

4

**MATERIAL DO
PROFESSOR**

• **Biologia**

**CIÊNCIAS DA NATUREZA
E SUAS TECNOLOGIAS**



**DOM
BOSCO**

by Pearson

PRÉ-VESTIBULAR
EXTENSIVO

4

**MATERIAL DO
PROFESSOR**

• **Biologia**

**CIÊNCIAS DA NATUREZA
E SUAS TECNOLOGIAS**

DOM BOSCO - SISTEMA DE ENSINO
PRÉ-VESTIBULAR 4
Ciências da natureza e suas tecnologias.
© 2019 – Pearson Education do Brasil Ltda.

Vice-presidência de Educação	Juliano Melo Costa
Gerência editorial nacional	Alexandre Mattioli
Gerência de produto	Silvana Afonso
Autoria	Ana Carolina Marinho Mota, Fernanda Lowndes, Leandro Magrini
Coordenação editorial	Luiz Molina Luz
Edição de conteúdo	Lauro Tozetto
Assistência de edição	Bunni Costa
Leitura crítica	Rafael Simões, Hannah Hamada, Lorena Milock de Freitas
Preparação e revisão	Igor Debiasi, Adriana Bairrada, Luzia Leite, Renata Coppolla, Elaine Faires, Sérgio Nascimento, Ana Maria Cortazzo
Gerência de Design	Cleber Figueira Carvalho
Coordenação de Design	Diogo Mecabo
Edição de arte	Alexandre Silva
Coordenação de pesquisa e licenciamento	Maiti Salla
Pesquisa e licenciamento	Cristiane Gameiro, Heraldo Colon, Andrea Bolanho, Maricy Queiroz, Sandra Sebastião, Shirlei Sebastião
Ilustrações	Alex Cói, Carla Viana, Dayane Cabral, Madine Oliveira
Projeto Gráfico	Apis design integrado
Diagramação	Editorial 5
Capa	Apis design integrado
Imagem de capa	mvp64/istock
Produtor multimídia	Cristian Neil Zaramella
PCP	George Baldim, Paulo Campos

Todos os direitos desta publicação reservados à
Pearson Education do Brasil Ltda.

Av. Santa Marina, 1193 - Água Branca
São Paulo, SP – CEP 05036-001
Tel. (11) 3521-3500

www.pearson.com.br

APRESENTAÇÃO

Um bom material didático voltado ao vestibular deve ser maior que um grupo de conteúdos a ser memorizado pelos alunos. A sociedade atual exige que nossos jovens, além de dominar conteúdos aprendidos ao longo da Educação Básica, conheçam a diversidade de contextos sociais, tecnológicos, ambientais e políticos. Desenvolver as habilidades a fim de obterem autonomia e entenderem criticamente a realidade e os acontecimentos que os cercam são critérios básicos para se ter sucesso no Ensino Superior.

O Enem e os principais vestibulares do país esperam que o aluno, ao final do Ensino Médio, seja capaz de dominar linguagens e seus códigos; construir argumentações consistentes; selecionar, organizar e interpretar dados para enfrentar situações-problema em diferentes áreas do conhecimento; e compreender fenômenos naturais, processos histórico-geográficos e de produção tecnológica.

O Pré-Vestibular do Sistema de Ensino Dom Bosco sempre se destacou no mercado editorial brasileiro como um material didático completo dentro de seu segmento educacional. A nova edição traz novidades, a fim de atender às sugestões apresentadas pelas escolas parceiras que participaram do Construindo Juntos – que é o programa realizado pela área de Educação da Pearson Brasil, para promover a troca de experiências, o compartilhamento de conhecimento e a participação dos parceiros no desenvolvimento dos materiais didáticos de suas marcas.

Assim, o Pré-Vestibular Extensivo Dom Bosco by Pearson foi elaborado por uma equipe de excelência, respaldada na qualidade acadêmica dos conhecimentos e na prática de sala de aula, abrangendo as quatro áreas de conhecimento com projeto editorial exclusivo e adequado às recentes mudanças educacionais do país.

O novo material envolve temáticas diversas, por meio do diálogo entre os conteúdos dos diferentes componentes curriculares de uma ou mais áreas do conhecimento, com propostas curriculares que contemplem as dimensões do trabalho, da ciência, da tecnologia e da cultura como eixos integradores entre os conhecimentos de distintas naturezas; o trabalho como princípio educativo; a pesquisa como princípio pedagógico; os direitos humanos como princípio norteador; e a sustentabilidade socioambiental como meta universal.

A coleção contempla todos os conteúdos exigidos no Enem e nos vestibulares de todo o país, organizados e estruturados em módulos, com desenvolvimento teórico associado a exemplos e exercícios resolvidos que facilitam a aprendizagem. Soma-se a isso, uma seleção refinada de questões selecionadas, quadro de respostas e roteiro de aula integrado a cada módulo.

SUMÁRIO



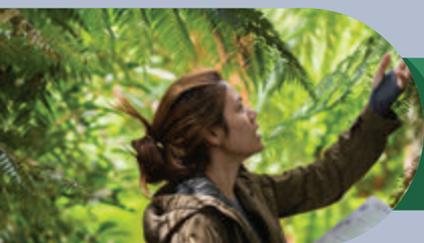
5

BIOLOGIA 1A



69

BIOLOGIA 1B



139

BIOLOGIA 2A



181

BIOLOGIA 2B



227

BIOLOGIA 3A



263

BIOLOGIA 3B



BLEND IMAGES / ALAMY STOCK PHOTO

BIOLOGIA 1A

MATERIAL DE USO EXCLUSIVO DO SISTEMA DE ENSINO DOMBOSCO

CIÊNCIAS DA NATUREZA E SUAS TECNOLOGIAS

45

BIOTECNOLOGIA E BIOÉTICA

- Clonagem
- Terapia gênica
- Identificação de pessoas
- Bioética

HABILIDADES

- Compreender as técnicas de clonagem reprodutiva e terapêutica.
- Apresentar vantagens e desvantagens das técnicas de clonagem.
- Relacionar técnicas de Biotecnologia à Bioética e Biossegurança.
- Descrever os principais métodos utilizados na Biologia forense.
- Compreender a importância da Biotecnologia para a sociedade.

Imagine uma sociedade em que todas as características das pessoas, tanto físicas quanto psicológicas, fossem escolhidas antes do nascimento delas. As características que fossem consideradas “melhores” seriam selecionadas e usadas para criar um ser humano “ideal”, que depois seria clonado.

Esse é o pano de fundo de *Admirável mundo novo* (1932), de Aldous Huxley (1894-1963), uma das distopias mais conhecidas da literatura mundial. Nessa ficção científica, a sociedade é dividida em castas, nas quais as pessoas são condicionadas, desde o nascimento, a jamais questionar o regime autoritário em que vivem e, portanto, não alterar o *status quo*.

O tema da clonagem era uma constante nos anos 1930, período em que regimes totalitários e fascistas estavam em alta na Europa. O autor foi influenciado, em parte, pelas fileiras de soldados nazistas, todos aparentemente iguais, e pelo desenvolvimento da Genética moderna.

A preocupação com a manipulação genética e com a falta de um olhar crítico e questionador sobre a Biotecnologia ocuparia a escrita de Huxley pelos anos seguintes. Isso fica claro no prefácio que escreveu para a edição de 1947 do mesmo livro:

“A ciência e a técnica seriam utilizadas como se tivessem sido feitas para o homem, e não (como são presentemente e como serão ainda mais no mais admirável dos mundos novos) como se o homem tivesse de ser adaptado e absorvido por elas. [...] é unicamente devido às ciências da vida que a vida poderá ser modificada radicalmente. As ciências da matéria podem ser aplicadas de tal maneira que destroem a vida ou que tornem a existência inadmissivelmente complexa e desconfortável; mas, a não ser que sejam utilizadas como instrumentos pelos biólogos e psicólogos, são impotentes para modificar as formas e as expressões naturais da própria vida. [...]”

Vendo bem, parece que a utopia está mais próxima de nós do que se poderia imaginar há apenas quinze anos. Nessa época coloquei-a à distância futura de seiscentos anos. Hoje parece praticamente possível que esse horror se abata sobre nós dentro de um século. Isto se nos abstermos, até lá, de nos fazermos explodir em bocadinhos [...]”.

HUXLEY, Aldous. *Admirável mundo novo*. Texto integral. In: *Revista literária*. Disponível em: <<http://www.revistaliteraria.com.br/aldous%20huxleyAMN.pdf>>. Acesso em: mar. 2019.

As descobertas proporcionadas pela Biotecnologia possibilitaram grande desenvolvimento nas áreas da saúde (genética médica, terapia gênica, aconselhamento genético e produção de medicamentos); da Ecologia (mapeamento gênico, conservação de espécies em risco de extinção); da Zoologia e da Botânica (taxonomia molecular); da Agricultura (melhoramento genético e produção de organismos geneticamente modificados), entre outras. No entanto, toda intervenção na natureza deve ter seus impactos avaliados. Nesse sentido, a Bioética é a área do conhecimento que mensura os reais benefícios e riscos dessas intervenções – como as descritas na distopia de Huxley.



Aldous Huxley (1894-1963) foi médico, escritor e roteirista de cinema. Nos anos 1920, viveu na Itália, então governada pelo regime fascista de Mussolini. Essa experiência serviu de inspiração para a criação dos sistemas autoritários em suas obras.

PICTORIAL PRESS LTD / ALAMY
STOCK PHOTO

CLONAGEM

Nesse tipo de processo, são originadas réplicas geneticamente idênticas de uma célula, um tecido ou um organismo. O produto da clonagem é o **clone**. O termo foi citado pela primeira vez no início do século XX, para descrever uma população de organismos derivados de um único progenitor, por meio da reprodução assexuada.

A **clonagem natural** ocorre quando há reprodução assexuada de procariotos, protozoários, alguns fungos e animais, plantas e algas, o que gera populações de indivíduos geneticamente idênticos. Em humanos, a clonagem natural ocorre em gêmeos univitelinos, isto é, irmãos gêmeos gerados pela fecundação de um único ovócito com um único espermatozoide, o que produz indivíduos geneticamente idênticos.

Na clonagem humana natural, entretanto, os indivíduos não são considerados idênticos em todos os aspectos. Além de divergências físicas, como a impressão digital, há a diferença de personalidade e um conjunto de outros fatores que distinguem um indivíduo do outro.

A **clonagem artificial**, por outro lado, ocorre quando há intervenção humana intencional no processo. Esse tipo de clonagem pode ser classificado como **gênica** (discutida no módulo anterior), **reprodutiva** ou **terapêutica**.

CLONAGEM REPRODUTIVA

Tem como objetivo produzir uma cópia geneticamente idêntica de um organismo existente, gerando células-tronco que posteriormente originarão novos indivíduos.

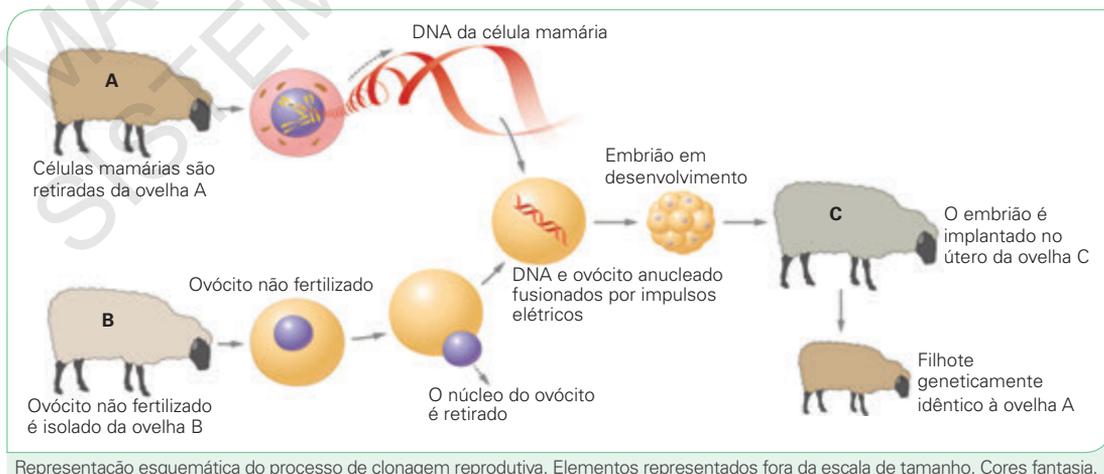
Para a clonagem reprodutiva acontecer, é necessário realizar a técnica de **transferência nuclear**, descrita por Robert Briggs (1911-1983) e Thomas King (1925-1994) em 1950. Nesse processo, um ovócito secundário tem seu núcleo substituído por outro proveniente de uma célula somática de interesse. Após a fusão, as células se multiplicam. Origina-se, então, um blastocisto, com aproximadamente 200-250 células, que serão implantadas no útero após cinco dias. Depois do período de gestação, surge um indivíduo geneticamente idêntico ao doador da célula somática.

Ovelha Dolly

Em 1996, Ian Wilmut (1944) e Keith Campbell (1954-2012) fusionaram o núcleo de células mamárias de uma ovelha branca da raça *Finn Dorset* com seis anos de idade a um ovócito anucleado de uma ovelha escura da raça *Scottish Blackface*. Esse processo deu origem à famosa ovelha Dolly, com características idênticas às da ovelha branca.

A utilização das células mamárias de um animal mais velho gerou alguns problemas ao clone. O envelhecimento precoce causado pelo recebimento de cromossomos (telômeros) com extremidades reduzidas e o aumento do índice de doenças causaram à Dolly disfunção pulmonar e osteoartrite.

É importante salientar que a técnica de clonagem reprodutiva apresenta **baixa eficiência**. No caso da ovelha Dolly, foram produzidos 277 embriões, mas apenas um deles conseguiu se desenvolver e nascer.



Aplicações da clonagem reprodutiva

A agropecuária utiliza esse método de clonagem para aprimorar o potencial genético de determinadas raças de gado, escolhendo as melhores características dos indivíduos. Entretanto, a variabilidade genética é prejudicada, uma vez que esses animais apresentam dificuldade em se adaptar a diferentes ambientes.

A utilização de técnicas para recriar animais já extintos é tema de debates. No entanto, isso ainda é inviável, pois a adaptação desses animais ao ambiente natural atual seria bastante dificultada. Além disso, a re-introdução de animais já extintos poderia desequilibrar a cadeia ecológica do hábitat, o que poderia provocar mudanças ambientais inesperadas.

CLONAGEM TERAPÊUTICA

O procedimento aplicado na clonagem terapêutica é similar ao utilizado na reprodutiva. O ovócito secundário cujo núcleo foi trocado pelo núcleo de uma célula somática é desenvolvido *in vitro* até a fase de blastocisto. Nessa etapa, as células pluripotentes conseguem produzir células e tecidos específicos, com exceção de tecidos embrionários. Isso é especialmente importante na clonagem terapêutica, uma vez que se deseja utilizar tecidos específicos no tratamento de doenças degenerativas (como Parkinson, Alzheimer, artrite, doenças cardíacas) ou traumatismos (como queimaduras e lesões na coluna).

A clonagem terapêutica é utilizada também em transplantes de órgãos, o que diminui o risco de rejeição pelo paciente transplantado. Porém, em casos de doenças genéticas, as mutações estão presentes em todas as células do indivíduo, sendo necessário recorrer a parentes próximos para minimizar o risco de incompatibilidade.

Há muita discussão na comunidade científica sobre a clonagem terapêutica, em virtude da necessidade de células-tronco no procedimento. Levando tal ponto em consideração, um embrião deixaria de nascer a cada novo procedimento realizado. No Brasil, a Lei Nacional da Biossegurança n. 11.105, de 24 de março de 2005, permite apenas a utilização da técnica para fins de pesquisa e terapia.

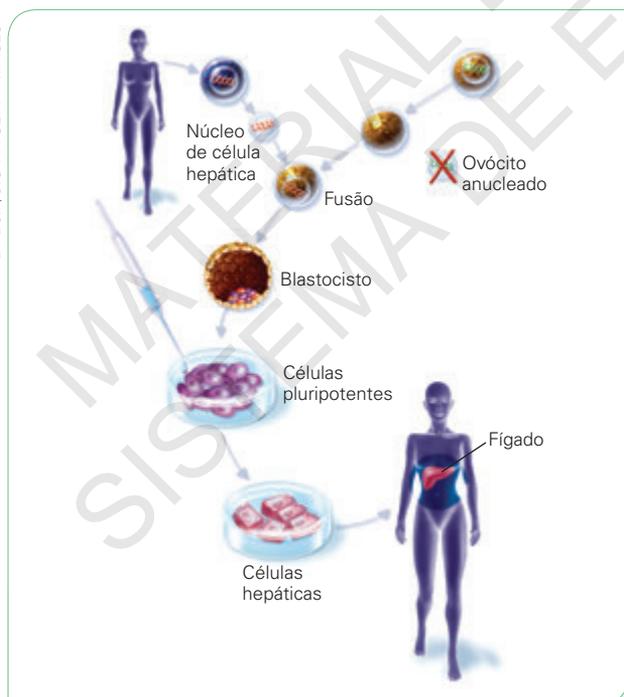
TERAPIA GÊNICA

Essa técnica consiste em substituir um alelo causador de doença por outro normal, como nos casos da anemia falciforme, fibrose cística ou fenilcetonúria. Na primeira etapa, o gene é isolado para, em seguida, haver a escolha pela metodologia *in vivo* ou *ex vivo*.

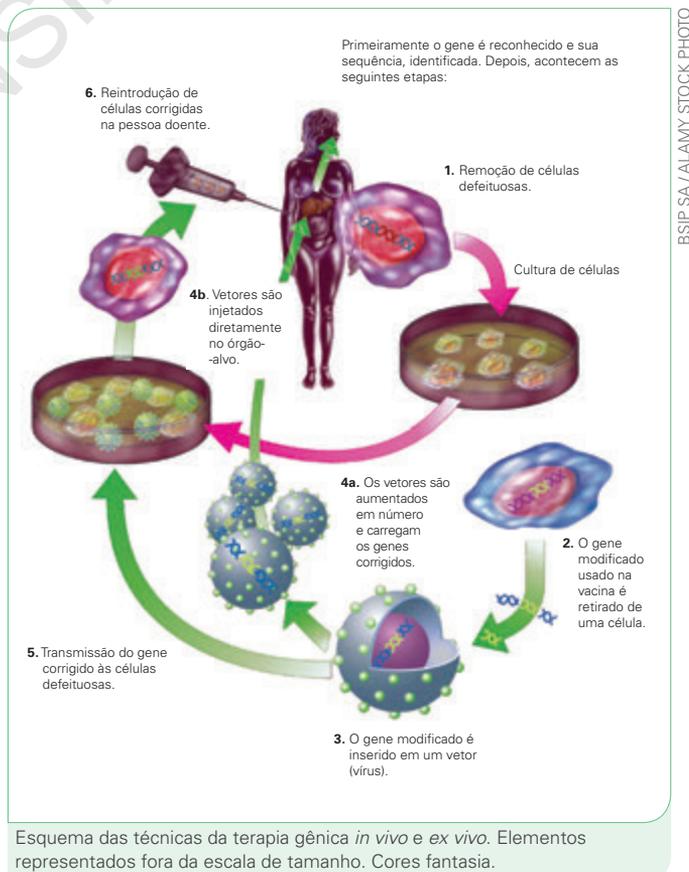
Quando se opta pela técnica *in vivo*, os alelos normais são clonados utilizando-se um vetor, inserido diretamente no paciente por meio de uma injeção. O vetor, então, entra nas células, e os alelos são incorporados ao núcleo, de modo a produzir a proteína corretamente. Esse método é mais eficiente e mais fácil do que a técnica *ex vivo*. Entretanto, há menor a possibilidade de garantir que o gene está sendo endereçado para o local correto.

No método *ex vivo*, as células do indivíduo são retiradas, modificadas e então reintroduzidas. É um método considerado mais difícil, porém, de melhor controle, uma vez que é garantido o endereçamento correto do gene.

BY BSIP/JUG VIA GETTY IMAGES



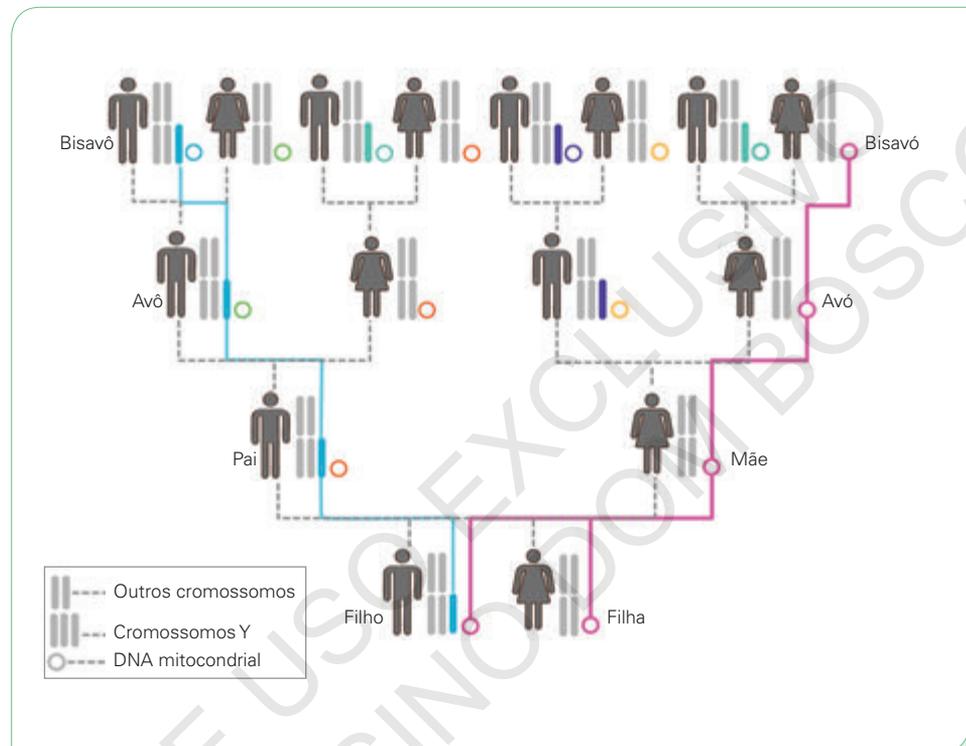
Esquema do processo de clonagem terapêutica na regeneração de um fígado. Elementos representados fora da escala de tamanho. Cores fantasia.



Esquema das técnicas da terapia gênica *in vivo* e *ex vivo*. Elementos representados fora da escala de tamanho. Cores fantasia.

BSIP SA / ALAMY STOCK PHOTO

Além dos microssatélites, os marcadores genéticos mais utilizados para identificar pessoas são o DNA mitocondrial, porque apresentam origem materna. Isto é, o material genético é passado da mãe para os filhos, de modo que apenas as filhas podem transmiti-los às próximas gerações. Da mesma forma, o cromossomo Y, presente em indivíduos do sexo masculino, tem origem paterna e é passado apenas a filhos do sexo masculino.



Representação esquemática do tipo de herança do cromossomo Y (em azul) e do DNA mitocondrial (em rosa).

BIOÉTICA

No contexto dos avanços da ciência (em especial da Biotecnologia), o pesquisador e professor estadunidense Van Rensselaer Potter (1911-2001) publicou, no começo dos anos 1970, duas importantes obras que deram origem à Bioética.

A intenção de Potter era criar um ramo da Biologia que possibilitasse às pessoas refletirem sobre as prováveis implicações (positivas e negativas) das aplicações da tecnologia biológica na vida humana (e, de maneira mais ampla, na de todos os outros seres vivos). Para isso, foi sugerido um diálogo entre a cultura científica e a humanística, com base no seguinte princípio:

Nem tudo o que é cientificamente possível é eticamente aceitável.

Um dos princípios da Bioética é estudar questões e implicações morais no uso de seres vivos ou de células animais. Logo, ela engloba questões como experimentação animal e legitimidade moral do aborto ou da eutanásia, além das implicações das pesquisas genéticas.

Com base nessa análise, é possível indicar os limites e as finalidades das intervenções humanas sobre a vida e denunciar os prováveis riscos envolvidos nesses processos.

Por abranger questões multidisciplinares, a Bioética está vinculada a diferentes áreas do conhecimento além da Biologia, como Direito, Sociologia, Psicologia, Medicina, Teologia e Educação.

VALOR DA VIDA HUMANA

Grande parte das pesquisas atuais na área de saúde está ligada aos valores morais impostos pela ética, uma vez que estão relacionadas também à fertilização, esterilização de pessoas, mutilações e implantes etc.

Pesquisas com células humanas e o uso de embriões e células-tronco são uns dos temas considerados mais polêmicos. No início dos anos 2000, foi utilizado o termo **entidade humana** para se referir aos embriões humanos na clonagem terapêutica. A expressão foi considerada bastante polêmica nas comunidades científica e social, pois colocou em debate se os embriões deveriam ter ou não os mesmos direitos de um ser humano.

A definição de **pessoa** é uma das questões propostas pela Filosofia. Nós nos reconhecemos como humanos por compartilharmos características e sermos da mesma espécie. Apesar disso, ainda está em aberto a questão sobre os valores e os conceitos de vida imprescindíveis à espécie humana, uma vez que vivemos em uma sociedade bastante complexa. Dessa forma, a Bioética determina algumas das questões que podem assim ser definidas:

- I. A pessoa é humana e, portanto, provida de dignidade.
- II. Cada pessoa é única, o que faz os indivíduos serem diferentes. Seu patrimônio biológico, psicológico e cultural devem ser respeitados. Portanto, as pessoas não devem ser tratadas em pesquisas como meros números.
- III. Cada pessoa é formada por diversas dimensões: biológica, psicológica; social ou moral e espiritual. Por esse motivo, o indivíduo é uma totalidade, composta de todas essas dimensões.

DILEMAS BIOÉTICOS

A clonagem é um tema recorrente na Bioética por utilizar embriões nas clonagens terapêutica e reprodutiva. No início dos anos 1990, pesquisadores propuseram uma moratória a pesquisas com embriões humanos, a qual ainda está em vigência.

No Brasil, a Lei n. 8.874/95 determinou algumas regras quanto às técnicas de engenharia genética. Entre as determinações, ficou expressamente proibido o uso de embriões humanos em experimentos, embora seja desejável a aplicação de linhagens de células quando a finalidade é terapêutica, sendo uma solução cientificamente viável.

A clonagem reprodutiva em humanos não é aceita pela Bioética, apesar de existir discussões nos casos de pessoas estéreis ou, ainda, na tentativa de “ressuscitar” um ente querido. Tais procedimentos já foram realizados sem autorização da academia científica e foram encerrados por questões éticas ou por conta das técnicas utilizadas.

Atualmente, o uso de dados genéticos obtidos por técnicas de identificação de pessoas tem sido foco de debate, uma vez que tais informações são pessoais e intransferíveis. No entanto, algumas empresas têm se esforçado para obter dados desse tipo, a fim de traçar perfis de consumo ou usar em processo de contratação de funcionários – um candidato poderia deixar de ser contratado pela possibilidade de desenvolver determinada doença, com base no histórico de saúde, por exemplo. Por esse motivo, a Bioética busca estabelecer limites em relação ao uso de dados genéticos humanos.

Temas como eutanásia, experimentação em animais, aborto, transgênicos e fertilização *in vitro* são constantemente debatidos pela Bioética. Tais assuntos surgem em razão dos avanços da Ciência, e é papel da sociedade se posicionar sobre eles. Com base nessas discussões, novos projetos de lei são reformulados e aprovados, os quais devem levar em conta os princípios da Bioética.

Os experimentos e as descobertas científicas podem ou não beneficiar a sociedade e o planeta. Por esse motivo, as vantagens e desvantagens dessas novas tecnologias devem ser avaliadas por um comitê que tem por obrigação seguir os cinco princípios da Bioética:

- 1. Princípio da beneficência:** consiste em assegurar o bem-estar dos indivíduos, a fim de evitar danos e garantir que sejam supridas suas necessidades e seus interesses.
- 2. Princípio da autonomia:** o profissional deve respeitar as crenças, a vontade e os valores morais do sujeito e do paciente.
- 3. Princípio da justiça:** trata-se da igualdade da repartição dos benefícios e bens em qualquer área da ciência.
- 4. Princípio da não maleficência:** assegura a possibilidade mínima ou inexistente de danos físicos aos sujeitos da pesquisa (pacientes) de ordem psíquica, moral, intelectual, espiritual, cultural e social.
- 5. Princípio da proporcionalidade:** defende o equilíbrio entre benefícios e riscos, sendo maior benefício às pessoas.

LEITURA COMPLEMENTAR

CRISPR e a polêmica de edição do genoma humano

Em 2012, cientistas criaram a técnica CRISPR [do inglês *Clustered Regularly Interspaced Short Palindromic Repeats*], utilizada para editar o genoma de embriões humanos e desenvolver animais geneticamente modificados, resistentes a viroses, pragas, entre outros. A técnica consiste em editar a molécula de DNA com a ajuda de uma enzima presente no sistema de defesa de bactérias denominada Cas9 e com a presença de uma molécula de RNA, que serve como guia para recortar a região de interesse do genoma. Em outras palavras, o RNA é capaz de reconhecer a molécula de DNA que apresenta o gene-alvo de edição; a enzima Cas9 atua como uma tesoura, recortando o gene. Assim, é possível silenciar ou reparar o gene.

Em 2018, um pesquisador chinês conseguiu editar o material genético de embriões de gêmeos que supostamente nasceram resistentes à infecção do vírus HIV. O trabalho não foi divulgado em nenhuma revista científica. Entretanto, esse procedimento foi realizado ilegalmente, uma vez que não é permitido na China nem nos Estados Unidos. Isso gerou manifestações de vários pesquisadores ao redor do mundo, pelo fato de ter ferido a ética, as leis e a segurança, além de ter consequências imprevisíveis.

Estudos realizados com células de camundongos e células humanas revelaram que a técnica causou mutações genéticas extensas, inclusive aumentando o risco de câncer. Por outro lado, a técnica pode eliminar dezenas de doenças e até mesmo permitir a seleção de determinadas características nos indivíduos. Portanto, ainda há muito a ser avaliado, tanto em relação à técnica quanto em relação à ética desses procedimentos.

Disponível em: <<https://g1.globo.com/ciencia-e-saude/noticia/2018/11/27/entenda-o-crispr-a-tecnica-de-edicao-de-dna-que-pode-ter-criado-bebes-resistentes-ao-hiv.ghtml>>. Acesso em: maio 2019.

ROTEIRO DE AULA

BIOTECNOLOGIA E BIOÉTICA

CLONAGEM

Reprodutiva

produz indivíduos geneticamente iguais

Método:

transferência nuclear

clone não é idêntico ao modelo

Desvantagens:

técnica com baixa eficiência

envelhecimento precoce

Terapêutica

trata doenças e traumatismos

Método:

uso de células-tronco do tipo

pluripotente

Desvantagem:

incompatibilidade entre doadores diferentes

Terapia gênica

substituição de alelos

MATERIAL DE USO EXCLUSIVO
SISTEMA DE ENSINO DOM BOSCO

ROTEIRO DE AULA

IDENTIFICAÇÃO DE PESSOAS

DNA fingerprinting

Objetivo:

testes de paternidade e análises criminalísticas

Principais marcadores:

microssatélites

DNA mitocondrial

cromossomo Y

Procedimentos:

PCR

produz várias cópias de um gene

Eletroforese

compara o perfil genético das pessoas e identifica o indivíduo

MATERIAL DE USO EXCLUSIVO DO SISTEMA DE ENSINO DOM BOSCO

EXERCÍCIOS DE APLICAÇÃO

1. Uepa (adaptada) – Por meio da técnica da clonagem, foi feito o sequenciamento do gene da enzima catalase em ostra-do-mangue (*Crassostrea rhizophorae*), com o objetivo de contribuir para o desenvolvimento de indicadores de saneamento ambiental e saúde pública que possam ser utilizados para informar a comunidade e avaliar a qualidade de vida a partir de intervenções voltadas à proteção e recuperação de mananciais.

Disponível em: <<http://labcai.paginas.ufsc.br/projetos-em-andamento-2/>>. Acesso em: maio 2019. (Adaptado).

Sobre a técnica em destaque no texto afirma-se que

- a) um ovócito é extraído de uma fêmea adulta de outra espécie conservando seu núcleo.
- b) na ovelha Dolly, foram utilizadas células somáticas mamárias retiradas de um animal adulto.**
- c) o núcleo da célula mamária foi inserido no óvulo nucleado de outra fêmea que assim se tornou diploide.
- d) o núcleo do ovócito de uma fêmea é inserido nas células da glândula mamária de outra fêmea.
- e) na ovelha Dolly, o núcleo do ovócito foi inserido na célula da glândula mamária, originando um clone do indivíduo que doou o núcleo.

A alternativa A está incorreta, porque o núcleo do ovócito é retirado. A alternativa C está incorreta, pois a célula mamária foi fusionada com o ovócito anucleado por meio de impulsos elétricos, tornando-se, assim, uma célula diploide. As alternativas D e E estão incorretas pelo mesmo motivo da alternativa C.

2. UEG-GO – A clonagem terapêutica é um possível recurso para o tratamento de vários tipos de doenças. Sobre o uso de células-tronco, pode-se concluir que

- a) as células transplantadas nos pacientes são obrigatoriamente pouco diferenciadas.
- b) células clonadas do próprio paciente oferecem reduzido risco de indução do sistema imune.**
- c) forma-se o zigoto com gametas do paciente e de um doador para originar células-tronco.
- d) um ovócito anucleado é fecundado pelo núcleo gamético de um doador saudável.

A alternativa A está incorreta. As células transplantadas nos pacientes são pluripotentes, capazes de produzir todos os órgãos e tecidos, exceto anexos embrionários. A alternativa C está incorreta. Um ovócito anucleado é fusionado com uma célula somática, originando um embrião. A alternativa D está incorreta pelo mesmo motivo explicado em C.

3. UFScar-SP (adaptada) – Em 1998, nasceu um filhote da ovelha Dolly com um carneiro das montanhas: Bonnie. Isso foi a prova final de que o animal era saudável, fértil e capaz de produzir descendentes saudáveis. Se a clonagem for realizada em larga escala, qual será a consequência para a evolução das espécies?

A clonagem em larga escala reduz a variabilidade genética da espécie porque todos os descendentes são geneticamente idênticos. Em termos genéticos, isso equivale à reprodução assexuada.

4. Faseh-MG – Em agosto de 2014, o acidente aéreo envolvendo o candidato Eduardo Campos chamou a atenção não só pelo fato político, mas também pela necessidade de identificar os fragmentos de corpos

resgatados. Além de identificar as vítimas, foi necessário identificar qual fragmento pertencia a qual vítima. Para esse fim, técnicas de Biotecnologia aplicadas à investigação forense foram utilizadas.

