio ambiente, o impacto produzido sobre um hábitat, comunidade ou ecossistema, entre outras funções. A posição trófica do organismo bioindicador é uma das características mais relevantes quanto ao seu grau de importância para essa função: quanto mais baixo o nível trófico do organismo, maior é a sua utilidade, pois pressupõe-se que toda a cadeia trófica é contaminada a partir dele.

ANDRÉA, M. M. *Bioindicadores ecotoxicológicos de agrotóxicos*. Disponível em: <[www.biologico.sp.gov.br](http://www.biologico.sp.gov.br)>. Acesso em: mar. 2013. (Adaptado.)

O grupo de organismos mais adequado para essa condição, do ponto de vista da sua posição na cadeia trófica, é constituído por

- (a) algas.
- (b) peixes.
- (c) baleias.
- (d) camarões.
- (e) anêmonas.

**7. (Enem)**

Os personagens da figura estão representando uma situação hipotética de cadeia alimentar. Suponha que, em cena anterior à apresentada, o homem tenha se alimentado de frutas e grãos que conseguiu coletar.



Na hipótese de, nas próximas cenas, o tigre ser bem-sucedido e, posteriormente, servir de alimento aos abutres, tigre e abutres ocuparão, respectivamente, os níveis tróficos de

- (a) produtor e consumidor primário.
- (b) consumidor primário e consumidor secundário.
- (c) consumidor secundário e consumidor terciário.
- (d) consumidor terciário e produtor.
- (e) consumidor secundário e consumidor primário.

**8. (Uerj-RJ)**

Considere dois ecossistemas, um terrestre e outro marinho. Em cada um deles, é possível identificar o nível trófico em que se encontra a maior quantidade de biomassa por unidade de área, em um determinado período. Para o ecossistema terrestre e para o marinho, esses níveis tróficos correspondem, respectivamente, a:

- (a) produtores – produtores.
- (b) consumidores primários – produtores.
- (c) produtores – consumidores primários.
- (d) consumidores primários – consumidores primários.

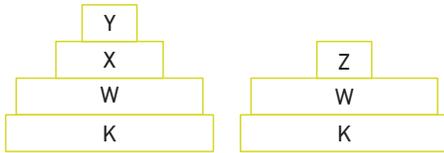
**9. (Fuvest-SP)**

O cogumelo *shitake* é cultivado em troncos, onde suas hifas nutrem-se das moléculas orgânicas componentes da madeira. Uma pessoa, ao comer cogumelos *shitake*, está se comportando como

- (a) produtor.
- (b) consumidor primário.
- (c) consumidor secundário.
- (d) consumidor terciário.
- (e) decompositor.

10. (FCMSCSP-SP)

A figura mostra duas pirâmides ecológicas de número que representam cadeias alimentares de uma mesma teia alimentar.



A extinção da espécie X provocará aumento do número de indivíduos das espécies

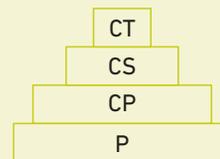
- (a) K e Z.
- (b) W e Y.
- (c) W e Z.
- (d) K e W.
- (e) Y e K.

GABARITO



- E1. D                      E2. A                      E3. A
- E4. Nicho ecológico: papel biológico (“profissão”) da espécie no ecossistema. É o conjunto de relações e atividades próprias (modo de vida) de uma espécie. Hábitat: o local onde vive uma determinada espécie, local que ela ocupa em um ecossistema.
- E5. E                      E10. B                      E15. E
- E6. A                      E11. A                      E16. B
- E7. D                      E12. A                      E17. C
- E8. A                      E13. E
- E9. B                      E14. B
- E18.
  - a) Produtores, letra A. Por ser o primeiro nível trófico e captar diretamente a luz do sol, não há perda de energia, como nos demais níveis.
  - b) Decompositores, letra F. Eles degradam os restos de seres vivos em moléculas menores.
- E19. C                      E21. C                      E23. B
- E20. B                      E22. C                      E24. C
- E25.
  - a) O gráfico representa uma pirâmide trófica que ilustra a relação entre a quantidade de energia ou biomassa para cada nível trófico.
  - b) Cada um dos compartimentos representa um nível trófico. Como uma proporção da biomassa em cada nível trófico não é consumida e uma proporção da energia é perdida na transferência entre níveis tróficos, o tamanho dos retângulos decresce da base para o topo, seja em pirâmides de energia ou de biomassa.
  - c) Nos ecossistemas aquáticos, no entanto, a pirâmide trófica pode ser invertida quando se trata da biomassa contida em cada um dos compartimentos. Nesses ecossistemas, onde a taxa de consumo é alta e os tempos de vida dos produtores primários são baixos, a biomassa será maior para os heterótrofos do que para os autótrofos, fazendo com que a pirâmide seja invertida quando comparada àquela de ecossistemas terrestres.

- E26.
  - a) Sabe-se que a única pirâmide de biomassa que pode ser invertida é a aquática. Assim, a pirâmide de biomassa I representa um ecossistema terrestre, enquanto a pirâmide de biomassa II representa um ecossistema aquático. Neste tipo de ecossistema, o produtor (fitoplâncton), tem menor biomassa, mas se reproduz rapidamente e supre as necessidades alimentares dos consumidores primários (zooplâncton), os quais por sua vez possuem maior biomassa.
  - b) A única pirâmide que não pode ser invertida é a de energia. Assim, em ambos os ecossistemas, tanto o aquático como o terrestre, a pirâmide de energia é a mesma. Ela mostra maior quantidade de energia no nível trófico dos produtores. Essa energia vai diminuindo ao longo da cadeia alimentar a partir dos produtores. Tal pirâmide está representada abaixo:



- E27. Na cadeia alimentar descrita, o fitoplâncton representa os produtores; os microcrustáceos que se alimentam desse fitoplâncton são os consumidores primários; já os pequenos peixes, que comem os microcrustáceos, são consumidores secundários. A introdução de predadores desses peixes vai provocar um aumento no número de microcrustáceos, o que, por sua vez, vai contribuir para a diminuição da população de fitoplâncton que serve de alimento para eles.
- E28. Com a redução da população de coiotes, haverá crescimento da população de castores e ratos, aumentando o consumo dos vegetais A e B. A reintrodução dos lobos reduziu a população de alces e veados, aumentando a população das plantas C e D.



### Objetivos de aprendizagem

1. Reconhecer e exemplificar os principais tipos de relações ecológicas harmônicas e desarmônicas.
2. Analisar e compreender gráficos, identificando o tipo de relação ecológica representada.
3. Analisar e compreender gráficos de crescimento populacional, dominando conceitos como:
  - crescimento teórico x crescimento real;
  - potencial biótico;
  - capacidade suporte.



## 1. Relações ecológicas

Como visto anteriormente, as interações dos seres entre si são chamadas de alelobiose e podem ser divididas em cenobiose ou intraespecíficas, quando ocorrem entre indivíduos da mesma espécie, e aloiobiose ou interespecíficas, quando entre indivíduos de espécies diferentes. Grande parte dessas relações é de base alimentar. Entretanto, as interações entre as populações são muito mais complexas.

Todas as espécies necessitam de recursos do sistema e liberam resíduos de suas atividades. Uma espécie pode servir de recurso para outra, proporcionando-lhe abrigo ou alimento, e seus resíduos são utilizados por outras espécies. Portanto, interações são presentes e constantes, acontecendo de forma direta ou indireta entre os seres vivos que compartilham um ecossistema.

Essas interações estão sempre se modificando, seguindo os passos da evolução, uma vez que tais indivíduos são agentes e alvos da seleção natural.

Existem três tipos de relação:

- **Harmônicas:** quando não há prejuízo de nenhum dos associados;
- **Desarmônicas:** quando pelo menos um dos indivíduos é prejudicado;
- **Neutras:** quando uma ou mais espécies compartilham um mesmo ambiente sem serem afetadas pelas outras.

Em meio a esses três tipos principais há uma série de possibilidades de relações. Há aquelas em que ocorrem benefícios para ambas as espécies (+/+), ou prejuízos para ambas as espécies (-/-). Algumas podem gerar benefícios para apenas uma delas e prejuízos para a outra (+/-). Por fim, a relação pode ser benéfica para a primeira e indiferente para a segunda (+/0), ou causar prejuízos à primeira e ser indiferente para a segunda espécie (-/0).

### 1.1 Relações harmônicas

#### 1.1.1 Intraespecíficas ou homotípicas

##### a) Sociedade (+/+)

É caracterizada por indivíduos da mesma espécie que se agrupam de maneira estável para obter algumas vantagens. Nelas, é comum a divisão de trabalho. Podemos observar dois tipos de sociedade:

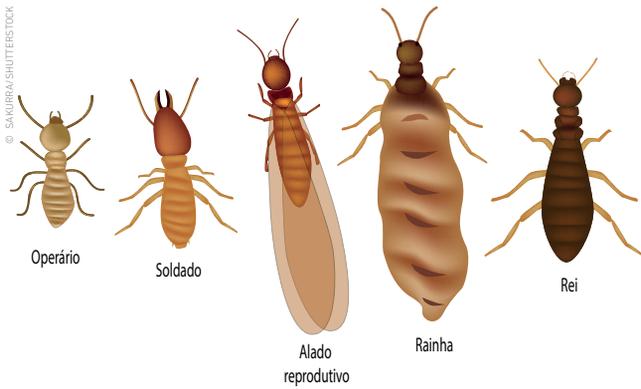
- **Isomorfas:** nessas sociedades, todos os indivíduos nascem iguais, sem predefinição morfológica de trabalho. É muito comum entre sociedade de vertebrados, como peixes, lobos e o próprio homem.
- **Heteromorfas:** entre insetos sociais, como formigas, cupins e abelhas, a divisão de trabalho atinge seu nível máximo. Cada indivíduo é anatomicamente modificado para a função que realiza. Dentro dessa variedade de formas (polimorfismo intraespecífico), cada grupo diferente é denominado casta.

Por exemplo, na sociedade das formigas, podemos identificar três tipos de indivíduos: operárias, soldados e rainhas.



© D. KUCHARSKI / K. KUCHARSKA / SHUTTERSTOCK

Na sociedade dos cupins existem rainhas e reis, além de operários e soldados. As larvas são estimuladas a se desenvolverem em uma dessas castas por feromônios e de acordo com a necessidade da sociedade.



Entre as abelhas, identificamos operárias, rainhas e zangões. A distinção entre as castas de rainhas e operárias é dada pelo tipo de alimentação fornecida às larvas. Todas as larvas são alimentadas, nos primeiros dias, com uma secreção glandular da rainha denominada geleia real. Entretanto, para as abelhas destinadas a serem operárias, essa alimentação é substituída por mel e pólen, enquanto para as futuras rainhas a geleia é mantida.

Os zangões são originados de óvulos não fecundados (haploides), que recebem secreções hormonais da rainha. Esse fenômeno é conhecido como partenogênese.



**b) Colônia (+/+)**

É caracterizada pela união de indivíduos da mesma espécie em nível anatômico e fisiológico. Eles apresentam um grau profundo de interdependência, sendo impossível a vida quando isolados. É comum entre organismos com o sistema nervoso pouco desenvolvido ou inexistente. Esse fator impede uma união em nível comportamental, como ocorre nas sociedades.

Podemos identificar dois tipos de colônia:

- **Isomorfas:** não há diferença morfológica entre os indivíduos da colônia nem divisão do trabalho.

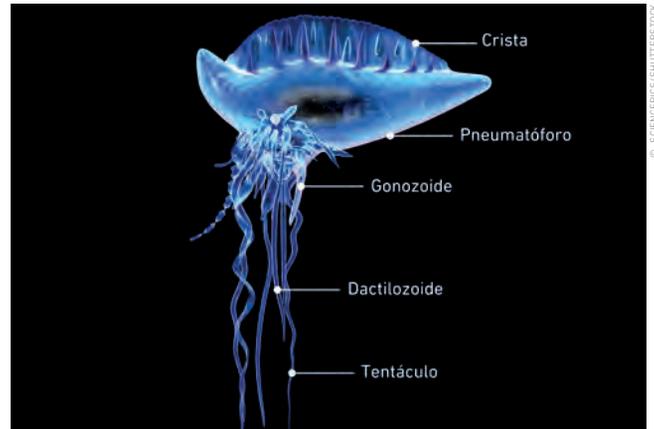
Exemplo: protozoários, algas e corais.