Assinale a alternativa que apresente corretamente quais técnicas de biologia molecular foram utilizadas nesse caso.

- a) Cultivo celular, PCR, clonagem de DNA ou RNA.
- b) Extração de DNA, PCR, eletroforese ou sequenciamento.**
- c) Extração de proteínas, eletroforese ou sequenciamento.
- d) Extração de proteínas, síntese de aminoácidos, eletroforese.
- e) Extração de proteínas, clonagem de DNA ou RNA.

Primeiro é necessário realizar a extração do DNA. Depois realiza-se a PCR, utilizando marcadores genéticos específicos. Posteriormente, para confirmar se o procedimento anterior foi bem-sucedido, aplica-se a eletroforese a fim de visualizar o perfil genético dos indivíduos, que pode então confirmar o resultado ou, ainda, preparar para o sequenciamento.

5. Sistema Dom Bosco – Em 2013, a atriz Angelina Jolie retirou os seios para evitar a possibilidade de desenvolver câncer de mama. A atriz relatou que descobriu ter um “defeito” no gene chamado BRCA1. Segundo a equipe médica, ela tinha 87% de chances de desenvolver um câncer de mama, e 50% de ter um câncer no ovário.

Essa atitude atendeu a curiosidade e o debate sobre a realização de testes genéticos para identificar doenças. Várias patologias podem ser rastreadas geneticamente por meio da amplificação de regiões específicas de DNA ou dos genes.

Que técnica da Biotecnologia permite essa amplificação?

- a) Reação em cadeia de polimerase.**
- b) Obtenção de clones embrionários.
- c) Eletroforese de ácidos nucleicos.
- d) Eletroforese de proteínas.
- e) Clonagem terapêutica.

Na reação de cadeia de polimerase (PCR), realizam-se múltiplas cópias de determinado gene. A alternativa B está incorreta, porque não é necessário realizar clonagem para isso. As alternativas C e D estão incorretas, pois a eletroforese é realizada para visualização das bandas a fim de se verificar se a PCR foi aplicada com sucesso.

6. Enem C3-H11

Para a identificação de um rapaz vítima de acidente, fragmentos de tecidos foram retirados e submetidos à extração de DNA nuclear, para comparação com o DNA disponível dos possíveis familiares (pai, avô materno, avó materna, filho e filha). Como o teste com o DNA nuclear não foi conclusivo, os peritos optaram por usar também DNA mitocondrial, para dirimir dúvidas.

Para identificar o corpo, os peritos devem verificar se há homologia entre o DNA mitocondrial do rapaz e o DNA mitocondrial do(a)

- a) pai.
- b) filho.
- c) filha.
- d) avó materna.**
- e) avô materno.

O DNA mitocondrial está presente integralmente no ovócito, que, após a fecundação, é mantido no zigoto. O DNA mitocondrial do espermatozoide não é passado para o zigoto, pois, no ato da fecundação, apenas o material genético portado pelo espermatozoide entra no ovócito. Dessa maneira, o DNA mitocondrial é proveniente da mãe e, consequentemente, da avó materna.

Competência: Associar intervenções que resultam em degradação ou conservação ambiental a processos produtivos e sociais e a instrumentos ou ações científico-tecnológicos.

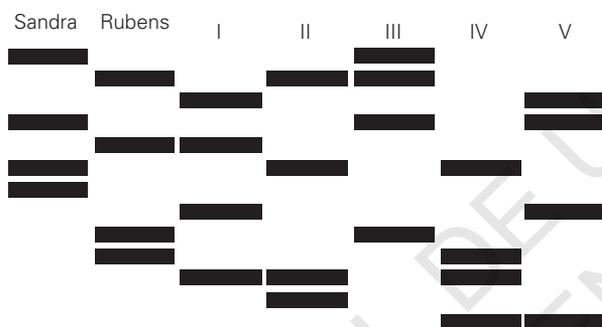
Habilidade: Reconhecer benefícios, limitações e aspectos éticos da Biotecnologia, considerando estruturas e processos biológicos envolvidos em produtos biotecnológicos.

EXERCÍCIOS PROPOSTOS

7. FMP-RJ – Há 20 anos, em julho de 1996, nascia a ovelha Dolly, o primeiro mamífero clonado por transferência nuclear de células somáticas (TNCS). O núcleo utilizado no processo de clonagem da ovelha Dolly foi oriundo de uma célula diploide de uma ovelha chamada Bellinda, da raça *Finn Dorset*. Uma outra ovelha, denominada Fluffy, da raça *Scottish Blackface*, foi doadora do ovócito que, após o processo de enucleação, foi usado para receber este núcleo. Uma terceira ovelha, Lassie, da raça *Scottish Blackface* foi quem gestou a ovelha Dolly. O DNA mitocondrial da ovelha Dolly é proveniente da(s) ovelha(s)

- Fluffy, apenas.
- Lassie, apenas.
- Bellinda, apenas.
- Fluffy e da ovelha Bellinda.
- Bellinda e da ovelha Lassie.

8. Sistema Dom Bosco – Em certa maternidade, o casal Sandra e Rubens se viu diante da possibilidade de troca de bebês. Para descobrir quem era o filho deles, foram realizadas análises de DNA *fingerprinting* com microssatélites, conforme mostrado na imagem a seguir:



Quem é o filho do casal?

- I
- II
- III
- IV
- V

9. Uncisal-AL (adaptada) – As vacinas são classificadas em três grandes grupos. Nas vacinas de primeira geração o agente patogênico é inativado ou atenuado. Na segunda geração, a indução de anticorpos é voltada para um único alvo, uma toxina, ou açúcares de superfície, que permite ao sistema imune neutralizar o agente infeccioso. Na terceira geração, o conceito vacinal surgiu da observação de células em que o DNA injetado conseguiu penetrar as membranas citoplasmática e nuclear e utilizar o maquinário enzimático necessário à transcrição e tradução, produzindo o antígeno que desencadeará uma série de respostas imunológicas.

DINIZ, M.O. & FERREIRA, L.C.S. Biotecnologia aplicada ao desenvolvimento de vacinas. *Estudos Avançados*, v. 24, n. 70, 2010 (adaptado).

Leia as afirmativas sobre a tecnologia do DNA recombinante na produção de vacinas.

- As estratégias de clonagem e de introdução de mutações em genes específicos têm permitido a produção de vírus e bactérias inativos de forma mais precisa e segura do que os métodos convencionais das vacinas de primeira geração.
- O aprimoramento das técnicas de produção de proteínas recombinantes permite que bactérias, leveduras, células de mamíferos e insetos sejam utilizados para a produção de antígenos.
- A tecnologia do DNA recombinante na produção de vacinas de DNA tem representado uma forma alternativa de desenvolver imunoterapias – vacinas com propriedades terapêuticas.

Verifica-se que está(ão) correta(s) a(s) afirmativa(s)

- I, II e III.
- I e III, apenas.
- I e II, apenas.
- III, apenas.
- II, apenas.

10. Vunesp (adaptada) – Um pesquisador descobriu mutações na sequência de aminoácidos que produzem uma enzima específica e geram uma doença grave em espécies de ratos. Sabe-se que os genes são transcritos em RNAs e esses são traduzidos, produzindo proteínas que farão parte do metabolismo ou da função celular. Com base nessas informações e em seus conhecimentos sobre Biotecnologia, cite e explique uma técnica capaz de solucionar a doença.

11. Unifor-CE – Leia o texto abaixo.

“Nasceu no dia 27 de março de 2014, na Universidade de Fortaleza - Unifor, a primeira cabra clonada e transgênica da América Latina. Chamada pelos cientistas de Gluca, ela possui uma modificação genética que deverá fazer com que ela produza em seu leite uma proteína humana chamada glucocerebrosidase, usada no tratamento da doença de Gaucher. Trata-se de uma doença genética relativamente rara, porém extremamente custosa para o sistema público de saúde. Segundo informações levantadas pelos pesquisadores, o Ministério da Saúde gasta entre R\$ 180 milhões e R\$ 250 milhões por ano com a importação de tratamentos para pouco mais de 600 pacientes com Gaucher no Brasil. As drogas importadas são baseadas em proteínas produzidas *in vitro*, cultivadas em células transgênicas de *hamster* ou cenoura. A proposta da pesquisa brasileira é produzir a glucocerebrosidase no País, no leite de cabras transgênicas, a custos muito inferiores ao da produção em células em cultura.”

Texto adaptado do jornal *O Estado de São Paulo*, 14/04/2014.

15. FCM-MG – A clonagem é vista por alguns pesquisadores como uma alternativa para salvar animais ameaçados de extinção. Desde o início de 2000, pesquisas vêm sendo feitas em vários países, incluindo o Brasil. Para muitos especialistas, porém, esse processo reprodutivo está longe de ser uma alternativa viável para salvar as mais de 20 mil espécies ameaçadas. No que diz respeito ao uso desse recurso para reduzir a extinção de espécies ameaçadas no planeta, é incorreto dizer que a clonagem

- a) é uma ferramenta emergencial no caso de uma multiplicação necessária, quando há poucos indivíduos, mas ela dificilmente irá recuperar ou salvar uma espécie.
- b) nada pode fazer para impedir a destruição de hábitos naturais, causada pela interferência humana. É imprescindível proteger as espécies em seu habitat natural.
- c) tem na dificuldade reprodutiva um dos fatores determinantes para ser excluída das alternativas para aumentar a população de animais ameaçados em seu habitat natural.
- d) continua sendo um processo muito complexo, apesar dos avanços científicos, mas os clones são aptos para se reproduzir. A expectativa de vida de clones é baixa, mas com resultados sempre satisfatórios.

16. Unifor-CE – Principal aposta da medicina para correção de distúrbios genéticos e cura de doenças crônicas, a técnica de edição de genomas CRISPR-Cas9 tem, porém, limitações. Por isso, laboratórios de todo o mundo estão atrás de um aprimoramento da técnica que permita alterar o que está errado sem promover outras alterações na estrutura de dupla hélice. Foi o que conseguiu agora uma equipe do Instituto Salk, da Califórnia, que descreveu o novo método na edição da revista *Cell*. Os cientistas testaram, com sucesso, a adaptação da técnica em ratos com doença renal aguda, diabetes e distrofia muscular.

Disponível em: <https://www.uai.com.br/app/noticia/saude/2017/12/20/noticias-saude,218803/tecnica-de-reparo-do-dna-pode-tratarproblemas-como-doenca-renal-e-dia.shtml>. Acesso em: 12 set. 2017. (Adaptado)

Avanços nas técnicas de engenharia genética são importantes para correção de erros no DNA, uma vez que uma característica comumente observada em pessoas afetadas por distúrbios existentes nos sistemas de reparo do DNA é

- a) anemia falciforme.
- b) predisposição ao câncer.
- c) retardo do envelhecimento.
- d) estabilidade excessiva do genoma.
- e) superprodução de imunoglobulinas.

17. Sistema Dom Bosco – Na área da Biologia conhecida como genética forense, o DNA é utilizado para identificar pessoas e, assim, ajudar a solucionar casos sob investigação policial. Por isso, as técnicas de Biologia molecular utilizadas são denominadas DNA *fingerprinting*. Com base nessas informações, explique como é realizada a eletroforese e em qual etapa ela ocorre.

ESTUDO PARA O ENEM

18. Enem (adaptada)

C3-H11

Panayiotis Zavos “quebrou” o último tabu da clonagem humana – transferiu embriões para o útero de mulheres, que os gerariam. Esse procedimento é crime em inúmeros países. Aparentemente, o médico possuía um laboratório secreto, no qual fazia seus experimentos. “Não tenho nenhuma dúvida de que uma criança clonada irá aparecer em breve. Posso não ser eu o médico que irá criá-la, mas vai acontecer”, declarou Zavos. “Se nos esforçarmos, podemos ter um bebê clonado daqui a um ano, ou dois, mas não sei se é o caso. Não sofremos pressão para entregar um bebê clonado ao mundo. Sofremos pressão para entregar um bebê clonado saudável ao mundo”.

Fonte: CONNOR, S. Disponível em: www.independent.co.uk. Acesso em: 14 ago. 2012 (adaptado).

A clonagem humana é um importante assunto de reflexão do campo da Bioética que, entre outras questões, dedica-se a

- a) refletir sobre as relações entre o conhecimento apenas dos clones e os valores éticos humanos.

- b) legitimar o predomínio da espécie humana sobre as demais espécies animais no planeta.
- c) relativizar, no caso da clonagem humana, o uso dos valores de certo e errado, de bem e mal.
- d) legalizar, pelo uso das técnicas de clonagem, os processos de reprodução humana e animal.
- e) fundamentar técnica e economicamente as pesquisas sobre células-tronco para uso em seres humanos.

19. Enem

C8-H29

“Nem sempre é seguro colocar vírus inteiros numa vacina. Alguns são tão perigosos que os cientistas preferem usar só um de seus genes, aquele que fabrica o antígeno, proteína que é reconhecida pelas células de defesa. Uma dessas vacinas de alta tecnologia é a anti-hepatite B. Um gene do vírus é emendado ao DNA de um fungo inofensivo, que passa, então, a produzir uma substância que é injetada no corpo humano.”

Fonte: Vírus: guerra silenciosa. *Superinteressante*, n.143, ago. 1999. (Adaptado).

A função dessa substância, produzida pelo fungo, no organismo humano é

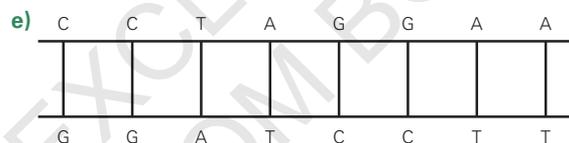
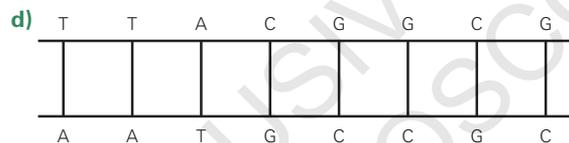
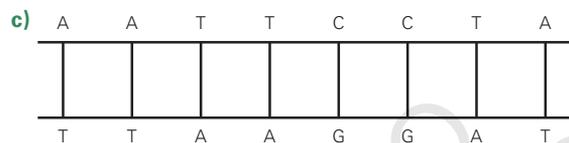
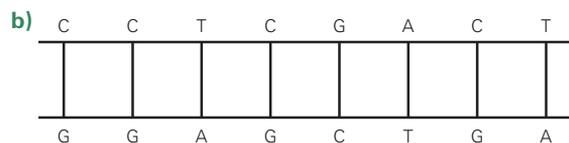
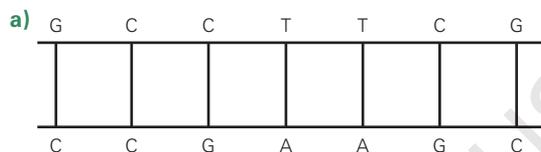
- neutralizar proteínas virais.
- interromper a ação das toxinas.
- ligar-se ao patógeno já instalado.
- reconhecer substâncias estranhas.
- desencadear a produção de anticorpos.

20. Enem

C8-H29

A reação em cadeia da polimerase (PCR, na sigla em inglês) é uma técnica de biologia molecular que permite replicação *in vitro* do DNA de forma rápida. Essa técnica surgiu na década de 1980 e permitiu avanços científicos em todas as áreas de investigação genômica. A dupla hélice é estabilizada por ligações de hidrogênio, duas entre as bases adenina (A) e timina (T) e três entre as bases guanina (G) e citosina (C). Inicialmente, para que o DNA possa ser replicado, a dupla hélice precisa ser totalmente desnaturada (desenrolada) pelo aumento da temperatura, quando são desfeitas as ligações de hidrogênio entre as diferentes bases nitrogenadas.

Qual dos segmentos de DNA será o primeiro a desnaturar totalmente durante o aumento da temperatura na reação de PCR?



MATERIAL DE USO EXCLUSIVO DO
SISTEMA DE ENSINO DOM BOSCO

46

FUNDAMENTOS DA ECOLOGIA

- Níveis de organização ecológicos
- Conceitos básicos da Ecologia
- Fatores ecológicos que influenciam o ecossistema

HABILIDADES

- Compreender o que são níveis de organização ecológica.
- Explicar conceitos fundamentais da Ecologia.
- Citar fatores ecológicos que influenciam os ecossistemas e relacioná-los aos impactos ambientais.

Aves aquáticas da ordem Ciconiiformes – que inclui garças, socós e cegonhas – formam comunidades com densos ninhais de bandos mistos, nos quais os indivíduos se estabelecem e criam seus filhotes.

O sucesso reprodutivo desses animais depende de diferentes fatores químicos, físicos e biológicos – todos intimamente relacionados entre si.

Os indivíduos dessas comunidades competem pela escolha do local da construção e matéria-prima de ninhos e pela aquisição de alimentos.

Entre os assuntos de interesse da Ecologia (do grego *oikos* = casa + *logos* = estudo), podemos destacar os fatores que determinam a reprodução de indivíduos na mesma área geográfica e a influência da busca e do forrageamento (procura e exploração de recursos alimentares) no tamanho da população de cada espécie.



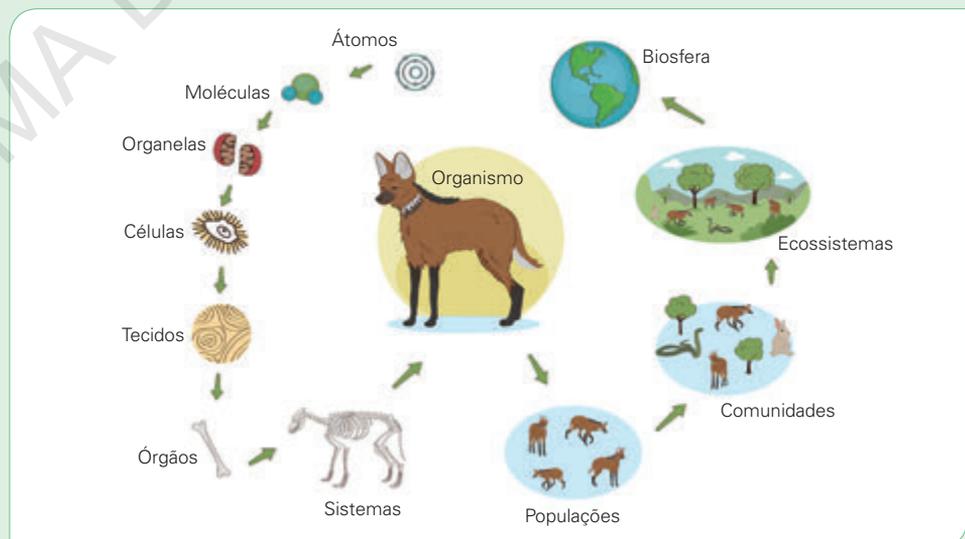
FABIO COLOMBINI

Ninhal com colhereiros, cabeças-secas e garças. Passo do Lontra, Pantanal (MS), Brasil.

NÍVEIS DE ORGANIZAÇÃO ECOLÓGICA

Em Ecologia estudam-se as interações entre os seres vivos e o ambiente.

Nessa área do conhecimento, o ambiente é analisado como um sistema integrado, no qual diversos fatores bióticos e abióticos influenciam a sobrevivência dos organismos, que interagem entre si e com o ambiente. Essas interações ocorrem em níveis hierárquicos de escala, desde a interação de um organismo com o ambiente, com outros indivíduos da mesma espécie, com indivíduos de outras espécies, até de modo global de interação. Essas análises são feitas com base nos modelos de distribuição, quantidade de indivíduos e características de cada ser vivo.



Representação dos níveis de organização dos seres vivos, desde a organização em átomos e moléculas até ecossistemas e biosfera. Elementos representados fora da escala de tamanho. Cores fantasia.

ESPÉCIE

Não há consenso na comunidade científica quanto à definição do termo **espécie**. Assim, existem muitas acepções na literatura sobre essa palavra. É necessário, portanto, considerar a aplicação que se deseja usar: se conceito morfológico, biológico ou evolutivo.

Neste módulo, adotaremos o **conceito biológico** de espécie, que é o que fundamenta os estudos de Ecologia.

O conceito biológico define que espécies são formadas por **membros de populações**, que habitam um local específico, com potencial de se cruzarem naturalmente. Porém, existem exceções nesse conceito, como os organismos assexuados e cruzamentos entre dois indivíduos de diferentes espécies que geram híbridos. Os pássaros bem-te-vi (*Pitangus sulphuratus*) e o bentevezeiro-de-penacho (*Myiozetetes similis*), por exemplo, apresentam semelhanças morfológicas, mas não são da mesma espécie pelo fato de serem incapazes de gerar descendentes férteis.

NATURE PHOTOGRAPHERS LTD / ALAMY STOCK PHOTO



MIKELANE45/DREAMTIME.COM



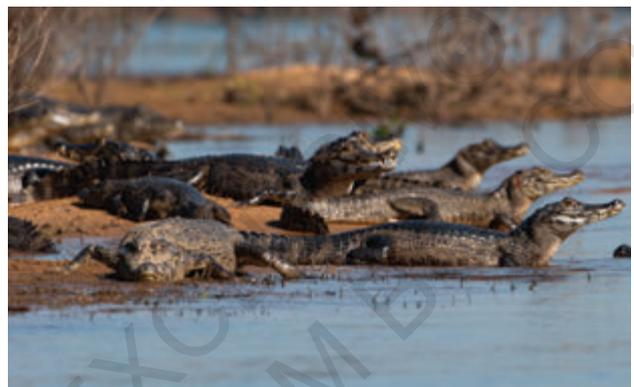
As aves bem-te-vi (*Pitangus sulphuratus*, acima) e bentevezeiro-de-penacho (*Myiozetetes similis*, abaixo) estão presentes em grande parte do território brasileiro.

POPULAÇÃO

Uma **população** é constituída por um grupo de indivíduos da mesma espécie que geram descendentes férteis e que habitam a mesma área geográfica no mesmo intervalo de tempo. Por apresentarem atributos genéticos significativos e adaptados para dar continuidade às próximas gerações, esses indivíduos formam uma **unidade evolutiva**.

Um exemplo de população é a do jacaré-do-pantanal (*Caiman yacare*), espécie presente desde certa região

da Argentina até o sul da Bacia Amazônica – principalmente na planície pantaneira. Essas regiões têm características paisagísticas em comum, como os pântanos (com áreas alagadas, rios e lagos), geralmente associados à vegetação flutuante, sendo portanto um local adequado para que a espécie consiga viver, reproduzir-se e gerar descendentes férteis. Dessa forma, garante-se a manutenção da população desses animais até a atualidade.



As populações de jacarés-do-pantanal (*Caiman yacare*) habitam o Pantanal brasileiro, a Argentina, o Paraguai e a Bolívia.

OCTAVIO CAMPOS SALLES / ALAMY STOCK PHOTO

COMUNIDADE

O conjunto de populações de diferentes espécies em certo local e época constitui uma **comunidade**. Esse conceito também pode ser denominado **biocinese** ou **biota**. Populações de uma comunidade podem estar ecologicamente em equilíbrio em virtude das interações com o meio abiótico – sempre em mudança – e com outras espécies, se houver disponibilidade de alimentos e territórios. Tais fatores garantem a regulação dessas populações e, conseqüentemente, o equilíbrio com outras populações da comunidade.



Parque no Quênia com diferentes populações vegetais e animais.

PH. FRANCESCO CICCOTTI/GETTY IMAGES

ECOSSISTEMA

Trata-se de um sistema formado por uma ou mais comunidades que ocorrem em determinado ambiente e que interagem com os fatores abióticos do ambiente (físicos ou químicos) e com os fatores bióticos (relações ecológicas). Essas interações ecológicas geram um fluxo de energia entre os seres vivos e a ciclagem de matéria entre os ambientes biótico e abiótico.

Esses fatores, então, promovem a manutenção da vida. Lagos, florestas, rios e desertos são exemplos de **ecossistemas**.



O mangue é um exemplo de ecossistema de transição, por ser um misto entre os ambientes terrestre e marinho. Nesse tipo de ecossistema, há grande diversidade de comunidades, que interagem entre si e com fatores físicos e químicos do ambiente.

BIOSFERA

Recebe esse nome o conjunto de todos os ecossistemas e todas as paisagens que funcionam de maneira interligada na Terra. Esse sistema ecológico complexo compreende a produção, a decomposição e a ciclagem de materiais existentes no planeta que estejam em transformação.



Representação da Terra feita pela Administração Nacional da Aeronáutica e Espaço (Nasa, em inglês). Nela está representado o nível máximo de organização ecológica do conjunto de todos os ecossistemas.

Paisagem

Em Ecologia, **paisagem** é a composição de elementos da natureza no espaço. Entre eles, também está a ausência de elementos naturais, como as paisagens completamente urbanas, ou seja, modificadas pelo homem.

Neste módulo, levaremos em consideração apenas as paisagens compostas de elementos naturais, que são observáveis dentro de uma perspectiva.

CONCEITOS BÁSICOS DE ECOLOGIA

HÁBITAT

Recebe esse nome o local onde determinada espécie ou comunidade é encontrada naturalmente no ecossistema. O **hábitat** é caracterizado por fatores climáticos e físicos, pela disponibilidade de recursos alimentares e por ser local adequado à reprodução. Ele compõe características que determinam, definem e limitam a sobrevivência de uma espécie. Os morcegos, por exemplo, necessitam de ambiente úmido e com baixa intensidade de luz, como o interior de cavernas.



O Cerrado é hábitat do lobo-guará (*Chrysocyon brachyurus*), uma espécie endêmica da região.

BIÓTOPO

Enquanto o hábitat é o espaço que determina o desenvolvimento de uma espécie, o **biótopo** se refere ao local ocupado por uma comunidade. O Pantanal é um exemplo de biótopo, uma vez que apresenta diversas espécies dependentes da água, do solo, da umidade, da temperatura e de outros fatores encontrados somente nesse ambiente.



Garça-branca (*Ardea alba*) em vegetação do Pantanal, exemplo de um biótopo.

NICHO ECOLÓGICO

Trata-se do resultado da interação de determinada espécie com todos os fatores bióticos e abióticos do ambiente que ela ocupa, de modo a designar a ela um papel específico dentro daquele cenário. Tudo que sofre alguma alteração pela espécie é considerado **nicho**, incluindo as condições necessárias para sua sobrevivência e reprodução, os hábitos alimentares, o comportamento sexual e social, o período de acasalamento, entre outros fatores.

De acordo com o **princípio da exclusão competitiva** de Georgy F. Gause (1910-1986), caso duas espécies apresentem o mesmo nicho ecológico, haverá competição intensa entre elas, de maneira que apenas uma sobreviverá. A outra espécie abandonará o ambiente ou será eliminada.



A canela-de-ema-gigante (*Vellozia gigantea*), presente na Serra do Cipó (MG), nasce apenas acima de 1 200 metros de altitude. Nessa região, as queimadas são comuns e têm importância para o florescimento da planta. Esse é o nicho para o desenvolvimento da espécie.

ECÓTONO

É a zona de transição entre diferentes ecossistemas. Nessa área, a biodiversidade costuma ser mais rica que nos ecossistemas do entorno, uma vez que há espécies que se deslocam e interagem com ambos os ecossistemas.

Os ecótonos são importantes para as florestas tropicais, pois neles estão as chamadas **espécies endêmicas**, ou seja, que não ocorrem em outras regiões.



Ecótono entre vegetação de pequeno porte em afloramento rochoso e vereda, representada pela presença de buritis (*Senna corifolia*), em Goiás.

BIODIVERSIDADE

É a variedade de espécies terrestres ou marinhas presentes na biosfera, constituintes de comunidades e ecossistemas. Em comunidades, são utilizados dois termos para avaliar a diversidade de espécies:

- **abundância** – refere-se ao número de indivíduos de uma espécie encontrado em um ambiente.
- **riqueza** – diz respeito à quantidade de espécies encontradas em um local.

Por exemplo, as regiões neotropicais (latitudes medianas) são caracterizadas pela alta riqueza de espécies, tanto vegetais quanto animais. As regiões polares (altas e baixas latitudes), por outro lado, apresentam baixa riqueza.

Muitos fatores estão associados a esse padrão de distribuição de espécies no globo. Entre eles, podemos destacar a disponibilidade de alimentos e os fatores físicos e químicos que variam com a latitude.

Quando se trata da conservação da biodiversidade, esse termo é comumente usado como sinônimo de riqueza, ou seja, de quantidade de espécies. Dessa forma, se há alta biodiversidade, pode-se considerar que há grande quantidade de espécies.

FATORES ECOLÓGICOS QUE INFLUENCIAM O ECOSISTEMA

A influência dos fatores ecológicos sobre os organismos vivos é regulada pelos **fatores limitantes do ambiente** e pela **faixa de tolerância ecológica**.

Um fator é considerado limitante quando está ausente ou abaixo do mínimo necessário. Isso pode ocorrer, ainda, quando se excede o máximo tolerável. Os fatores ecológicos podem provocar a extinção, a recolonização, a distribuição espacial e temporal das espécies ou o aparecimento de novas adaptações dos organismos ao ambiente.

FATORES ABIÓTICOS

São componentes físicos ou químicos que atuam sobre um ambiente e influenciam a adaptação e a sobrevivência dos seres vivos em um ecossistema, passando tais características às próximas gerações. A importância desses fatores varia de acordo com as características de cada ambiente.

Luz

É responsável por todos os ciclos biológicos da Terra. Animais e plantas reagem de forma diferente aos comprimentos de ondas e ao tempo em que permanecem sob ela (fotoperiodismo). A luz controla o movimento dos organismos terrestres e aquáticos, os ciclos reprodutivos, a migração e as mudanças estacionais de penas e pelos em aves e mamíferos. É considerada limitante em níveis máximo e mínimo.

Temperatura

Esse é um dos fatores ambientais mais limitantes de vida no planeta, uma vez que o metabolismo dos seres vivos necessita de enzimas que podem ser desnaturadas em altas temperaturas ou apresentar mau funcionamento quando não estão em temperatura ótima.

Umidade

Depende basicamente da taxa de precipitação das chuvas, dos ventos e da proximidade com mares, rios e lagos.

Concentração de sais minerais

Esse fator no ambiente é fundamental para os seres vivos, principalmente os aquáticos, que podem ser encontrados em locais com diferentes concentrações de sais – como águas doce, salgada e salobra.

A variação nas taxas de salinidade pode influenciar na manutenção do metabolismo dos animais e resultar no desequilíbrio de uma população.

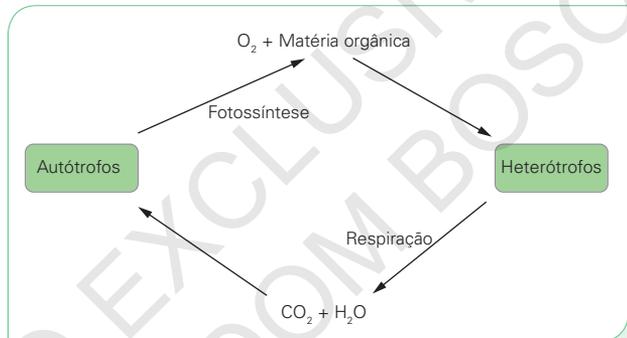
Pressão

Esse fator depende diretamente da altitude. A pressão é considerada normal ao nível do mar e, à medida que aumenta a altitude, a pressão diminui paralelamente à redução da concentração de oxigênio na atmosfera.

Os organismos se adaptam à pressão aumentando a superfície de absorção do oxigênio, isto é, aumentando o número de glóbulos vermelhos na circulação sanguínea.

FATORES BIÓTICOS

Trata-se das interações ecológicas entre os organismos vivos, sejam eles autótrofos (como os vegetais e alguns procariotos), sejam heterótrofos (que obtêm energia diretamente pelo consumo de outros seres vivos). São exemplos de seres heterótrofos os animais, os fungos, os protozoários e grande parte dos procariotos.



Esquema simplificado de troca entre os seres autótrofos e heterótrofos.

ROTEIRO DE AULA

NÍVEIS DE ORGANIZAÇÃO

Conjunto de indivíduos potencialmente intercruzáveis:

_____ espécie _____

geram descendentes

_____ férteis _____

Grupo de indivíduos da mesma espécie que vivem em um mesmo local:

_____ população _____

seu conjunto forma uma

_____ comunidade _____

_____ Ecossistema _____

conjunto formado por

comunidade

_____ bióticos _____

fatores:

_____ abióticos _____

Conjunto de todos os ecossistemas

_____ biosfera _____

Conceitos básicos

Local natural onde vive uma espécie:

_____ hábitat _____

Papel que uma espécie desempenha no ambiente:

_____ nicho ecológico _____

Espaço ocupado por uma comunidade:

_____ biótopo _____

Região de transição entre ecossistemas:

_____ ecótono _____

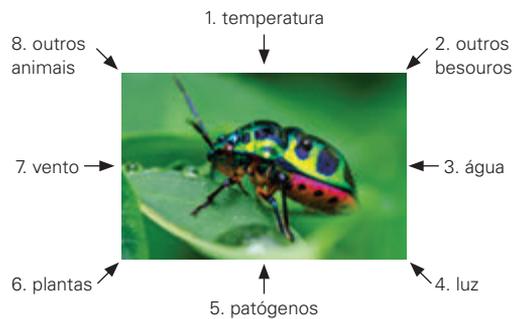
EXERCÍCIOS DE APLICAÇÃO

1. PUC-RJ – O conjunto composto pela comunidade de seres vivos de uma área e os fatores físicos com os quais eles interagem é chamado

- população.
- hábitat.
- nicho ecológico.
- ecótono.
- e) ecossistema.**

A alternativa A está incorreta. População é um conjunto de indivíduos da mesma espécie. A alternativa B está incorreta. Hábitat é o local onde uma espécie ocorre. A alternativa C está incorreta. Nicho ecológico é a função que uma espécie desempenha no ambiente. A alternativa D está incorreta. Ecótono é uma zona de transição entre ecossistemas.

2. UPF-RS (adaptada) – A imagem a seguir apresenta fatores bióticos e abióticos do ambiente em que vive um besouro.



Nesse ambiente, os fatores abióticos são identificados apenas pelos números

- 3, 4, 5 e 7.
- 2, 5, 6 e 8.
- c) 1, 3, 4 e 7.**
- 1, 2, 5, 7 e 8.
- 1, 3, 4, 5 e 7.

Os fatores abióticos são aqueles que não estão associados às interações ecológicas a que o besouro pode estar submetido: água, umidade, temperatura etc.

3. Unifor-CE (adaptada) – Em um aquário com água do mar foi colocada uma pedra com 19 cracas, 4 anêmonas-do-mar, 2 caramujos e 5 talos de algas verdes. Além disso, foram colocados 6 paguros (crustáceo) e 3 estrelas-do-mar. Quantas comunidades e quantas populações existem dentro desse aquário?

Comunidade é qualquer conjunto de organismos que coexiste no mesmo local e tempo, independentemente da espécie. População é o conjunto de organismos da mesma espécie. Portanto, há 1 comunidade e 6 populações no aquário.

4. Uema

Biologia é a ciência que estuda os seres vivos e explica os fenômenos ligados à vida e à sua origem. É de extrema importância para entender o funcionamento do nosso ecossistema, que, por sua vez, se torna essencial para a sobrevivência humana. A importância do conhecimento biológico pode ser percebida desde a base do que compõe o planeta Terra. Hoje, a Biologia está presente no nosso dia a dia e possui uma influência direta em tudo que está relacionado aos seres vivos, desde os mecanismos que regulam as atividades vitais até as relações que estabelecem entre si e

com o ambiente em que vivem. Estudar Biologia consiste em adquirir conhecimentos de como o mundo se organiza, desde os níveis mais simples até os mais complexos. E, assim, prever e mensurar os fenômenos que podem melhorar a existência na Terra, e, conseqüentemente, garantir a manutenção dos sistemas biológicos de forma sustentável.

PANIAGO, G.L. Descubra a importância da Biologia. Disponível em: <<https://www.portaleducacao.com.br>>. Acesso em: mar. 2019.

O texto faz referência à hierarquia de complexidade da organização biológica, cuja seqüência correta é a seguinte:

- a) célula – tecido – órgão – sistema – organismo – população – comunidade – ecossistema – biosfera**
- célula – órgão – tecido – organismo – sistema – comunidade – população – biosfera – ecossistema
- tecido – célula – órgão – organismo – sistema – população – comunidade – ecossistema – biosfera
- tecido – célula – órgão – organismo – sistema – comunidade – população – biosfera – ecossistema
- célula – tecido – órgão – organismo – sistema – comunidade – população – biosfera – ecossistema

As demais alternativas estão incorretas porque o menor nível de organização ecológica é uma célula. Em seguida, por nível de complexidade, vêm tecidos, órgãos e sistemas. Esses conjuntos formam um organismo. O conjunto de organismos forma uma população. Na seqüência temos comunidades, ecossistemas e, por fim, a biosfera, que é a maior organização ecológica.

5. UnB-DF (adaptada) – No filme *Up*, de 2009, um vendedor de balões ergue a própria casa usando balões de gás hélio e parte em uma aventura com o objetivo de realizar um sonho de infância: morar em um lugar paradisíaco, sobre uma montanha, com cachoeiras e uma bela floresta tropical.



Ao descrever o lugar paradisíaco, o texto traz elementos que fazem referência a diversos tipos de ambientes. Cite-os e classifique-os quanto ao nível de organização ecológica.

Os ambientes citados no texto são montanha, cachoeiras e floresta tropical. Esses ambientes podem ser classificados como ecossistemas, por apresentarem comunidades animais e vegetais bem distintas, interagindo de maneira complexa entre si e com fatores abióticos.

6. Fuvest-SP (adaptada)

C4-H16

A cobra-coral (*Erythrolamprus aesculapii*) tem hábito diurno, alimenta-se de outras cobras e é terrícola; ou seja, caça e se abriga no chão. A jararaca (*Bothrops jararaca*) tem hábito noturno, alimenta-se de mamíferos e é terrícola. Ambas ocorrem no Brasil, na floresta pluvial costeira.

Essas serpentes

- a) disputam o mesmo nicho ecológico.
- b) constituem uma população.

- c) compartilham o mesmo hábitat.
- d) deixam descendentes férteis.
- e) competem recursos entre si.

A alternativa A está incorreta, porque apresenta nichos diferentes, uma vez que essas serpentes têm hábitos distintos. As alternativas B e D estão incorretas, pois são espécies diferentes. A alternativa E está incorreta, porque essas serpentes utilizam recursos diferentes.

Competência: Compreender interações entre organismos e ambiente, em particular aquelas relacionadas à saúde humana, relacionando conhecimentos científicos, aspectos culturais e características individuais.

Habilidade: Compreender o papel da evolução na produção de padrões, processos biológicos ou na organização taxonômica dos seres vivos.

EXERCÍCIOS PROPOSTOS**7. Udesc (adaptada)** – Analise as proposições em relação à ecologia:

- I. As populações são formadas quando vários indivíduos da mesma espécie vivem no mesmo local e tempo e mantêm relação entre si.
- II. O hábitat corresponde ao modo de vida ou ao papel ecológico que a espécie desempenha no ecossistema.
- III. Comunidade ou biocenose são formadas por indivíduos da mesma espécie, que possuem relação de interação entre si.
- IV. Ecossistema é a reunião e a interação das comunidades com os fatores abióticos que atuam sobre essas comunidades.

Assinale a alternativa correta:

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

8. UFRGS-RS (adaptada) – Considere as seguintes afirmações sobre conceitos utilizados em ecologia.

- I. Nicho ecológico é a posição biológica ou funcional que um ecossistema ocupa em um determinado meio.
- II. A zona de transição que faz limites entre dois ecossistemas é chamada biótopo.
- III. Alguns fatores abióticos que podem influenciar um ecossistema são: temperatura, umidade, luminosidade e pressão.

Quais estão corretas?

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

9. Unicamp-SP (adaptada) – A preservação da biodiversidade ocupa hoje um lugar importante na agenda ambiental de diversos países. Pode-se inferir que a diversidade de espécies

- a) diminui com a redução de emissão de gases poluentes.
- b) aumenta com o aumento da latitude.
- c) diminui com o aumento da latitude.
- d) diminui em regiões equatoriais.
- e) aumenta com a urbanização.

10. Sistema Dom Bosco – Também chamado de savana brasileira, o Cerrado é caracterizado por árvores baixas, arbustos espaçados e gramíneas, podendo ser classificado como Cerradão, Cerrado típico, campo Cerrado, campo sujo de Cerrado ou campo limpo. Fazem parte de sua fauna típica onças-pintadas (*Panthera onca*) e tamanduás-bandeiras (*Myrmecophaga tridactyla*).

Analisando essas duas espécies, o Cerrado pode ser considerado um hábitat ou um biótopo? Justifique.

11. Mack-SP (adaptada) – Há espécies de insetos, como o *Aedes aegypti*, com machos e fêmeas vivendo no mesmo esconderijo, porém, com diferentes maneiras de se alimentar: a fêmea busca o sangue de outros animais, enquanto o macho se alimenta de frutas ou outros vegetais adocicados. Assim, podemos afirmar que o macho e a fêmea

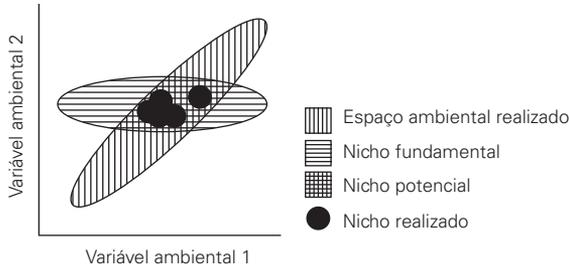
- a) ocupam nichos ecológicos diferentes, porém o mesmo hábitat.
- b) ocupam o mesmo nicho ecológico, porém com hábitats diferentes.
- c) ambos ocupam o mesmo nicho ecológico e o mesmo hábitat.
- d) ocupam nichos ecológicos diferentes e hábitats diferentes.
- e) ocupam o mesmo biótopo.

12. UFABC-SP – Bioma pobre, a Caatinga já perdeu 59% de sua área. O jornal *Folha de S. Paulo* divulgou, em 05 de junho de 2008, que 59% do bioma, tão exaltado por Euclides da Cunha e outros escritores, já está alterado. Esse resultado é diferente das últimas estimativas, que apontavam uma alteração de 30%, aproximadamente. Muitos estudos sobre esse ecossistema apontam para o mesmo caminho: a biodiversidade dessa região é elevada e segundo Washington Rocha da UEFS (Universidade Estadual de Feira de Santana) a cana-de-açúcar e a desertificação (que poderá ser potencializada pelas mudanças climáticas globais) são as duas maiores ameaças para a Caatinga atualmente.

De acordo com o texto, pode-se afirmar que

- a) a caatinga apresenta muitos seres vivos e poucas espécies diferentes.
- b) a caatinga apresenta muitos seres vivos de espécies diferentes.
- c) esse estudo permite concluir que os seres vivos dessa região não serão dizimados.
- d) as mudanças climáticas no local são ocasionadas pelo excesso de cactáceas e gramíneas.
- e) o plantio de cana favorece a biodiversidade e pode desacelerar a desertificação do local.

13. Uncisal-AL (adaptada) – A figura a seguir representa os nichos ecológicos de uma determinada espécie.



VAZQUEZ, Diego P. Reconsiderando el nicho hutchinsoniano. Ecol. austral, Córdoba, v. 15, n. 2, p. 149-158, dic. 2005 (adaptado)

Dadas as afirmativas:

- I. Nicho ecológico se refere a um conjunto de condições e recursos que permitem uma espécie sobreviver em um dado ambiente.
- II. Podem existir espécies com nichos ecológicos semelhantes.
- III. O nicho ecológico é mutável.

Estão corretas

- a) apenas a afirmativa I.
- b) apenas a afirmativa II.
- c) as afirmativas I e II.
- d) as afirmativas I e III.
- e) todas as afirmativas.

14. Unesp – Considere a afirmação: “As populações daquele ambiente pertencem a diferentes espécies de animais e vegetais”. Que conceitos estão implícitos nessa frase se levarmos em consideração

- a) somente o conjunto de populações?

- b) o conjunto de populações mais o ambiente abiótico?

15. UEL-PR – Na encosta de um barranco, em uma floresta, são encontradas quatro espécies de aranhas.

- I. A espécie I faz a teia em galhos de arbustos e se posiciona na borda da teia, esperando que algum inseto fique preso.
- II. A espécie II faz a teia suspensa e nela constrói um tubo onde fica escondida à espera da presa.

III. A espécie III não constrói teia e se esconde nas flores à espera das vítimas.

IV. A espécie IV faz um buraco no barranco e salta sobre a presa quando se aproxima.

De acordo com essas informações, assinale a alternativa que apresenta a conclusão correta sobre o nicho ecológico dessas espécies de aranhas.

- a) As espécies I e II possuem o mesmo nicho ecológico, enquanto as espécies III e IV também possuem o mesmo nicho ecológico, porém distinto das espécies I e II.
- b) As espécies I e III possuem o mesmo nicho ecológico, enquanto as espécies II e IV também possuem o mesmo nicho ecológico, porém distinto das espécies I e III.
- c) As espécies II e III possuem o mesmo nicho ecológico, enquanto as espécies I e IV também possuem o mesmo nicho ecológico, porém distinto das espécies I e III.
- d) As espécies I e II possuem o mesmo nicho ecológico, enquanto a espécie III possui nicho ecológico distinto da espécie IV.
- e) As espécies I, II, III e IV possuem nichos ecológicos distintos.

16. Famerp-SP – De acordo com alguns conceitos ecológicos, uma cidade como São José do Rio Preto e uma reserva ecológica são ecossistemas. Esta afirmação é

- a) incorreta, porque na cidade existem muitos seres vivos que não interagem com a parte não viva do ambiente.
- b) incorreta, porque a reserva ecológica é um ambiente natural, onde alguns seres vivos interagem com a parte não viva do ambiente.
- c) incorreta, porque a reserva ecológica é um ambiente artificial, onde há seres vivos que foram introduzidos para interagir com a parte não viva do ambiente.
- d) correta, porque nos dois locais existe uma população de seres vivos interagindo com a parte não viva do ambiente.
- e) correta, porque nos dois locais existe uma comunidade de seres interagindo com a parte não viva do ambiente.

17. UPF-RS (adaptada) – A transição da água para a terra é talvez o evento mais dramático da evolução animal, pois envolve a invasão de um hábitat que em muitos aspectos é mais hostil para a vida. Os anfíbios foram os primeiros vertebrados a habitar a terra firme, mas não a conquistaram totalmente, pois sua reprodução e o início do desenvolvimento continuaram a ser realizados em meio aquático. Nessa conquista da terra firme os anfíbios necessitaram desenvolver adaptação para respirar, sustentar-se, mover-se e perceber sons e odores transportados pelo ar no ambiente terrestre.

Cite os principais fatores ecológicos que esses animais precisaram levar em consideração para viver em terra firme.

ESTUDO PARA O ENEM

18. Sistema Dom Bosco

C8-H28

Cientistas descobriram três novas espécies de peixes que vivem em uma das partes mais profundas do fundo da trincheira do Atacama, no Oceano Pacífico, a uma profundidade de 7500 metros. Pesquisadores ficaram surpresos com sua abundância em um ambiente tão inóspito. Temporariamente denominados peixe-caracol rosa, azul e roxo do Atacama, as criaturas até então desconhecidas têm entre 20 e 25 centímetros de comprimento, são translúcidas e não têm escamas. Eles parecem ser exclusivamente adaptados às condições presentes a pouco mais de sete quilômetros abaixo da superfície do oceano, onde os dias são permanentemente escuros e a temperatura da água mal chega a dois graus Celsius. Em tais profundidades, a pressão é tão grande que animais maiores seriam esmagados sob sua própria massa.

ISTOÉ. Cientistas descobrem três espécies de peixes no fundo do Pacífico. Disponível em: <<https://istoe.com.br/cientistas-descobrem-tres-especies-de-peixes-no-fundo-do-pacifico/>>. Acesso em: mar. 2019.

Sobre os peixes descritos, assinale a alternativa correta.

- a) Juntos, constituem um nicho ecológico.
- b) Juntos, constituem uma espécie.
- c) A região em que vivem não pode ser considerada hábitat.
- d) Como não interagem com fatores abióticos, não formam um ecossistema.
- e) Temperatura, luminosidade e pressão são fatores limitantes para eles.

19. Sistema Dom Bosco

C8-H28

Tatus-canastras (*Priodontes maximus*) são verdadeiros “Engenheiros de ecossistema”, afirmam pesquisadores que descobriram que suas tocas servem como hábitat e abrigo para outras espécies. O projeto “Tatu-Canastra”, feito no Pantanal, durou dois anos e foi liderado pelo Instituto de Pesquisas Ecológicas (IPÊ) e pelo *Royal Zoological Society* da Escócia. O estudo pretende entender mais sobre esses animais, que gastam 75% de seu tempo no subsolo em tocas escavadas por suas impressionantes garras.

BBC Brasil. Tatu-canastra: o engenheiro do ecossistema. Disponível em: <https://www.bbc.com/portuguese/videos_e_fotos/2013/10/131029_tatu_canastra_an>. Acesso em: mar. 2019.

Sobre esse animal e seus hábitos, pode-se dizer que

- a) as tocas são consideradas hábitats por servir de abrigo para outros seres vivos e apresentar fatores abióticos únicos no ambiente.
- b) o tatu-canastra pode ser considerado uma comunidade.
- c) o ato de o animal escavar pode ser parte da descrição do seu biótopo.
- d) o Pantanal é um hábitat ocupado apenas por tatus-canastras.
- e) os tatus-canastras são autótrofos e não se relacionam com a comunidade do Pantanal.

20. Sistema Dom Bosco

C8-H28

O boto-rosa (*Inia geoffrensis*) habita rios, lagos, igarapés e várzeas da bacia Amazônica e do Orinoco. São animais solitários e bastante curiosos. Grupos com dois indivíduos geralmente são constituídos por mãe e filhote. A gestação do boto-rosa dura cerca de 10-11 meses e o nascimento dos filhotes ocorre durante o período de águas baixas na Amazônia (maio, junho e julho) quando a concentração de peixes aumenta nos igarapés e várzeas tornando o acesso ao alimento mais fácil. O tempo de geração dessa espécie é relativamente longo, a maturidade sexual das fêmeas é atingida por volta dos seis anos de vida e o intervalo entre sucessivas crias é de aproximadamente três anos. Há relatos do uso desse animal como isca para a pesca da Piracatinga (*Calophysus macropterus*).

HOLLATZ, Claudia. Diversidade molecular do boto-rosa (*Inia geoffrensis*) da Amazônia brasileira e do boto-cinza marinho (*Sotalia guianensis*) da baía de Sepetiba e Paraty. Tese de Doutorado. Depto. Biologia Geral Instituto de Ciências Biológicas, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, MG, 2010. Disponível em: <<http://www.pggenetica.icb.ufmg.br/defesas/73D.PDF>>. Acesso em: mar. 2019.

Pode-se dizer que informações sobre o boto-cor-de-rosa se referem

- a) ao seu hábitat, somente.
- b) ao seu nicho ecológico.
- c) à comunidade a que o animal pertence.
- d) ao ecossistema a que o animal pertence.
- e) ao ecótono existente na região.

47

FLUXO DE MATÉRIA E ENERGIA ENTRE OS SERES VIVOS

- Níveis tróficos
- Cadeia alimentar
- Teia alimentar
- Pirâmides ecológicas

HABILIDADES

- Classificar os seres vivos de uma cadeia alimentar de acordo com seu nível trófico.
- Compreender as relações ecológicas dentro de uma cadeia e de uma teia alimentar.
- Compreender o fluxo de energia e de matéria nos níveis tróficos.
- Identificar e analisar os principais tipos de pirâmide ecológica.

Uma pesquisa realizada pelo Departamento de Agricultura do Centro Nacional de Pesquisa da Vida Selvagem de Utah, Estados Unidos, identificou que os cães domésticos podem ser uma das maiores ameaças para algumas espécies selvagens. Os cientistas acompanharam populações de antílopes (*Saiga tatarica*) ameaçados de extinção na Mongólia e descobriram que esses animais eram perseguidos por cães. Ao tentar fugir de seus predadores naturais, os antílopes eram separados da manada e atacados.

Em outro estudo, feito em 2017, foi constatada a extinção de pelo menos 11 espécies selvagens em todo o mundo em decorrência da predação por cães. Entre elas, uma ave do Haváí (*Porzana sandwichensis*) e um lagarto da Polinésia (*Tachygia microlepis*).

Em virtude do histórico de domesticação de cães selvagens, a população desses animais cresceu em paralelo à população humana. Entretanto, uma grande quantidade de cães é abandonada, e eles acabam se refugiando em florestas, onde caçam animais selvagens para sobreviver. Isso automaticamente reduz a população das presas, interferindo diretamente na cadeia alimentar local e, assim, todo o ecossistema se desequilibra.



Cão doméstico carregando um faisão morto.

JIMKRUGER/STOCKPHOTO.COM

NÍVEIS TRÓFICOS

Os seres vivos têm sucesso reprodutivo e adaptativo ao ambiente quando conseguem obter a energia necessária para realizar essas e outras atividades essenciais. O fluxo de energia entre os seres vivos só é possível graças às **relações tróficas** (*throfes* = nutrição) existentes entre os organismos viventes.

No primeiro nível trófico, estão os **produtores**, seres autótrofos capazes de realizar fotossíntese (fotoautótrofos), representados por plantas, algas e algumas bactérias, além de bactérias quimiossintetizantes (quimioautótrofos). Os produtores são caracterizados por produzirem o próprio alimento e serem a base da cadeia alimentar, uma vez que parte da energia produzida por eles é consumida pelos seres vivos dos demais níveis tróficos.

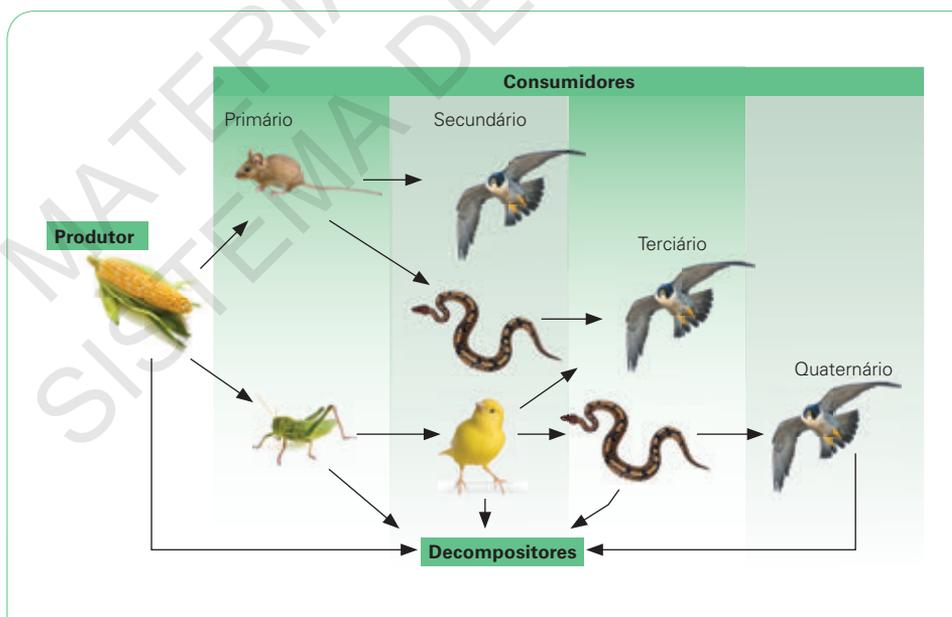
Os **consumidores** incluem todos os organismos que não são capazes de produzir o próprio alimento, conhecidos como **heterótrofos**. Eles são classificados como **consumidores primários** – aqueles que se alimentam diretamente dos produtores e, por isso, são **herbívoros** e estão no segundo nível trófico –; **consumidores secundários** – alimentam-se dos herbívoros e, assim, são **carnívoros** e ocupam o terceiro nível trófico; e, por fim, em alguns ecossistemas há também os **consumidores terciários** ou **quaternários** – que se alimentam de consumidores secundários e terciários, respectivamente, determinando os níveis tróficos seguintes.

Os seres humanos são classificados como **onívoros** (*omni* = todos; coletivo) por consumir uma ampla variedade de alimentos, desde aqueles do nível dos produtores (vegetais) até os alimentos dos consumidores (herbívoros e carnívoros). A ausência de especialização nos hábitos alimentares é uma estratégia adaptativa para a sobrevivência em alguns ambientes.

Os **decompositores** utilizam matéria orgânica proveniente de animais mortos e excretas. Posteriormente, os nutrientes que resultam dos processos metabólicos dos decompositores retornam à cadeia trófica. Esses organismos são classificados em **saprotróficos** e **necrófagos** e são representados por fungos e bactérias.

CADEIA ALIMENTAR

Trata-se de uma sequência de relações tróficas entre os organismos na qual ocorre a transferência de energia e matéria entre produtores, consumidores e decompositores. À medida que a energia é transferida de um nível trófico para o outro, parte da energia inicial é consumida nos processos vitais dos organismos. Dessa maneira, não há reaproveitamento integral da energia liberada, de modo que ela é **transferida de maneira unidirecional**. Por outro lado, a **matéria pode ser reciclada** e retornar à cadeia de forma cíclica. As relações entre os organismos que compõem uma comunidade terrestre são exemplificadas pelo esquema a seguir.

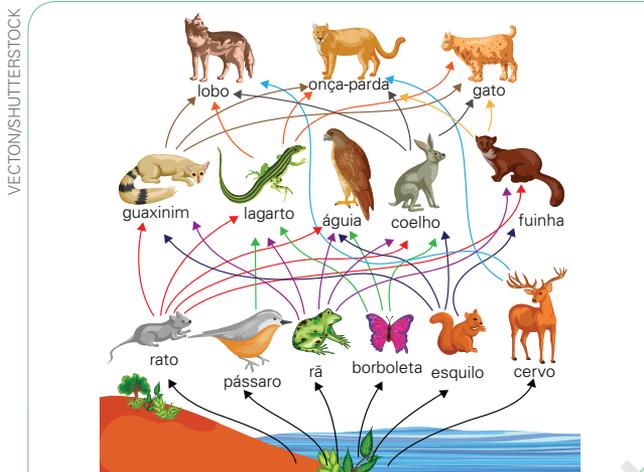


Esquema de relações tróficas entre os seres vivos em uma cadeia alimentar. As setas indicam o sentido do fluxo de energia entre eles. Elementos representados fora da escala de tamanho.

OCS_12/ISTOCKPHOTO.COM; FRANKHILDEBRAND/ISTOCKPHOTO.COM; FUTUREIMA-GE/ISTOCKPHOTO.COM; GLOBALIP/ISTOCKPHOTO.COM; ITHINKSKY/ISTOCKPHOTO.COM; LOVE_LIFE/ISTOCKPHOTO.COM

TEIA ALIMENTAR

Representa o conjunto de cadeias alimentares de um ecossistema, nas quais os organismos podem ocupar diferentes níveis tróficos. Por exemplo, um consumidor secundário em uma cadeia alimentar pode ser terciário em outra, estabelecendo relações variadas e, conseqüentemente, participando de cadeias com um nível de organização mais complexo, as quais formam **teias alimentares**. Assim como nas cadeias alimentares, as setas na figura a seguir representam o sentido do fluxo de energia.



Observe no esquema a complexidade de uma teia alimentar. Elementos representados fora da escala de tamanho. Cores fantasia.

PIRÂMIDES ECOLÓGICAS

São gráficos em forma de pirâmide ou de retângulos sobrepostos que representam os níveis tróficos de uma cadeia alimentar, apresentando o produtor na base e os consumidores nos demais níveis. As pirâmides ecológicas representam quantitativamente o fluxo de energia, o número de organismos e a matéria existente em uma cadeia alimentar. Elas podem ser de **números**, **biomassa** ou **energia**.

PIRÂMIDE DE NÚMEROS

Representa a quantidade de indivíduos que constituem cada nível trófico da cadeia alimentar em um intervalo de tempo, geralmente com a base maior que o ápice. Uma cadeia formada por 20 mil capins, 10 vacas e 1 onça, por exemplo, pode ser representada esquematicamente da seguinte maneira:



Pirâmide de números direta.

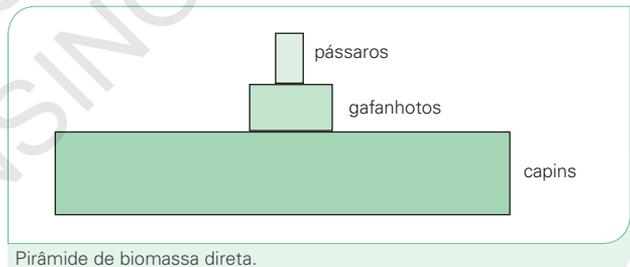
Todavia, o número de organismos que compõem a base da pirâmide pode ser menor, embora eles acumulem muita energia. Isso ocorre quando o produtor é de grande porte, como uma árvore. Dessa maneira, o gráfico pode apresentar formato invertido.



Pirâmide de números invertida.

PIRÂMIDE DE BIOMASSA

Trata-se de um gráfico que representa a quantidade de matéria orgânica em cada unidade ecológica, nível trófico, indivíduo, população ou ecossistema. Para calcular a biomassa, utiliza-se o peso seco, uma vez que a porcentagem de água é bastante variável entre indivíduos. A unidade que estabelece a relação entre massa e área é dada em kg/km^2 ou g/m^2 . As pirâmides de biomassa geralmente apresentam a base maior e o ápice menor.

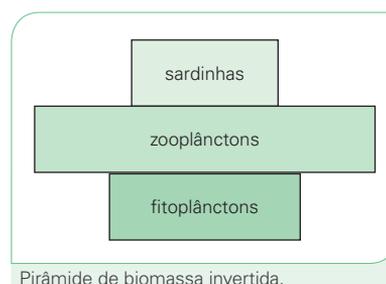


Pirâmide de biomassa direta.

No entanto, a pirâmide de biomassa pode estar invertida no caso de ambientes aquáticos:

fitoplânctons → zooplânctons → sardinhas

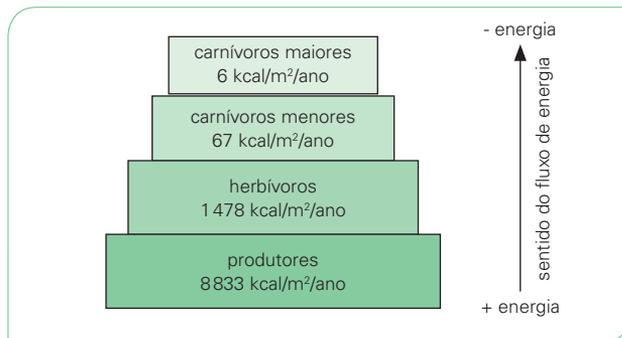
Isso acontece porque a biomassa dos produtores é compensada pela alta taxa de reprodução desses organismos. Dessa forma, toda a cadeia alimentar é sustentada, e a biomassa tende a se acumular nos níveis mais elevados.



Pirâmide de biomassa invertida.

PIRÂMIDE DE ENERGIA

Trata-se de um gráfico que representa a quantidade de energia em cada nível trófico por unidade de área ou volume e por tempo. Dessa forma, a pirâmide de energia jamais estará invertida, porque indica os níveis de aproveitamento ou produtividade biológica da cadeia alimentar, e essa relação diminui a cada nível trófico. Por isso, as pirâmides de energia são mais utilizadas do que as pirâmides de biomassa e de números.



Pirâmide de energia.

PRODUTIVIDADE NA CADEIA ALIMENTAR

A energia armazenada no alimento produzido pelos seres autótrofos é correspondente à **produtividade primária bruta (PPB)**. Parte dela é usada na respiração das plantas; o restante é disponibilizado aos consumidores primários. Essa energia é denominada **produtividade primária líquida (PPL)** e pode ser calculada da seguinte maneira:

$$PPL = PPB - \text{respiração}$$

Tanto a PPB quanto a PPL são medidas em kcal/m²/ano. Ao considerarmos os demais níveis tróficos em uma cadeia alimentar, a absorção e a perda de energia acontecem de forma semelhante, de modo que a energia é perdida ao longo dela.

LEITURA COMPLEMENTAR

Acúmulo de resíduo industrial na cadeia alimentar pode extinguir populações de orcas nos próximos 30 ou 40 anos

Em 2018 um grupo de pesquisadores dos Estados Unidos, do Canadá, da Inglaterra, da Islândia e da Dinamarca publicou um artigo na revista *Science* indicando que mais da metade das populações de orcas de todo o mundo se encontra demasiadamente afetada por uma substância chamada PCB (bifenilo policlorado). Essa substância é conhecida no Brasil como *Ascarel* e apresenta derivados de petróleo em sua composição. O PCB foi empregado em grande quantidade na indústria, sendo utilizado na fabricação de fluidos elétricos, hidráulicos, tintas e adesivos. No Brasil, o PCB deixou de ser utilizado desde a década de 1980, mas era algo altamente consumido nas indústrias desde os anos 1970 em vários países.

O grupo de pesquisadores avaliou 350 orcas (*Orcinus orca*) e constatou que várias populações desses animais, que são predadoras de topo e se alimentam de atuns, tubarões e outros mamíferos marinhos, se encontram em risco de colapso. O PCB é descartado no ambiente marinho e é assimilado pelo fitoplâncton, que é produtor na cadeia alimentar marinha. Os zooplânctons se alimentam desses seres e ingerem doses do PCB. Peixes de pequeno porte se alimentam dos zooplânctons, que também ingerem mais doses da substância. Peixes de porte maior se alimentam dos pequenos, e assim sucessivamente, até as orcas consumirem algum animal que apresente altas doses de PCB. Em outras palavras, o PCB acumula-se ao longo da cadeia, de maneira que os animais que se encontram

no topo apresentam maior quantidade dessa substância acumulada no corpo.

Há estudos mostrando que o PCB provoca anomalias no sistema reprodutivo dos animais, como constatado em ursos-polares. Segundo a equipe de pesquisadores, existem populações que apresentam maior risco de colapso, entre elas a população de orcas da costa brasileira, do estreito de Gibraltar, do nordeste do oceano Pacífico e da região do Reino Unido. Estudos ainda indicam que as populações dessas locais foram reduzidas à metade devido ao uso do PCB entre 1930 e 1980. Foram realizadas simulações matemáticas que apontam que, nos próximos 30 ou 40 anos, as populações dessas regiões mais afetadas estarão extintas.

VEIGA, Edison. O resíduo industrial que se tornou um dos principais 'assassinos' das orcas. *BBC Brasil*, 27 set. 2018. Disponível em: <<https://www.bbc.com/portuguese/geral-45657051>>. Acesso em: mar. 2019. (Adaptado)



Orca (*Orcinus orca*) no Porto de Vancouver, Canadá.

ROTEIRO DE AULA

FLUXO DE MATÉRIA E ENERGIA ENTRE OS SERES VIVOS

NÍVEIS TRÓFICOS

Produtores

Modo de alimentação:

autótrofos

Processos de produção de alimento:

fotossíntese e quimiossíntese

Consumidores

Modo de alimentação:

heterótrofos

Primários:

herbívoros

Secundários, terciários e quaternários:

carnívoros ou onívoros

Decompositores

heterótrofos

que se alimentam de

organismos mortos

CADEIA ALIMENTAR

Sequência de

níveis tróficos

com transferência de

energia e matéria

Teia alimentar:

conjunto de

cadeias alimentares

de um ecossistema.

PIRÂMIDE ECOLÓGICA

Números

Representa a quantidade de

indivíduos

em cada nível trófico.

Direta:

base maior

Inversa:

base menor

Biomassa

Representa a quantidade de

matéria orgânica

em cada nível trófico.

Pode ser inversa em ambientes

aquáticos

Energia

Representa a quantidade de

energia

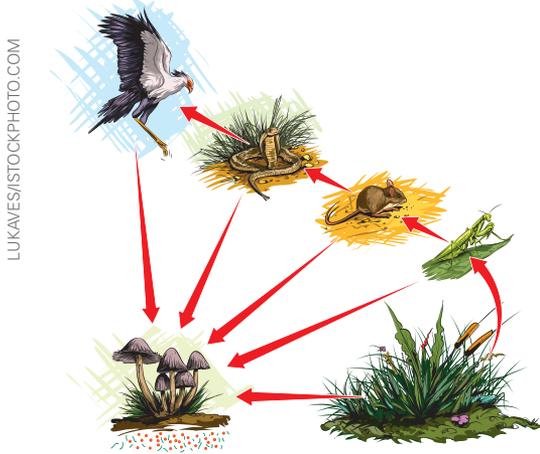
em cada nível trófico.

Sempre será pirâmide

direta

EXERCÍCIOS DE APLICAÇÃO

1. Fasa-RS (adaptada) – Observe a imagem a seguir:



Nessa cadeia alimentar, o organismo que apresenta o maior nível de energia acumulada é (são)

- a) camundongo. c) cobra.
b) fungos. d) gramínea.

Os organismos autótrofos produtores apresentam mais energia acumulada. Portanto, são as gramíneas.