- **Heteromorfas:** os indivíduos que compõem a colônia apresentam diferenças morfológicas e há a divisão do trabalho.

Exemplo: caravela (*Physalia* sp.)

Os principais tipos de indivíduos desta colônia são:

- Nectozoides → Locomoção;
- Pneumatóforos → Flutuação;
- Gastrozoides → Digestão;
- Dactilozoides → Apreensão e defesa;
- Gonozoides → Reprodução.



**1.1.2 Interespecíficas ou heterotípicas**

O conceito de **simbiose** foi criado em 1879 por Heinrich Anton de Bary (1831-1888). Já foi usado como sinônimo de mutualismo obrigatório. Atualmente, simbiose é considerada como qualquer tipo de relação interespecífica permanente, seja ela uma associação positiva ou negativa.

**a) Mutualismo (+/+)**

É caracterizado por duas espécies associadas anatomicamente e fisiologicamente que auferem benefícios de forma mútua. Essa relação é necessária à sobrevivência das duas espécies, sendo, portanto, obrigatória.

- Os líquens são formados pela associação entre uma alga verde ou uma cianobactéria e um fungo ascomiceto. A alga oferece parte da matéria orgânica produzida por fotossíntese, enquanto o fungo oferece umidade e nutrientes minerais.
- Os animais ruminantes não são capazes de digerir celulose. Em seu sistema digestório, encontram-se microrganismos que recebem alimento e abrigo e produzem enzimas capazes de digerir esse polissacarídeo.
- As micorrizas são associações entre fungos e raízes de plantas. As hifas dos fungos contribuem com a absorção de íons minerais presentes no solo, enquanto a planta fornece aos fungos compostos orgânicos produzidos pela fotossíntese. Embora a maioria das

micorrizas sejam interações obrigatórias, existem algumas associações entre fungos e raízes de plantas que são facultativas, sendo, portanto, casos de proto-cooperação.

- As plantas leguminosas apresentam bactérias (como, por exemplo, o gênero *Rhizobium*) em nódulos de suas raízes, as quais realizam a fixação do nitrogênio atmosférico e oferecem compostos nitrogenados à planta. A leguminosa, por sua vez, fornece às bactérias um ambiente propício à fixação biológica e compostos orgânicos sintetizados por meio da fotossíntese.
- Os cupins apresentam protozoários em seu sistema digestório, os quais são capazes de digerir a celulose ingerida por esse inseto, disponibilizando a energia do polissacarídeo para ambos os organismos.



(A) Peixes-palhaço encontrados nos tentáculos de uma anêmona.  
 (B) Pássaros alimentando-se de ectoparasitas presentes em bois.  
 (C) Associação entre paguros e anêmonas-do-mar.



Associação mutualística entre algas e fungos, caracterizada como líquen.

**b) Protocooperação ou mutualismo facultativo (+/+)**

É caracterizada por duas espécies que se beneficiam de forma facultativa, ou seja, elas não são dependentes uma da outra para a sobrevivência.

- Os peixes-palhaço ganham proteção vivendo entre os tentáculos das anêmonas. A proximidade entre essas espécies é facilitada porque a pele desses peixes apresenta uma defesa especial, que impede o disparo dos nematocistos encontrados nos tentáculos das anêmonas, as quais também se beneficiam dos restos de alimento deixados pelos peixes-palhaço.
- Algumas espécies de pássaros alimentam-se de ectoparasitas que vivem na pele de grandes mamíferos herbívoros.
- O caranguejo paguro, também conhecido como bernardo-eremita, vive no interior de conchas de gastrópodes. Sobre a concha, instalam-se uma ou mais anêmonas-do-mar, que afugentam predadores por apresentarem células urticantes.

**c) Comensalismo (+/0)**

Se o mutualismo e a protocooperação são caracterizados pela bilateralidade de benefícios, existem, em contrapartida, relações nas quais apenas um dos lados se beneficia, mas sem causar prejuízo ao outro. Muitos seres se aproveitam dos restos alimentares de outros, estando em perfeita harmonia. Chamamos esse tipo de relação de comensalismo.

Os peixes-piloto (rêmoras) se prendem ao corpo de tubarões e raias, e assim se beneficiam das sobras de alimento. Os tubarões e as raias são indiferentes à presença deles. Outro exemplo são os abutres, que esperam os leões e as hienas se alimentarem para só depois se aproximar e comer os restos das presas.

**d) Forésia (+/0)**

Quando um organismo se prende ao outro, usando-o como transporte. Um exemplo novamente é o da rêmora, que apresenta nadadeira dorsal modificada funcionando como uma ventosa, localizada sobre a cabeça, que serve para mantê-la presa à parte ventral do tubarão.

Outro exemplo interessante de forésia está associado ao transporte de sementes. O fruto modificado das espécies do gênero *Triumfetta* sp. (popularmente conhecido como carrapicho) adere ao pelo de animais como um velcro.



(A) Tubarão cercado por peixes-piloto.  
(B) Frutos que se aderem ao pelo de animais, adaptação para a dispersão de sementes.

**e) Inquilinismo (+/0)**

Quando um animal usa o corpo de outro como abrigo.

Exemplo: o fierásfer ou peixe-agulha é um pequeno peixe que se esconde dentro do aparelho digestivo do pepino-do-mar (uma equinoderma), sem, no entanto, lhe causar prejuízo.

**f) Epifitismo (+/0)**

Quando uma planta utiliza outra como suporte para garantir maior eficiência na captação de raios solares. É uma adaptação comum em florestas tropicais densas, onde os estratos mais baixos recebem pequenas quantidades de luz, por causa do sombreamento ocasionado pelas copas das árvores mais altas.



**1.2 Relações desarmônicas**

**1.2.1 Intraespecíficas ou homotípicas**

**a) Canibalismo (+/-)**

Ocorre quando um animal mata e devora outro da mesma espécie. Ocorre entre insetos, quando animais menores, mais fracos ou doentes são devorados por outros maiores e saudáveis. É comum também após o ato sexual, principalmente entre algumas espécies de aracnídeos e insetos, em que a fêmea devora o macho depois (ou em alguns casos até durante) da cópula.

O canibalismo também ocorre em populações nas quais os recursos se tornaram escassos, devido ao crescimento excessivo do número de seus integrantes. Alguns peixes predadores, por exemplo, na falta de presas costumeiras, podem devorar os indivíduos mais jovens.

Podemos identificar o canibalismo até mesmo em uma poça de água, em que anfíbios lutam para completar sua metamorfose antes que ela seque. Para isso, indivíduos maiores devoram os menores, conseguindo nutrientes para acelerar seu desenvolvimento.



Girinos realizam canibalismo para obtenção de nutrientes adicionais. Isso permite um processo de metamorfose mais rápido.

**b) Competição (-/-)**

Organismos de uma mesma população competem com frequência pela obtenção de diversos recursos, tais como alimentos, espaço e possibilidade de reprodução. Uma das consequências desse processo é o controle do crescimento populacional.

Entre aves e mamíferos, é comum, durante a época da reprodução, que se estabeleçam territórios onde a presença de estranhos não é bem-vinda. Esse comportamento é denominado territorialidade.

Existem inúmeras maneiras de se demarcar um território. Entre mamíferos, como os lobos, é comum a utilização de substâncias presentes na urina que têm odor característico. As aves, como o bem-te-vi, utilizam seu canto de sonoridade particular para delimitar seu espaço.

© WAGNER CAMPELO/SUTTERSTOCK

A luta constante para defender território é movimentada pelo instinto dos seres vivos de passar seus genes adiante. A competição contribui de forma marcante para a seleção natural, uma vez que, geralmente, apenas os indivíduos mais adaptados ou com vantagem reprodutiva conseguem gerar descendentes.

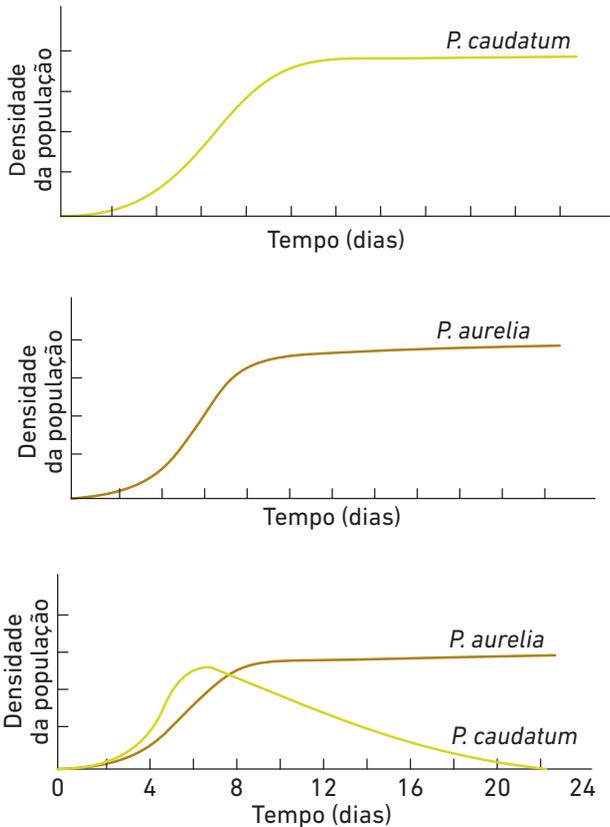
Em uma relação de competição, ocorre prejuízo para ambos os lados. Isso é fácil de imaginar quando pensamos no cenário de uma guerra. Embora um dos lados saia teoricamente vencedor, ocorrem gastos, perdas e mortes dos dois lados. Da mesma forma, na natureza, embora um dos indivíduos saia vencedor, ele apresenta um gasto de energia e de tempo que poderia estar sendo alocado para a própria reprodução.

**1.2.2 Interespecíficas ou heterotípicas**

**a) Competição (-/-)**

Quando duas espécies diferentes, ocupando o mesmo hábitat, utilizam-se de um mesmo tipo de recurso ou alimento, é estabelecida uma competição que pode levar à eliminação de uma das populações da comunidade.

Isso foi demonstrado pelo cientista russo G. F. Gause, em 1934, por meio do seu "princípio da exclusão competitiva".



Ele se utilizou de duas espécies de paramécio que foram criadas em duas situações: separadas e juntas. Assim,

observou que, quando criadas em um mesmo ambiente, uma das espécies tendia a ser eliminada pela competição por alimento.

Observe que mesmo a espécie que sai vencedora da competição é prejudicada. Ela apresenta uma taxa de crescimento muito menor do que quando criada em um ambiente separado.

O princípio de Gause tem grande importância no processo de seleção natural. Na natureza, quando há sobreposição de nichos, a competição ocorre, eliminando indivíduos de ambas as espécies. A pressão ambiental seleciona, então, indivíduos que têm as vantagens adaptativas que lhes permitem explorar outros nichos, evitando a competição.

**b) Parasitismo (+/-)**

Parasitas se instalam nos corpos de seus hospedeiros, espoliando recursos destes sem matá-los de forma imediata, mas reduzindo severamente a qualidade de vida deles por meio da interferência em suas funções fisiológicas e sendo, portanto, causadores de inúmeras doenças.

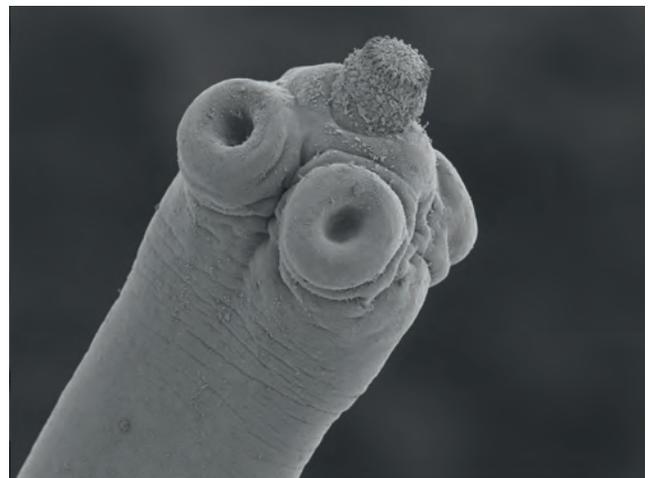
Encontramos parasitas em quase todos os grupos de organismos: vírus, bactérias, protozoários, fungos, vermes, insetos e até mesmo plantas.