2. IFRS – Os níveis tróficos de um ecossistema podem ser representados por meio de retângulos superpostos, que formam as pirâmides ecológicas. A base das pirâmides de biomassa e de energia corresponde ao nível trófico dos

- a) decompositores.
b) consumidores primários.
c) produtores.
d) simbioses.
e) consumidores secundários.

A base das pirâmides de biomassa e energia sempre será de produtores, pois estes têm mais energia. Geralmente apresentam também mais biomassa, exceto quando se trata de ecossistemas aquáticos.

3. UFRGS-RS – Analise o quadro abaixo, que representa os componentes de uma cadeia alimentar aquática e outra terrestre.

Ecosistema aquático	aguapé	caramujo	peixe	garça
Ecosistema terrestre	milho	rato	cobra	gavião

Cite os níveis tróficos de cada organismo.

O milho e o aguapé ocupam o primeiro nível trófico (produtores); o caramujo e o rato, o segundo (consumidores primários); o peixe e a cobra, o terceiro (consumidores secundários); e a garça e o gavião, o quarto (consumidores terciários).

4. FGV – A produtividade primária abastece todas as cadeias alimentares de um ecossistema, sendo diretamente dependente de fatores ambientais abióticos relacionados, principalmente, à disponibilidade de água e luz. A produtividade primária bruta em um ecossistema, durante certo período, é essencialmente a

- a) taxa de energia obtida a partir da alimentação dos consumidores primários heterotróficos.
b) disponibilidade decrescente de energia presente em cada nível trófico da teia alimentar.
c) energia contida nas moléculas orgânicas sintetizadas pelo metabolismo heterotrófico.
d) taxa de energia luminosa transformada pelos organismos autotróficos da base da teia alimentar.
e) energia capturada pelos organismos autotróficos, menos seus gastos energéticos metabólicos.

A produtividade primária bruta é a quantidade de energia produzida pelos seres autótrofos. A energia decai à medida que passa aos demais níveis tróficos, o que remete às alternativas A e B. A alternativa C se refere à base de toda energia. E a alternativa E se refere à produtividade primária líquida.

5. Unifins-TO – Em um ecossistema aquático, um fungo, uma piranha adulta e uma alga podem desempenhar, respectivamente, os papéis de

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

Fungos são decompositores, piranhas são carnívoras (consumidores secundários), e as algas são produtoras, por serem autótrofas.

6. Unesp (adaptada)

C4-H14

Em alguns estados dos Estados Unidos, a doença de Lyme é um problema de saúde pública. Cerca de 30 mil casos são notificados por ano. A doença é causada pela bactéria *Borrelia burgdorferi*, transmitida ao homem por carrapatos que parasitam veados. Porém, um estudo de 2012 descobriu que a incidência da doença de Lyme nas últimas décadas não coincidiu com a abundância de veados, mas com um declínio na população de raposas-vermelhas, que comem camundongos-de-patas-brancas, uma espécie oportunista que prospera com a fragmentação de florestas devido à ocupação humana.

Scientific American Brasil, dezembro de 2013. Adaptado.

Com base nessas informações, relacione o declínio de raposas-vermelhas com doença de Lyme e o aumento da população de camundongos-de-pata-branca.

O carrapato transmissor da doença de Lyme é parasita de veados e de camundongos-de-pata-branca. Com a fragmentação de florestas pela ocupação humana, aumenta a população de camundongos, o que, associado ao declínio do seu predador natural, a raposa-vermelha, provoca o aumento da incidência de Lyme entre os humanos.

Competência: Compreender interações entre organismos e ambiente, em particular aquelas relacionadas à saúde humana, relacionando conhecimentos científicos, aspectos culturais e características individuais.

Habilidade: Identificar padrões em fenômenos e processos vitais dos organismos, como manutenção do equilíbrio interno, defesa, relações com o ambiente, sexualidade, entre outros.

EXERCÍCIOS PROPOSTOS

7. Uece – 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.

8. Uerj – 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:

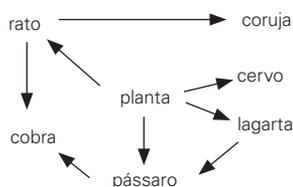
- a) produtores – produtores.
- b) consumidores primários – produtores.
- c) produtores – consumidores primários.
- d) consumidores primários – consumidores primários.

9. Fuvest-SP – Recentemente, pesquisadores descobriram, no Brasil, uma larva de mosca que se alimenta das presas capturadas por uma planta carnívora chamada drósera. Essa planta, além do nitrogênio do solo, aproveita o nitrogênio proveniente das presas para a síntese proteica; já a síntese de carboidratos ocorre como nas demais plantas. As larvas da mosca, por sua vez, alimentam-se dessas mesmas presas para obtenção da energia necessária a seus processos vitais.

Com base nessas informações, é correto afirmar que a drósera

- a) e a larva da mosca são heterotróficas; a larva da mosca é um decompositor.
- b) e a larva da mosca são autotróficas; a drósera é um produtor.
- c) é heterotrófica e a larva da mosca é autotrófica; a larva da mosca é um consumidor.
- d) é autotrófica e a larva da mosca é autotrófica; a larva da mosca é um decompositor.
- e) é autotrófica e a larva da mosca é heterotrófica; a drósera é um produtor.

10. UFRGS-RS (adaptada) – Observe o diagrama abaixo, que representa uma teia alimentar.



Quantos níveis tróficos existem nessa teia? E quantas cadeias?

11. Fuvest-SP – Nas margens de um rio, verificava-se a seguinte cadeia trófica: o capim ali presente servia de alimento para gafanhotos, que, por sua vez, eram predados por passarinhos, cuja espécie só ocorria naquele ambiente e tinha exclusivamente os gafanhotos como alimento; tais passarinhos eram predados por gaviões da região.

A lama tóxica que vazou de uma empresa mineradora matou quase totalmente o capim ali existente. É correto afirmar que, em seguida, o consumidor secundário

- a) teve sua população reduzida como consequência direta do aumento da biomassa no primeiro nível trófico da cadeia.
- b) teve sua população reduzida como consequência indireta da diminuição da biomassa no primeiro nível trófico.
- c) não teve sua população afetada, pois o efeito da lama tóxica se deu sobre o primeiro nível trófico da cadeia e não sobre o segundo.
- d) não teve sua população afetada, pois a lama tóxica não teve efeito direto sobre ele, mas sim sobre um nível trófico inferior.
- e) teve sua população aumentada como consequência direta do aumento da biomassa no segundo nível trófico da cadeia.

12. Unicamp-SP – Altas concentrações de metais pesados foram encontradas nas águas de inúmeras bacias hidrográficas brasileiras. Esses poluentes podem rapidamente se acumular em seres vivos. Por exemplo, peixes podem absorver metais pesados da água e pela ingestão de alimentos, retendo-os em seu tecido muscular.

(Adaptado de Daniel P. de Lima e outros, Contaminação por metais pesados em peixes e água da bacia do rio Cassiporé, Estado do Amapá, Brasil. Acta Amazonica, Manaus, 45, pp. 405-414, 2015.)

Assinale a alternativa correta.

- a) Metais pesados, como o urânio, são encontrados em maiores concentrações em herbívoros longevos ou do meio da teia alimentar, como tartarugas marinhas e peixes de fundo de rio.
- b) Metais pesados, como o mercúrio, são encontrados em maiores concentrações em carnívoros do meio da teia alimentar, como aves de rapina e peixes predatórios.
- c) Metais pesados, como o ferro, são encontrados em maiores concentrações em herbívoros e carnívoros do topo da teia alimentar, como aves de rapina e peixes predatórios.
- d) Metais pesados, como o chumbo, são encontrados em maiores concentrações em predadores longevos ou do topo da teia alimentar, como aves de rapina e peixes predatórios.

13. 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. Os produtores podem ser tanto fotossintetizantes quanto quimiossintetizantes.

Estão corretas as afirmativas

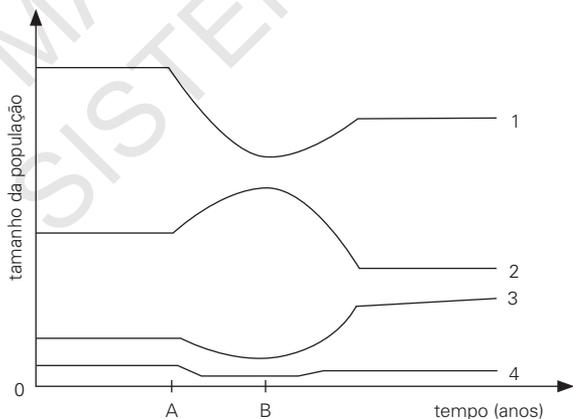
- a) I e II, apenas. c) II e III, apenas.
b) I e III, apenas. d) I, II e III.

14. Fuvest-SP (adaptada) – Considere o fluxo de energia na biosfera em que A representa a energia captada pelos produtores, B representa a energia liberada (perdida) pelos seres vivos e C representa a energia retida (incorporada) pelos seres vivos.

Relacione os tipos de energia presentes em A, B e C entre si.

15. Unesp – Em uma área, as aves de uma certa espécie alimentavam-se dos insetos que atacavam uma plantação. As aves também consumiam cerca de 10% da produção de grãos dessa lavoura. Para evitar tal perda, o proprietário obteve autorização para a caça às aves (momento A) em sua área de plantio, mas o resultado, ao longo do tempo, foi uma queda na produção de grãos. A caça às aves foi proibida (momento B) e a produção de grãos aumentou a partir de então, mas não chegou aos níveis anteriores. Ao longo de todo esse processo, a população do único predador natural dessas aves também foi afetada.

No gráfico estão representados os momentos A e B e as linhas representam a variação das populações de aves, de insetos que atacam a plantação e de predadores das aves, bem como a produção de grãos, ao longo do tempo.



No gráfico, as linhas

- a) 2, 3 e 4 representam, respectivamente, a população de insetos, a população das aves e a população de seu predador.
- b) 1, 3 e 4 representam, respectivamente, a população das aves, os grãos produzidos pela agricultura e a população de insetos.
- c) 2, 3 e 4 representam, respectivamente, os grãos produzidos pela agricultura, a população do predador das aves e a população das aves.
- d) 1, 2 e 3 representam, respectivamente, os grãos produzidos pela agricultura, a população de insetos e a população das aves.
- e) 1, 2 e 3 representam, respectivamente, os grãos produzidos pela agricultura, a população das aves e a população de seu predador.

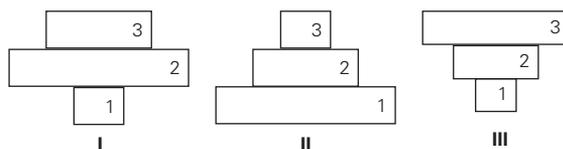
16. UEM-PR – A exploração da palmeira-juçara (*Euterpe edulis*) para extração de palmito representa um problema para a conservação da Mata Atlântica. Ricos em nutrientes, os frutos dessa palmeira são importantes para a manutenção da biodiversidade, pois mamíferos, como as cutias, e aves, como os tucanos, alimentam-se deles. Esses animais também são dispersores de sementes de outras espécies da floresta. Considerando essas informações e conceitos ecológicos, assinale o que for correto.

- 01) A palmeira-juçara pertence ao primeiro nível trófico da teia alimentar da floresta.
- 02) Os mamíferos e as aves mencionadas são consumidores primários.
- 04) Cutias e tucanos são animais herbívoros parasitas da palmeira-juçara e das outras espécies de plantas.
- 08) A palmeira-juçara e as outras espécies de plantas possuem uma relação de competição com os animais dispersores de sementes.
- 16) Os mamíferos e as aves ocupam o mesmo hábitat e, por isso, possuem o mesmo nicho ecológico.

17. Unesp (adaptada) – 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 40 000 larvas de joaninhas, predador natural desses organismos e que pode substituir pesticidas.

(Veja, 05.04.2017. Adaptado.)



Cite, respectivamente, qual é a pirâmide de biomassa, a pirâmide de energia e a barra que representa as joaninhas.

ESTUDO PARA O ENEM

18. Enem

C4-H14

Suponha que um pesticida lipossolúvel que se acumula no organismo após ser ingerido tenha sido utilizado durante anos na região do Pantanal, ambiente que tem uma de suas cadeias alimentares representadas no esquema:

plâncton → pulga-d'água → lambari → piranha → tuiuiú

Um pesquisador avaliou a concentração do pesticida nos tecidos de lambaris da região e obteve um resultado de 6,1 partes por milhão (ppm). Qual será o resultado compatível com a concentração do pesticida (em ppm) nos tecidos dos outros componentes da cadeia alimentar?

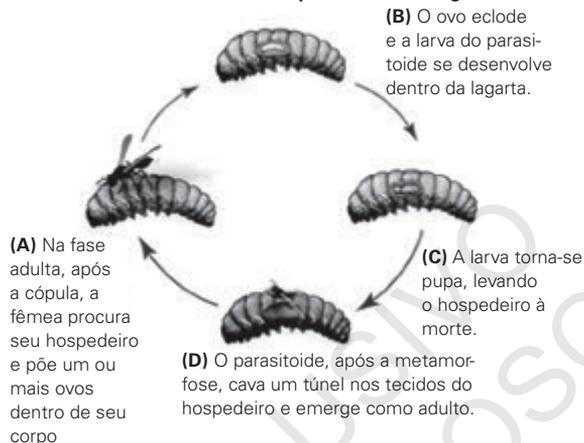
a)	plâncton	pulga-d'água	piranha	tuiuiú
	15,1	10,3	4,3	1,2
b)	plâncton	pulga-d'água	piranha	tuiuiú
	6,1	6,1	6,1	6,1
c)	plâncton	pulga-d'água	piranha	tuiuiú
	2,1	4,3	10,4	14,3
d)	plâncton	pulga-d'água	piranha	tuiuiú
	2,1	3,9	4,1	2,3
e)	plâncton	pulga-d'água	piranha	tuiuiú
	8,8	5,8	5,3	9,6

19. Enem

C4-H14

Os parasitoides (misto de parasitas e predadores) são insetos diminutos que têm hábitos muito peculiares: suas larvas podem se desenvolver dentro do corpo de outros organismos, como mostra a figura. A forma adulta se alimenta de pólen e açúcares. Em geral, cada parasitoide ataca hospedeiros de determinada espécie e, por isso, esses organismos vêm sendo amplamente usados para o controle biológico de pragas agrícolas.

Ciclo de vida de um inseto parasitoide de lagartas



ENEM 2014

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

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

20. Enem

C4-H14

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

- aves.
- algas.
- peixes.
- insetos.
- caranguejos.

CICLOS BIOGEOQUÍMICOS DA ÁGUA E DO CARBONO

48

Em 2018, um pesquisador da Universidade da Califórnia, Estados Unidos, criou um aparelho com a capacidade de retirar a água existente no ar do deserto, absorver dióxido de carbono (CO_2) e armazenar gases que podem ser utilizados como combustível, necessitando apenas de luminosidade solar para funcionar. O aparelho consiste em duas caixas que captam a umidade do ar durante a noite: uma interna (que atrai moléculas de água) e outra externa (que as armazena). A eficiência do equipamento se deve principalmente à tecnologia da química reticular, por meio da qual as estruturas metalorgânicas (do inglês *Metal Organic Frameworks*, MOF) – conjuntos de moléculas em que cadeias de átomos de carbono se unem por meio de íons metálicos – são modificadas, tornando-se porosas. Os poros de MOF atraem e armazenam as moléculas de água do ar, sem utilizar altas temperaturas ou eletricidade.

O teste foi realizado no deserto do Arizona, Estados Unidos, e funcionou da seguinte maneira: à noite, a caixa ficava aberta, retendo a umidade do ar; durante o dia, era fechada, fazendo com que as moléculas de água se condensassem. A água armazenada pode ser utilizada para consumo, visto que as propriedades do aparelho não interferem na composição dela.

Criações como essas podem contribuir para a melhoria da vida de populações que residem em áreas com grande escassez de água, além de promover o uso desse recurso de maneira sustentável, sem interferências tão invasivas em seu ciclo.



DAVID GALLAHER/DREAMSTIME

Novas técnicas possibilitam a coleta de água no deserto.

CICLO DA ÁGUA

A água é a substância mais abundante em nosso planeta e representa mais de 70% da superfície terrestre. Aproximadamente 97% da água está nos oceanos, e cerca de 2,5% são próprios para o consumo, presentes por rios, lagos, reservatórios subterrâneos e geleiras.

De acordo com a Agência Nacional de Águas (ANA), a presença da água em solo brasileiro é mais abundante na região Norte (68,5%), onde há menor densidade populacional. Na região Sudeste, por outro lado, a água tem se tornado mais limitada com o passar dos anos, principalmente em decorrência da ação antrópica, que tem poluído nascentes, rios e lagos. No Brasil, a maior parte da água doce está armazenada em aquíferos subterrâneos, como o Aquífero Guarani, o maior aquífero brasileiro e um dos maiores do mundo.

- Ciclo da água
- Ciclo do carbono

HABILIDADES

- Compreender os ciclos da água e do carbono.
- Explicar os processos físicos que ocorrem com a água e com o carbono nos ciclos biogeoquímicos.
- Entender a importância da água e do carbono para os seres vivos e para o ambiente.

O ciclo da água pode ser estudado avaliando apenas fatores abióticos – como **pequeno ciclo** ou **ciclo curto da água**; ou avaliando também os fatores bióticos (seres vivos) – como **grande ciclo** ou **ciclo longo** da água.

Mapa hidrogeoquímico do Aquífero Guarani



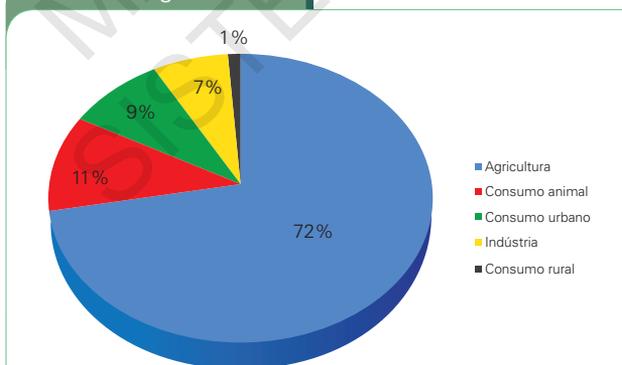
Fonte: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE).

USO DE ÁGUA NO BRASIL

Segundo a Organização das Nações Unidas (ONU), a demanda de água deve aumentar ainda mais nas próximas décadas. Sabe-se que atualmente cerca de 70% do consumo global de água cabe à agricultura, e estima-se que haja um aumento de demanda ainda maior nas próximas décadas na indústria e nos setores de produção de energia.

Estima-se ainda que, de cada 100 litros de água tratada no Brasil, somente 63 sejam efetivamente consumidos e que os 37 restantes sejam perdidos. As perdas ocorrem em razão de diversos fatores, como vazamentos, instalações irregulares, falta de medição ou medição incorreta e roubos.

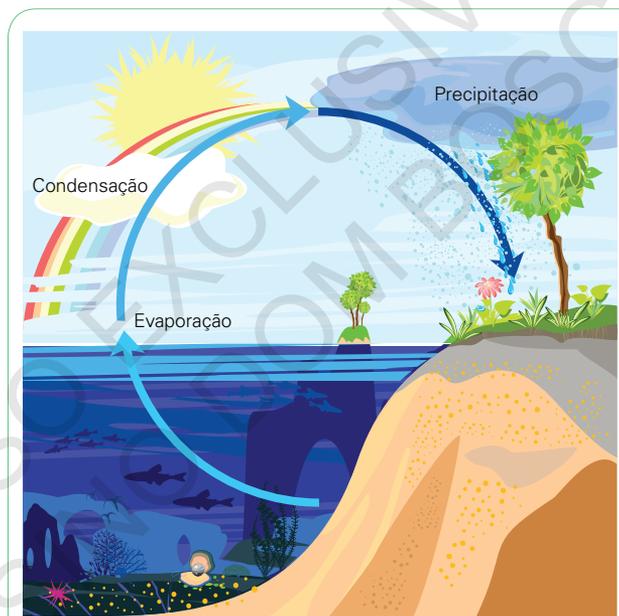
Consumo de água no Brasil



Fonte: Agência Nacional de Águas (ANA), 2012.

PEQUENO CICLO DA ÁGUA OU CICLO CURTO

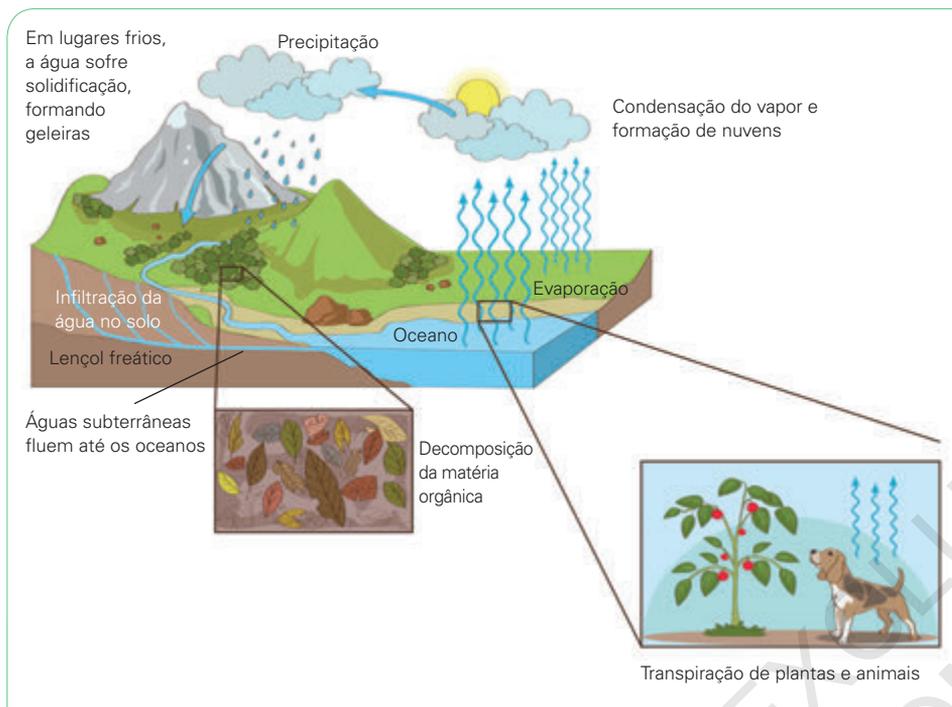
A água de rios, lagos, oceanos e geleiras sofre **evaporação**, tornando-se vapor de água, que, por convecção, sobe e, ao se encontrar com as camadas mais frias da atmosfera, dá origem às nuvens, por meio da **condensação**. Pode ocorrer também a **sublimação** no momento que o vapor de água é transformado em neve em regiões de altitudes elevadas. Por fim, ocorre a **precipitação**, em que a água volta à superfície como chuva, neve ou granizo.



Representação esquemática do ciclo curto da água. Elementos representados fora da escala de tamanho. Cores fantasia

GRANDE CICLO DA ÁGUA OU CICLO LONGO

No ciclo longo, a água é retirada do meio e utilizada nos processos biológicos específicos até que seja devolvida ao ambiente, por meio da **respiração**, da **transpiração** e da **excreção** (urina e fezes). Os animais eliminam determinada quantidade de vapor de água, ou mesmo de água líquida, enquanto as plantas eliminam água pela transpiração das folhas. A **decomposição** – realizada por algumas bactérias, por protozoários e pelos fungos – também libera água para o ambiente, que, com a água de lagos, rios e oceanos, sofre **condensação** nas camadas mais altas da atmosfera por meio de convecção e forma as nuvens. A água é **precipitada** em forma de chuva, neve ou granizo e **infiltra-se** no solo. Na superfície, a água é consumida pelos seres vivos na forma líquida ou nos alimentos, que a armazenam em grandes quantidades. A água também se acumula na superfície, formando os lençóis freáticos, os quais dão origem às nascentes de rios, que deságuam nos oceanos.

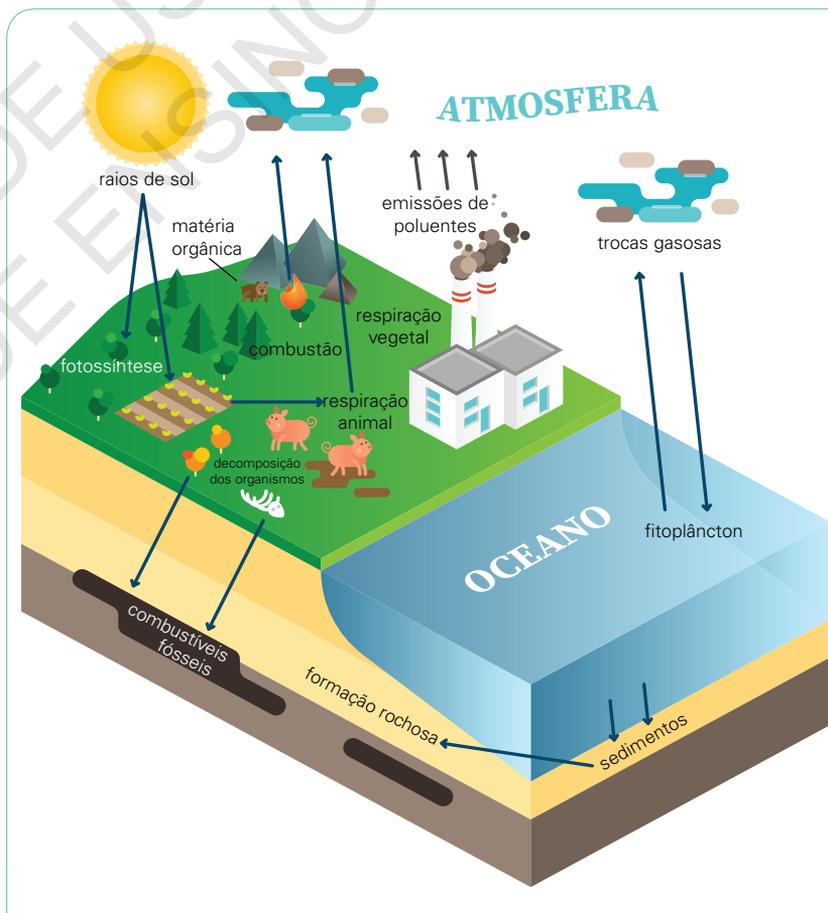


Esquema do ciclo completo da água. Elementos representados fora da escala de tamanho. Cores fantasia.

CICLO DO CARBONO

O carbono é um elemento químico essencial para os seres vivos, uma vez que é comum à grande maioria dos compostos orgânicos, como as proteínas, os carboidratos, os lipídeos e os ácidos nucleicos. Também é componente fundamental dos compostos minerais (carbonatos) e dos depósitos orgânicos, que originam o petróleo, o carvão e o gás natural. A crosta terrestre, os mares e a atmosfera representam locais de grandes concentrações de carbono na natureza. Dessa forma, o ciclo do carbono restitui e transporta esse elemento no meio ambiente.

O carbono atmosférico está presente principalmente na forma de CO_2 . Esta molécula é utilizada por seres autótrofos, como as plantas, os fitoplânctons, as cianobactérias e as algas no **sequestro** ou na **fixação de carbono** da fotossíntese, dando origem à matéria orgânica. Parte do carbono presente na matéria orgânica também é devolvida à atmosfera (por meio da respiração) e à superfície (pela decomposição da matéria orgânica, que é convertida em detritos no solo). A decomposição



Esquema do ciclo do carbono. Elementos representados fora da escala de tamanho. Cores fantasia.

da matéria orgânica no solo é importante porque, dadas as condições ambientais específicas, leva à formação de combustíveis fósseis.

A queima de combustíveis fósseis e as queimadas em florestas têm sido os principais responsáveis pelo aumento da concentração de CO_2 na atmosfera, o que leva ao desequilíbrio do ciclo do carbono. Esse aumento se dá principalmente pelo aumento da disponibilidade de CO_2 na atmosfera sem que haja, no entanto, sequestro dessa molécula para a fotossíntese. Além disso, o aumento do desmatamento contribui para agravar a situação, porque as plantas realizam fotossíntese e retiram moléculas de CO_2 do ambiente, mantendo o ciclo estável. Sem as plantas, a taxa de captação de carbono é reduzida, o que leva ao desequilíbrio de seu ciclo.

LEITURA COMPLEMENTAR

Cientistas projetam aumento das emissões globais de CO_2 para 2018.

As emissões globais de carbono devem crescer quase 3% em 2018, segundo projeções de pesquisadores do Global Carbon Project. O estudo aponta que as emissões de todas as atividades humanas podem atingir até o fim deste ano o volume de 41,5 bilhões de toneladas, sendo que 37,1 bilhões de toneladas são emitidas pela queima de combustíveis fósseis.

No ano passado, o crescimento registrado em relação a 2016 foi de 1,6%. O aumento deste ano encerra um ciclo de crescimentos abaixo de 2%, observados de 2014 a 2016. A constatação foi divulgada durante a Conferência das Nações Unidas sobre Mudanças Climáticas, na Polônia, em maio de 2018.

Para este ano, os cientistas avaliam que a concentração de dióxido de carbono (CO_2) na atmosfera pode chegar a 407 partes por milhão (ppm) em média, o que representa um aumento de 2,3 ppm em relação ao ano passado. O volume está 45% acima dos níveis pré-industriais, segundo o estudo.

O aumento é considerado o maior da história e foi impulsionado pelo uso de carvão por dois anos seguidos. O uso de carvão como combustível teve alta histórica em 2013 e, nos últimos anos, tem sido substituído por gás, energia eólica e solar em alguns países.

Apesar do crescimento médio anual de 15% do uso de energia renovável no mundo, a pesquisa mostra que o aumento no consumo de energia que emite carbono ainda é superior às iniciativas de descarbonização. O levantamento detectou aumento das emissões do transporte e que o uso de petróleo está crescendo na maioria das regiões, incluindo Estados Unidos e a Europa.

Os pesquisadores perceberam, entretanto, uma tendência crescente de mudança de fonte energética. Em 19 países as emissões caíram de 2008 a 2017 e as economias cresceram. Este resultado foi encontrado em Aruba, Barbados, República Tcheca, Dinamarca, França, Groenlândia, Islândia, Irlanda, Malta, Holanda, Romênia, Eslováquia, Eslovênia, Suécia, Suíça, Trinidad e Tobago, Reino Unido, EUA e Uzbequistão.

A coordenadora da pesquisa, Corinne Le Quéré, diretora do Centro Tyndall de Pesquisa sobre Mudanças Climáticas e professora de Ciência e Política de Mudanças Climáticas da universidade britânica de East Anglia, alerta que as emissões de CO_2 precisam diminuir em 20% até 2030 e zerar por volta de 2075 para que seja alcançada a meta do Acordo de Paris de limitar o aquecimento global até 2 °C.

Se considerar a meta mais ousada de 1,5 °C, a pesquisadora sugere que as emissões devem diminuir pela metade até 2030 e serem eliminadas até 2050.

“Estamos vendo um forte crescimento das emissões globais de CO_2 novamente. O pico nas emissões globais de CO_2 ainda não está à vista, mas as tendências de energia estão mudando rapidamente. Este ano, vimos como as alterações climáticas podem ampliar os impactos das ondas de calor em todo o mundo. Os incêndios florestais na Califórnia são apenas um exemplo dos impactos crescentes que enfrentamos se não reduzirmos as emissões rapidamente”, comentou Corinne.

AGÊNCIA BRASIL. Cientistas projetam aumento das emissões globais de CO_2 para 2018. <<http://agenciabrasil.ebc.com.br/geral/noticia/2018-12/cientistas-projetam-aumento-das-emissoes-globais-de-co2-para-2018>>.

Acesso em: abr. 2019.

ROTEIRO DE AULA

CICLO DA ÁGUA

Pequeno ciclo ou ciclo curto da água

Avalia fatores:

abióticos

Forma nuvens por:

condensação

Retorna ao ambiente por:

precipitação

Grande ciclo ou ciclo longo da água

Avalia fatores:

abióticos e bióticos

Animais eliminam água por:

respiração, transpiração e excreção

Plantas eliminam água por:

respiração

bactérias e fungos eliminam água durante o processo de

decomposição

CICLO DO CARBONO

CO₂ é utilizado por seres autótrofos na

fotossíntese

Matéria orgânica é consumida pelos seres

heterótrofos

como fonte de energia.

Animais liberam CO₂ por

respiração

Liberação de CO₂ por

decomposição

que origina combustíveis fósseis.

Combustão

restitui CO₂ à atmosfera

EXERCÍCIOS DE APLICAÇÃO

1. Uece (adaptada) – O ciclo da água é essencial para a conservação da natureza e da vida no planeta, correspondendo a uma sucessão de fases percorridas pela água, passando pela atmosfera e pela terra. Sobre o referido ciclo, marque a alternativa correta.

- a) Não é afetado por interferências antrópicas.
b) A principal fonte de evaporação é a oceânica.
 c) Afeta somente as águas superficiais.
 d) A evaporação é maior nas regiões frias e desérticas.
 e) As águas subterrâneas não são contabilizadas por não estarem disponíveis.

A alternativa A está incorreta, porque as ações humanas alteram o ambiente e, conseqüentemente, os ciclos biogeoquímicos. A alternativa C está incorreta, porque afeta toda a água da Terra, desde os lençóis freáticos até os oceanos. A alternativa D está incorreta, porque como os desertos apresentam temperaturas elevadas, a evaporação é maior nessas regiões.

2. PUC-RJ (adaptada) – Cientistas do mundo inteiro pesquisam processos que tenham eficiência em sequestrar o carbono no solo, para evitar que esse elemento seja liberado na atmosfera. Explique o que é o sequestro de carbono.

A fixação ou o sequestro do carbono consiste na absorção do carbono

atmosférico pelas plantas e por outros organismos autotróficos e na sua

transformação em substâncias orgânicas por meio da fotossíntese.

3. UEM-PR – Considere o texto a seguir: “No ciclo da água ocorrem mudanças de estado. A água no estado líquido, quando sofre um aquecimento ou uma ação do vento, _____. A evaporação é a passagem lenta de um líquido para vapor, isto é, uma vaporização lenta. Ela ocorre a diversas temperaturas, mas sempre _____ do ambiente. O vapor-d’água, que é menos denso que o ar, _____, ficando sujeito a novas condições de pressão e de temperatura”. Assinale a alternativa que apresenta a sequência correta de palavras que preenchem as lacunas do texto apresentado.

- a) sobe por convecção – cede calor – condensa
 b) condensa – retira calor – evapora
 c) sobe por convecção – retira calor – evapora
 d) condensa – cede calor – sobe por convecção
e) evapora – retira calor – sobe por convecção

A água evapora. Esse processo ocorre retirando calor do ambiente; o vapor de água sobe por convecção e então é precipitado.