Podemos dividir os parasitas de acordo com alguns critérios, entre eles:

• **Localização no hospedeiro**

– **Endoparasitas:** localizam-se internamente no hospedeiro.

Exemplo: vermes, vírus e bactérias.



Vermes platelminto *Taenia saginata*.

– **Ectoparasitas:** localizam-se externamente no hospedeiro.

Exemplo: carrapatos e piolhos.



Carrapato parasita.

• **Tipo de recurso extraído do hospedeiro**

- **Holoparasita:** ocasionam um parasitismo completo. É o caso do cipó-chumbo, que retira a seiva elaborada das árvores que parasita, visto que não tem clorofila, sendo incapaz de realizar a fotossíntese.
- **Hemiparasita:** ocasionam um parasitismo incompleto. É o caso da erva-de-passarinho, que apresenta clorofila, retirando da planta parasitada apenas a seiva bruta (água e sais minerais).

**O que são parasitoides?**

É uma denominação utilizada para larvas de certas espécies de vespas e moscas. Os ovos são colocados sobre um hospedeiro, e a larva consome os tecidos deste enquanto ele ainda se encontra vivo. O processo leva o hospedeiro à morte, mas não antes de as larvas se transformarem em pupas. Dessa forma, podemos dizer que o parasitoide combina características inicialmente de parasitas, espoliando o hospedeiro, e posteriormente de predadores, levando a presa à morte.

**c) Predação (+/-)**

A espécie predadora ataca, mata e devora a presa. A necessidade de obtenção de alimento e a habilidade de não ser predado são duas características extremamente adaptativas e, dessa forma, a predação mostra-se como uma grande motivadora da seleção natural.

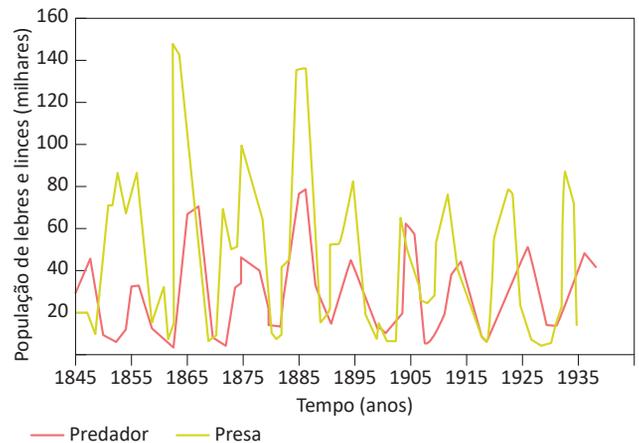
Várias adaptações são encontradas em predadores e presas. A forma e a fisiologia de um predador têm relação direta com sua dieta. Isso pode ser observado de forma bem simples por meio da estrutura dos dentes e dos bicos. Caninos e bicos curvados são próprios para carnívoros. Enquanto isso, herbívoros fazem uso de dentes molares e pré-molares dotados de grande superfície para trituração das fibras vegetais.

Podemos citar também uma grande variedade de apêndices anteriores (patas, garras, pinças) que servem

tanto para capturar quanto para manipular o alimento. Soma-se a isso a estratégia de caça própria de cada predador.

Presas se escondem, fogem ou defendem-se ativamente, dependendo da situação. Em locais abertos, como savanas, existem poucas opções de esconderijo para pastadores. Sendo assim, a melhor estratégia é correr. Plantas fazem uso de acúleos e defesas químicas (substâncias venenosas ou com sabor impalatável), uma vez que são fixas.

O gráfico a seguir mostra o controle entre a população de predadores e presas, com as oscilações periódicas e sincronizadas, as quais mantém o equilíbrio da comunidade.



**Adaptações para a sobrevivência**

Todos os organismos têm alguma forma de adaptação para os tornar mais bem-sucedidos e aumentar a chance de sobrevivência e reprodução. Quando o assunto é escapar do ataque de predadores, ou então do predador se aproximar de suas presas sem ser notado, estas são as principais estratégias observadas na natureza:

**Mimetismo**

Algumas espécies copiam a forma e o padrão de cores de outras, visando a obter proteção. Existem dois tipos de mimetismo:

- **Batesiano:** animais ou plantas impalatáveis ou venenosos servem de modelo para organismos palatáveis e não nocivos. Um exemplo muito conhecido é o da cobra falsa-coral, que mimetiza com perfeição a coral-verdadeira.

- **Mülleriano:** espécies impalatáveis ou venenosas assumem um padrão similar. Esses complexos miméticos aceleram o aprendizado dos predadores, que evitarão todas as espécies com as mesmas características. Exemplo: as borboletas-monarca (*Danaus*

*plexippus*) e as borboletas-vice-rei (*Limenitis archippus*) apresentam a forma e a coloração muito similares. Nesse caso, as sinalizações em comum são verdadeiras, uma vez que ambas as espécies são nocivas.

**Camuflagem**

Espécies que optam por se esconder em alguns casos podem apresentar cores e formas que se confundem com o meio onde vivem. O inseto conhecido como bicho-pau, por exemplo, se mistura à vegetação e passa despercebido por seus predadores. Outros exemplos são o urso-polar, o bicho-folha e o linguado.



(A) *Nezara viridula* mimetizando a vegetação local para se esconder de predadores. (B) Linguado camuflado no assoalho oceânico.

**Coloração de advertência ou aposematismo**

Animais e plantas que são impalatáveis ou produzem toxinas geralmente anunciam o fato para seus predadores por meio de cores fortes. Dessa forma, a presa adverte o predador de que possui defesas. Um exemplo clássico é o que ocorre com determinados anfíbios, como o sapo-dardo-envenenado (*Phyllobates terribilis*), que apresenta uma forte coloração amarela com um veneno de alta toxicidade em sua pele.

**d) Amensalismo (-/0)**

Amensalismo ou antibiose é uma relação em que uma espécie secreta substâncias que impedem ou dificultam o desenvolvimento de outra, sem ser afetada diretamente no processo.

Um exemplo bem conhecido é a **maré vermelha**. Em determinadas condições ambientais, como a hiperfertilização das águas, certas algas marinhas microscópicas de cor avermelhada e produtoras de substâncias altamente tóxicas apresentam intensa proliferação, formando enormes manchas vermelhas no oceano. Por essa razão, a concentração dessas substâncias tóxicas aumenta, provocando grande mortalidade de animais marinhos.

Outro exemplo é o de algumas plantas, como o eucalipto e o *Pinus*, que produzem substâncias de inibição do crescimento de outras plantas de menor porte que estejam próximas. Esse fenômeno também é chamado de alelopatia.

**e) Esclavagismo (+/-)**

Quando um organismo se aproveita do trabalho de outro ou de produtos gerados por outro. Um exemplo bem característico é o do cuco, que coloca seus ovos nos ninhos de outras aves, atribuindo a elas a tarefa de alimentá-lo. Como o ovo do cuco choca mais rápido, ao eclodir, o filhote joga os outros ovos para fora do ninho.

O esclavagismo também ocorre entre algumas formigas. As operárias de uma determinada espécie invadem um formigueiro alvo e capturam todos os imaturos (larvas e pupas) da outra espécie a ser escravizada. Eles então são trazidos até o ninho de origem, onde serão controlados pelos feromônios da nova rainha.

**2. Ecologia das populações**

Como visto anteriormente, populações são conjuntos de indivíduos da mesma espécie convivendo em um mesmo espaço durante certo período de tempo. É importante notar que a inclusão do fator “tempo” é essencial para essa definição, pois as populações não são estáticas. Elas sofrem constantes alterações ao longo do tempo que afetam diretamente o seu desenvolvimento. Mesmo quando estabilizadas, na verdade se encontram em equilíbrio dinâmico, ou seja, um conjunto de forças age sobre as populações de forma a manter seu crescimento estável. O papel da Ecologia, nesse sentido, é estudar esse conjunto de forças, observando como as populações crescem, declinam ou se mantêm estáveis.

Podemos encarar as populações como subunidades de uma espécie, posto que encontramos organismos da mesma espécie vivendo em áreas diferentes.

**2.1 O crescimento das populações – Densidade populacional**

Densidade populacional é definida como a relação entre o número de indivíduos de determinada espécie por

espaço ocupado, que pode ser expresso em área (para o caso das espécies terrestres) ou em volume (para o caso das espécies aquáticas).

Dessa forma, pode-se dizer que uma área é superpovoada quando o número de indivíduos por unidade de área ou volume é grande, ou seja, quando a densidade populacional é alta. Grandes densidades populacionais ou densidades em ascensão podem indicar uma boa capacidade de adaptação a um determinado ambiente ou a circunstâncias ambientais particularmente favoráveis.

Quatro fatores contribuem para aumentar ou diminuir a densidade de uma população:

- **Taxa de natalidade:** é o número de nascimento de indivíduos. A capacidade reprodutiva de algumas espécies é muito alta, como uma estratégia para compensar o alto índice de predação nos primeiros estágios da vida. É caso das ostras, que lançam ao mar milhões de ovos a cada estação de reprodução. Os mamíferos de grande porte (elefante, rinoceronte, homem etc.) têm capacidade reprodutiva muito baixa (geralmente um filhote por ninhada). Dessa forma, existe maior investimento em cuidado parental, para assegurar a sobrevivência do filhote, assim como o tempo de gestação e amamentação é longo.
- **Taxa de mortalidade:** refere-se ao número de organismos que morrem em determinado período de tempo. É geralmente alta em populações naturais, em razão de vários fatores, como doenças, falta de alimento e predação.
- **Taxa de imigração e emigração:** a taxa de imigração reflete o número de indivíduos que entram em uma população, enquanto a taxa de emigração se refere ao número de indivíduos que saem de determinada população.

Podemos dizer, de forma geral, que, enquanto a natalidade e a imigração aumentam a densidade de uma população, a mortalidade e a emigração contribuem para a sua diminuição. Todas essas taxas podem ser influenciadas por fatores ambientais.

- Taxa de natalidade (N),
- Taxa de mortalidade (M),
- Taxa de imigração (I),
- Taxa de emigração (E).

$N + I > M + E \rightarrow$  há crescimento populacional

$N + I = M + E \rightarrow$  há equilíbrio populacional

$N + I < M + E \rightarrow$  há declínio populacional

### Como é feita uma amostra de densidade?

Para medir a densidade de uma população, inicialmente é preciso delimitar a área ocupada por ela. Em seguida, devem-se contar todos os indivíduos existentes na área ou tomar amostras de pequenas áreas. Então, realiza-se a soma dos indivíduos ou extrapola-se o total deles e a densidade, como estimativa. A contagem dos indivíduos também pode ser feita de forma indireta, considerando os ninhos, as tocas ou as pegadas.

## 2.2 Potencial biótico x resistência ambiental

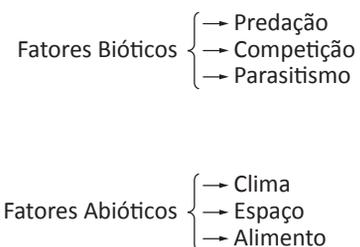
Dois variáveis que atuam antagonicamente interferem e regulam o crescimento de populações: o potencial biótico e a resistência ambiental.

A capacidade de reprodução de uma espécie aferida em um ambiente sem restrições de recursos, espaço ou outros agentes dificultadores é denominada potencial biótico. Quanto maior a capacidade reprodutiva e de dispersão, maior é o potencial biótico da população.

É possível imaginar que tal medida varie entre as espécies de acordo com suas particularidades reprodutivas. Uma única bactéria é capaz de se reproduzir assexuadamente a cada 20 minutos, enquanto um casal de seres humanos conseguiria produzir, em média, apenas um descendente a cada nove meses.

Em um ambiente real, entretanto, o crescimento das populações é limitado por uma série de fatores bióticos e abióticos relacionados ao ecossistema onde vivem. Esse conjunto de fatores é denominado resistência ambiental.

Podemos dividir os componentes da resistência ambiental em dois tipos:



### • Fatores bióticos

Como visto em relações ecológicas, as interações negativas, como competição, parasitismo e predatismo, são prejudiciais a, pelo menos, uma das partes envolvidas.

No entanto, em longo prazo, podem representar um benefício à população, impedindo que ela cresça demasiadamente

e esgote os recursos ambientais. Por exemplo, parasitas se desenvolvem em organismos mais velhos, debilitados ou desnutridos, assim como predadores atacam os indivíduos mais velhos e doentes. Dessa forma, tanto predadores quanto parasitas não eliminam as populações de suas presas (hospedeiros), mas contribuem para que elas não aumentem a ponto de perturbar o equilíbrio do ecossistema, além de auxiliarem na seleção natural.



Predadores e parasitas regulam o crescimento potencial das populações e auxiliam na seleção natural. (A) Leopardo se alimentando de um coelho logo após a caça; (B) ilustração 3D do protozoário *Trypanosoma cruzi*, causador da doença de Chagas.

• **Fatores abióticos:**

Os fatores abióticos que apresentam ação mais direta no crescimento das populações são o clima e o espaço. O alimento, apesar de ser um fator biótico, tem sua disponibilidade atrelada a fatores climáticos, como temperatura, luz e pluviosidade.

Isso ocorre porque o alimento de um ecossistema é produzido por meio da fotossíntese; portanto, qualquer fator ambiental que cause a diminuição da produtividade primária (como a escassez de água, por exemplo) estará afetando diretamente a quantidade de alimento disponibilizada para os outros níveis tróficos.

O crescimento de populações em espaços reduzidos leva a um progressivo aumento da tensão, distúrbios de comportamento, elevação da taxa de mortalidade e diminuição da natalidade. As disputas se tornam constantes, mesmo havendo abundância de alimento. São comuns, também, o abandono de filhotes e o canibalismo. O estresse causado por um ambiente como esse provoca modificações hormonais nas fêmeas, o que as impede de entrar no período fértil, impossibilitando os acasalamentos.

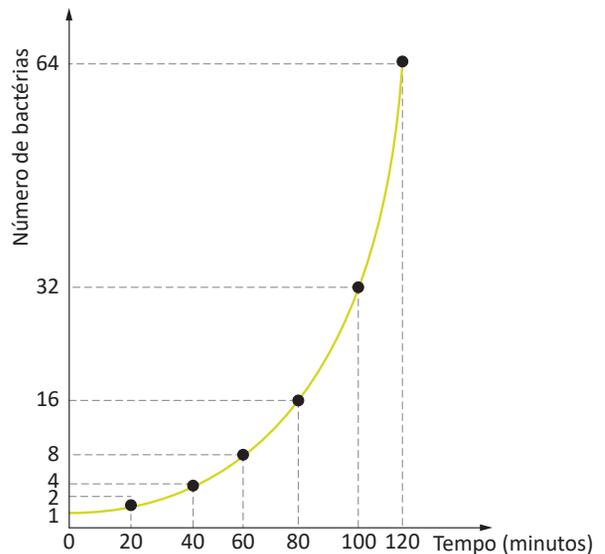
**2.3 Curvas de crescimento populacional**

Vamos analisar dois tipos de gráfico: um com bactérias crescendo sem a resistência ambiental e outro regulado pela resistência.

• **Situação 1** (sem a resistência ambiental)

Tomando bactérias como exemplo, vamos imaginar a utilização de meios de cultura ideais, com alimento abundante, temperatura adequada e dos quais são retirados os resíduos metabólicos que potencialmente prejudicariam as bactérias. Nesse ambiente, também não ocorre competição e predação.

Essa população crescerá em sua máxima velocidade (potencial biótico), descrevendo um gráfico de crescimento exponencial. Uma única bactéria poderia gerar, em seis horas, mais de 250 mil descendentes.

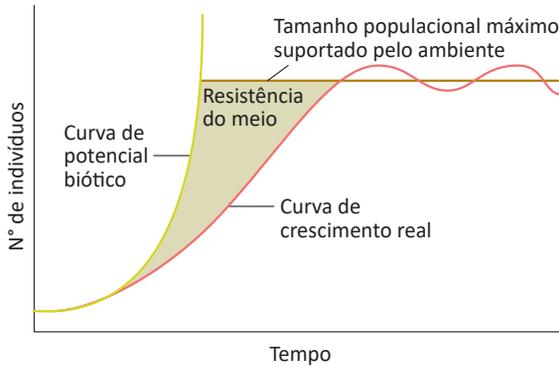


• **Situação 2** (regulado pela resistência ambiental)

Se deixarmos de interferir no ambiente em que as bactérias estão vivendo, sem fornecer alimentos ou remover os resíduos, logo começarão a surgir problemas como competição, falta de espaço e alimento, acúmulo de resíduos etc.

Teremos, então, um gráfico que será resultado direto da interação entre o potencial biótico das bactérias e a

resistência ambiental que se opõe ao crescimento. Esse gráfico apresenta o aspecto de uma curva sigmoide, ou seja, em forma de **S**.



Existem quatro fases do crescimento dessa população:

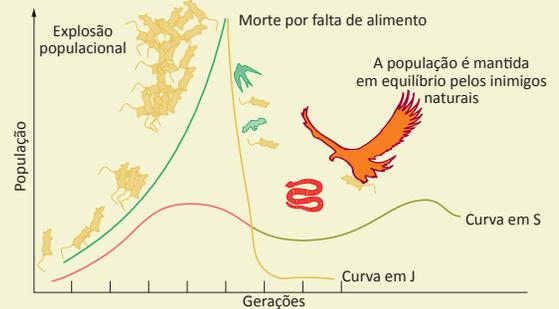
- I. **Fase de crescimento lento:** período de adaptação às condições ambientais;
- II. **Fase de crescimento rápido ou fase logarítmica (fase log):** apresenta crescimento exponencial;
- III. **Diminuição do crescimento:** início da ação da resistência ambiental;
- IV. **Fase de equilíbrio:** a população atingiu sua capacidade de carga do ecossistema, ou seja, o número máximo de organismos que o ambiente é capaz de sustentar em termos de alimento e espaço.

### Crescimento na natureza

Na natureza, um dos mais importantes mecanismos de controle do crescimento das populações é a ação dos predadores. Eles impedem que a população cresça muito além da capacidade suporte, o que faria esgotar os recursos do ambiente. Assim, uma curva típica de um ecossistema sem interação do homem é a curva em S, como a mostrada no gráfico a seguir. Em um primeiro momento, a população de ratos cresce, mas, em seguida, sofre a ação da resistência ambiental (no caso, os predadores, como cobras e gaviões), sem atingir uma densidade que afete a permanência da população naquele ambiente.

Em ecossistemas que sofreram a ação do homem, é comum encontrarmos desequilíbrios. Por exemplo, em cadeias alimentares muito simples, com apenas um tipo de consumidor primário e um tipo de consumidor secundário, a remoção de um dos elos da cadeia pela ação do homem pode ser catastrófica.

Utilizando o exemplo do gráfico, se eliminássemos todos os gaviões e todas as cobras, os ratos cresceriam de forma exponencial até atingirem a capacidade suporte, esgotando os recursos e levando a população a decrescer rapidamente, possivelmente de maneira irreversível. Essa situação também é encontrada quando introduzimos uma espécie nova em um ambiente que não apresenta predadores naturais.



### Controle biológico

Baseado na natureza, o homem desenvolveu uma forma eficiente de controlar o tamanho populacional de espécies indesejadas: a introdução de inimigos naturais. Esta técnica é conhecida como controle biológico, e é utilizada no combate a pragas agrícolas como estratégia não poluente que evita o uso de inseticidas nas lavouras.

Os predadores geralmente são inimigos naturais generalistas, ou seja, eles irão consumir várias espécies de pragas. As joaninhas, por exemplo, são predadores vorazes de pulgões, ácaros e pequenas lagartas. Já os parasitas ou patógenos normalmente são inimigos naturais especialistas, ou seja, eles infectam hospedeiros específicos. É o exemplo do baculovírus utilizado no controle da lagarta-da-soja.

Também há um grupo de inimigos naturais conhecido como parasitoides. Como visto anteriormente, eles combinam comportamentos de parasitas e predadores. Consistem em alguns tipos de vespas ou moscas que depositam seus ovos no interior do corpo dos insetos-alvo. As larvas crescem se alimentando do interior de seus hospedeiros, por fim matando-os ao atingirem o tamanho adequado para a metamorfose. Um caso de muito sucesso é a utilização da vespa *Cotesia flavipes* no controle da broca-da-cana-de-açúcar.

Antes da introdução de qualquer tipo de inimigo natural é necessária a realização de vários estudos populacionais, de forma a garantir o equilíbrio ecológico após o controle biológico.



# EXERCÍCIOS DE FIXAÇÃO

**Objetivo 1.** Reconhecer e exemplificar os principais tipos de relações ecológicas harmônicas e desarmônicas.

## 1. (Uece-CE)

São exemplos de relações ecológicas harmônicas entre indivíduos de espécies diferentes:

- (a) comensalismo, inquilinismo, colônia.
- (b) sociedade, colônia, protocooperação.
- (c) mutualismo, competição, sociedade.
- (d) protocooperação, mutualismo, comensalismo.

**Objetivo 1.** Reconhecer e exemplificar os principais tipos de relações ecológicas harmônicas e desarmônicas.

## 2. (PUC-RJ)

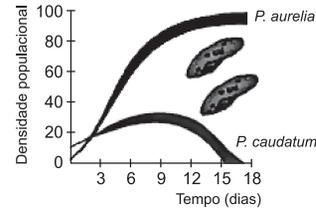
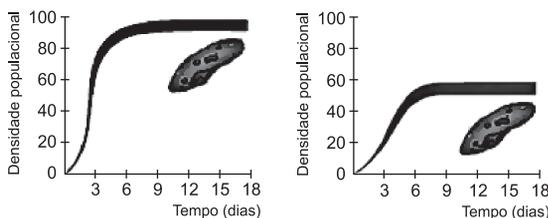
A digestão de celulose nos ruminantes é realizada por bactérias celulolíticas presentes em um de seus estômagos. Essas bactérias encontram abrigo e alimento nos estômagos dos ruminantes, e, em contrapartida, digerem a celulose em moléculas menores, capazes de serem aproveitadas por esses animais. Essa relação pode ser classificada como

- (a) comensalismo.
- (b) competição.
- (c) mutualismo.
- (d) parasitismo.
- (e) predatismo.

**Objetivo 2.** Analisar e compreender gráficos, identificando o tipo de relação ecológica representada.

## 3. (PUC-RJ)

As figuras abaixo mostram o crescimento populacional, ao longo do tempo, de duas espécies de *Paramecium* cultivadas isoladamente e em conjunto. Os resultados desse experimento embasaram o que é conhecido como Princípio de Gause.



Disponível em: <<http://nossomeioprinteiro.wordpress.com/tag/comunidades/>>.

Considere o tipo de relação ecológica entre essas duas espécies e indique a afirmação correta.

- (a) A espécie *P. aurelia* é predadora de *P. caudatum*.
- (b) *P. aurelia* exclui *P. caudatum* por competição intraespecífica.
- (c) *P. aurelia* e *P. caudatum* utilizam recursos diferentes.
- (d) *P. aurelia* exclui *P. caudatum* por parasitismo.
- (e) *P. aurelia* exclui *P. caudatum* por competição interespecífica.

**Objetivo 1.** Reconhecer e exemplificar os principais tipos de relações ecológicas harmônicas e desarmônicas.

## 4. (Unesp-SP)

Na natureza, a grande maioria dos gafanhotos é verde. No entanto, uma mutação genética incomum e pouco conhecida, chamada eritrismo, provoca alteração na produção de pigmentos, o que resulta em gafanhotos cor-de-rosa. Descobertos em 1887, esses gafanhotos raramente são encontrados.