4. Uece – Considerando o ciclo do carbono, analise as seguintes afirmações:

- I. O dióxido de carbono na atmosfera é absorvido pelas plantas, sendo o carbono contido em sua molécula devolvido à atmosfera pelo processo de fotossíntese.
 II. Os animais comem vegetais, decompõem seus açúcares e liberam carbono na atmosfera, nos oceanos e no solo.
 III. Plantas e animais são decompostos pela ação de microrganismos que devolvem carbono ao meio ambiente.

IV. Os animais, através da respiração, retiram da atmosfera parte do carbono assimilado, na forma de CO_2 .

Está correto o que se afirma somente em

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

A afirmativa I está incorreta, porque a molécula é devolvida ao ambiente pela respiração. A afirmativa IV está incorreta, porque é por meio da respiração que os animais provocam o aumento da concentração de CO_2 na atmosfera.

5. PUC-RJ – Cientistas brasileiros e ingleses publicaram recentemente os resultados de uma pesquisa que mostra que a perda de carbono na Amazônia brasileira é 40% maior do que se sabia. De acordo com essa pesquisa, a perda de carbono não se restringe apenas ao desmatamento da Amazônia, mas também ao corte seletivo, aos efeitos de borda e à queima da vegetação de sub-bosque. Com relação ao ciclo do carbono e ao papel desempenhado pelas florestas nesse processo, considere as afirmações abaixo:

- I. As florestas armazenam carbono na forma de açúcar.
 II. Todo o carbono da Terra está armazenado nos organismos fotossintetizantes.
 III. Florestas tropicais representam uma das principais áreas de fixação de carbono.
 IV. O gás carbônico é lançado no ambiente pela decomposição e combustão e é retirado pela respiração e fotossíntese.

É correto o que se afirma em

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

A afirmativa II está incorreta, porque o carbono é armazenado principalmente na atmosfera na forma de CO_2 , além de estar presente nos combustíveis fósseis. A afirmativa IV está incorreta, porque a respiração devolve CO_2 para o ambiente.

6. Sistema Dom Bosco

C3-H19

O ciclo da água pode ser analisado como ciclo curto ou ciclo longo. Compare e cite as diferenças entre esses ciclos.

O ciclo curto da água avalia apenas os fatores abióticos, como a mu-

dança de estado físico da água. O ciclo longo avalia tanto os fatores

abióticos quanto os fatores bióticos, como a transpiração e a respiração

dos seres vivos que liberam vapor de água.

Competência: Associar intervenções que resultam em degradação

ou conservação ambiental a processos produtivos e sociais e a instrumentos ou ações científico-tecnológicos.

Habilidade: Compreender a importância dos ciclos biogeoquímicos ou

do fluxo de energia para a vida, ou da ação de agentes ou fenômenos

que podem causar alterações nesses processos.

EXERCÍCIOS PROPOSTOS

7. Fuvest-SP – Considere a situação hipotética de lançamento, em um ecossistema, de uma determinada quantidade de gás carbônico, com marcação radioativa no carbono. Com o passar do tempo, esse gás se dispersaria pelo ambiente e seria incorporado por seres vivos.

Considere as seguintes moléculas:

- I. Moléculas de glicose sintetizadas pelos produtores.
- II. Moléculas de gás carbônico produzidas pelos consumidores a partir da oxidação da glicose sintetizada pelos produtores.
- III. Moléculas de amido produzidas como substância de reserva das plantas.
- IV. Moléculas orgânicas sintetizadas pelos decompositores.

Carbono radioativo poderia ser encontrado nas moléculas descritas em

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

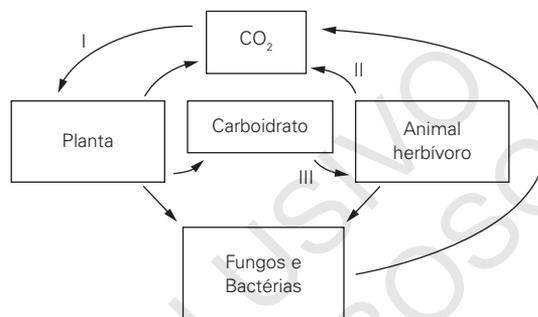
8. Famerp-SP – Durante o ciclo hidrológico ocorrem diversas mudanças de estado físico da água. Um exemplo de estado denominado sublimação ocorre quando

- a) o vapor de água em elevadas altitudes transforma-se em neve.
- b) as gotículas de água transformam-se em cristais de gelo no interior das nuvens.
- c) as gotículas de água presentes nas nuvens transformam-se em gotas de chuva.
- d) o vapor de água em baixas altitudes transforma-se em neblina.
- e) o vapor de água em baixas altitudes transforma-se em orvalho.

9. Facisb-SP – Comparada aos continentes, oceanos e calotas polares, a atmosfera é o compartimento da biosfera com menor volume de água disponível. Porém, considerando o ciclo da água, é a principal via de transferência para os demais compartimentos do planeta. Sobre o ciclo da água, é correto afirmar que

- a) a água subterrânea se forma em rochas profundas e abastece o lençol freático, córregos e represas, tornando-se assim disponível para o consumo humano e para a atmosfera.
- b) as queimadas e a respiração dos seres vivos são responsáveis pelo consumo de grande parte da água continental e atmosférica disponível nos ecossistemas.
- c) a evapotranspiração dos vegetais aumenta a umidade das massas de ar que passam por regiões de floresta, contribuindo para o regime de chuvas de outras regiões.
- d) a água utilizada na síntese de substâncias e incorporada aos tecidos animais torna-se permanentemente indisponível para reposição na atmosfera.
- e) o desmatamento de uma grande área florestal ocasiona aumento nos níveis de umidade dessa região, pois a água deixa de ser consumida pelos vegetais antes presentes no local.

10. UCS-RS (adaptada) – Os átomos dos elementos químicos são assimilados e transferidos continuamente entre os organismos e o ambiente, e a ciclagem desses elementos é denominada ciclo biogeoquímico. Considere o ciclo biogeoquímico do carbono representado na figura abaixo.



Cite os processos que ocorrem em I, II e III, respectivamente.

11. Unesp – O consumo mundial de água subiu cerca de seis vezes nas últimas cinco décadas. O Dia Mundial da Água, em 22 de março, encontra o líquido sinônimo de vida numa encruzilhada: a exploração excessiva reduz os estoques disponíveis a olhos vistos, mas o homem ainda reluta em adotar medidas que garantam sua preservação.

Além da redução do consumo, uma medida que, a médio e a longo prazo, contribuirá para a preservação dos estoques e a conservação da qualidade da água para consumo humano é

- a) a construção de barragens ao longo de rios poluídos, impedindo que as águas contaminadas alcancem os reservatórios naturais.
- b) o incentivo à perfuração de poços artesianos nas residências urbanas, diminuindo o impacto sobre os estoques de água nos reservatórios.
- c) a recomposição da mata nas margens dos rios e nas áreas de nascente, garantindo o aporte de água para as represas.
- d) o incentivo à construção de fossas sépticas nos domicílios urbanos, diminuindo a quantidade de esgotos coletados que precisam ser tratados.
- e) canalização das águas das nascentes e seu redirecionamento para represas, impedindo que sejam poluídas em decorrência da atividade humana no entorno.

12. UFGD-MS – Leia o texto a seguir.

Os rios voadores são “cursos de água atmosféricos”, formados por massas de ar carregadas de vapor de água, muitas vezes acompanhadas por nuvens, e são propulsores pelos ventos. Essas correntes de ar invisíveis passam em cima das nossas cabeças carregando umidade da Bacia

Amazônica para o Centro-Oeste, Sudeste e Sul do Brasil. Essa umidade, nas condições meteorológicas propícias como uma frente fria vinda do Sul, por exemplo, se transforma em chuva. É essa ação de transporte de enormes quantidades de vapor de água pelas correntes aéreas que recebe o nome de rios voadores – um termo que descreve perfeitamente, mas em termos poéticos, um fenômeno real que tem um impacto significativo em nossas vidas. A floresta amazônica funciona como uma bomba d'água. Ela puxa para dentro do continente a umidade evaporada pelo oceano Atlântico e carregada pelos ventos alísios.

Disponível em: <<http://riosvoadores.com.br/o-projeto/fenomeno-dos-rios-voadores>>. Acesso em: mar. 2019.

Demonstrada a importância da Floresta Amazônica para a regulação climática do Brasil, considere as afirmações a seguir.

- I. O solo pobre em nutrientes sob a Floresta Amazônica impossibilita que esta atue como uma importante fonte de estoque de carbono.
- II. O avanço da pecuária e a diminuição das áreas florestais influenciam negativamente sobre o sequestro de carbono, uma vez que há a diminuição de seres fotossintetizantes.
- III. Os serviços ambientais prestados pelas florestas tropicais garantem uma melhor qualidade de vida no planeta.
- IV. Além dos produtos extraídos diretamente das florestas, estas apresentam valores de uso indiretos tais como controle contra as cheias, manutenção dos ciclos da água e armazenamento de carbono.
- V. A conversão das florestas implica redução dos serviços de polinização, mas isso não influencia no sucesso das colheitas de monoculturas.

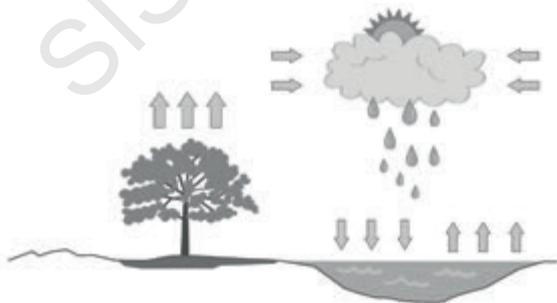
Está correto apenas o que se afirma em

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

- 13. UFRN** – Em cada momento, uma grande parte do carbono que compõe o corpo de todos os seres vivos já esteve antes na atmosfera, e a ela volta na forma de dióxido de carbono (CO₂). Durante o ciclo do carbono na natureza, um dos processos que garantem o retorno do carbono desses organismos para o ambiente abiótico é a

- a) oxidação de nutrientes durante a respiração celular.
- b) formação de moléculas complexas, como a glicose.
- c) combinação desse elemento com o hidrogênio do ar.
- d) ligação com átomos de nitrogênio para formar proteínas.
- e) ligação com átomos de oxigênio.

- 14. Unesp (adaptada)** – As plantas apresentam um papel importante no ciclo da água, conforme o esquema simplificado a seguir:



Cite os processos envolvidos na retirada da água do solo pela planta e como ela retorna à atmosfera através desse ser vivo.

- 15. FCM-PB** – Atualmente, existe uma preocupação com o meio ambiente, o aquecimento global e a busca de desenvolvimento sustentável nas agendas políticas da maioria das nações, um dos maiores obstáculos ao desenvolvimento sustentável nos países industrializados é o uso do petróleo como principal fonte energética. Vários países, incluindo o Brasil, têm buscado novas alternativas energéticas. A maior parte da matriz energética brasileira (mais de 60%) provém de combustíveis fósseis, sendo o petróleo a principal fonte de energia.

Relacione a utilização dos combustíveis fósseis ao ciclo do carbono e avalie as afirmações a seguir:

- I. No ciclo do carbono, o gás carbônico é captado pelos organismos fotossintetizantes e seus átomos são utilizados na síntese de moléculas orgânicas.
- II. O carbono constituinte da biomassa, pode ser transferido aos animais herbívoros ou ser restituído ao ambiente na forma de CO₂, com a morte do organismo produtor e a degradação pelos decompositores.
- III. O carbono captado na fotossíntese, passa de um nível trófico para outro e retorna para a atmosfera, como resultado da fotossíntese dos próprios organismos e dos decompositores.
- IV. A utilização de combustíveis fósseis, tem restituído a atmosfera, na forma de CO₂, átomos de carbono que ficaram fora de circulação durante milhões de anos.
- V. A queima de combustíveis fósseis aumentou a concentração de gás carbônico na atmosfera; o aumento do teor de CO₂ está diminuindo a temperatura média da Terra.

Está(ão) correta(s) as afirmativas

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

- 16. Urcá-CE** – O ciclo hidrológico natural do Cariri é potencializado pela presença da Chapada do Araripe. Sabemos que a água de chuva percorre três caminhos: a evaporação, a infiltração e o escoamento superficial. O fenômeno da urbanização tem se dado num ritmo muito rápido, principalmente nas cidades do Crajuubar – Crato, Juazeiro e Barbalha. Pesquisas comprovam que em áreas urbanas, a densidade de construções verticais interfere no volume de água de chuva que percorre cada um dos caminhos citados.

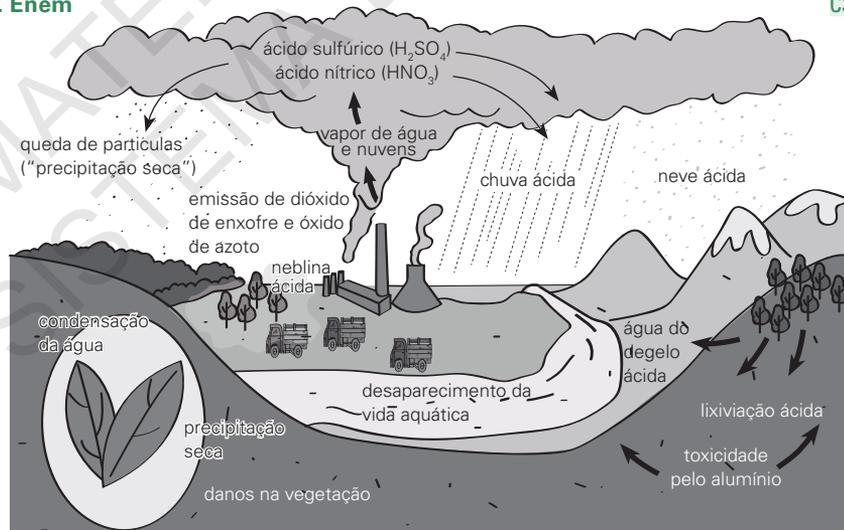
TRAJETÓRIA DA ÁGUA PLUVIAL EM UMA CADEIA HIPOTÉTICA:

URBANIZAÇÃO	EVAPORAÇÃO	INFILTRAÇÃO	ESCOAMENTO
Não verticalizada	4%	50%	10%
Verticalidade baixa	38%	42%	20%
Verticalidade média	35%	35%	30%
Verticalidade alta	30%	15%	55%

A tabela acima apresenta situações diversas quanto ao grau de verticalização e aos caminhos da água de chuva em uma cidade hipotética. Tomando como base o exemplo da cidade, e com base na tabela, identifique a assertiva correta.

- Na área de verticalidade alta, tem-se a impermeabilização e a compactação do solo, por isso temos um escoamento superior a evaporação e infiltração.
- A temperatura se eleva com o aumento da verticalidade, uma vez que a radiação solar é mais intensa, por isso, nas áreas onde a verticalização é ausente, chove mais e infiltra-se mais.
- A cidade de Juazeiro do Norte, por ser a mais urbanizada, e mesmo tendo a menor população relativa, se encaixa perfeitamente nos indicadores da verticalização alta da cidade hipotética.
- A evaporação e infiltração na área de verticalidade média apresenta variação semelhante à da verticalidade baixa, no entanto a infiltração durante o dia na área de verticalidade média é superior, pois a irradiação será mais elevada nessa área do que na área de verticalidade baixa.
- As áreas de verticalidade alta, por apresentar uma elevada evaporação, e um alto escoamento, estarão menos susceptíveis a enchentes.

17. Fuvest-SP (adaptada) – Uma pesquisa publicada na *Revista Nature* em 2010 demonstrou que a quantidade de fitoplânctons nos oceanos reduziu cerca de 1% ao ano no último século. Explique como a redução de fitoplânctons pode afetar o ciclo do carbono.

ESTUDO PARA O ENEM**18. Enem****C3-H9**

No esquema, o problema atmosférico relacionado ao ciclo da água acentuou-se após as revoluções industriais. Uma consequência direta desse problema está na

- a) redução da flora.
- b) elevação das marés.
- c) erosão das encostas.
- d) laterização dos solos.
- e) fragmentação das rochas.

19. Enem (adaptada)

C3-H10

No ciclo do carbono, a atmosfera, os oceanos e diversos processos permitem a transferência desse elemento entre esses reservatórios. Dentre eles, existem recursos não renováveis, como o petróleo, que apresenta grande valor econômico. Entretanto é importante substituí-lo por fontes renováveis.

A utilização de combustíveis fósseis interfere no ciclo do carbono, pois

- a) aumenta a porcentagem de carbono presente na Terra.
- b) reduz a taxa de fotossíntese dos vegetais superiores.
- c) aumenta a produção de carboidratos.
- d) aumenta a quantidade de carbono na atmosfera.
- e) reduz a quantidade de carbono nos oceanos em escala global.

20. Enem (adaptada)

C3-H9

As nuvens são formadas por vapor de água e por um núcleo de condensação. Basicamente, esse núcleo consiste

em vapor de água que se condensa, formando uma gota de água, que se precipita em forma de chuva ou neve, por exemplo. A Floresta Amazônica tem como principal fonte natural de núcleo de condensação de nuvens a sua vegetação, em que nuvens mais altas são carregadas por ventos intensos, exportando gotículas contidas em seu interior para regiões bastante distantes de sua origem. As chuvas de nuvens menos elevadas devolvem à floresta seus núcleos de condensação e aerossóis, isto é, praticamente no mesmo lugar em que foram formadas. Com a chegada dos seres humanos à Amazônia, os ciclos biogeoquímicos têm se modificado devido emissões de poluentes na atmosfera, tornando mais difícil a formação de nuvens.

Disponível em: <<https://vestibular.brasilecola.uol.com.br/enem/prova-amarelaquestao-6.htm>>. Acesso em: mar. 2019.

O ciclo hidrológico da Amazônia depende essencialmente

- a) da produção de CO₂ através da respiração das árvores.
- b) da transpiração do seres vivos e liberação de aerossóis que possam atuar como núcleos de condensação das nuvens.
- c) das queimadas, capazes de produzirem gotículas de água que formarão a chuva.
- d) das nuvens de maior altitude, que trazem para a floresta vapor de água que foram formadas em regiões distantes.
- e) da intervenção humana, por alterarem a atmosfera da região.

CICLOS BIOGEOQUÍMICOS DO OXIGÊNIO, DO CÁLCIO E DO FÓSFORO

49

No final de 2018, a Administração Nacional da Aeronáutica e Espaço (Nasa, em inglês) analisou o território total do buraco da camada de ozônio e constatou que ele tem aproximadamente 23 milhões de km^2 – valor equivalente ao território total da América do Norte. Durante a pesquisa, os cientistas identificaram que a quantidade de ozônio ao redor da Terra diminuiu em apenas 2%. Isso significa que houve menor emissão de gases capazes de destruir a camada protetora de raios ultravioleta (UV) de nosso planeta.

A Nasa, entretanto, afirmou que a redução das emissões não se deve aos esforços humanos de conservação, mas às mudanças climáticas. A expectativa é que somente em 2070 a redução das emissões de gases no planeta retornará aos níveis encontrados em 1980.

Suspeita-se de que na China ainda exista o uso dos clorofluorcarbonetos (CFCs), produzidos com base na espuma de isolamento térmico de poliuretano. Como é de conhecimento dos cientistas há vários anos, tais compostos impactam negativamente a camada de ozônio.

Para que esse mecanismo de proteção do planeta se recupere, é necessário aplicar ações que revertam a situação o quanto antes. Do contrário, além do aumento da incidência de raios UV na Terra, os quais são nocivos à vida, há o desequilíbrio do ciclo do oxigênio no planeta – processo que interfere diretamente em outros ciclos biogeoquímicos.



DA-KUK/GETTY IMAGES

Representação da camada de ozônio (em alaranjado).

CICLO DO OXIGÊNIO

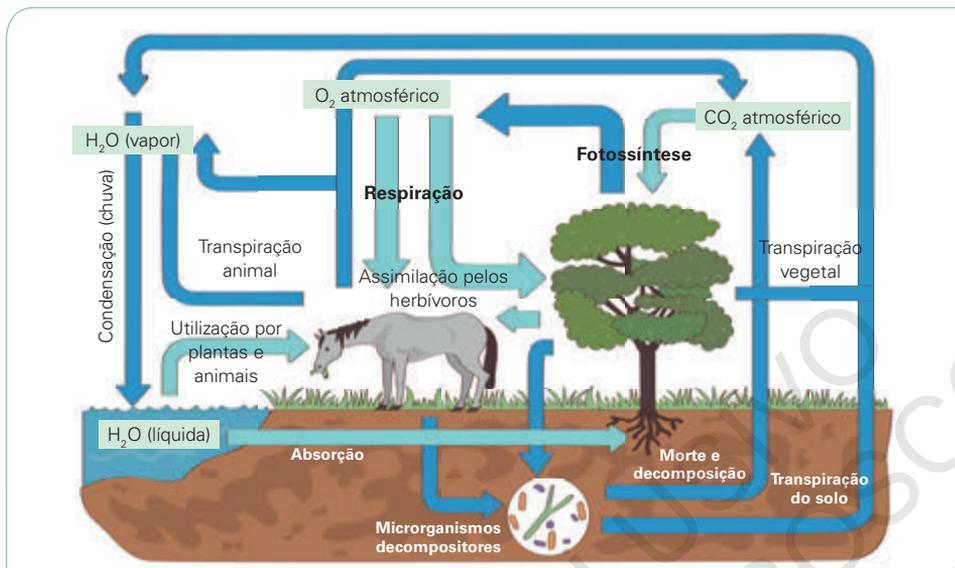
O oxigênio é encontrado em maior quantidade na atmosfera, proveniente da fotossíntese realizada por algas e plantas. Por meio da respiração, plantas e animais utilizam o O_2 e transformam-no metabolicamente em água (H_2O) e dióxido de carbono (CO_2). Portanto, os produtos dessa reação química são devolvidos ao ambiente pela transpiração, excreção e respiração dos seres vivos. Assim, o ciclo é reiniciado.

Na atmosfera, o O_2 é convertido em ozônio (O_3) por ação dos raios UV que incidem na Terra, formando uma barreira protetora contra eles.

- Ciclo do oxigênio
- Ciclo do cálcio
- Ciclo do fósforo

HABILIDADES

- Compreender os ciclos do oxigênio, do cálcio e do fósforo.
- Apresentar os processos físicos do oxigênio, do cálcio e do fósforo nos ciclos biogeoquímicos.
- Entender a importância do oxigênio, do cálcio e do fósforo para os seres vivos e para o ambiente.



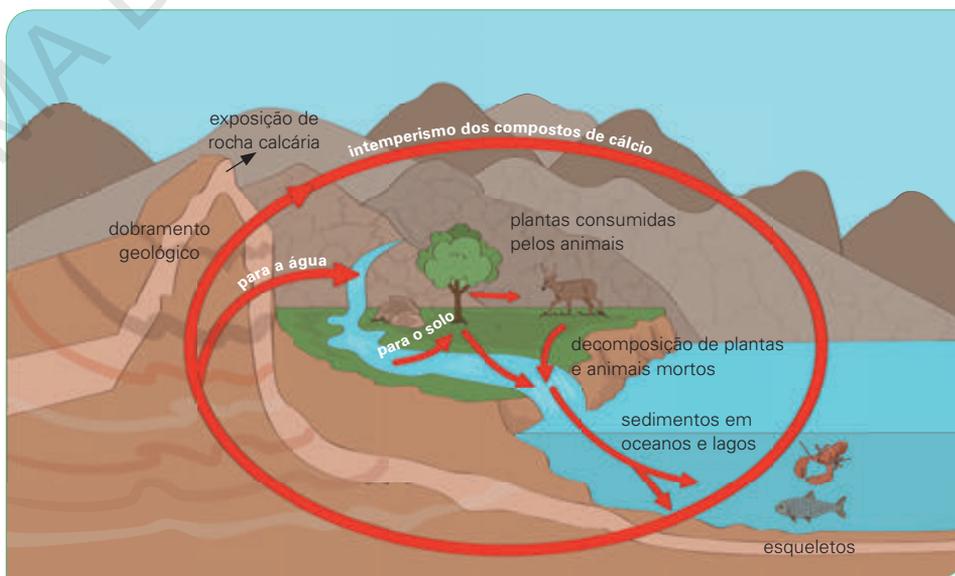
Fotossíntese e respiração fazem parte do ciclo do oxigênio. Elementos representados fora da escala de tamanho. Cores fantasia.

CICLO DO CÁLCIO

O cálcio é fundamental para os seres vivos, porque atua como ativador de enzimas. Nas plantas, esse elemento está em maior concentração na membrana, na região da lamela média (envolvida no processo de divisão celular). Nos vertebrados, o cálcio está mais concentrado nos ossos, compondo o esqueleto. No entanto, também se faz presente nos músculos de vertebrados e invertebrados, participando da contração muscular e dos processos metabólicos, como coagulação sanguínea e atividades neuromusculares.

Os sais de cálcio são encontrados principalmente no formato de carbonatos (CO_3^{2-}) e fosfatos (PO_4^{3-}) nas rochas calcárias, as quais sofrem intemperismo por ação de agentes climáticos. A erosão das rochas leva os sais para o solo, que são carregados pela chuva até rios e mares.

Nos oceanos, o cálcio é assimilado pelos animais, por isso está presente na formação das estruturas calcárias. Após a morte desses organismos, ele se acumula no fundo dos oceanos em virtude da decomposição estrutural. Ocorre, assim, a formação de rochas calcárias, que se afloram em razão do movimento da crosta terrestre. Dessa forma, o ciclo se reinicia.



Esquema ilustrativo do ciclo do cálcio. Elementos representados fora da escala de tamanho. Cores fantasia.

CICLO DO FÓSFORO

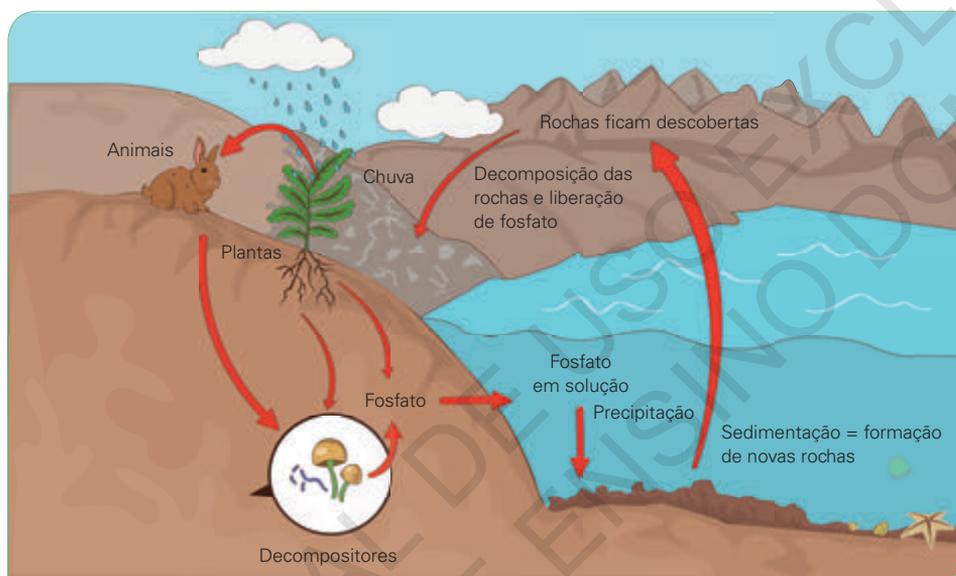
O fósforo apresenta funções essenciais nos organismos, por formar o ácido desoxirribonucleico, o ácido ribonucleico (DNA e RNA) e as moléculas de adenosina trifosfato (ATP). Além disso, disponibiliza energia para a manutenção do metabolismo dos seres vivos.

As plantas assimilam o fósforo presente na água e no solo em forma de íons de fosfato (PO_4^{3-}), e os animais o absorvem pela alimentação. Quando os seres vivos são decompostos, esse elemento volta ao solo e é carregado pela chuva para rios e mares, sendo então incorporado às rochas.

O fósforo só retorna ao ecossistema após um longo período, quando se aflora na superfície e se decompõe parcialmente por meio de intemperismos e erosões do solo.

O ciclo do fósforo pode ser dividido em:

- **ciclo de tempo ecológico:** o elemento é reciclado entre o solo, os produtores e os consumidores, em uma escala de tempo relativamente curta;
- **ciclo de tempo geológico:** parte do fósforo ambiental é sedimentado e incorporado às rochas, processo que envolve longo período de tempo.



Esquema ilustrativo do ciclo do fósforo. Elementos representados fora da escala de tamanho. Cores fantasia.

ROTEIRO DE AULA

CICLO DO OXIGÊNIO

Oxigênio é produto da

fotossíntese

Na respiração celular, o oxigênio forma

CO₂ e H₂O

transpiração

Esse gás é devolvido ao ambiente pelos processos de

excreção

respiração

O₂ convertido em

ozônio (O₃)

CICLO DO CÁLCIO

Ocorre na forma de

carbonato

nas rochas calcárias

Rochas sofrem

intemperismo

e levam cálcio para o

solo

Nos oceanos, o cálcio é assimilado pelos animais, participando da formação das

estruturas calcárias

Após a morte dos organismos, o cálcio se acumula no fundo dos oceanos, formando

rochas calcárias

ROTEIRO DE AULA

CICLO DO FÓSFORO

Ocorre na forma de

fosfatociclo do tempo ecológico

Seres vivos assimilam o elemento na água e na alimentação

Fósforo retorna ao solo por

decomposição

Período

curtociclo do tempo geológico

O elemento é incorporado às rochas e devolvido ao ambiente por meio de

intemperismos

Período

longoMATERIAL DE USO EXCLUSIVO
SISTEMA DE ENSINO DOM BOSCO

EXERCÍCIOS DE APLICAÇÃO

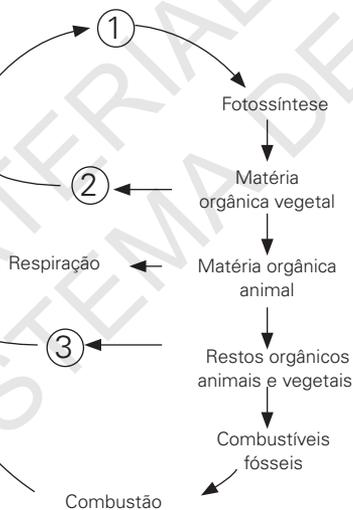
- 1. UFSM-RS (adaptada)** – A camada de ozônio tem como função proteger a Terra dos raios ultravioletas. A formação dessa camada está relacionada com o ciclo do
- nitrogênio.
 - carbono.
 - oxigênio.
 - cálcio.
 - fósforo.

O gás oxigênio (O_2) da atmosfera reage com os raios UV e forma o ozônio (O_3).

- 2. UFSC (adaptada)** – Existe na natureza uma constante ciclagem de elementos químicos, passando dos seres vivos para o ambiente e vice-versa. Com relação ao ciclo do cálcio, é correto afirmar:
- O cálcio se apresenta somente na forma de carbonato nos seres vivos.
 - Com a morte de animais e a consequente decomposição, os sais se dissolvem apenas no solo.
 - Os sais de cálcio são encontrados na chuva.
 - O cálcio integra as conchas de moluscos e esqueletos de vertebrados.
 - É um elemento químico importante na constituição de proteínas e lipídeos.

A alternativa A está incorreta. O cálcio está na forma de carbonato e fosfato nos seres vivos. A alternativa B está incorreta. O cálcio se dissolve no solo e na água. A alternativa C está incorreta. Os sais de cálcio podem ser encontrados no solo, na água e nas rochas. A alternativa E está incorreta. O cálcio atua como ativador de enzimas, está presente na formação do esqueleto dos animais e participa de diversos processos metabólicos.

- 3. Fesp-PR (adaptada)** – O esquema a seguir se refere ao ciclo de dois elementos químicos importantes nos processos biológicos.



Cite quais processos biogeoquímicos estão envolvidos e dê os respectivos nomes em 1, 2 e 3.

O esquema representa os ciclos do carbono e do oxigênio. Os itens 1, 2 e 3 são, respectivamente, CO_2 , respiração e decomposição.

- 4. Sistema Dom Bosco** – O cálcio é encontrado principalmente em formato de cálcio e fosfato nas rochas. Sobre seu ciclo biogeoquímico, marque a alternativa correta.
- Seres vivos sofrem decomposição e liberam cálcio no solo.
 - As rochas sofrem intemperismo e liberam cálcio para os oceanos.
 - Nos oceanos, o cálcio participa da formação dos órgãos internos de vertebrados.
 - Os sais de cálcio presentes nas rochas sofrem evaporação e são liberados na atmosfera.

A alternativa A está incorreta. O cálcio é liberado em rios e oceanos. A alternativa C está incorreta. O cálcio participa de estruturas calcárias, nos ossos de peixes e na formação de conchas. A alternativa D está incorreta. Os sais de cálcio presentes nas rochas sofrem intemperismo e são liberados em rios e mares.

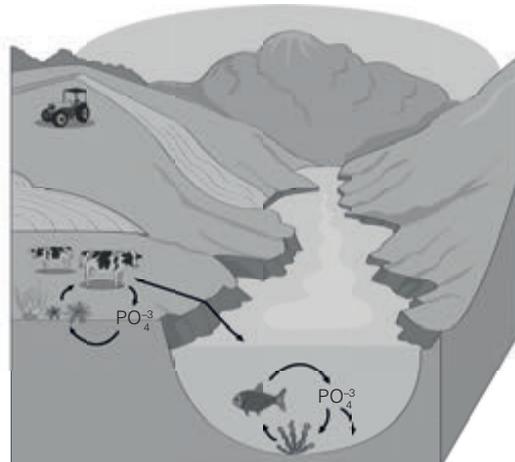
- 5. Uece (adaptada)** – O movimento entre as substâncias provenientes do meio abiótico para o mundo vivo e o retorno delas a partir dos seres vivos para o meio ambiente ocorrem por meio dos ciclos biogeoquímicos. Com base nessas informações é em seus conhecimentos, marque a alternativa correta.
- As plantas assimilam fósforo por meio da alimentação.
 - O cálcio é encontrado principalmente nas estruturas dos animais marinhos.
 - Os seres vivos liberam oxigênio para atmosfera principalmente por meio da transpiração.
 - As rochas fosfatadas sofrem erosão e liberam para o solo o fósforo, elemento que será absorvido pelos vegetais, para a produção de ATP e ácidos nucleicos.

A alternativa A está incorreta. As plantas assimilam o fósforo presente na água e no solo. A alternativa B está incorreta. O cálcio é encontrado principalmente nas rochas, em formato de carbonato ou fosfato. A alternativa C está incorreta. Os seres vivos liberam oxigênio para a atmosfera por meio da excreção, da transpiração e da respiração.