<<http://voices.nationalgeographic.com>> (Adaptado.)

Os gafanhotos cor-de-rosa são raros porque

- (a) a mutação reduz a variabilidade genética na população de gafanhotos, prejudicando a seleção natural de indivíduos cor-de-rosa.

- (b) concorrem por alimento com os gafanhotos verdes, que são mais eficientes por terem a mesma coloração das folhagens.
- (c) destacam-se visualmente e são facilmente encontrados e predados, enquanto os gafanhotos verdes se camuflam na natureza.
- (d) os gafanhotos verdes são mais numerosos na natureza e, portanto, se reproduzem e deixam muito mais descendentes.
- (e) são muito menos evoluídos que os gafanhotos verdes e por isso sobrevivem por pouco tempo na natureza.

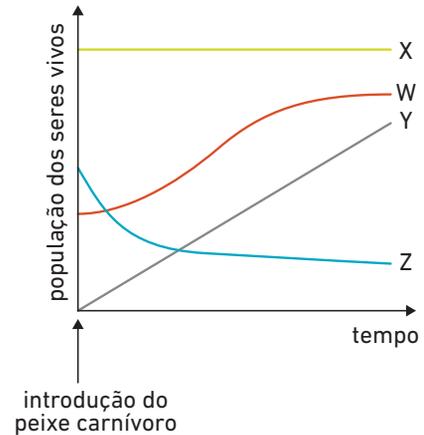
**Objetivo 3.** Analisar e compreender gráficos de crescimento populacional, dominando conceitos como:

- crescimento teórico x crescimento real;
- potencial biótico;
- capacidade suporte.

**5. (Uerj-RJ)**

Em um ecossistema lacustre habitado por vários peixes de pequeno porte, foi introduzido um determinado

peixe carnívoro. A presença desse predador provocou variação das populações de seres vivos ali existentes, conforme mostra o gráfico a seguir.



A curva que indica a tendência da variação da população de fitoplâncton nesse lago, após a introdução do peixe carnívoro, é a identificada por:

- (a) W
- (b) X
- (c) Y
- (d) Z

## EXERCÍCIOS PROPOSTOS



**E1. (Unigranrio-RJ)**

A imagem abaixo representa um conjunto de cracas, crustáceos marinhos sésseis que quando adultos têm o exoesqueleto calcificado, composto por várias placas que definem uma forma cônica. As cracas podem se fixar em rochas, cascos de embarcações, madeiras de ancoradouros e até em seres vivos como as baleias. Em um ecossistema, há muitos tipos de interações entre seres vivos tal qual as intraespecíficas harmônicas, como no exemplo das cracas. Assim sendo, pode-se dizer que as cracas são um exemplo de:



- (a) sociedade.
- (b) comensais.
- (c) colônia.
- (d) mutualismo.
- (e) inquilinismo.

**E2. (UFPA-PA)**

A respeito das interações entre os seres vivos, considere os seguintes enunciados:

- I. Na natureza, as diversas populações que formam um(a) 1 estabelecem entre si relações mais ou menos íntimas.
- II. As 2 compreendem as relações estabelecidas entre indivíduos pertencentes à mesma espécie. Exemplos: colônias e sociedades.
- III. As 3 compreendem as interações nas quais não se verifica nenhum tipo de prejuízo entre os organismos associados e pelo menos uma espécie é beneficiada.
- IV. As 4 são as relações nas quais pelo menos uma espécie é prejudicada.

A única alternativa que completa corretamente as lacunas enumeradas de 1 a 4 nos enunciados acima é, respectivamente,

- (a) comunidade, relações intraespecíficas, relações harmônicas, relações desarmônicas ou negativas.
- (b) ecossistema, relações intraespecíficas, relações harmônicas, relações desarmônicas ou negativas.
- (c) comunidade, relações interespecíficas, relações harmônicas, relações desarmônicas ou negativas.
- (d) simbiose, relações intraespecíficas, relações positivas ou harmônicas, relações desarmônicas ou negativas.
- (e) comunidade, relações intraespecíficas, relações negativas ou desarmônicas, relações positivas.

**E3. (UFRGS-RS) ☆**

Considere as seguintes afirmações sobre as interações intraespecíficas desarmônicas.

- I. O canibalismo sexual observado em fêmeas de louva-a-deus é um exemplo desse tipo de interação.
- II. Esse tipo de interação não ocorre em plantas.
- III. A disputa por fêmeas entre machos de uma espécie exemplifica esse tipo de interação.

Quais estão corretas?

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

**E4. (UFPR-PR)**

Associe os tipos de relação ecológica com as situações apresentadas.

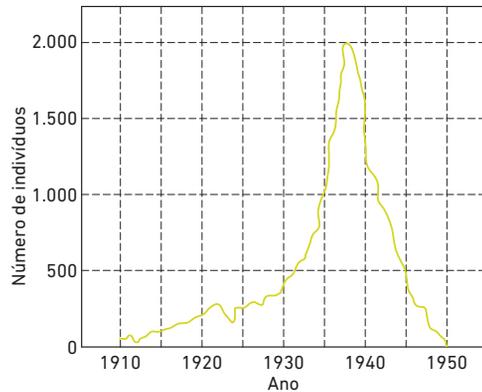
1. Um pássaro que se alimenta de carrapatos que vivem sobre grandes mamíferos, como bois ou búfalos.
  2. Uma epífita (por exemplo, uma orquídea) que cresce sobre uma grande árvore.
  3. Uma rêmora (ou peixe-piloto) que vive em associação com um tubarão, sendo transportada por ele e aproveitando-se dos restos da alimentação do carnívoro.
  4. Bactérias e protozoários que vivem no interior do intestino de cupins, em que digerem a celulose.
- ( ) Inquilinismo
  - ( ) Comensalismo
  - ( ) Protocooperação (ou cooperação)
  - ( ) Mutualismo

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

- (a) 1 – 3 – 2 – 4.
- (b) 4 – 2 – 1 – 3.
- (c) 2 – 3 – 1 – 4.
- (d) 2 – 4 – 3 – 1.
- (e) 1 – 2 – 4 – 3.

**E5. (Fuvest-SP) ☆**

Em 1910, cerca de 50 indivíduos de uma espécie de mamíferos foram introduzidos numa determinada região. O gráfico abaixo mostra quantos indivíduos dessa população foram registrados a cada ano, desde 1910 até 1950.



Fonte: BSCS Biology - An ecological approach. Kendal/Hunt Pub. Co., 5th ed. 2006. (Adaptado.)

Esse gráfico mostra que,

- (a) desde 1910 até 1940, a taxa de natalidade superou a de mortalidade em todos os anos.
- (b) a partir de 1938, a queda do número de indivíduos foi devida à emigração.
- (c) no período de 1920 a 1930, o número de nascimentos mais o de imigrantes foi equivalente ao número de mortes mais o de emigrantes.
- (d) no período de 1935 a 1940, o número de nascimentos mais o de imigrantes superou o número de mortes mais o de emigrantes.
- (e) o período de 1910 a 1950, o número de nascimentos mais o de imigrantes superou o número de mortes mais o de emigrantes.

**E6. (FTESM-RJ)**

No chaparral californiano, nota-se a existência de arbustos de *Salvia leucophylla*, em torno dos quais não nasce nenhuma planta em um raio de 1 a 2 m. Descobriu-se que esse fato era consequência da ação dos óleos voláteis produzidos pela *Salvia*. A relação entre a *Salvia* e as demais plantas é conhecida como

- (a) amensalismo.
- (b) competição.
- (c) parasitismo.
- (d) predatismo.
- (e) comensalismo.

**E7. (UDESC-SC)**

Em uma comunidade biológica os organismos interagem entre si nas chamadas relações ecológicas. Com respeito a estas interações, associe as colunas A e B.

- |                    |                                           |
|--------------------|-------------------------------------------|
| <b>A.</b>          | <b>B.</b>                                 |
| 1. Colônias        | ( ) Abelhas e vespas.                     |
| 2. Inquilinismo    | ( ) Líquens.                              |
| 3. Sociedades      | ( ) Bromélias, orquídeas.                 |
| 4. Mutualismo      | ( ) Corais.                               |
| 5. Protocooperação | ( ) Anêmonas do mar e caranguejo-eremita. |

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

- |                        |                        |
|------------------------|------------------------|
| (a) 1 - 3 - 4 - 5 - 2. | (d) 3 - 4 - 2 - 1 - 5. |
| (b) 4 - 3 - 2 - 5 - 1. | (e) 3 - 2 - 4 - 5 - 1. |
| (c) 2 - 3 - 1 - 4 - 5. |                        |

**E8. (Uece-CE)**

Em relação à dinâmica de populações, escreva **V** ou **F** conforme seja verdadeiro ou falso o que se afirma nos itens abaixo.

- ( ) A densidade populacional é definida como o número de indivíduos presentes na comunidade que vive em determinada área ou volume.
- ( ) A curva de crescimento populacional real resulta da interação entre seu potencial biológico e a resistência ambiental.
- ( ) Qualquer população pode apresentar crescimento exponencial, independente do meio em que vive.
- ( ) A capacidade de carga ou resistência ambiental, a competição e a densidade populacional são exemplos de fatores que regulam o crescimento populacional.

Está correta, de cima para baixo, a seguinte sequência:

- |                 |                 |
|-----------------|-----------------|
| (a) V, V, V, F. | (c) F, V, F, V. |
| (b) V, F, V, F. | (d) F, F, F, V. |

**E9. (Unesp-SP)**

O garoto gosta de biologia e, de pronto, identificou no quintal alguns exemplos de associações interespecíficas: as orquídeas, fixas ao tronco da árvore, apresentam raízes com micorrizas e, nesse mesmo tronco, são observados alguns líquens. Que associações interespecíficas são identificadas nesses exemplos? Justifique.

**E10. (UFPR-PR)**

Em uma região onde cresce o capim-dourado (*Syngonanthus nitens*), vivem gafanhotos (*Rhammatocerus conspersus*), cupins (*Cornitermes cumulans*), pássaros-pretos (*Gnorimopsar chopi*), andorinhas-de-coleira (*Pygochelidon melanoleuca*), morcegos (*Artibeus cinereus*), tamanduás-bandeira (*Myrmecophaga tridactyla*) e raposinhas (*Lycalopex vetulus*).

- (a) Com base nas informações apresentadas na questão, liste as populações que constituem a comunidade biológica.
- (b) A raposinha (*Lycalopex vetulus*) tem uma dieta onívora, mas se alimenta principalmente de insetos. O tamanduá-bandeira é especializado em se alimentar de formigas e cupins. Considerando essas informações, que relações ecológicas interespecíficas podem ser descritas entre a raposinha e as espécies de insetos e entre a raposinha e o tamanduá?

**E11. (UFRGS-RS)**

O quadro abaixo apresenta, na primeira coluna, tipos de interações entre populações de uma comunidade; na segunda, exemplos dessas interações; e, na terceira, alguns organismos que ilustram os exemplos.

Tipos de interações	Exemplos de interações	Organismos
(I)	Inquilinismo	Orquídeas
Interespecífica desarmônica	(II)	Piolho
Intraespecífica harmônica	Sociedades heteromórficas	(III)

Assinale a alternativa que substitui adequadamente a sequência de números do quadro.