- 6. UFMG (adaptada)**

C3-H8

O elemento fósforo possui alta reatividade e, por isso, não é encontrado na natureza em sua forma livre, apenas em forma de fosfato. No Brasil, adubos fosfatados são obtidos tanto de rochas fosfáticas, abundantes na região de Araxá/MG, quanto de guano, excremento de aves marinhas, importado do Peru. Analise esta figura, que representa o ciclo do fósforo:



Cite uma ação antrópica relacionada ao ciclo do fósforo que causa impacto negativo no ecossistema. Justifique sua resposta.

Quando lançados nos corpos de água, produtos que contêm fosfatos e nitratos (usados na adubação mineral em regiões próximas a rios e lagos) promovem a proliferação de algas e outros organismos. Esse processo causa a eutrofização dos rios. A superfície da água é coberta por esses organismos, o que impede a passagem de luz na água e leva à morte plantas aquáticas, por não conseguirem realizar fotossíntese. A redução da concentração de oxigênio na água provoca a morte de peixes e outros seres vivos na água.

Competência: Associar intervenções que resultam em degradação ou conservação ambiental a processos produtivos e sociais e a instrumentos ou ações científico-tecnológicos.

Habilidade: Identificar etapas em processos de obtenção, transformação, utilização ou reciclagem de recursos naturais, energéticos ou matérias-primas, considerando processos biológicos, químicos ou físicos neles envolvidos.

EXERCÍCIOS PROPOSTOS

7. PUC-SP – Suponha que se queira manter animais aquáticos herbívoros em um aquário. Para garantir a sobrevivência desses animais durante certo tempo, seria aconselhável adicionar ao ambiente

- plantas aquáticas e algas que, além de servirem de alimento para os animais, forneceriam oxigênio ao meio, caso esse fosse iluminado.
- plantas aquáticas e algas que, além de servirem de alimento para os animais, forneceriam oxigênio ao meio, mesmo que esse não fosse iluminado.
- fungos e bactérias que, além de servirem de alimento para os animais, forneceriam gás carbônico ao meio, caso esse fosse iluminado.
- fungos e bactérias que, além de servirem de alimento para os animais, forneceriam gás carbônico ao meio, mesmo que esse não fosse iluminado.
- zooplâncton que, além de servir de alimento para os animais, forneceria oxigênio ao meio, caso esse fosse iluminado.

8. Sistema Dom Bosco – Marque a alternativa correta sobre o ciclo biogeoquímico do fósforo.

- O fósforo atua na formação de moléculas de lipídio.
- O processo de intemperismo adiciona fosfato na atmosfera.
- O fosfato é absorvido pelas plantas e incorporado às moléculas biológicas.
- A decomposição de organismos retorna o elemento para rios e oceanos.
- A forma do fósforo mais importante é o fosfato.

9. UFMG (adaptada) – Há diversos processos capazes de repor o oxigênio na atmosfera, **exceto**

- a alta produtividade de comunidades em fase inicial de sucessão autotrófica.
- a fotólise de vapor-d'água por radiação ultravioleta.
- a oxidação do ferro nas rochas por intemperismo oxidativo.
- as atividades fisiológicas dos organismos do fitoplâncton.
- a transformação da camada de ozônio (O_3) em oxigênio (O_2).

10. Sistema Dom Bosco – Durante seu ciclo biogeoquímico, o cálcio forma esqueletos e estruturas calcárias dos seres vivos marinhos. Explique as etapas seguintes do ciclo biogeoquímico desse elemento.

11. UFPA (adaptada) – Os elementos químicos de que os organismos necessitam em grande quantidade – carbono, água, oxigênio, fósforo e cálcio – circulam dentro dos organismos e vão destes para o ambiente físico e vice-versa. Esse padrão de movimentação de elementos químicos por meio dos organismos e dos compartimentos do ambiente físico é chamado de ciclo biogeoquímico. A respeito dos ciclos desses elementos, é correto afirmar que

- o ciclo do carbono, o dióxido de carbono atmosférico é fonte imediata de carbono para os organismos terrestres, já que a maior parte do carbono da Terra é encontrada na atmosfera.
- a água é devolvida à atmosfera pelos animais apenas por meio da respiração.
- o oxigênio é consumido pelos organismos por meio da fotossíntese.
- o ciclo do fósforo difere do ciclo biogeoquímico do carbono, oxigênio e água por não apresentar uma fase gasosa; o fósforo existe principalmente como fosfato, com depósitos de origem marinha.
- o intemperismo das rochas devolve o cálcio direto para a atmosfera.

12. UFSM-RS (adaptada) – Independentemente de cultura, os vegetais fornecem alimentos para todos. Nos versos que seguem, o autor tenta demonstrar essa condição.

Nem todo o Rei tem Reinado

Perguntar nunca é demais:

– O que seria dos bichos
Se não fossem os vegetais? } 1

[...]
Mas todo bicho depende } 2
Das plantas para viver.
[...]

– Ah, se planta não soubesse } 3
Transformar a luz solar
o vasto reino animal

Deixaria de se fartar...

Fonte: SOUZA, P. R. de. *Síntese de Poesia*. 2006.

Analise as seguintes afirmativas:

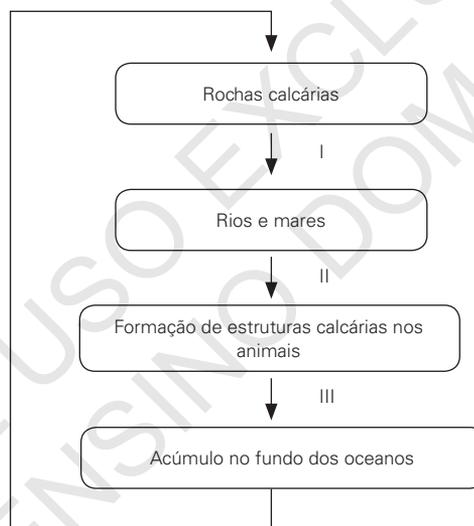
- I. Os versos assinalados com as referências 1 e 2 salientam a dependência dos animais, em especial, quanto ao oxigênio, produzido pelos vegetais por meio da respiração celular.
- II. Os versos assinalados com a referência 3 dizem respeito à fotossíntese, principal processo capaz de liberar O_2 na atmosfera.
- III. Os versos assinalados com a referência 2 remetem à produção de matéria orgânica produzida pelas plantas. Estas liberam CO_2 para o ambiente durante a respiração.

Está(ão) correta(s) a(s) afirmativa(s)

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

13. UFSC (adaptada)

Observe o esquema a seguir:

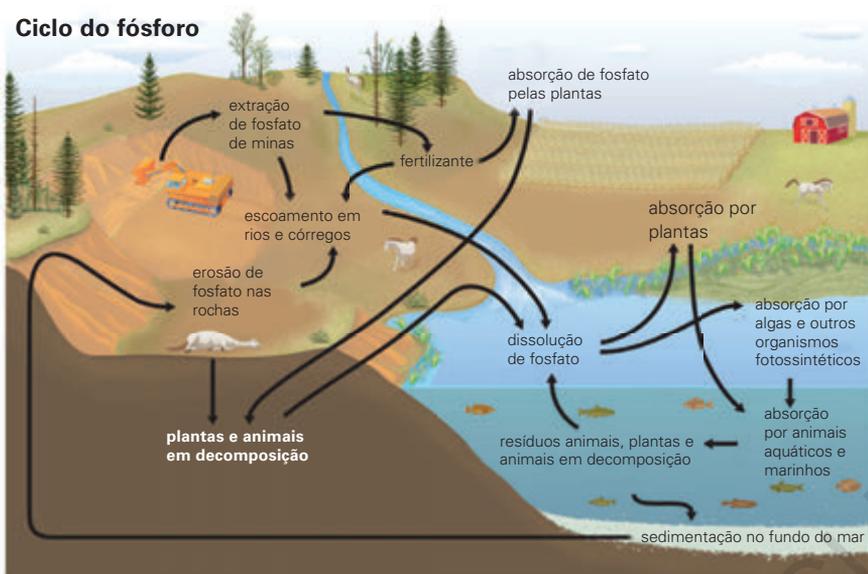


Marque a alternativa correta:

- a) Trata-se do ciclo do cálcio; I se refere à evaporação do elemento.
- b) Trata-se do ciclo do cálcio; I se refere ao intemperismo.
- c) Trata-se do ciclo do fósforo; II se refere à absorção do elemento pelos organismos.
- d) Trata-se do ciclo do fósforo; II se refere à decomposição dos organismos.
- e) Trata-se do ciclo do cálcio; III se refere à decomposição dos elementos.

- 14. Sistema Dom Bosco** – O oxigênio apresenta um ciclo biogeoquímico no qual é disponibilizado na atmosfera pelas plantas em forma de O_2 , por meio da fotossíntese. Ele é, então, utilizado pelos animais. Explique detalhadamente como o oxigênio completa o ciclo a partir dessa etapa.

- 15. Udesc** – Os esquemas dos ciclos biogeoquímicos mostram as vias de entrada e saída de diferentes compostos químicos nos seres vivos, entre os seres vivos e entre eles e o ambiente. Na figura a seguir, tem-se uma representação esquemática do ciclo do fósforo, importante elemento químico para os seres vivos.

Ciclo do fósforo

Analise as proposições em relação a este elemento químico e ao seu ciclo na natureza.

- I. O fósforo é importante para os seres vivos, na sua forma de íon fosfato, pois entra na composição química de moléculas como os ácidos nucleicos e de moléculas envolvidas no fornecimento de energia para as células.
- II. Podem-se caracterizar dois ciclos do fósforo: um mais curto, feito diretamente entre seres vivos, solo e água. Outro, mais longo, que envolve a sedimentação do elemento, formação de rochas, movimentos geológicos e decomposição das rochas.
- III. Os seres vivos podem eliminar o fosfato pelas fezes.
- IV. O fosfato combinado a um glicerídeo forma os fosfolipídios, principal componente das membranas celulares.

Assinale a alternativa correta:

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

16. UFF-RJ (adaptada) – A fotossíntese é o principal processo capaz de disponibilizar oxigênio na atmosfera. Além disso, 70% do nosso planeta é composto de água, onde vivem os fitoplânctons. Sobre o ciclo biogeoquímico do oxigênio, pode-se inferir que

- a) como a Amazônia é a maior floresta do mundo, é a responsável pela produção de todo o oxigênio do planeta.
- b) o oxigênio é liberado pelos organismos na atmosfera por meio da excreção apenas.
- c) as algas microscópicas são as principais fornecedoras do planeta.
- d) o oxigênio não é utilizado pelas plantas.
- e) há apenas O_2 na atmosfera.

17. Sistema Dom Bosco – O fósforo está presente principalmente na forma de fosfato nas rochas sedimentares e pode ser dividido em dois ciclos biogeoquímicos. Cite-os e explique a diferença entre eles.

ESTUDO PARA O ENEM

18. Enem

C3-H9

Plantas terrestres que ainda estão em fase de crescimento fixam grandes quantidades de CO_2 , utilizando-o para formar novas moléculas orgânicas, e liberam grande quantidade de O_2 . No entanto, em florestas maduras, cujas árvores já atingiram o equilíbrio, o consumo de O_2 pela respiração tende a igualar sua produção pela fotossíntese. A morte natural de árvores nessas florestas afeta temporariamente a concentração de O_2 e de CO_2 próximo à superfície do solo onde elas caíram.

A concentração de O_2 próximo ao solo, no local da queda, será

- a) menor, pois haverá consumo de O_2 durante a decomposição dessas árvores.
- b) maior, pois haverá economia de O_2 pela ausência das árvores mortas.
- c) maior, pois haverá liberação de O_2 durante a fotossíntese das árvores jovens.
- d) igual, pois haverá consumo e produção de O_2 pelas árvores maduras restantes.
- e) menor, pois haverá redução de O_2 pela falta de fotossíntese realizada pelas árvores mortas.

19. Enem (adaptada)

C3-H8

O fósforo é um elemento químico importante para os seres vivos por participar da formação das moléculas de DNA e RNA e do ATP, principal forma de armazenar energia na célula. O fósforo utilizado nos fertilizantes agrícolas é extraído de minas. Algumas práticas agrícolas aumentam a erosão no solo, promovendo a dissolução dos íons fosfato na água, que se incorporam às

rochas. Além disso, a colheita das lavouras e o transporte dos restos de alimentos para os lixões reduzem a disponibilidade desse elemento no solo.

Uma alternativa para solucionar parcialmente esse problema seria

- a) a reciclagem de resíduos biológicos, utilizando dejetos animais e restos de culturas para produzir adubo.
- b) a reposição das minas com um íon sintético de fósforo, garantindo o abastecimento da indústria de fertilizantes.
- c) a importação de íons fosfato de outros países para suprir as indústrias de fertilizantes.
- d) a substituição por um elemento que realize as mesmas funções que o fósforo.
- e) a proibição de fertilizantes pelos agricultores, na tentativa de reduzir a extração das minas.

20. Enem

C3-H9

Na natureza a matéria é constantemente transformada por meio dos ciclos biogeoquímicos. Além do ciclo da água, existem os ciclos do carbono, do fósforo, do cálcio, e do oxigênio.

O elemento que está presente em todos os ciclos nomeados é o

- a) fósforo.
- b) carbono.
- c) cálcio.
- d) hidrogênio.
- e) oxigênio.

CICLO DO NITROGÊNIO

50

Em 2016, o Ministério da Terra e Recursos da China anunciou que aproximadamente 60% dos lençóis freáticos do país estão contaminados, principalmente na região norte, responsável por grande parte do setor agrícola. Segundo as análises, a água está inutilizável inclusive para o consumo humano em razão do uso excessivo de fertilizantes contendo compostos nitrogenados.

Esse tipo de fertilizante contribui para acelerar o crescimento das plantas, a fim de encurtar o tempo entre o plantio e a venda. Entretanto, os fertilizantes promovem acidificação e erosão do solo. Outro fator que aumenta a contaminação das águas é o crescimento da concentração de óxido de nitrogênio proveniente de indústrias e meios de transporte.

Um dos maiores problemas que envolve o combate à poluição causada por compostos nitrogenados é o fato de seus danos não serem visíveis. Isso faz com que os prejuízos raramente sejam considerados impactos ambientais.

Neste módulo, vamos compreender como o nitrogênio é importante para os seres vivos e como ele é distribuído no planeta ao longo de seu ciclo biogeoquímico.



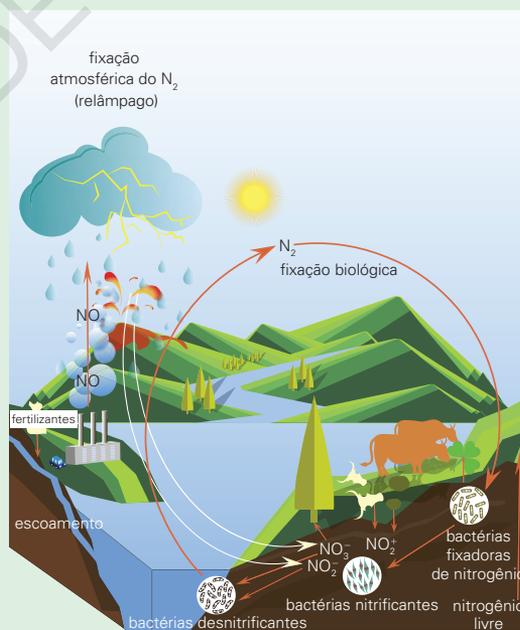
CAO YANG / XINHUA / AFP

Cultivo de trigo com uso de fertilizantes nitrogenados em Yuncheng, província de Shanxi, norte da China.

NITROGÊNIO

Este é um elemento químico importante na constituição de aminoácidos, que são as bases nitrogenadas (adenina, timina, guanina, citosina e uracila) do ácido desoxirribonucleico (DNA) e do ácido ribonucleico (RNA). Além disso, o nitrogênio (N) participa da formação da molécula de adenosina trifosfato (ATP), importante fonte de energia aos seres vivos. O gás nitrogênio (N_2) encontra-se livre na atmosfera e forma 79% dela. Entretanto, poucos organismos conseguem aproveitá-lo diretamente da atmosfera. Por esse motivo, é necessário que microrganismos convertam esse gás.

O ciclo do nitrogênio pode ser dividido em quatro etapas: **fixação**, **nitrificação**, **decomposição** e **desnitrificação**. Observe a representação dessas etapas no esquema ao lado.



DANYLYUKK1/SHUTTERSTOCK

Esquema resumido do ciclo do nitrogênio. Elementos representados fora da escala de tamanho. Cores fantasia.

- Nitrogênio
- Nitrogênio na agricultura

HABILIDADES

- Compreender as principais etapas do ciclo do nitrogênio.
- Explicar os processos físicos que ocorrem com o nitrogênio nos ciclos biogeoquímicos.
- Entender a importância do nitrogênio para os seres vivos e o ambiente.

FIXAÇÃO

Este é o processo pelo qual o N_2 se liga ao hidrogênio (H_2) e forma a amônia (NH_3). Ele pode ocorrer de três formas distintas:

- **fixação atmosférica**, durante fenômenos físicos, como relâmpagos ou faíscas elétricas;
- **fixação industrial**, quando o processo envolve fertilizantes e atividades industriais;
- **fixação biológica**, quando o processo é realizado por bactérias, cianobactérias e fungos, que se encontram livres no solo ou associados a raízes de plantas.

As bactérias dos gêneros *Rhizobium*, *Azotobacter*, *Clostridium*, as cianobactérias dos gêneros *Anabaena* e *Nostoc* e alguns fungos são capazes de fixar nitrogênio pelo fato de estarem associados a certos tipos de planta – principalmente leguminosas, como feijão, ervilha e soja.

Esses seres vivem nas raízes das plantas e recebem o nome de **organismos radicolas**, fornecendo a elas nitrogênio em forma de NH_3 , por meio do processo de **amonificação**. Essa é, portanto, uma relação mutualística: tais organismos fornecem nitrogênio às plantas e recebem delas abrigo e alimento.

Em geral, a produção de amônia por meio da fixação atmosférica é mínima quando se considera a demanda dos seres vivos. A produção realizada pela fixação industrial é bem mais considerável.

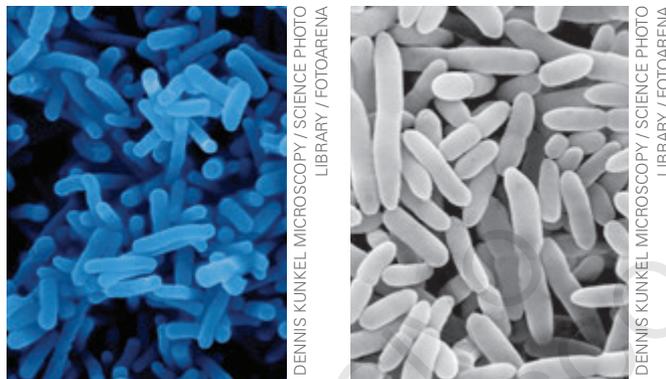


Nódulos de bactérias *Rhizobium* nas raízes de uma leguminosa.

NITRIFICAÇÃO

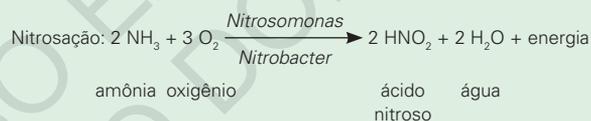
Por meio do processo de **nitrosação**, a amônia é oxidada pelas bactérias do gênero *Nitrosomonas* e se transforma em ácido nitroso (HNO_2), que se dissocia e forma o nitrito (NO_2^-). Posteriormente, o nitrito, substância tóxica às plantas, é convertido em nitrato (NO_3^-),

por meio do processo de **nitratção** realizado pelas bactérias do gênero *Nitrobacter*.



Micrografia eletrônica de varredura de bactérias do gênero *Nitrosomonas* (à esquerda) e *Nitrobacter* (à direita). Aumento de 2 200 x.

O processo global de conversão de amônia em nitrato é denominado **nitrificação**, seja no solo ou na água. Veja a seguir as equações químicas que descrevem esses dois processos.

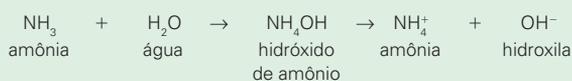


As plantas assimilam tanto a amônia quanto o nitrato presentes no solo e utilizam essas substâncias na síntese de moléculas orgânicas nitrogenadas. Porém, a quantidade de amônia assimilada é menor se comparada à quantidade de nitrato. Vale lembrar que, em pequena escala, a amônia também apresenta toxicidade para as plantas. As moléculas com nitrogênio são transferidas das plantas para os demais consumidores ao longo da cadeia alimentar.

DECOMPOSIÇÃO

A decomposição dos seres vivos e de excretas (ureia e ácido úrico) por ação de bactérias e fungos também resulta em amônia, que reage com a água do solo e produz hidróxido de amônio (NH_4OH). Este, por sua vez, é ionizado e gera o íon amônio (NH_4^+) e hidroxila (OH^-).

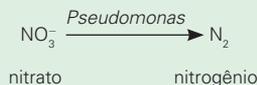
A formação de amônia com base na decomposição realizada pelos seres vivos pode ser representada pela seguinte equação:



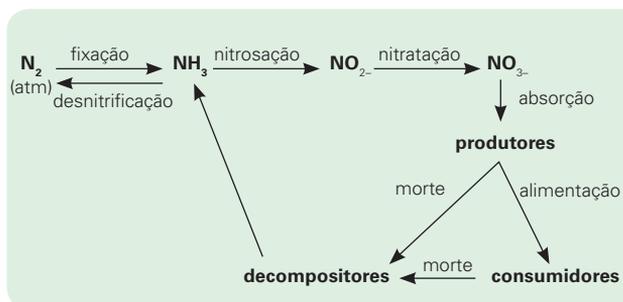
DESNITRIFICAÇÃO

Durante este processo, bactérias do gênero *Pseudomonas* convertem moléculas de nitratos em nitrogênio gasoso, que é devolvido à atmosfera pela ação de **bactérias desnitrificantes**.

Observe a representação da formação de nitrogênio com base no nitrato pela ação das *Pseudomonas*:



O esquema a seguir representa as vias simplificadas de todas as etapas do ciclo do nitrogênio.



NITROGÊNIO NA AGRICULTURA

Para existir maior quantidade de compostos nitrogenados no solo, emprega-se na agricultura a técnica chamada **rotação de cultura**. Essa prática consiste em alternar periodicamente o cultivo de plantas não leguminosas (arroz, milho, trigo, cana-de-açúcar, sorgo) e plantas leguminosas (feijão, amendoim e lentilha). Em uma safra, são plantadas as não leguminosas, e na entressafra, as leguminosas.

Os benefícios desse tipo de plantio estão associados à presença das bactérias fixadoras de nitrogênio nas raízes das plantas leguminosas. Com isso, aumenta-se a quantidade de nitrogênio disponível no solo a ser utilizado na cultura das plantas não leguminosas.

Esse processo melhora as condições químicas, físicas e biológicas do solo e controla as populações de plantas daninhas. Além disso, a rotação de cultura reduz doenças e pragas, protege o solo da ação de agentes climáticos e ajuda os agricultores, pois gera economia de adubo.

Na chamada **adubação verde**, folhas e ramos das leguminosas são cortados após a colheita e enterrados, o que enriquece o solo com os compostos nitrogenados provenientes da decomposição. Essa prática economiza fertilizantes nitrogenados e apresenta um bom rendimento da terra.



Rotação de cultura entre milho (à esquerda) e algodão (à direita).

LEITURA COMPLEMENTAR

Outra técnica para produzir alimentos

A hidroponia é uma técnica que não utiliza o solo para o cultivo de plantas, que recebem uma solução balanceada de nutrientes para se desenvolverem em meio aquoso ou em algum substrato, como a areia. A luminosidade e a temperatura são controladas quando o cultivo é feito em estufas. Esse processo possibilita o aumento da produção ao longo do ano.

A técnica tem como maior benefício a ausência de agrotóxicos durante o processo. Além disso, pode ser realizada em pequenos espaços e tem reduzida contaminação por pragas e doenças, pelo fato de as plantas não terem contato direto com o solo.

Outra grande vantagem da hidroponia ocorre em virtude da pouca necessidade de água no processo de cultivo, uma vez que é um sistema fechado. A técnica não é utilizada em larga escala no Brasil, mas já ocorre em regiões

próximas às grandes cidades, onde as terras são escassas e apresentam preço elevado.



Sistema hidropônico de cultivo de vegetais.

ROTEIRO DE AULA

CICLO DO NITROGÊNIO

FIXAÇÃO

Nitrogênio atmosférico é convertido em

amônia

Fixação atmosférica

Por meio de fenômenos físicos, com relâmpagos.

Fixação industrial realizada por

fertilizantes

Fixação biológica

realizada por microrganismos do solo em associação com leguminosas.

NITRIFICAÇÃO

Amônia convertida em

nitrito

por bactérias

Nitrosomonas

Nitrito convertido em

nitrato

por bactérias

Nitrobacter

DECOMPOSIÇÃO

Bactérias decompositoras produzem

hidróxido de amônia

Reação de amônia com

hidrogênio

presente no solo.

DESNITRIFICAÇÃO

Nitrato convertido em

nitrogênio gasoso

devolvido para

atmosfera

ROTEIRO DE AULA**NITROGÊNIO NA AGRICULTURA**

O plantio de leguminosas e não leguminosas para aumentar compostos nitrogenados no solo é chamado de

rotação de cultura

Técnica em que o plantio ocorre sem a presença de solo, com a mistura de água e solução rica em nutrientes:

hidroponia

MATERIAL DE USO EXCLUSIVO
SISTEMA DE ENSINO DOM BOSCO

EXERCÍCIOS DE APLICAÇÃO

1. Fatec-SP – Sabendo-se que o maior reservatório de nitrogênio do planeta é a atmosfera, onde esse elemento químico se encontra na forma de nitrogênio molecular (N_2):

- Apenas umas poucas espécies de bactérias, conhecidas genericamente como fixadoras de nitrogênio são capazes de utilizar diretamente o N_2 , incorporando esses átomos em suas moléculas orgânicas;
- Algumas bactérias do gênero *Rhizobium* (rizóbios), fixadoras de N_2 , vivem no interior de nódulos formados em raízes de plantas leguminosas, como a soja e o feijão;
- A soja e o feijão, graças à associação com os rizóbios, podem viver em solos pobres de compostos nitrogenados.

É correto concluir sobre o ciclo do nitrogênio na natureza que

- a) os rizóbios recebem nitrogênio molecular das leguminosas.
 b) as plantas fixam o nitrogênio molecular ao realizar a fotossíntese.
 c) os herbívoros obtêm nitrogênio na natureza ao comerem as plantas.
 d) o nitrogênio atmosférico pode ser absorvido pelas folhas das leguminosas.
 e) as leguminosas usadas na recuperação de solos pobres fixam diretamente o nitrogênio molecular.

A alternativa A está incorreta. Os rizóbios fornecem NH_3 às plantas leguminosas. A alternativa B está incorreta. As plantas fixam o nitrogênio por meio da nitratação. A alternativa D está incorreta. O nitrogênio pode ser absorvido pelos nódulos presentes nas leguminosas. A alternativa E está incorreta, porque utilizam NH_3 .

2. UFJF-MG – O nitrogênio é um elemento presente nas moléculas de aminoácidos, unidades das proteínas, e nas bases nitrogenadas, componentes dos ácidos nucleicos. O ar atmosférico tem, na sua composição, 78% de nitrogênio molecular (N_2), sendo, portanto, o principal reservatório desse gás. As afirmativas a seguir estão relacionadas ao ciclo do nitrogênio:

- I. O nitrogênio atmosférico (N_2) é transformado em amônia (NH_3) pelas bactérias fixadoras de nitrogênio presente no solo ou em associação com raízes de leguminosas ou ainda por cianobactérias presentes na água.
 II. As bactérias nitrificantes transformam parte da amônia em nitrito e depois em nitrato.
 III. As bactérias desnitrificantes transformam parte da amônia e do nitrato em nitrogênio gasoso que volta à atmosfera.
 IV. As bactérias decompositoras transformam os resíduos nitrogenados inorgânicos em amônia.
 V. O nitrito e o nitrato são utilizados para a produção da amônia.

São corretas as afirmativas

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

A afirmativa IV está incorreta. As bactérias decompositoras transformam resíduos nitrogenados inorgânicos em hidróxido de amônia. A afirmativa V está incorreta. Com base na amônia, são produzidos nitrito e nitrato.

3. Vunesp (adaptada) – Nos últimos 50 anos, a fixação do nitrogênio tem sido bastante estudada e foram produzidos muitos conhecimentos a respeito desse processo. Com base nisso, cite os organismos responsáveis pela fixação biológica do nitrogênio e explique sua importância.

Bactérias do gênero *Rhizobium*, cianobactérias dos gêneros *Anabaena*

e *Nostoc* e alguns fungos são capazes de fixar nitrogênio por estarem

associados a raízes de certas plantas leguminosas, como feijão, ervi-

lha e soja. Esses organismos radicolas fornecem nitrogênio às plantas

em forma de NH_3 e em troca recebem proteção e alimento.

4. Uerj (adaptada) – O ciclo do nitrogênio é extremamente importante para os seres vivos. Esse elemento faz parte de diversos compostos orgânicos, como proteínas e ácidos nucleicos. Na tabela, há exemplos de formas químicas do nitrogênio incorporadas por alguns seres vivos.

Seres vivos	Composto nitrogenado	
	orgânico	inorgânico
plantas		amônia (NH_3) nitrato (NO_3^-)
bactérias	aminoácidos	amônia (NH_3) nitrato (NO_3^-) nitrito (NO_2^-)
animais		-

No ciclo do nitrogênio, as bactérias desnitrificantes estão relacionadas à função de

- a) conversão da amônia em nitrito.
 b) produção de nitrato com base na amônia.
 c) liberação de gás nitrogênio para o ambiente.
 d) incorporação de nitrogênio molecular em aminoácidos.

A alternativa A está incorreta, porque se refere à nitrificação. A alternativa B está incorreta, pois se refere à nitratação. A alternativa D está incorreta, porque se refere à forma com que os animais incorporam o elemento em questão.

5. Olimpíada Brasileira de Biologia – Com o objetivo de aumentar a produção agrícola de uma maneira ecológica, evitando o uso de fertilizantes químicos industriais, alguns agricultores utilizam a técnica de rotação de culturas. Utilizam-se plantas que apresentam em suas raízes a associação mutualística com bactérias fixadoras de nitrogênio. A opção que indica um tipo de planta que apresenta esse tipo de associação é:

- a) Banana
 b) Soja
 c) Arroz
 d) Morangueiro
 e) Coentro

A soja é uma leguminosa que apresenta bactérias fixadoras de nitrogênio em suas raízes. Assim, pode ser cultivada com outra planta não leguminosa a fim de aumentar a quantidade de compostos nitrogenados no solo.

6. UFRJ (adaptada)

C3-H9

O nitrogênio tem grande importância na produção de proteínas. No entanto, esse elemento não pode ser utilizado diretamente por plantas e animais. Explique como os seres vivos absorvem esse elemento e quais organismos contribuem para a transformação do nitrogênio.

Os animais absorvem nitrogênio diretamente da alimentação ao consumir outros organismos ricos nessa substância. As plantas não são capazes de absorver nitrogênio diretamente da atmosfera e contam com bactérias fixadoras presentes no solo, as quais atuam na transformação de nitrogênio em amônia.

Competência: Associar intervenções que resultam em degradação ou

conservação ambiental a processos produtivos e sociais e a instrumentos ou ações científico-tecnológicos.

Habilidade: Compreender a importância dos ciclos biogeoquímicos ou

do fluxo energia para a vida, ou da ação de agentes ou fenômenos que podem causar alterações nesses processos.

EXERCÍCIOS PROPOSTOS

7. Fuvest-SP – Analise as três afirmações seguintes sobre ciclos biogeoquímicos.

- I. A respiração dos seres vivos e a queima de combustíveis fósseis e de vegetação restituem carbono na atmosfera.
- II. Diferentes tipos de bactérias participam da ciclagem do nitrogênio: as fixadoras, que transformam o gás nitrogênio em amônia, as nitrificantes, que produzem nitrato e nitrito, e as desnitrificantes, que devolvem o nitrogênio gasoso à atmosfera.
- III. Pelo processo da transpiração, as plantas bombeiam, continuamente, água do solo para a atmosfera, e esse vapor de água se condensa e contribui para a formação de nuvens, voltando à terra como chuva.

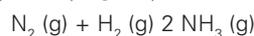
Está correto o que se afirma em

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

8. UEG-GO – No solo existe uma quantidade limitada de nitratos, sais de amônia e de outros minerais necessários às plantas. Nos ecossistemas naturais, por exemplo, em uma floresta, a morte e a decomposição dos organismos promovem a rápida reciclagem desses elementos. Todavia, nas culturas agrícolas, de muita ocorrência no estado de Goiás, uma parte dos “vegetais colhidos” é consumida pela população humana, evidenciando que parte sai do ecossistema e impede a reciclagem desses sais. Como estratégia para compensar esta perda na retirada desses vegetais, alguns procedimentos são adotados, dentre eles, a aplicação e inoculação nos solos de

- a) microrganismos, como bactérias e fungos, que sintetizam naturalmente metano e gás oxigênio, aumentando a quantidade de sais.
- b) herbicidas, favorecendo o acúmulo de resíduos que são absorvidos pela planta, aumentando a reciclagem dos sais.
- c) amônia e molibdênio, que favorecem a fixação de outros sais minerais como o magnésio e a nitrogenase.
- d) adubos ou fertilizantes sintéticos ricos em nitrogênio, fósforo, potássio e outros elementos.

9. Unesp – A amônia (NH_3) é obtida industrialmente pelo processo Haber-Bosch, que consiste na reação química entre o gás nitrogênio proveniente do ar e o gás hidrogênio. O processo ocorre em temperaturas superiores a 500°C e pressões maiores que 200 atm e pode ser representado pela equação química:



A amônia produzida por esse processo tem como uma de suas aplicações a fabricação de fertilizantes para o

aumento da produção agrícola. Na natureza, a amônia também é produzida tendo o ar como fonte de gás nitrogênio, que é assimilado

- a) pelo micélio dos fungos filamentosos.
- b) pela respiração dos animais invertebrados que vivem no solo.
- c) por bactérias no solo e nas raízes de leguminosas.
- d) pelo processo de fotossíntese realizado por plantas e algas.
- e) pela decomposição dos tecidos dos seres vivos

10. Sistema Dom Bosco – A fonte primária do nitrogênio é o gás N_2 , ($\text{N}\equiv\text{N}$), presente na atmosfera terrestre. Entretanto, para que o elemento seja utilizado biologicamente, ou seja, absorvido por plantas e outros organismos, ele precisa ser fixado e combinado com outros elementos, tornando-se solúvel e assimilável. Durante o ciclo no nitrogênio, esse elemento assume diferentes formas químicas.