- (a) Interespecífica harmônica – Parasitismo – Cupins
- (b) Intraespecífica desarmônica – Canibalismo – Corais
- (c) Interespecífica desarmônica – Competição – Líquens
- (d) Interespecífica harmônica – Predação – Carrapatos
- (e) Intraespecífica harmônica – Amensalismo – *Physalia* (caravela-portuguesa)

**E12. (UFPR-PR)**

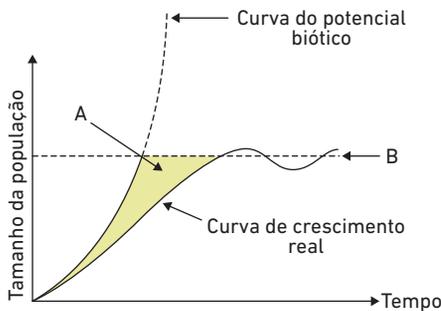
Uma coruja caça durante a noite e captura um morcego. Ambos são capturados por uma rede armada

por pesquisadores. Após análise cuidadosa da coruja e do morcego, os pesquisadores encontraram, sob as penas da coruja, ácaros e piolhos, e sob os pelos do morcego, moscas hematófagas. As interações interespecíficas entre a coruja e o morcego, entre os ácaros e os piolhos e entre as moscas hematófagas e o morcego são denominadas, respectivamente:

- (a) predação, parasitismo e inquilinismo.
- (b) predação, mutualismo e parasitismo.
- (c) parasitismo, competição e predação.
- (d) predação, competição e parasitismo.
- (e) competição, inquilinismo e parasitismo.

**E13. (UEPG-PR-Adaptado)**

Os seres vivos sempre originam um número muito maior de descendentes do que o próprio meio comporta. O gráfico abaixo representa o potencial biótico e a resistência ambiental de uma população ao longo do tempo. Com relação a essas características ecológicas de crescimento populacional, indique a soma da(s) proposição(ões) correta(s).



- (01) O potencial biótico da população corresponde à sua capacidade potencial para aumentar, por reprodução, seu número de indivíduos em condições ideais, isto é, sem fatores que impeçam esse aumento.
- (02) O gráfico demonstra que, quando a população tem sua fundação, o crescimento populacional é lento, pois há pequeno número de indivíduos e, consequentemente o número de intercruzantes é baixo.
- (04) A região mais escura apontada em A demonstra a resistência do meio ao crescimento populacional, ou seja, à medida que a população cresce, a resistência ambiental aumenta, reduzindo o crescimento populacional.
- (08) Na situação apontada em B, a população terá atingido a capacidade de suporte do meio. A partir de então tem-se a população cujo tamanho é máximo para aquele ambiente.

**E14. (Unesp-SP)**

Nos troncos de várias árvores do quintal de Dona Márcia, crescem exemplares de *Oncidium sp.*, a chuva-de-ouro, uma espécie de orquídea nativa da Mata Atlântica que produz numerosos cachos de flores pequenas e amarelas.

Antes da floração, são comuns o ataque de pulgões, que costumam sugar a seiva das hastes novas, e, também, o aparecimento de joaninhas, que se alimentam desses animais e controlam naturalmente a população de pulgões.

Quando da floração, as plantas são visitadas por diferentes espécies de abelhas, que disputam o pólen e o óleo secretado por glândulas da flor. Esse óleo é utilizado pelas abelhas na alimentação de suas larvas.



O texto traz vários exemplos de diferentes relações interespecíficas. Cite quatro delas, relacionando-as ao exemplo do texto, e explique-as em termos de benefício ou de prejuízo para as espécies envolvidas.

**E15. (Uerj-RJ)**

As imagens abaixo retratam besouros de espécies distintas transportando ácaros.

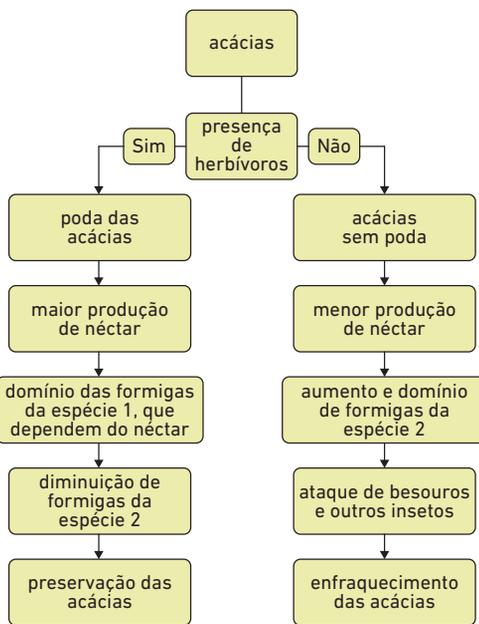


Na imagem I, a relação estabelecida entre os ácaros e o besouro é de comensalismo e, na imagem II, de parasitismo.

Diferencie os dois tipos de relação ecológica e indique duas vantagens para os ácaros na relação de comensalismo.

**E16. (Enem) ☆**

Um grupo de ecólogos esperava encontrar aumento de tamanho das acácias, árvores preferidas de grandes mamíferos herbívoros africanos, como girafas e elefantes, já que a área estudada era cercada para evitar a entrada desses herbívoros. Para espanto dos cientistas, as acácias pareciam menos viçosas, o que os levou a compará-las com outras de duas áreas de savana: uma área na qual os herbívoros circulam livremente e são feitas podas regulares nas acácias, e outra de onde eles foram retirados há 15 anos. O esquema a seguir mostra os resultados observados nessas duas áreas.



De acordo com as informações acima,

- (a) a presença de populações de grandes mamíferos herbívoros provoca o declínio das acácias.
- (b) os hábitos de alimentação constituem um padrão de comportamento que os herbívoros aprendem pelo uso, mas que esquecem pelo desuso.
- (c) as formigas da espécie 1 e as acácias mantêm uma relação benéfica para ambas.
- (d) os besouros e as formigas da espécie 2 contribuem para a sobrevivência das acácias.
- (e) a relação entre os animais herbívoros, as formigas e as acácias é a mesma que ocorre entre qualquer predador e sua presa.

**E17. (UEM-PR-Adaptado)**

Um grupo de alunos, em uma aula de campo às margens do rio Paraná, observou: garças brancas pequenas que acompanhavam o gado bovino e comiam os carrapatos; serpentes que capturavam sapos e

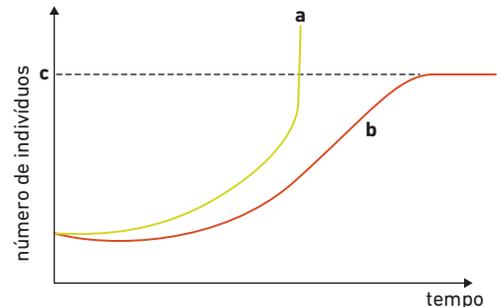
pequenos roedores; seriemas capturando serpentes e pererecas. Os alunos fizeram muitas considerações, e algumas estão relacionadas abaixo.

Indique a soma da(s) proposição(ões) correta(s).

- (01) Entre os bois e os carrapatos, as garças e os carrapatos, existem relações interespecíficas, denominadas, respectivamente, parasitismo e predação.
- (02) Os pequenos roedores e as pererecas estabelecem uma relação de comensalismo.
- (04) As garças brancas pequenas e o gado têm uma relação de mutualismo.
- (08) As pererecas estabelecem uma simbiose com as serpentes e as seriemas, relação que regula a densidade populacional das espécies envolvidas.
- (16) As serpentes e as seriemas estabelecem uma relação de competição.

**E18. (PUC-RJ) ☆**

A partir da observação do gráfico que segue, que mostra diferentes tipos de crescimento populacional, é correto afirmar que as letras **a**, **b** e **c** representam, respectivamente:



- (a) uma curva de crescimento real, uma curva de crescimento exponencial e a resistência ambiental.
- (b) uma curva de crescimento real, uma curva de potencial biótico e a resistência ambiental.
- (c) uma curva de potencial biótico, uma curva de crescimento real e a resistência ambiental.
- (d) uma curva de potencial biótico, uma curva de crescimento exponencial e a resistência ambiental.
- (e) uma curva de potencial biótico, uma curva de crescimento real e a capacidade de suporte do ambiente.

**E19. (UEL-PR)**

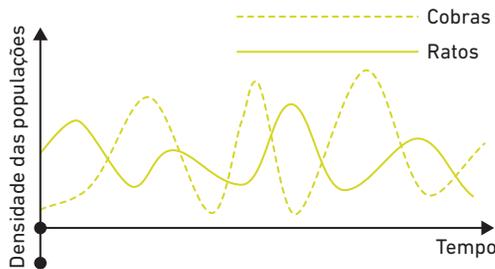
Mimetismo é um termo utilizado em biologia, a partir da metade do século XIX, para designar um tipo de adaptação em que uma espécie possui características que evoluíram para se assemelhar com as de outra espécie. As

observações do naturalista Henry Walter Bates, estudando borboletas na Amazônia, levaram ao desenvolvimento do conceito de mimetismo batesiano. É **correto** afirmar que o mimetismo batesiano é uma adaptação em que

- (a) a fêmea de algumas espécies de inseto é imitada por flores que se beneficiam da tentativa de cópula do macho para sua polinização.
- (b) uma espécie apresenta características que a assemelham ao ambiente, dificultando sua localização por outras espécies com as quais interage.
- (c) um modelo inofensivo é imitado por um predador para se aproximar o suficiente de sua presa a ponto de capturá-la.
- (d) um modelo tóxico ou perigoso é imitado por espécies igualmente tóxicas ou perigosas.
- (e) um modelo tóxico ou perigoso é imitado por espécies palatáveis ou inofensivas.

**E20. (UFSC-SC-Adaptado) ☆**

Um pesquisador interessado em estudar dinâmica populacional monitorou, em uma determinada área e por um período de tempo, as densidades populacionais de cobras e ratos, obtendo como resultado o gráfico abaixo.



Com respeito ao gráfico e aos fatores que influenciam as densidades populacionais, indique a soma da(s) proposição(ões) correta(s).

- (01) O crescimento da população de ratos não influencia o crescimento da população de cobras.
- (02) As duas espécies ocupam o mesmo hábitat e nicho ecológico.
- (04) Se duas espécies ocupam o mesmo nicho ecológico, ocorre simbiose entre elas, o que pode levar ao desaparecimento de uma delas da área.
- (08) As densidades populacionais representadas sofreram variações ao longo do tempo.
- (16) O parasitismo, os intemperismos, a disponibilidade de alimentos e espaço são fatores que influenciam na densidade das populações.
- (32) Por serem autótrofas, não são observados mecanismos de controle da densidade populacional nas espécies vegetais.

(64) A territorialidade (estabelecimento de territórios) de algumas espécies animais é fator influente na densidade populacional de uma área.

**E21. (Enem) ☆**

Um pesquisador investigou o papel da predação por peixes na densidade e tamanho das presas, como possível controle de populações de espécies exóticas em costões rochosos. No experimento colocou uma tela sobre uma área da comunidade, impedindo o acesso dos peixes ao alimento, e comparou o resultado com uma área adjacente na qual os peixes tinham acesso livre. O quadro apresenta os resultados encontrados após 15 dias de experimento.

Espécie exótica	Área com tela		Área sem tela	
	Densidade (indivíduos/m <sup>2</sup> )	Tamanho médio dos indivíduos (cm)	Densidade (indivíduos/m <sup>2</sup> )	Tamanho médio dos indivíduos (cm)
Alga	100	15	110	18
Craca	300	2	150	1,5
Mexilhão	380	3	200	6
Ascídia	55	4	58	3,8

O pesquisador concluiu corretamente que os peixes controlam a densidade dos(as)

- (a) algas, estimulando seu crescimento.
- (b) cracas, predando especialmente animais pequenos.
- (c) mexilhões, predando especialmente animais pequenos.
- (d) quatro espécies testadas, predando indivíduos pequenos.
- (e) ascídias, apesar de não representarem os menores organismos.

**E22. (UEL-PR)**

No nível de organismo, a ecologia procura saber como os indivíduos são afetados pelo seu ambiente e como eles os afetam. No nível de população, a ecologia ocupa-se da presença ou ausência de determinadas espécies, da sua abundância ou raridade e das tendências e flutuações em seus números. A ecologia de comunidades, então, trata da composição ou estrutura de comunidades ecológicas.

TOWNSEND, C. R. *Fundamentos em ecologia*. 2. ed. Porto Alegre: Artmed, 2006. p. 28. (Adaptado.)

Com base no texto e nos conhecimentos sobre o tema, considere as afirmativas.