Após a conversão do nitrogênio em amônia, esta passa por etapas de um processo denominado nitrificação. Explique ambos os processos.

11. UFG-GO – O semiárido brasileiro exige do pequeno produtor estratégias para alimentação do gado durante a seca. Para garantir a sobrevivência do rebanho nesse período, uma das possibilidades é o plantio de *Cactaceae* por adensamento, utilizando adubação com ureia ($\text{CO}(\text{NH}_2)_2$) nos períodos de chuva. Considerando-se o ciclo do nitrogênio na natureza, essa estratégia de adubação justifica-se, pois, no solo, a hidrólise desse adubo químico simula a

- a) nitrificação da matéria orgânica, disponibilizando NH_4^+ .
- b) nitrificação da matéria orgânica, disponibilizando NH_3 .
- c) desnitrificação da matéria orgânica, disponibilizando NO_2^- .
- d) amonificação da matéria orgânica, disponibilizando NO .
- e) amonificação da matéria orgânica, disponibilizando NH_3 .

12. PUC-RS – Sobre o ciclo do nitrogênio, **não** se pode afirmar que

- a atmosfera da Terra tem em sua composição aproximadamente 78% de nitrogênio, porém as plantas não são capazes de utilizar o nitrogênio em sua forma gasosa livre.
- o nitrogênio é o nutriente mineral mais limitante para o crescimento vegetal, por ser necessário em grandes quantidades na composição de proteínas e ácidos nucleicos.
- a fixação do N_2 atmosférico é a única fonte de nitrogênio para as bactérias de solo.
- a planta, apesar de não conseguir absorver o N_2 atmosférico, é capaz de absorver o amônio e o nitrato formados pelas bactérias presentes no solo.
- parte do nitrogênio é perdido no solo quando bactérias desnitrificantes convertem o nitrato em N_2 , o qual se difunde para a atmosfera.

13. Unioeste-PR – Leia a seguinte notícia:

“Uma descoberta feita por pesquisadores da Universidade de Nottingham, na Inglaterra, pode ajudar a solucionar o problema dos fertilizantes sintéticos de nitrogênio. Esses fertilizantes são produzidos a partir de combustíveis fósseis, com alto custo econômico e geram poluição para o meio ambiente e grande gasto de energia. Edward Cocking, diretor do Centro de Fixação de Nitrogênio em Plantações, desenvolveu um método que permite às plantas retirarem o nitrogênio que precisam diretamente do ar, utilizando bactérias fixadoras de nitrogênio. A bactéria denominada *Glucacetobacter diazotrophicus*, encontrada na cana-de-açúcar, é capaz de colonizar, de forma intracelular, os principais tipos de plantações, dando a todas as células da planta o potencial para retirar o nitrogênio diretamente do ar”

Sobre o ciclo do nitrogênio e a sua importância para os seres vivos, **não** se pode dizer que

- as leguminosas apresentam em suas raízes bactérias fixadoras que transformam N_2 atmosférico em íons amônio.
- o nitrogênio incorporado às proteínas das plantas pode ser transferido para os animais ao longo da cadeia alimentar.
- o N_2 retorna ao meio ambiente pela excreção, decomposição de organismos mortos e pela ação de bactérias desnitrificantes.
- as bactérias do gênero *Nitrosomonas* são organismos quimiossintetizantes encontrados no solo, as quais transformam os íons nitrito em nitrato.
- os íons amônio e nitrato, produzidos por bactérias fixadoras livres no solo, podem ser absorvidos diretamente pelas plantas e são utilizadas para a síntese de aminoácidos e nucleotídeos.

14. UFRJ (adaptada) – Os sul-africanos estão atravessando uma grave crise na alimentação, causada pelo esgotamento do solo na região. A fim de minimizar o problema, a Universidade da Califórnia desenvolveu uma técnica para recuperar os solos esgotados, a qual consiste em plantar árvores de leguminosas em meio a lavouras de alimentos.

Adaptada de *Ciência Hoje*, SBPC, v. 33, nº 193, maio de 2003, p. 51.
 Questão 15. Disponível em: <<https://exerciciosweb.com.br/ecologia/ciclo-do-nitrogenio-questoes-02/>>.

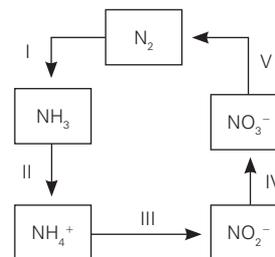
Explique como essa técnica ajuda a recuperar o solo.

15. Unifesp – A hidroponia consiste no cultivo de plantas com as raízes mergulhadas em uma solução nutritiva que circula continuamente por um sistema hidráulico. Nessa solução, além da água, existem alguns elementos químicos que são necessários para as plantas em quantidades relativamente grandes e outros que são necessários em quantidades relativamente pequenas.

a) Considerando que a planta obtém energia a partir dos produtos da fotossíntese que realiza, por que, então, é preciso uma solução nutritiva em suas raízes?

b) Cite um dos elementos, além da água, que obrigatoriamente deve estar presente nessa solução nutritiva e que as plantas necessitam em quantidade relativamente grande. Explique qual sua participação na fisiologia da planta.

16. Sistema Dom Bosco – Observe o esquema a seguir:

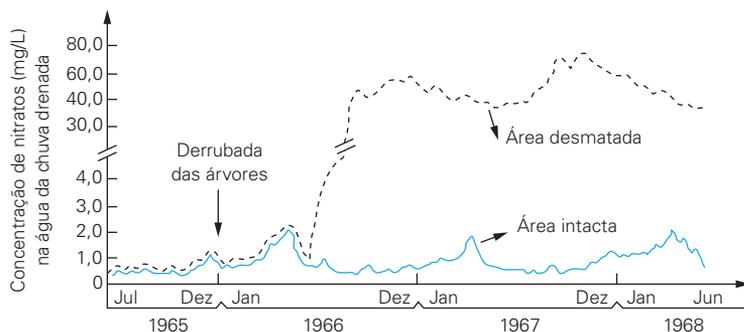


A aplicação em excesso de fertilizantes nitrogenados pode promover acúmulo de compostos nitrogenados no solo, em especial na forma mais oxidada. Como consequência, é possível ocorrer proliferação de algas e plantas aquáticas que alterarão o ciclo do nitrogênio. Microrganismos promovem a reação de redução, processo denominado desnitrificação.

Marque a alternativa que apresente a etapa do processo citado:

- I
- II
- III
- IV
- V

17. Fuvest-SP (adaptada) – Na década de 60, pesquisadores monitoraram por um semestre uma região de floresta temperada em que parte da vegetação da área foi derrubada e o crescimento de novas plantas foi impedido. O gráfico a seguir mostra as concentrações de nitratos presentes nas águas de chuva drenadas das duas áreas para córregos próximos.



Se três anos após esse evento a vegetação da área intacta fosse removida e ambas as áreas fossem usadas imediatamente para cultivo, em qual das regiões você espera haver maior produtividade? Explique.

ESTUDO PARA O ENEM

18. Enem

C3-H9

O nitrogênio é essencial para a vida e o maior reservatório global desse elemento, na forma de N_2 , é a atmosfera. Os principais responsáveis por sua incorporação na matéria orgânica são microrganismos fixadores de N_2 , que ocorrem de forma livre ou simbiotes com plantas.

ADUAN, R. E. et al. *Os grandes ciclos biogeoquímicos do planeta*. Planaltina: Embrapa, 2004 (adaptado).

Animais garantem suas necessidades metabólicas desse elemento pela

- absorção do gás nitrogênio pela respiração.
- ingestão de moléculas de carboidratos vegetais.
- incorporação de nitratos dissolvidos na água consumida.
- transferência da matéria orgânica pelas cadeias tróficas.
- protocooperação com microrganismos de nitrogênio.

19. Enem

C3-H9

Um produtor rural registrou queda de produtividade numa das áreas de plantio de arroz de sua propriedade. Análises químicas revelaram concentrações elevadas do íon amônio (NH_4^+) e baixas dos íons nitrato (NO_3^-) e nitrito (NO_2^-) no solo. Esses compostos nitrogenados são necessários para o crescimento dos vegetais e participam do ciclo biogeoquímico do nitrogênio.

Em qual etapa desse ciclo biogeoquímico são formados os compostos que estão em baixa concentração nesse solo?

- Nitrificação
- Assimilação
- Amonificação
- Desnitrificação
- Fixação de nitrogênio

20. Enem**C3-H9**

Uma grande virada na moderna história da agricultura ocorreu depois da Segunda Guerra Mundial. Após a guerra, o governo havia se deparado com um enorme excedente de nitrato de amônio, ingrediente usado na fabricação de explosivos. A partir daí as fábricas de munição foram adaptadas para começar a produzir fertilizantes tendo como componente principal os nitratos.

SOUZA, F.A. Agricultura natural/orgânica como instrumento de fixação biológica e manutenção do nitrogênio no solo: um modelo sustentável de MDL. Disponível em: www.planetaorganico.com.br. Acesso em: 17 jul. 2015 (adaptado).

No ciclo natural do nitrogênio, o equivalente ao principal componente desses fertilizantes industriais é produzido na etapa de

- a) nitratação.
- b) nitrosação.
- c) amonificação.
- d) desnitrificação.
- e) fixação biológica do N_2 .

MATERIAL DE USO EXCLUSIVO
SISTEMA DE ENSINO DOM BOSCO



BLEND IMAGES / ALAMY STOCK PHOTO

BIOLOGIA 1B

MATERIAL DE USO EXCLUSIVO DO SISTEMA DE ENSINO DOMBOSCO

CIÊNCIAS DA NATUREZA E SUAS TECNOLOGIAS

51

BIOMAS TERRESTRES

- Principais biomas mundiais
- Principais biomas brasileiros

HABILIDADES

- Citar os principais biomas mundiais e brasileiros.
- Caracterizar cada um dos biomas mundiais e brasileiros em relação ao clima, à umidade, à fauna e à flora.

Em 2018, a BBC Brasil (*British Broadcasting Corporation*) e o botânico Ricardo Cardim produziram um mapa da flora da cidade de São Paulo. Com base em registros históricos, reconstituíram a paisagem do local antes da colonização portuguesa.

Como resultado, concluíram que, por volta de 1550, São Paulo poderia ser considerada uma região de transição entre os biomas Mata Atlântica e Cerrado. Além disso, era possível encontrar a vegetação característica do Pampa (bioma da região Sul) e as várzeas dos rios Tietê e Pinheiros, muito semelhantes à do Pantanal.

O pesquisador acredita que o Cerrado surgiu nessa região em virtude de incêndios naturais ou provocados pelos indígenas que habitavam o local na época. De acordo com os relatos históricos, o fogo servia como controle para manter a vegetação baixa e era utilizado na captura de animais, alvos de caça da população.

O estudo mostra ainda que São Paulo era uma região rica em biomas, com vegetação bastante diferenciada em cada trecho e grande biodiversidade animal. A reconstituição paisagística possibilita a compreensão dos fatores que levaram à redução da biodiversidade de biomas, bem como auxiliam na criação de medidas que previnam a extinção de outros biomas, sejam eles os remanescentes em São Paulo ou nas outras localidades que correm esse risco.

ALEXANDRE CAPP/PULSAR

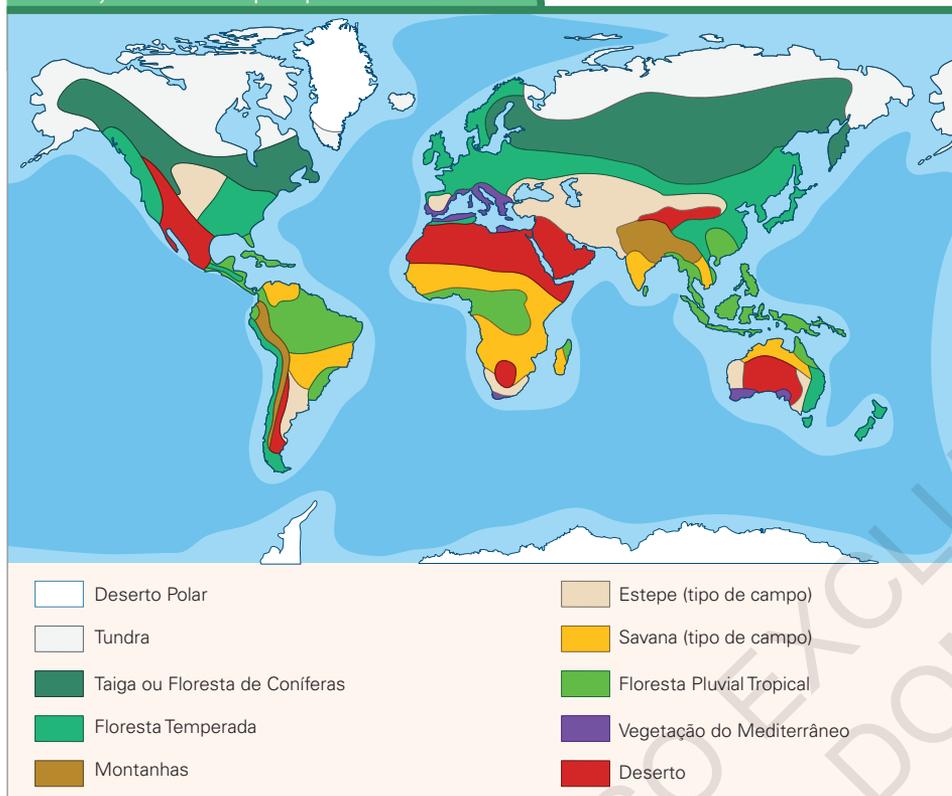


Parque Estadual do Jaraguá, região de preservação da Mata Atlântica em São Paulo (SP).

PRINCIPAIS BIOMAS MUNDIAIS

Biomas, também denominados grandes ecossistemas, consistem em um conjunto de fauna, flora e clima característicos de regiões específicas. Em geral, é difícil delimitá-los, pois a paisagem é capaz de mudar gradativamente, misturando-se sem que a percebamos radicalmente. Os principais biomas existentes no planeta Terra são: Tundra, Taiga, Floresta Temperada, Floresta Pluvial Tropical, Floresta Mediterrânea, Campos e Deserto.

Distribuição mundial dos principais biomas terrestres



DESIGNUA/SHUTTERSTOCK

TUNDRA

Ocorre ao redor do círculo Ártico – no extremo norte do Alasca e do Canadá, na Noruega, na Finlândia, na Groelândia e na Sibéria –, na cordilheira dos Alpes, na Europa, e em ilhas subantárticas do hemisfério sul. Tem como características principais: os *permafrosts*, cujo solo é composto especificamente de terra, rocha e gelo e permanece congelado de maneira permanente; e a água líquida, encontrada apenas no verão. Em geral, apresenta clima extremamente frio e seco, com inverno e verão bem definidos. Tem muitos fungos, líquens e vegetação rasteira, com ciclo curto de vida das plantas, de modo que não há tempo para formação de grandes árvores ou angiospermas, com floração e formação de sementes de pequenas plantas apenas no verão.

Aves e mamíferos que habitam esse bioma são adaptados ao frio. São espécies características: caribus, renas, ursos, raposas, bois-almiscarados, lebres, lobos e roedores (lêmings). As aves do hemisfério norte têm hábito migratório e voam para o hemisfério sul em busca de alimentos e temperaturas menos rigorosas durante o inverno.

REALIMAGE / ALAMY STOCK PHOTO



Exemplo de tundra no monte Storsteinen (Noruega) durante o verão.

TAIGA

A Taiga, também chamada de **Floresta Setentrional de Coníferas** ou **Floresta Boreal**, é encontrada ao longo da América do Norte (Alasca, Canadá) e na Eurásia (Sibéria, Japão, Suécia). As temperaturas são baixas, mas o verão é mais quente e prolongado se comparado à Tundra, o que favorece o crescimento de grandes árvores. Como, no inverno, a água permanece congelada, os animais e as plantas desse bioma ficam em estado de **dormência** marcada, com metabolismo muito lento.

A vegetação é bastante homogênea, com predominância de pinheiros (gimnospermas), musgos, líquens, algumas plantas arbóreas e poucos arbustos. Durante o verão, coníferas podem apresentar sistema de raízes superficial do solo, na tentativa de captar água. A fauna é constituída principalmente de alces, ursos-pardos, lobos, lincos e diversos roedores. Entre as aves, podem ser destacados galos-silvestres, corujas-lapônicas, corujas-das-neves e outras aves migratórias.



STEPHANE BIDOUZE/SHUTTERSTOCK

Nas florestas temperadas, o outono é bem marcado, com evidência de sua principal característica, o alaranjado das folhas que caem e deixam as árvores desfolhadas.

FLORESTA PLUVIAL TROPICAL

Apresenta alto nível de umidade, chuvas contínuas, temperaturas elevadas (entre 21 °C e 32 °C) e alta radiação solar, sendo o bioma mais produtivo da Terra. Encontra-se nas regiões próximas à linha do Equador, onde estão localizadas as florestas tropicais distribuídas na Austrália, na Índia, em alguns locais da Ásia, da África, da América Central e da América do Sul.

A vegetação consiste em dosséis densos e o solo é coberto por muita matéria orgânica e folhas perenes. As raízes são pouco profundas em razão do grande acúmulo de matéria orgânica recém-decomposta que, predominantemente, pode ser encontrada na superfície. Assim, há grande riqueza de nutrientes, uma vez que a reposição da biomassa ocorre rapidamente na floresta. A pouca profundidade das raízes facilita as derrubadas nos desmatamentos.

Tanto as plantas quanto os animais são ativos durante praticamente o ano todo, apresentando grande variedade de espécies. Predominam, nesse ambiente, mamíferos arbóreos, como macacos, lêmures e preguiças, e animais terrestres, como cotias, capivaras, onças e antas, além de aves, répteis, anfíbios e grande diversidade de invertebrados.



Interior de Floresta Pluvial Tropical.

WONG SZE YUEN/DREAMSTIME.COM



ONFOKUS/ISTOCKPHOTO.COM

Ambiente de Taiga no outono. Província de Quebec, Canadá.

FLORESTAS TEMPERADAS

Este bioma abrange áreas como o leste da América do Norte e grande parte da Eurásia. No inverno, há presença de neve e, no verão, as temperaturas são altas, com estações definidas.

O solo rico em matéria orgânica torna possível o desenvolvimento de árvores de grande porte, que perdem as folhas no outono e são conhecidas como **decíduas** ou **caducifólias**. Além da predominância das angiospermas, há, ainda, a presença de diversas espécies de ervas perenes com rápido crescimento durante a primavera.

A fauna apresenta muitas espécies migratórias que retornam na primavera. Espécies como cervos, porcos-do-mato, leões-da-montanha, esquilos, pumas, raposas e lobos podem ser encontradas com maior constância nesse bioma.

FLORESTA MEDITERRÂNEA

A Floresta Mediterrânea era um bioma com características únicas, mas que, com o passar do tempo, foi modificado, tornando-se tão diferente que deixou de existir, dando lugar a formações vegetais secundárias, denominadas Chaparraís. Também chamado de **maqui**, ocorre em clima ameno, com ventos úmidos e verão seco nas regiões em torno do mar Mediterrâneo, na Europa, na Califórnia, no noroeste do México e em algumas áreas da Austrália, do Chile e da África do Sul. Desenvolve-se em ambientes que apresentam precipitação inferior à dos campos temperados, e tem, predominantemente, plantas lenhosas arbustivas de folhas duras, com crescimento lento e resistentes às secas.

A vegetação é mais evidente durante o inverno e no começo da primavera, quando há maior intensidade de chuvas. Composta principalmente de arbustos densos e árvores lenhosas baixas, a vegetação se desenvolve no solo ácido característico das regiões. Além disso, a Floresta Mediterrânea passa por queimadas periódicas, de modo que algumas plantas só se desenvolvem após essas queimas.



O Parque Nacional Death Valley, Califórnia (Estados Unidos), é uma região característica do bioma Chaparral.

CAMPO

Em geral, ocupa regiões mais secas, em ambientes tropicais ou temperados, e pode ter diversos nomes, tais como: **estepes**, na Ásia, e **pradarias**, na América do Norte. Com duas estações bem definidas, não é comum a presença de árvores, em virtude das condições climáticas e do solo. A continentalidade faz com que a umidade, em quase todo o ano, seja baixa. No entanto, é possível encontrar rios e lagos, onde há a presença de árvores, assim como mais de um estrato de vegetação em locais mais úmidos (próximos a ambientes tropicais).

As **estepes** apresentam vegetação herbácea, com predominância de gramíneas, geralmente altas, de modo contínuo, geralmente em zonas de transição entre savanas e desertos. O terreno é plano ou pouco ondulado.

As **pradarias** são similares às estepes, mas ocorrem em clima temperado ou subtropical, em regiões como Estados Unidos, Canadá e Uruguai. A vegetação é similar à das estepes, com solos férteis e grande quantidade de matéria orgânica disponível, em razão das plantas que secam nos períodos mais secos, produzindo húmus.

Os animais que habitam os campos apresentam adaptações específicas para regiões com relativa privação de água, podendo aproveitar a ampla vegetação como fonte de nutrientes. No entanto, por ser uma região aberta, esses animais estão constantemente sujeitos à predação.



Vegetação de gramíneas encontrada nas regiões de pradaria, no Canadá.

SAVANAS

As regiões tropicais, em grande parte do continente africano, na América Central, na América do Sul, na Ásia e na Austrália, são locais onde ocorrem savanas. São regiões predominantemente quentes com duas estações bem definidas, inverno seco e verão com chuvas.

A vegetação é composta de herbáceas até uma matriz campestre, com árvores esparsas. O solo é poroso, ácido e pobre em nutrientes. O fogo também está presente e tem papel importante no equilíbrio da vegetação, favorecendo espécies campestres. Na fauna, há muitos herbívoros, mamíferos de grande porte, aves e insetos.



Paisagem da savana africana.

DESERTO

É caracterizado pela umidade reduzida, com temperaturas muito altas e raros eventos de precipitação. Os desertos podem ser tropicais, temperados e frios, distribuídos na África, Austrália, Ásia e nas Américas.

Em geral, o solo é árido e pobre em nutrientes. Em razão do clima e das condições edáficas, a vegetação é esparsa, de pequeno porte, com poucas gramíneas, arbustos, muitos cactos e suculentas, que são espécies bem-adaptadas a altas temperaturas e pouca disponibilidade de água. A fauna é composta de pequenos roedores, répteis, escorpiões e insetos, com adaptações para viver neste ambiente, como a eliminação de pouca água.



Deserto do Arizona, Estados Unidos.

PRINCIPAIS BIOMAS BRASILEIROS

De acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), o Brasil apresenta seis principais biomas: Amazônia, Cerrado, Mata Atlântica (pluvial costeira), Caatinga, Pantanal e Pampa (campos sulinos).

Mapa de distribuição dos biomas brasileiros



Fonte: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE).

AMAZÔNIA

Ocupa a região norte do Brasil e se estende por oito países vizinhos: Bolívia, Equador, Colômbia, Guiana, Guiana Francesa, Suriname, Peru e Venezuela. Aproximadamente 60% da Floresta Amazônica está em território brasileiro.

Esse bioma é conhecido como a maior floresta pluvial tropical do mundo. E é dividido em três tipos de vegetação: mata dos igapós, que consiste em solos alagados constantemente; matas de várzeas, com solos alagados periodicamente próximos aos rios; e matas de terra firme, sem inundações. O solo é arenoso e coberto por uma camada de húmus, rica em nutrientes e formada pela decomposição de animais, folhas e frutos.

A flora é bastante diversa, com plantas típicas, como castanheiros-do-pará, cedros, mata-paus, vitória-régias e seringueiras (esta utilizada na extração do látex para produção de borracha). A floresta tem também grande variedade de bromeliáceas e plantas de folhas largas e perenes, com diversos estratos formados pela copa das árvores.

Em relação à fauna, destacam-se espécies de macacos, onças, peixes-boi, antas e saguis. Há mais de 1 700 espécies de peixes nos rios amazônicos. A fauna de médio e pequeno portes é abundante na região, principalmente em relação aos mamíferos. A diversidade de peixes encontrada na bacia amazônica é uma das maiores do mundo, mesmo com a interferência de espécies invasoras em decorrência da ação antrópica. Podemos afirmar que o ecossistema aquático é um dos mais ricos desse bioma.



A Floresta Amazônica é considerada a maior bacia hidrográfica do planeta, já que 80% de água doce se encontra na região amazônica. Na imagem o Rio Amazonas, o maior e o principal rio da Amazônia.

CERRADO

Ocorre principalmente nos estados de Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Goiás, Tocantins, Bahia, Minas Gerais e em algumas regiões de São Paulo, Paraná, Paraíba e Pernambuco. A vegetação apresenta arbustos e árvores com galhos retorcidos, folhas coriáceas e caules bastantes espessos, que conferem resistência às queimadas. O solo é arenoso, ácido, com alta taxa de alumínio e boa capacidade de drenagem, permitindo que a água se acumule em regiões mais profundas, de difícil acesso.

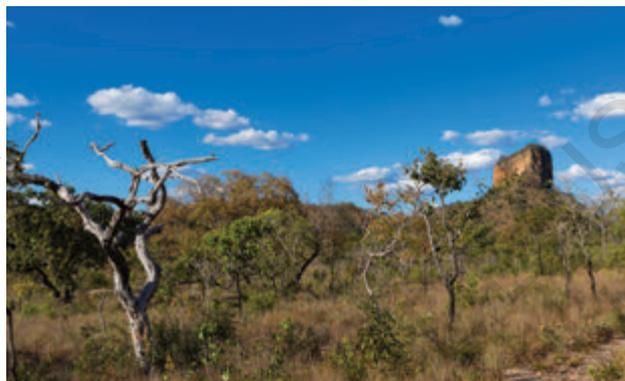
As espécies que compõem a flora dispõem de adaptações para os períodos secos, como raízes profundas para absorção de água e órgãos subterrâneos que

armazenam nutrientes para sobrevivência. Nesse bioma, são encontradas espécies vegetais como marmelinhos, barbas-de-bode, catuabas, indaiás, guabiobas, pequis, pitangas, barbatimões, ipês, jacarandás-do-campo, capins-gorduras, além de arbustos e herbáceas, que apresentam curto ciclo de vida.

Quanto à fauna, é comum encontrar animais de médio e grande porte, como emas, carcarás, seriemas, araras, urubus-reis, tucanos, lobo-guarás, onças-pintadas, antas, tamanduás, tatus, veados-campeiros, veados-catingueiros e cupins.

O Cerrado abriga grande número de espécies endêmicas, isto é, exclusivas desse bioma, o que configura um *hotspot* mundial de biodiversidade, com diversas espécies ainda não catalogadas. É um bioma extremamente devastado, principalmente para o plantio de soja na região Centro-Oeste. Além disso, sofre constante interferência e expansão urbana, correndo o risco de se extinguir em breve e provocar não apenas a extinção de grande parte de biodiversidade única do planeta, mas prejuízo ao equilíbrio ecológico de muitas outras regiões.

PEDRO FERREIRA/REAMSTIME.COM



Paisagem do Cerrado após queimada, com árvores sem folhas. Chapada das Mesas, Maranhão.

MATA ATLÂNTICA

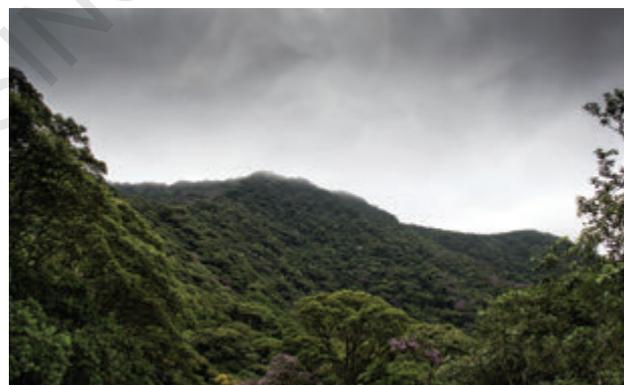
Ocorre ao longo da costa brasileira, desde o Nordeste até o Rio Grande do Sul. Ocupa um trecho de Minas Gerais e grande parte dos estados do Paraná, de São Paulo, Rio de Janeiro e Espírito Santo, com predominância na serra do Mar e serra da Mantiqueira. É conhecida, inclusive, como Floresta Tropical ou Ombrófila Densa, semelhante à Floresta Amazônica, por apresentar clima quente e úmido.

A flora é composta de árvores que atingem de 20 a 30 metros de altura, formando um dossel fechado. O solo dispõe de matéria orgânica proveniente da decomposição das folhas. Não tem grande renovação de matéria, como acontece na Amazônia, sendo, portanto, um solo pobre em nutrientes, mas com alta fertilidade por conta da camada de serrapilheira. As árvores mais conhecidas são: canelas, figueiras, quaresmeiras, cedros, manacás, palmeiras, embaúbas e pau-brasil, que é muito utilizada na produção de corantes vermelhos. Há, também, grande variedade de epífitas, como bromélias, orquídeas e samambaias. A fauna apresenta

animais como morcegos, marsupiais, gambás, cuícas, diversas subespécies de macacos, micos-leões-dourados e vasta gama de insetos.

Esse bioma já ocupou aproximadamente 12% do território brasileiro, mas o crescimento urbano intenso, as atividades industriais e portuárias e a exploração de madeiras nativas para fins diversos são algumas das intervenções humanas que fizeram com que seu tamanho fosse drasticamente reduzido.

Os ambientes costeiros, como restingas e manguezais, são conhecidos como subdivisões da Mata Atlântica. Os **manguezais** são regiões úmidas, com solo encharcado e lameado, de transição entre ambientes terrestres e marinhos, formados por arbustos e espécies herbáceas com raízes aéreas, apresentando rizóforos e pneumatóforos, que passam por bancos de lama e sal, originando pântanos salinos. Já as **restingas** são formadas por solos arenosos em planícies na costa litorânea, podendo apresentar vegetação herbácea ou arbustiva, com fauna bastante diversa. Esses ambientes constituem grande importância ecológica por serem considerados berçários para os recursos pesqueiros. Consequentemente, são excelentes indicadores da dinâmica ambiental da área litorânea, além de estarem protegidos sob legislação federal para conservação permanente. Entretanto, têm sofrido fragmentação de habitat em virtude da ocupação desordenada na costa brasileira.



Parque Estadual da Serra do Mar, localizado entre os estados de São Paulo e Rio de Janeiro.

KLAUSBALZANO/ISTOCKPHOTO.COM

CAATINGA

Ocorre nos estados do Nordeste (Bahia, Sergipe, Alagoas, Pernambuco, Paraíba, Rio Grande do Norte, Ceará, Piauí e Maranhão) e no norte de Minas Gerais. O clima é seco, com baixa precipitação e altas temperaturas, promovendo elevada evapotranspiração. Esse bioma também pode ser denominado regionalmente como **sertão** ou **agreste**. Os solos são férteis em algumas regiões, mas a falta de água limita o desenvolvimento da vegetação.

As plantas encontradas neste bioma são conhecidas como xerófitas e apresentam adaptações, como espinhos e caules suculentos, que reduzem a taxa de transpiração, além de sistemas de raízes bem desenvolvidas para absorção de água subterrânea. As cactáceas e

suculentas são comuns neste bioma, além de espécies como mandacarus, marmeleiros, barrigudas e aroeiras.

A fauna é composta de espécies de preás, gambás, veadosatingueiros, tatus-bolas, tamanduás-mirins, entre outros. A Caatinga sofre impactos causados pelos grandes latifúndios, promovendo o desmatamento para a formação de campos de pastagem.



O bioma Caatinga apresenta espécies de plantas em disposição esparsa em razão das condições de solo e de clima.

PANTANAL

Este bioma está distribuído nos estados do Mato Grosso e Mato Grosso do Sul e estende-se pela Bolívia, pelo Paraguai e pela Argentina. É considerada a maior planície alagada, com inundações do rio Paraguai nos meses de cheia (entre novembro e fevereiro), o que força os animais a se deslocarem para as áreas secas nesse período. Na baixa das águas, os animais retornam aos leitos de rios, lagos, lagoas, e os nutrientes deixados pela cheia fertilizam o solo.

A vegetação é composta de árvores como ipê-rosas, aroeiras, angicos, jenipapeiros, ingazeiros, jatobás, perobas, embaúbas e aguapés. A fauna se destaca por espécies de tuiuiús, araras-vermelhas, araras-azuis, garças-reais, capivaras, onças-pardas e onças-pintadas, e um elevado número de espécies de peixes e jacarés. Por conta disso, é considerado um santuário ecológico, uma vez que apresenta um dos ecossistemas com maior biodiversidade do mundo.

O Pantanal sofre grande impacto com a pesca predatória e o garimpo, levando à poluição do solo, com a pecuária extensiva, que favorece a competição

entre a fauna nativa e as espécies invasoras, além da constante degradação, causando empobrecimento e compactação do solo.



Região de Barra Mansa, no estado do Mato Grosso do Sul.

PAMPA

Os pampas também são chamados de campos sulinos e ocorrem no Rio Grande do Sul, estendendo-se até o Uruguai e a Argentina. A vegetação herbácea é composta principalmente de gramíneas, o que favorece o pasto para a criação de gados e ovelhas e o cultivo de arroz, milho, trigo e soja. O impacto sofrido por esse bioma deve-se, principalmente, ao pisoteio excessivo de animais, especialmente no período de escassez das gramíneas, o que promove erosão e arenização. A monocultura também empobrece o solo de maneira contínua.



A região de divisa entre o Brasil e a Argentina apresenta vegetação de plantas rasteiras do Pampa.

LEITURA COMPLEMENTAR

Importância do Brasil na biodiversidade mundial é maior do que se pensava

Quase um quarto de todos os peixes de água doce do mundo - mais precisamente 23% - estão nos rios brasileiros. Assim como 16% das aves do planeta, 12% dos mamíferos e 15% de todas as espécies de animais e plantas. Esses números estão sendo compilados pela primeira vez por cientistas brasileiros após a publicação do estudo "O futuro dos ecossistemas tropicais hiperdiversos", divulgado no final de julho na revista *Nature*. "Já

imaginávamos que o Brasil tinha essa quantidade de espécies, mas os números exatos estavam espalhados em bases de dados muito diferentes pelo mundo. É uma combinação de dados única", disse à BBC News Brasil a bióloga Joice Ferreira, da Embrapa Amazônia Oriental, que participou do estudo e lidera os esforços para compilar os dados brasileiros.