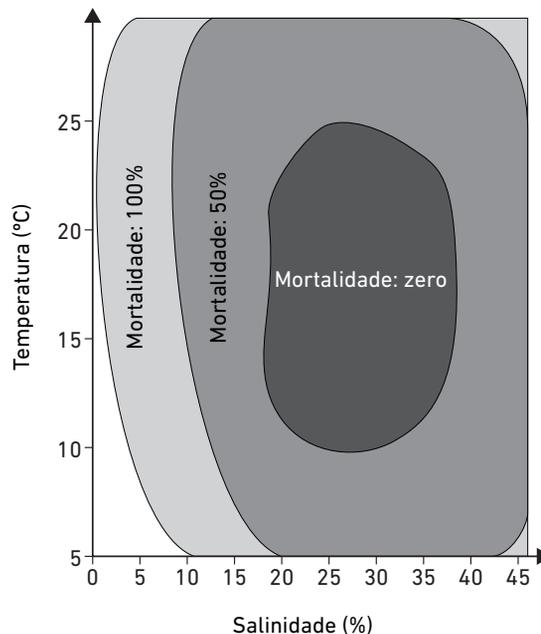
- I. No mimetismo mülleriano, os organismos palatáveis se desenvolvem de forma idêntica aos impalatáveis, que são rejeitados pelos predadores. Os complexos mimetismos batesianos compreendem as espécies nocivas que usam aparências semelhantes entre si para anunciarem que são impalatáveis.
- II. A competição é o uso ou a disputa de um recurso por um ou mais indivíduos consumidores. Quando os indivíduos pertencem à mesma espécie, sua interação é chamada de competição interespecífica. Quando pertencem a espécies diferentes, é chamada de competição intraespecífica.
- III. Na protocooperação, duas populações são beneficiadas pela associação, embora as relações não sejam obrigatórias. Quanto ao mutualismo, o crescimento e a sobrevivência de duas populações são beneficiados, sendo que nenhuma delas consegue sobreviver em condições naturais sem a outra.
- IV. A competição pode ser inferida por uma mudança no tamanho populacional de uma espécie após a adição ou remoção de outra. Quando duas espécies competem fortemente, a população da primeira espécie é sensível à mudança nos números da segunda, e vice-versa.

Assinale a alternativa correta.

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

### E23. (Fuvest-SP)

Analise o gráfico abaixo, relativo à mortalidade de fêmeas férteis do camarão-da-areia (*Crangon septemspinosa*) em água aerada, em diferentes temperaturas e salinidades, durante determinado período.



BERGON, M; TOWNSEND, C. R.; HARPER, J. L. *Ecologia de indivíduos e ecossistemas*. Artmed: Porto Alegre, 2007. (Adaptado.)

- (a) Qual dos seguintes conceitos - ecossistema, hábitat, nicho ecológico - está implícito nesse gráfico?
- (b) Os dados de mortalidade representados nesse gráfico referem-se a que nível de organização: espécie, população ou comunidade?
- (c) Temperatura e salinidade são fatores abióticos que, nesse caso, provocaram mortalidade das fêmeas do camarão-da-areia. Cite dois fatores bióticos que também possam produzir mortalidade.

**E24. (Uerj-RJ) ☆**



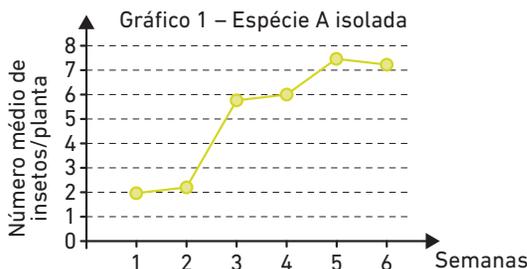
As imagens acima mostram três espécies de rãs venenosas encontradas na América do Sul, que se caracterizam por suas cores vivas. É possível observar que os padrões de coloração de alguns indivíduos da espécie A são semelhantes àqueles presentes nos indivíduos da espécie B, enquanto outros da espécie A se assemelham aos indivíduos da espécie C.

Nomeie o fenômeno da presença de cores vivas em animais venenosos e explique sua vantagem para a sobrevivência desses animais.

Em seguida, indique o tipo de mimetismo presente nas três espécies retratadas e descreva seu mecanismo de atuação.

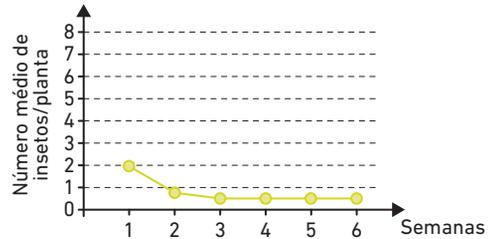
**E25. (Fuvest-SP) ☆**

Num estudo, a população do inseto *Caliothrips phaseoli* (espécie A) permaneceu isolada de outros insetos; o gráfico 1 mostra o número médio de indivíduos por planta, registrado ao longo de seis semanas.



Em outra situação do estudo, os insetos da espécie *Caliothrips phaseoli* (espécie A) foram mantidos na presença de insetos da espécie *Orius insidiosus* (espécie B). O gráfico 2 mostra o número médio de insetos da espécie A por planta.

Gráfico 2 - Espécie A na presença da espécie B



- (a) Cite um tipo de interação ecológica que possa ter ocorrido entre as espécies A e B. Que informação fornecida nos gráficos apoia sua resposta?
- (b) Cite um tipo de interação ecológica entre as espécies A e B que não seja compatível com os dados apresentados nos gráficos. Para serem compatíveis com a interação ecológica citada, os números médios de indivíduos por planta, no gráfico 2, deveriam ser maiores ou menores? Justifique sua resposta.

**E26. (Fuvest-SP) ☆**

Determinada planta do cerrado abriga formigas, cigarrinhas, predadores e parasitas de cigarrinhas e também herbívoros que causam dano foliar. Os gráficos abaixo mostram os resultados de estudo sobre relações entre os animais e entre eles e a planta.

Gráfico I

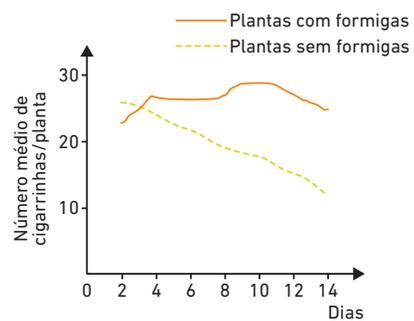
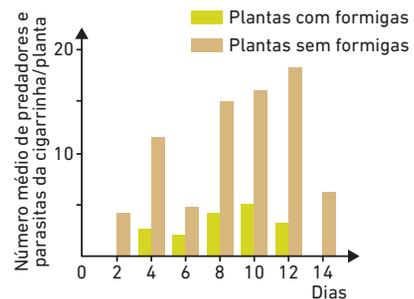
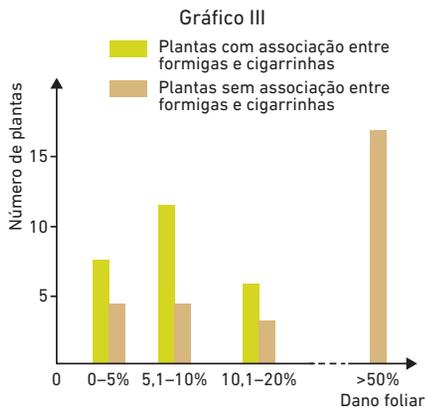


Gráfico II





K. Del-Claro & H. M. Torezan-Silingardi. Ecologia das Interações *Plantas-Animais*, 2012. (Adaptado.)

- Gráfico I: Número médio de cigarrinhas, em plantas com e sem formigas, ao longo de duas semanas.

- Gráfico II: Número médio de predadores e parasitas das cigarrinhas, em plantas com e sem formigas, ao longo de duas semanas.

- Gráfico III: Porcentagem de dano foliar em plantas com e sem associação entre formigas e cigarrinhas

Com base nos resultados representados nos gráficos, responda:

- (a) A associação entre formigas e cigarrinhas é benéfica ou é prejudicial para alguma dessas populações de insetos? Cite o(s) gráfico(s) que permite(m) tal conclusão.
- (b) A associação entre formigas e cigarrinhas é benéfica ou prejudicial para a planta? Justifique sua resposta.



# FOLHA AZ

## 1. (UPM-SP)

Muitos seres vivos formam associações denominadas colônias. A respeito delas, são feitas as afirmações a seguir.

- I. Envolvem somente indivíduos da mesma espécie.
- II. Os indivíduos, mesmo sendo da mesma espécie, podem ser iguais ou diferentes, de acordo com a função que desempenham.
- III. Há sempre o envolvimento de produtores e consumidores.
- IV. Há somente benefício para os indivíduos envolvidos.

São verdadeiras apenas as afirmações

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

## 2. (UFPR-PR)

Para atrair potenciais polinizadores, as plantas comumente armazenam néctar nas suas flores em estruturas específicas chamadas de nectários. Contudo, várias espécies de plantas também podem apresentar nectários longe das flores, os chamados "nectários extraflorais". Essas estruturas podem ser encontradas em vários locais, como folhas e brotos. Durante a sua procura por alimento, formigas se deparam com esses nectários, passam a se alimentar do néctar produzido, a eles retornando repetidamente. Durante essa atividade, as formigas acabam patrulhando essas plantas e defendendo-as contra potenciais herbívoros, como lagartas e percevejos. Esse tipo de interação entre formigas e plantas com nectários extraflorais pode ser categorizado como:

- (a) epifitismo.
- (b) mutualismo.
- (c) colonialismo.
- (d) predação.
- (e) parasitismo.

### 3. (Acafe-SC)

As relações ecológicas são interações entre os seres que vivem em um determinado ambiente. Essas interações podem trazer ou não benefícios para os envolvidos. Assim, correlacione as colunas a seguir.

- |                 |     |                                                                                                                                                                                                        |
|-----------------|-----|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. Amensalismo  | ( ) | Relação ecológica em que uma espécie vive às custas de outra espécie, causando-lhe prejuízos.                                                                                                          |
| 2. Esclavagismo |     |                                                                                                                                                                                                        |
| 3. Inquilinismo | ( ) | Relação desarmônica interespecífica em que o desenvolvimento ou o próprio nascimento de indivíduos de uma espécie é prejudicado devido à secreção de substâncias tóxicas produzidas por outra espécie. |
| 4. Competição   |     |                                                                                                                                                                                                        |
| 5. Parasitismo  |     |                                                                                                                                                                                                        |
- ( ) Associação entre seres vivos em que apenas um dos participantes se beneficia obtendo abrigo ou, ainda, suporte no corpo da espécie hospedeira, sem causar qualquer prejuízo ao outro.
- ( ) Relação desarmônica, podendo ser intra ou interespecífica, em que há disputa por recursos ou por fatores do ambiente que, geralmente, encontram-se em quantidades limitadas.
- ( ) Relação ecológica desarmônica na qual um ser vivo se beneficia explorando as atividades, o trabalho ou que foi produzido por outro ser (da mesma espécie ou não).

A sequência **correta**, de cima para baixo, é:

- |                        |                        |
|------------------------|------------------------|
| (a) 2 - 4 - 1 - 5 - 3. | (c) 4 - 3 - 5 - 2 - 1. |
| (b) 5 - 1 - 3 - 4 - 2. | (d) 1 - 5 - 2 - 4 - 3. |

### 4. (Enem)

O controle biológico, técnica empregada no combate a espécies que causam danos e prejuízos aos seres humanos, é utilizado no combate à lagarta que se alimenta de folhas de algodoeiro. Algumas espécies de borboleta depositam seus ovos nessa cultura. A microvespa *Trichogramma* sp. introduz seus ovos nos ovos de outros insetos, incluindo os das borboletas em questão. Os embriões da vespa se alimentam do conteúdo desses ovos e impedem que as larvas de borboleta se desenvolvam. Assim, é possível reduzir a densidade populacional das borboletas até níveis que não prejudiquem a cultura. A técnica de controle biológico realizado pela microvespa *Trichogramma* sp. consiste na

- (a) introdução de um parasita no ambiente da espécie que se deseja combater.
- (b) introdução de um gene letal nas borboletas para diminuir o número de indivíduos.
- (c) competição entre a borboleta e a microvespa para a obtenção de recursos.
- (d) modificação do ambiente para selecionar indivíduos melhor adaptados.
- (e) aplicação de inseticidas a fim de diminuir o número de indivíduos que se deseja combater.

### 5. (Enem)

Os vaga-lumes machos e fêmeas emitem sinais luminosos para se atraírem para o acasalamento. O macho reconhece a fêmea de sua espécie e, atraído por ela, vai ao seu encontro. Porém, existe um tipo de vaga-lume, o *Photuris*, cuja fêmea engana e atrai os machos de outro tipo, o *Photinus*, fingindo ser desse gênero. Quando o macho *Photinus* se aproxima da fêmea *Photuris*, muito maior que ele, é atacado e devorado por ela.

BERTOLDI, O. G.; VASCONCELOS, J. R. *Ciências & Sociedade: a aventura da vida, a aventura da tecnologia*. São Paulo: Scipione, 2000. (Adaptado.)

A relação descrita no texto, entre a fêmea do gênero *Photuris* e o macho do gênero *Photinus*, é um exemplo de:

- (a) comensalismo.
- (b) inquilinismo.
- (c) cooperação.
- (d) predatismo.
- (e) mutualismo.

#### 6. (Enem)

No Brasil, cerca de 80% da energia elétrica advém de hidrelétricas, cuja construção implica o represamento de rios. A formação de um reservatório para esse fim, por sua vez, pode modificar a ictiofauna local. Um exemplo é o represamento do rio Paraná, onde se observou o desaparecimento de peixes cascudos quase que simultaneamente ao aumento do número de peixes de espécies exóticas introduzidas, como o marapá e a corvina, as três espécies com nichos ecológicos semelhantes.

PETESSE, M. L.; PETRERE JR., M. *Ciência Hoje*, São Paulo, n. 293, v. 49, jun. 2012. (Adaptado.)

Nessa modificação da ictiofauna, o desaparecimento de cascudos é explicado pelo(a)

- (a) redução do fluxo gênico da espécie nativa.
- (b) diminuição da competição intraespecífica.
- (c) aumento da competição interespecífica.
- (d) isolamento geográfico dos peixes.
- (e) extinção de nichos ecológicos.

#### 7. (Unesp-SP)

Tudo começa com os cupins alados, conhecidos como aleluias ou siriris. Você já deve ter visto uma revoada deles na primavera. São atraídos por luz e calor, e quando caem no solo perdem suas asas. Machos e fêmeas se encontram formando casais e partem em busca de um local onde vão construir os ninhos. São os reis e as rainhas. Dos ovos nascem as ninfas, que se diferenciam em soldados e operários. Estes últimos alimentam toda a população, passando a comida de boca em boca. Mas, como o alimento não é digerido, dependem de protozoários intestinais que transformam a celulose em glicose, para dela obterem a energia. Mas do que se alimentam? Do tronco da árvore de seu jardim, ou da madeira dos móveis e portas da sua casa. Segundo os especialistas, existem dois tipos de residência: as que têm cupim e as que ainda terão.

Texto extraído de um panfleto publicitário de uma empresa dedetizadora. (Adaptado.)

No texto, além da relação que os cupins estabelecem com os seres humanos, podem ser identificadas três outras relações ecológicas.

A sequência em que aparecem no texto é:

- (a) sociedade, mutualismo e parasitismo.
- (b) sociedade, comensalismo e predatismo.
- (c) sociedade, protocooperação e inquilinismo.
- (d) colônia, mutualismo e inquilinismo.
- (e) colônia, parasitismo e predatismo.

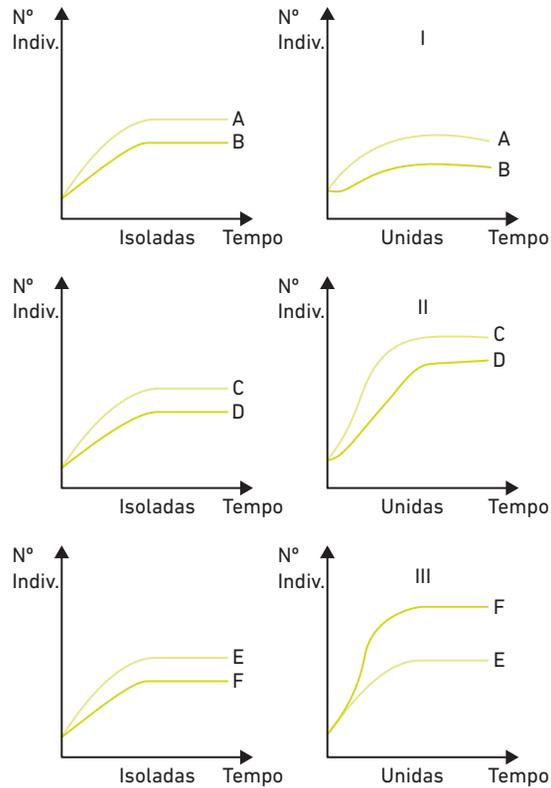
#### 8. (PUC-PR)

Na planície africana, dois leões competem por uma zebra (I). O que ganha a disputa alimenta-se dela (II) e, uma vez que se satisfaz, um bando de hienas “limpa” os restos que ficaram (III). Considerando as relações ecológicas descritas, podemos afirmar que elas são:

- (a)
  - I. Benéfica para um dos envolvidos, prejudicial para o outro.
  - II. Benéfica para um dos envolvidos, prejudicial para o outro.
  - III. Benéfica para um dos envolvidos, indiferente para o outro.
- (b)
  - I. Benéfica para um dos envolvidos, prejudicial para o outro.
  - II. Benéfica para um dos envolvidos, prejudicial para o outro.
  - III. Benéfica para ambos os envolvidos.
- (c)
  - I. Prejudicial para ambos os envolvidos.
  - II. Benéfica para um dos envolvidos, indiferente para o outro.
  - III. Benéfica para um dos envolvidos, indiferente para o outro.
- (d)
  - I. Prejudicial para ambos os envolvidos.
  - II. Benéfica para um dos envolvidos, prejudicial para o outro.
  - III. Benéfica para um dos envolvidos, indiferente para o outro.
- (e)
  - I. Benéfica para um dos envolvidos, prejudicial para o outro.
  - II. Prejudicial para ambos os envolvidos;
  - III. Benéfica para ambos os envolvidos.

**9. (FGV-SP)**

Analise os gráficos a seguir, os quais ilustram três interações ecológicas entre espécies diferentes.



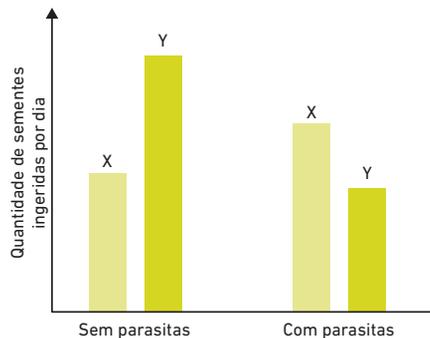
O estudo envolveu seis espécies (A e B; C e D; E e F) criadas em habitats isolados, conforme ilustrado nos três gráficos à esquerda, e criadas unidas no mesmo habitat, conforme ilustrado nos gráficos à direita.

As interações I, II e III, respectivamente, são classificadas como

- (a) competição, cooperação e comensalismo.
- (b) predatismo, mutualismo e inquilinismo.
- (c) parasitismo, comensalismo e epifitismo.
- (d) amensalismo, mutualismo e cooperação.

**10. (Famerp-SP)**

Indivíduos de duas espécies de roedores (X e Y) competem entre si por sementes de girassol, podendo, além disso, apresentar os mesmos parasitas intestinais.



Em um experimento, um pesquisador manteve a mesma quantidade de indivíduos dessas duas espécies no mesmo ambiente, com sementes de girassol como alimento. A análise foi feita com as espécies de roedores parasitadas e, depois de um tratamento, com as mesmas espécies sem os parasitas. O gráfico ilustra o resultado obtido.

Os resultados mostrados no gráfico permitem concluir que:

- (a) quando os parasitas estão ausentes, as espécies X e Y não competem entre si.
- (b) quando os parasitas estão ausentes, a espécie X é melhor competidora do que a espécie Y.
- (c) quando os parasitas estão presentes, a espécie X é melhor competidora do que a espécie Y.
- (d) os parasitas não influenciam a competição entre as duas espécies de roedores.
- (e) quando os parasitas estão presentes, a espécie Y é melhor competidora do que a espécie X.

## GABARITO

E1. C

E2. A

E3. C

E9. A relação entre as orquídeas e a árvore é do tipo epifitismo (um tipo de inquilinismo). Nessa relação apenas as orquídeas se beneficiam, com maior captação de luz para a realização da fotossíntese. Micorrizas resultam da associação mutualística entre raízes das orquídeas e determinados tipos de fungos. Nessa associação as orquídeas beneficiam-se com maior superfície de absorção de água e sais minerais, e os fungos beneficiam-se com matéria orgânica (alimento) que recebem das plantas. A relação entre líquens e árvores é do tipo inquilinismo, nesse caso apenas os líquens se beneficiam, obtendo abrigo. Líquens são resultantes da associação do tipo mutualismo entre algas verdes com fungos, ou entre cianobactérias e fungos. Nesse caso as algas recebem proteção e ambiente úmido, e os fungos recebem matéria orgânica.

E10.

a) A comunidade biológica é constituída pelos tamanduás-bandeira, capim-dourado, gafanhotos, cupins, pássaros-pretos, andorinhas-de-coleira, morcegos e raposinhas.

b) A relação ecológica entre a raposinha e os insetos é de predatismo. Entre o tamanduá e a raposinha é do tipo competição interespecífica.

E11. A

E12. D

E13.  $01 + 02 + 04 + 08 = 15$

E14. A relação ecológica entre os pulgões x orquídeas é exemplo de parasitismo. Os pulgões se alimentam da seiva elaborada produzida pelas orquídeas. Dessa forma, as orquídeas são prejudicadas. A relação ecológica entre as joaninhas x pulgões é do tipo predatismo. As joaninhas matam e comem os pulgões. Portanto, as joaninhas são beneficiadas. A relação entre as abelhas x orquídeas é do tipo mutualismo. As abelhas se alimentam e polinizam as plantas, o que garante variabilidade genética por meio da polinização cruzada. A relação entre as abelhas entre si é do tipo competição. As diferentes espécies de abelhas competem pelo pólen e óleo das flores das orquídeas.

E15. Comensalismo: só uma das partes se beneficia, sem prejudicar a outra. Parasitismo: uma espécie é beneficiada enquanto a outra é prejudicada. Vantagens: conquistar novos ambientes, escapar de predadores e parasitas, reduzir a competição em novos ambientes e aumentar o fluxo gênico / diversificação da população.

E16. C

E17. 01

E18. E

E19. E

E23.

a) Nicho ecológico.

b) O conjunto de indivíduos da espécie *Crangon septemspinosa* constitui uma população.

c) Predatismo, competição, parasitismo, amensalismo.

E24. Coloração de advertência / aposemática. Sua predação é reduzida pela indicação de que o animal é venenoso. Mimetismo mülleriano. Espécies venenosas, ao se copiarem, reforçam o padrão de advertência.

E25.

a) Certamente ocorreu entre as espécies A e B uma interação desarmônica. Provavelmente pode ter ocorrido competição interespecífica, pois, de acordo com o gráfico 2, a espécie A foi praticamente eliminada quando colocada na presença da espécie B.

b) Interações ecológicas harmônicas, como, por exemplo, a protocooperação, não seriam compatíveis com os dados apresentados nos gráficos. Para serem compatíveis com interações harmônicas, os números médios de indivíduos por planta, no gráfico 2, deveriam ser maiores, pois a presença da espécie B influenciaria positivamente a população da espécie A.

E26.

a) A associação entre formigas e cigarrinhas é benéfica. Os gráficos I e II permitem essa conclusão.

b) Benéfica. O gráfico III mostra que o número de plantas com danos nas folhas é maior na ausência da associação com a população de formigas.