"A condição do Brasil é muito única, mas, nas discussões políticas, o papel que o país tem na biodiversidade mundial é pouco considerável. Precisamos de um conjunto de

políticas muito mais fortes e atuantes para lidar com essa biodiversidade."

O estudo, realizado por um grupo de 17 cientistas, incluindo quatro brasileiros, é a maior revisão de dados sobre a biodiversidade nos trópicos, segundo o biólogo marinho, zoólogo e botânico britânico Jos Barlow, da Universidade de Lancaster, no Reino Unido, que liderou a pesquisa.

"Sempre soubemos que a região era importante. Mas encontramos números surpreendentes. Mostramos, por exemplo, que 91% de todos os pássaros do mundo passam ao menos parte de suas vidas nos trópicos. Isso é incrível", disse à BBC News Brasil.

"Eu também fiquei impressionado com o fato de o Brasil ser responsável por um quarto dos peixes de água doce. Geralmente, esses ecossistemas são ignorados."

Perda acelerada de espécies tropicais

No estudo, a equipe internacional de cientistas alerta para o fato de que a falta de ações de conservação e monitoramento dos ecossistemas tropicais pode causar, em breve, uma perda sem precedentes de espécies - muitas das quais sequer são conhecidas.

Os ecossistemas tropicais - florestas, savanas, lagos e rios e recifes de coral - cobrem 40% do planeta, mas abrigam mais de três quartos (78%) de todas as espécies.

Além disso, desses ecossistemas dependem as vidas de centenas de milhares de pessoas. Os recifes de coral, por exemplo, são responsáveis pela subsistência e pela proteção de mais de 200 milhões, apesar de só cobrirem 0,1% dos oceanos.

Em todos esses locais, dizem os pesquisadores, a flora e a fauna sofrem a "ameaça dupla" das atividades humanas, como o desmatamento e a pesca predatória em excesso, e de ondas cada vez mais frequentes de calor, causadas pela mudança climática.

"Quando falamos em mudança climática, falamos muito do seu impacto nas regiões polares, mas isso está devastando os trópicos. E o mundo parece ter dado um passo atrás no que se refere ao compromisso com ações relacionadas ao meio ambiente."

Para Joice Ferreira, da Embrapa, também é preciso considerar que a maior parte dos países tropicais são regiões mais pobres, com menor capacidade de pesquisa. "Nossa região alimenta todas as outras do mundo com recursos naturais, mas a maior parte das pesquisas sobre os trópicos é liderada por países desenvolvidos", afirma.

"Isso nos coloca numa situação de vulnerabilidade, porque temos uma capacidade menor de resposta às mudanças climáticas. Estamos colocando em risco um número muito grande de espécies."

Dificuldade para catalogar dados no Brasil

Segundo Barlow, um dos principais problemas das regiões tropicais é a falta de investimento na coleta e na catalogação de espécies. Ou seja, sequer sabemos tudo o que está em perigo com o aumento das temperaturas globais.

Atualmente, cerca de 20 mil novas espécies são descobertas

no mundo a cada ano. Mas, nesse ritmo, os pesquisadores estimam que seriam necessários pelo menos 300 anos para catalogar toda a biodiversidade do planeta.

Ferreira diz que ainda falta no Brasil um programa "abrangente e integrado de avaliação da biodiversidade". A maior parte das pesquisas, ela afirma, são feitas em locais de fácil acesso - como a beira dos rios e as margens de estradas - e na região Sudeste, onde se concentra a maior parte dos pesquisadores.

"Tentamos aos trancos e barrancos cumprir as metas internacionais, mas é tudo muito grosseiro e genérico. Num país muito menor como o Reino Unido, se conhece a fauna e a flora de cada quilômetro do país", compara.

"Precisamos fazer programas de monitoramento amplo em todos os biomas brasileiros e programas de conservação nos outros biomas, além da Amazônia. Mas o que vemos é justamente o contrário disso, um corte massivo de financiamento para ciência e tecnologia, especialmente nos recursos humanos."

Em 2014, o governo brasileiro criou o Sistema de Informação Sobre a Biodiversidade Brasileira (SiBBr), uma espécie de atlas das espécies do país, ligado ao Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovação e Comunicações (MCTIC). A iniciativa, no entanto, avança a passos lentos na tarefa de catalogar apenas o que já se sabe sobre a fauna e a flora nativas.

"Nunca chegamos numa amostragem de toda a biodiversidade espacial. O território brasileiro é grande demais, nunca tivemos investimento com regularidade suficiente e os programas de pesquisa nunca se preocuparam em traçar uma estratégia que abrangesse o território todo", disse à BBC News Brasil a bióloga Andrea Nunes, coordenadora de biomas do MCTIC e diretora geral do SiBBr.

Nunes estima que, atualmente, o SiBBr tenha cerca de 15 milhões de espécies em sua base de dados. Mas só nas seis principais coleções do Brasil - ou seja, nas instituições como a Fundação Oswaldo Cruz (Fiocruz), O Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (Inpa) e o Museu de Zoologia de São Paulo - pode haver até 40 milhões de registros.

IMPORTÂNCIA do Brasil na biodiversidade mundial é maior do que se pensava, dizem cientistas. *Tribunal de Contas da União*. Disponível em: <<https://portal.tcu.gov.br/transparencia/sustentabilidade/>>. Acesso em: abr. 2019.



Os anfíbios são muito sensíveis às alterações climáticas e, nos últimos anos, as taxas de desaparecimento de espécies desse grupo só aumenta. Na imagem, a perereca *Phyllomedusa*, encontrada nas Américas Central e do Sul.

ROTEIRO DE AULA

BIOMAS TERRESTRES

PRINCIPAIS BIOMAS MUNDIAIS

Tundra

Principal característica: permafrost

O clima é frio e seco com vegetação rasteira

Taiga

O clima é frio principal tipo de vegetação: pinheiros

Floresta temperada

Vegetação com árvores de porte grande e folhagem caducifolia

Floresta pluvial tropical

O clima é quente e úmido e vegetação apresenta dosséis densos

Floresta mediterrânea

O clima é ameno e vegetação com plantas lenhosas ou arbustivas

Campo

O clima é variável e vegetação rasteira

Tipos de campos estepe pradaria

Deserto

O clima é quente e seco e vegetação esparsa

ROTEIRO DE AULA

BIOMAS
BRASILEIROS**Amazônia**

Região

norte

Cerrado

Vegetação resistente a

queimadas

Mata atlântica

Ocorre principalmente na

costa brasileira

Caatinga

Vegetação

xerófita

Pantanal

Considerada maior planície

alagada

Pampa

É um exemplo de campo, por apresentar vegetação do tipo

herbácea ou gramínea

EXERCÍCIOS DE APLICAÇÃO

1. UERN – Analise as afirmativas que descrevem algumas características de um ecossistema terrestre:

- I. Ocorre no hemisfério norte, próximo à calota polar;
- II. Os bois almiscarados estão entre os animais que representam a fauna dessa região;
- III. As plantas típicas dessa região são musgos e líquens, como também gramíneas e pequenos arbustos.

As afirmativas anteriores se referem ao seguinte bioma:

- a) Taiga
- b) Tundra**
- c) Floresta tropical
- d) Floresta temperada

A Taiga é composta de coníferas e apresenta clima frio. A Floresta Temperada apresenta clima frio e folhas caducifólias. A Floresta Tropical apresenta clima quente e úmido, com dosséis densos e solo escuro.

2. UERR – As grandes formações de seres vivos em terra são chamadas de Biomas, estes são geralmente caracterizados e identificados por suas plantas mais abundantes. O Brasil é formado por seis biomas terrestres com características distintas.

Assinale a alternativa correta que contenha estes seis biomas:

- a) Floresta pantaneira; Tundra; Amazônia; Floresta Boreal; Caatinga e Pampa.
- b) Floresta Boreal; Floresta Amazônica; Mata Atlântica; Pantanal; Caatinga e Taiga.
- c) Taiga; Caatinga; Amazônia; Pantanal; Cerrado e Mata Atlântica.
- d) Pantanal; Amazônia; Floresta Boreal; Cerrado e Tundra.
- e) Amazônia; Caatinga; Cerrado; Mata Atlântica; Pampa e Pantanal.**

Os demais biomas citados ao longo da questão se referem a biomas terrestres mundiais.

3. Sistema Dom Bosco – A Taiga, ou Floresta Boreal, é um bioma terrestre encontrado principalmente na América do Norte e na Eurásia. Cite duas características desse bioma.

A Taiga apresenta vegetação homogênea, com predominância de

pinheiros e baixas temperaturas.

4. Uece (adaptada) – As plantas da Caatinga apresentam algumas características particulares, como folhas transformadas em espinhos, cutículas altamente impermeáveis, caules suculentos e raízes profundas. Essa descrição se refere ao que definimos como

- a) xeromorfismo.**
- b) caducifólia.
- c) *permafrost*.
- d) decídua.

A alternativa B está incorreta porque plantas caducifólias perdem suas folhas em períodos mais frios, sendo a classificação sinônima de folhas decíduas, descrita na alternativa D. A alternativa C está incorreta porque *permafrosts* são solos congelados.

5. Unifins-TO – Bioma é definido como uma área geográfica caracterizada por um conjunto de ecossistemas com vegetação, fisionomias, fauna e solo típicos, onde predomina um certo tipo de clima. Sobre os biomas, é correto afirmar:

- a) As florestas tropicais são caracterizadas pelo clima quente com pouca precipitação e abrigam muitas espécies de mamíferos, entre eles, javalis, veados e esquilos.
- b) Os desertos situam-se nas zonas tropicais dos continentes da África, América do Sul e Central, cuja vegetação é caracterizada pelas plantas herbáceas com árvores e arbustos esparsos.
- c) As florestas temperadas são encontradas próximas às zonas polares. Sua vegetação é caracterizada pela presença de líquens e musgos. A fauna é composta por mamíferos que apresentam pelagem densa e aves migratórias, como as corujas e as gaivotas.
- d) A vegetação das savanas é marcada pela presença de plantas suculentas, como os cactos, enquanto que a fauna é composta, principalmente, por lagartos e serpentes.
- e) Conhecida também como floresta de coníferas ou floresta boreal, a taiga é constituída basicamente por pinheiros e abetos adaptados para resistir às baixas temperaturas.**

A alternativa A está incorreta, porque florestas tropicais apresentam clima quente e úmido. A alternativa B está incorreta, porque desertos apresentam vegetação esparsa de pequeno porte, como gramíneas e arbustos. A alternativa C está incorreta, porque a descrição se refere à Tundra. A alternativa D está incorreta, porque a descrição se refere aos desertos.

6. Udesc (adaptada)

C8-H28

Segundo o IBGE, são seis os biomas continentais brasileiros, conforme mostra a figura a seguir.



Cite os respectivos biomas enumerados no mapa.

O bioma 1 é a Amazônia, o bioma 2 é o Cerrado, o bioma 3 é a Caatinga, o

bioma 4 é o Pantanal, o bioma 5 é a Mata Atlântica e o bioma 6 é o Pampa.

Competência: Apropriar-se de conhecimentos da Biologia para, em situações-problema, interpretar, avaliar ou planejar intervenções científico-tecnológicas.

Habilidade: Associar características adaptativas dos organismos com seu modo de vida ou com seus limites de distribuição em diferentes ambientes, em especial em ambientes brasileiros.

EXERCÍCIOS PROPOSTOS

7. Uepa – O termo bioma é mais abrangente do que formação vegetal, pois inclui, além da fitofisionomia, a fauna, características do clima, do solo e outros aspectos abióticos. Portanto, o bioma pode ser considerado como uma área do espaço geográfico caracterizada por um conjunto de ecossistemas com vegetação, solo e fisionomia típicos, no qual predomina certo clima.

Sobre o termo em destaque, no texto, analise as afirmativas abaixo:

- I. Área de procriação para muitas espécies marinhas por elevada quantidade de nutrientes orgânicos. Vegetação predominante de plantas arbóreas formada por halófitas.
- II. Pouca água, vegetação escassa, com predominância de plantas xerófitas, que possuem diversas adaptações. Região com alto grau de insolação e grande perda de água pela transpiração.
- III. Ocorre em zonas temperadas e tropicais, sendo classificado em pradaria, estepe e savana, de vegetação rasteira formada por gramíneas. De clima variável, de acordo com as latitudes. Baixa quantidade de chuvas.
- IV. Clima de temperatura quente com média anual de 26 °C. O inverno é muito seco e as chuvas são abundantes no verão. A vegetação é ananizada porque o solo é pobre em nutrientes. Vegetação de arbustos tortuosos e pequenas árvores esparsas de raízes longas.
- V. O mais exuberante bioma vegetal do planeta, localizado em áreas de baixas altitudes, clima úmido e quente, com temperaturas entre 21 °C e 32 °C, a pluviosidade é elevada, megadiversidade e taxa de evapotranspiração elevada pelas folhas largas (latifoliadas) do vegetal.

A alternativa que indica as características correspondentes aos biomas mencionados no texto é:

- a) I – deserto; II – campos; III – manguezal; IV – cerrado; V – floresta tropical
- b) I – campos; II – deserto; III – manguezal; IV – cerrado; V – floresta tropical
- c) I – manguezal; II – deserto; III – floresta tropical; IV – cerrado; V – campos
- d) I – manguezal; II – cerrado; III – campos; IV – deserto; V – floresta tropical
- e) I – manguezal; II – deserto; III – campos; IV – cerrado; V – floresta tropical

8. UPE – Leia o texto a seguir:

No Egito e na Antiguidade clássica, vivia um belo e esplendoroso pássaro, de origem mítica, com uma plumagem escarlate e dourada e com um canto melódico que encantava qualquer um. A Fênix, como era chamada, era dotada de uma capacidade extraordinária: tinha uma longevidade sem precedentes. À medida que sentia a morte se aproximar, ela mesma construía um ninho de ervas aromáticas e, com o próprio calor do corpo - cujas penas pareciam labaredas - ateava fogo a si própria e transformava-se em cinzas. Dessas cinzas, ressurgia outra ave Fênix e, assim, da mesma morte pelo fogo, surgia uma nova e promissora vida.

Essa lenda egípcia remete-nos a uma característica bastante peculiar de um bioma brasileiro.

Assinale a alternativa que indica o bioma o qual tem o fogo, produzido naturalmente, como mecanismo de manutenção da sua biodiversidade.

- a) Amazônia.
- b) Caatinga.
- c) Campo sulino.
- d) Cerrado.
- e) Mata Atlântica.

9. UFRR (adaptada) – A Mata Atlântica originalmente cobria uma área de 1 milhão de km², estendendo-se ao longo do litoral brasileiro, desde o Rio Grande do Norte até o Rio Grande do Sul. Este é o ecossistema brasileiro que mais sofreu os impactos ambientais dos ciclos econômicos da história do Brasil, reduzindo-se a cerca de 7% de sua área original. Analise as afirmações a seguir.

- I. O desmatamento da Mata Atlântica teve início com a chegada dos colonizadores ao Brasil, e os portugueses extraíram o pau-brasil, árvore de coloração avermelhada da qual era retirado um corante muito apreciado na Europa.
- II. Apesar da perda de vasta área, a Mata Atlântica não sofre com problemas de extinção, uma vez que as espécies endêmicas da região se encontram protegidas por Unidades de Conservação.
- III. A expansão da agricultura, principalmente ligada à produção de cana-de-açúcar no Nordeste e de café no Sudeste, foi um dos fatores que levaram à supressão de vastas áreas da Mata Atlântica.

Após a leitura, marque a opção com a(s) assertiva(s) corretas.

- a) III.
- b) I.
- c) I e II.
- d) I e III.
- e) Todas as afirmativas são incorretas.

10. Sistema Dom Bosco – As florestas temperadas, encontradas na América do Norte, na Europa e no norte da América Central, apresentam água em estado líquido no solo apenas durante o verão. Explique a adaptação que as plantas desse bioma desenvolveram ao clima frio.

11. Acafe-SC – Sobre os biomas brasileiros, marque com V as afirmações verdadeiras e com F as falsas.

- () O Cerrado, segundo maior bioma brasileiro, se caracteriza por uma vegetação arbórea esparsa, com pequenas árvores e arbustos, muito deles com casca grossa e troncos retorcidos. Durante seis meses toma-se verdejante devido as frequentes chuvas. Nos meses restantes, toma-se pronunciadamente seco e susceptível a queimadas, às vezes espontâneas.

- () A Caatinga ocupa cerca de 10% do território brasileiro, e é formada por plantas adaptadas ao clima seco, denominadas xeromórficas. Essas adaptações incluem folhas transformadas em espinhos, cutículas altamente impermeáveis e caules que armazenam água.
- () Os Manguezais são compostos por ecossistemas litorâneos, com solo lodoso e salgado. Devido ao excesso de água, as plantas adaptadas a esses ambientes podem apresentar raízes especializadas com pneumatóforos, estruturas que crescem no interior do solo, facilitando a absorção do oxigênio.
- () O Pantanal é a maior área continental periodicamente alagável do planeta. Com uma rica biodiversidade, é um bioma exclusivamente brasileiro, localizado nos estados de Mato Grosso e Mato Grosso do Sul.

A sequência correta, de cima para baixo, é

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

- 12. Ufam** – O bioma Amazônia é uma das maiores riquezas biológicas de nosso planeta. Neste século, a Amazônia enfrenta uma dupla ameaça: o desflorestamento e as mudanças climáticas.

Sobre o papel da Amazônia no clima regional e global é **incorreto** afirmar que

- a) a floresta amazônica, através da fotossíntese, é a maior fornecedora de oxigênio para o planeta atuando como o pulmão da Terra.
- b) na estação chuvosa, metade da umidade do ar utilizada na precipitação vem do Atlântico e a outra metade da evapotranspiração da floresta.
- c) as queimadas na floresta são responsáveis pela liberação de grande quantidade de dióxido de carbono que contribui para o aumento no efeito estufa.
- d) os gases estufa são responsáveis pelo efeito estufa, um fenômeno importante na manutenção do equilíbrio da temperatura na superfície terrestre.
- e) segundo o Protocolo de Quioto, os países industrializados devem reduzir suas emissões dos gases que agravam o efeito estufa, considerados como a causa antropogênica do aquecimento global.

- 13. UFRGS-RS (adaptada)** – Segundo dados do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), as queimadas constatadas saltaram de 104 para 864 em julho de 2016, ano em que as geadas secaram os pastos antes do previsto. O uso do fogo no manejo de propriedades rurais gera polêmicas, e técnicos advertem que essa prática, além de ilegal, degrada a vegetação e o solo. O IBAMA fiscaliza queimadas principalmente no Centro-Oeste e na Amazônia.

Campos ardentes. *Correio do Povo*. 07 ago. 2016.

A coluna da esquerda, a seguir, lista dois biomas que ocorrem nessas regiões fiscalizadas; a da direita, características que os distinguem.

Associe adequadamente a coluna da direita à da esquerda.

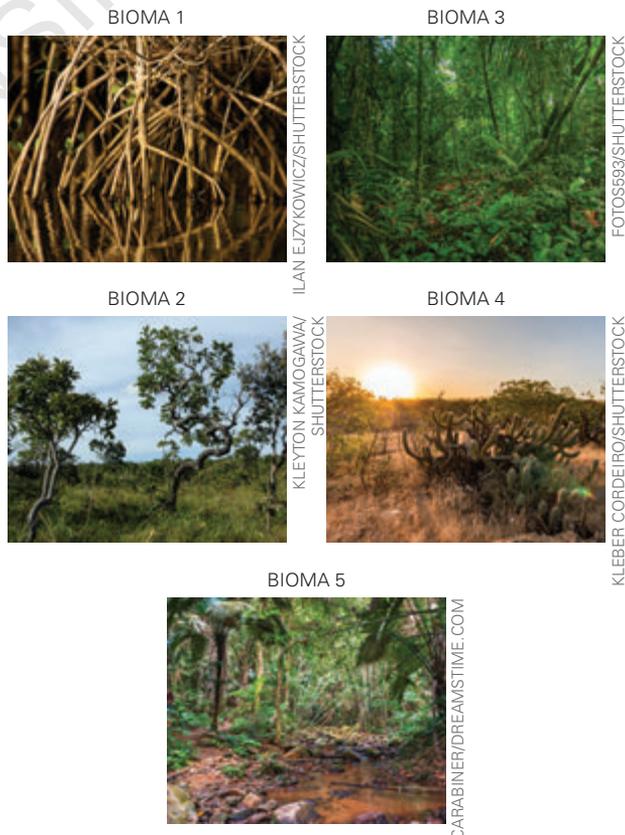
1. Amazônia () Vegetação arbórea esparsa com raízes profundas.
2. Cerrado () Árvores e arbustos com cascas grossas.
- () Vegetação arbórea densa disposta em diferentes estratos.
- () Predomínio de gramíneas recobridendo o solo.
- () Árvores altas com raízes tabulares.

A sequência correta de preenchimento dos parênteses, de cima para baixo, é:

- a) 2 - 1 - 1 - 2 - 2 d) 2 - 1 - 2 - 1 - 2
b) 1 - 1 - 2 - 1 - 2 e) 2 - 2 - 1 - 2 - 1
c) 1 - 2 - 1 - 1 - 1

- 14. Sistema Dom Bosco** – A Floresta Mediterrânea, também conhecida como maqui ou chaparral, ocorre em diversas regiões do planeta, entre elas, Austrália, Chile, África do Sul e até mesmo na Europa e no México. Esse bioma é desenvolvido em clima ameno, com vento úmido e verão seco. Em virtude dessas características, apresenta uma adaptação comum ao bioma brasileiro Cerrado. Explique qual é essa adaptação.

- 15. Unesp** – As figuras apresentam vegetação de cinco biomas brasileiros.



Plantas xeromórficas e com folhas modificadas que diminuem a evapotranspiração; plantas com rizóforos e pneumatóforos (eficientes na sustentação da planta e na captação do oxigênio); e plantas epífitas (que vivem sobre outras plantas, aumentando a eficiência na captação de luz) são típicas dos biomas identificados, respectivamente, pelos números:

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

16. UERN (adaptada) – A imagem apresenta Euclides da Cunha, um grande escritor que expressa, em suas obras, características brasileiras bem marcantes, como, por exemplo, em seu livro *Os Sertões*.



BIBLIOTECA DIGITAL LUSO-BRASILEIRA

São afirmativas acerca da Caatinga, um importante bioma brasileiro, retratado na obra de Euclides da Cunha, **exceto**:

- a) Um dos problemas enfrentados é o desmatamento para o uso intensivo do solo, levando-o a um rápido processo de desertificação.
- b) Com a chegada da estação seca, as plantas perdem suas folhas e a mata adquire um aspecto cinza-esbranquiçado, que originou seu nome.
- c) A vegetação é composta por árvores baixas e arbustos retorcidos e cheios de espinhos, localizados em terrenos mais elevados e representando a parte arbórea do bioma.
- d) Clima característico é o tropical semiárido, que apresenta elevada temperatura ao longo de todo o ano e pluviosidade escassa e irregular, com baixa umidade relativa do ar.

17. Sistema Dom Bosco – Na América do Norte e ao redor do Círculo Polar Ártico, é possível encontrar biomas distintos, como a Floresta Temperada, a Tundra e a Floresta Boreal. Diferencie-os.

ESTUDO PARA O ENEM

18. Sistema Dom Bosco

C8-H28

Em uma aula de Biologia sobre biomas mundiais, a professora destacou que determinada região apresenta clima ameno, com vegetação composta de arbustos e fauna mais ativa durante a noite. Nesse bioma, é muito comum ocorrerem incêndios, e boa parte de sua vegetação apresenta adaptações para sobreviver a este tipo de fenômeno, semelhante ao Cerrado brasileiro.

A descrição acima se refere a que bioma mundial?

- a) Floresta Temperada.
- b) Floresta Equatorial.
- c) Deserto.
- d) Chaparral.
- e) Savana.

19. Enem

C8-H28

Uma região de Cerrado possui lençol freático profundo, estação seca bem marcada, grande insolação e recorrência de incêndios naturais. Cinco espécies de árvores nativas, com as características apresentadas no quadro, foram avaliadas quanto ao seu potencial para uso em projetos de reflorestamento na região.

Característica	Árvore 1	Árvore 2	Árvore 3	Árvore 4	Árvore 5
Superfície foliar	Coberta por tricomas	Coberta por cera	Coberta por cera	Coberta por espinhos	Coberta por espinhos
Profundidade das raízes	baixa	alta	Baixa	baixa	alta

Qual é a árvore adequada para o reflorestamento da região?

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

20. Enem

C8-H28

A Caatinga é o único bioma exclusivamente brasileiro, ocupando cerca de 7% a 10% do território nacional. Nesse ambiente seco, mesmo quando chove, não há acúmulo de água, pois o solo é raso e pedregoso. Assim, as plantas desse bioma possuem modificações em suas raízes, caules e folhas, que permitem melhor adaptação a esse ambiente, contra a perda de água e de nutrientes. Geralmente, seus caules são suculentos e suas folhas possuem forma de espinhos e cutículas altamente impermeáveis, que apresentam queda na estação seca.

Disponível em: www.ambientebrasil.com.br. Acesso em: 21 maio 2010 (adaptado).

Considerando as adaptações nos órgãos vegetativos, a principal característica das raízes dessas plantas, que atribui sua maior adaptação à Caatinga, é o(a)

- a) armazenamento de nutrientes por um sistema radicular aéreo.
- b) fixação do vegetal ao solo por um sistema radicular do tipo tuberoso.
- c) fixação do vegetal ao substrato por um sistema radicular do tipo sugador.
- d) absorção de água por um sistema radicular desenvolvido e profundo.
- e) armazenamento de água do solo por um sistema radicular do tipo respiratório.

RELAÇÕES ECOLÓGICAS HARMÔNICAS

52

O figo (*Ficus* sp.), popularmente conhecido como um fruto, é, na verdade, um pseudofruto, porque ele é formado em inflorescências invertidas, e não no ovário da flor. É constituído por múltiplas estruturas que se desenvolvem próximas umas das outras, estabelecendo um invólucro com centenas de pequenas flores que são polinizadas por insetos do gênero *Blastophaga*, que realizam a postura de seus ovos no interior dos figos, como a “vespa-do-figo” (*Blastophaga psenes*), de modo que são extremamente dependentes da planta.

A relação entre o figo e as vespas tem, aproximadamente, 34 milhões de anos, de acordo com análises de fósseis e dados moleculares. Como resultado dessa relação mutualística de milhões de anos, tanto o figo quanto a vespa adaptaram-se para a sobrevivência mútua. Ao longo de pelo menos 65 milhões de anos de evolução, as inflorescências da figueira *Ficus carica* se tornaram invólucros fechados ao mundo exterior, e apenas as vespas-do-figo conseguem penetrar.

O ciclo reprodutivo da figueira começa com a entrada da vespa-mãe no figo, que tem centenas de pequenas flores femininas e masculinas. A vespa, então, poliniza as flores femininas, tornando-as férteis. No entanto, ao atravessar o interior do figo, a vespa perde as asas e as antenas, o que impossibilita sua saída. Após botar os ovos, a vespa-mãe encerra sua participação no ciclo e morre. As flores polinizadas que não ganham um ovo se transformam em sementes. Já as flores que recebem ovos e se modificam na forma de galhas guardam em seu interior larvas de vespa.

O amadurecimento das flores e o ciclo de desenvolvimento das larvas acontecem ao mesmo tempo. As vespas machos são as primeiras a sair das flores e procuram as fêmeas, que serão fecundadas por eles. Uma vez que as fêmeas são fecundadas, os machos, que não desenvolvem asas, abrem um buraco no figo, por onde caem no chão e morrem. Com a morte dos machos, as fêmeas fecundadas estão livres para emergir e polinizar outras figueiras, recomeçando o ciclo.

Essa relação mutualística não está restrita à interação entre a figueira, que produz os figos comestíveis, e seus polinizadores específicos, as vespas-do-figo. Existem mais de 750 espécies do gênero *Ficus* e, para cada uma delas, há uma espécie de vespa polinizadora da família dos agaonídeos.

Pesquisadores apontam que, inicialmente, as vespas eram parasitas das figueiras. Por algum mecanismo evolutivo, a figueira incorporou a presença das vespas no ciclo reprodutivo, tornando uma relação ecológica desarmônica em uma relação harmônica.

- Relações intraespecíficas
- Relações interespecíficas

HABILIDADES

- Explicar as principais relações harmônicas intraespecíficas e interespecíficas.
- Compreender a importância ecológica das relações entre os seres vivos.
- Compreender o impacto das relações ecológicas na manutenção do ecossistema e para a evolução das espécies.
- Justificar a importância das relações ecológicas na preservação e na ocorrência das espécies no ambiente.

GERRY BISHOP/SHUTTERSTOCK



Vespa-do-figo (*Blastophaga psenes*) e figueiras (*Ficus* sp.) apresentam uma relação de dependência obrigatória entre si.

RELAÇÕES INTRAESPECÍFICAS

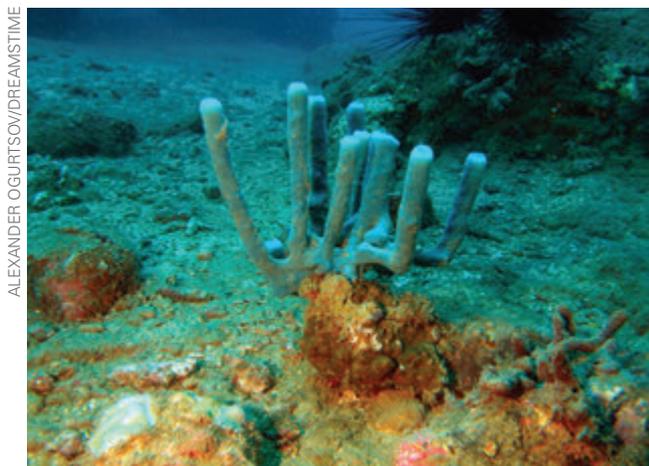
Os seres vivos apresentam diversas relações ecológicas entre si, interagindo com as mais variadas formas de vida. Quando as interações acontecem entre indivíduos da mesma espécie, são chamadas de **relações intraespecíficas**. Dentro da complexidade dessas interações ecológicas, há **relações harmônicas**, nas quais existem benefícios para ambas as partes, ou resultado benéfico para uma e neutro para a outra. Essas interações estão divididas em **colônia** e **sociedade**.

COLÔNIA

São associações relacionadas a estruturas morfológicas e fisiológicas de indivíduos que não são capazes de sobreviver fora da colônia. As colônias podem ser isomorfas ou heteromorfas.

Colônias isomorfas

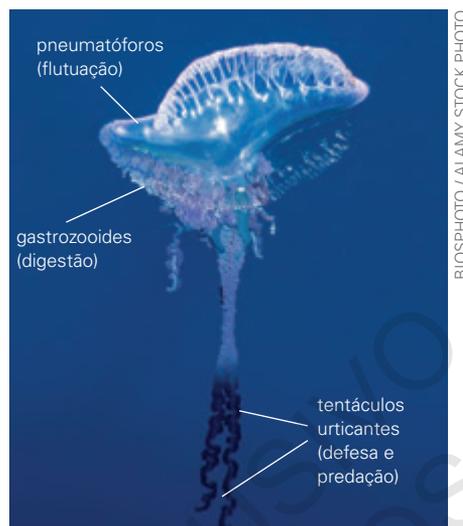
As colônias isomorfas (do grego *iso*, igual; *morphos*, forma) são formadas por indivíduos morfológicamente semelhantes, como as bactérias, as cianobactérias, os fungos, os corais e as esponjas.



Esponjas-do-mar são indivíduos muito semelhantes que formam uma colônia isomorfa.

Colônias heteromorfas

As colônias heteromorfas (do grego *hetero*, diferente; *morphos*, forma) são formadas por indivíduos que apresentam diferenças morfológicas e funcionais, com papéis distintos dentro da colônia. As caravelas-portuguesas, cnidários do gênero *Physalia*, são formadas por muitos indivíduos, entre eles, alguns têm bolsas com gás, responsáveis pela flutuação; outros, uma boca enorme, responsável pela alimentação da colônia; e outros, ainda, contam com tentáculos de células urticantes, atuando como predadores. Juntos, eles se assemelham a um único organismo, com funções específicas de um corpo. Daí a necessidade de ficarem juntos, contribuindo para o conjunto e suprindo suas necessidades individuais pela função de outros indivíduos da colônia.



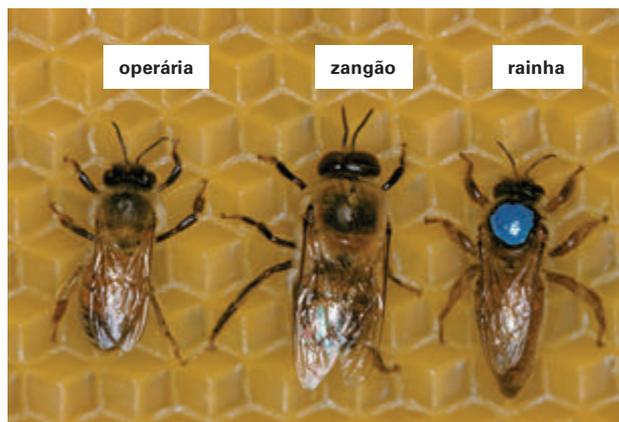
Colônia de caravelas-portuguesas (*Physalia* sp.), dividida em três partes distintas.

SOCIEDADE

Trata-se de cooperação entre indivíduos da mesma espécie, na qual há divisão de trabalho de maneira independente, com alto grau de comunicação e certa mobilidade entre eles.

Os seres humanos são exemplo de espécie que forma sociedades. Os insetos, por sua vez, chamam a atenção por serem distribuídos de maneira muito organizada, de modo que cada indivíduo desempenha uma função definida. Diferentemente da colônia, cada indivíduo em uma sociedade é capaz de sobreviver sozinho, pois possui todos os recursos necessários ao próprio desenvolvimento. No entanto, cada indivíduo faz parte de uma cadeia de relações que forma uma organização social.

As abelhas da espécie *Apis mellifera* (abelha-europeia) apresentam divisão de trabalho de acordo com seu papel dentro da sociedade, de maneira que cada indivíduo é morfológicamente específico. As abelhas-operárias são fêmeas estéreis que realizam todas as tarefas da colmeia; a abelha-rainha é a única fêmea fértil, responsável por reproduzir e aumentar o número de indivíduos; os zangões são machos férteis que têm como função fecundar a abelha-rainha.



As abelhas de uma colmeia são morfológicamente diferentes.

RELAÇÕES INTERESPECÍFICAS

Correspondem a interações ecológicas entre espécies diferentes. São as mais diferenciadas e abundantes, o que gera uma quantidade muito grande de estudos em Ecologia.

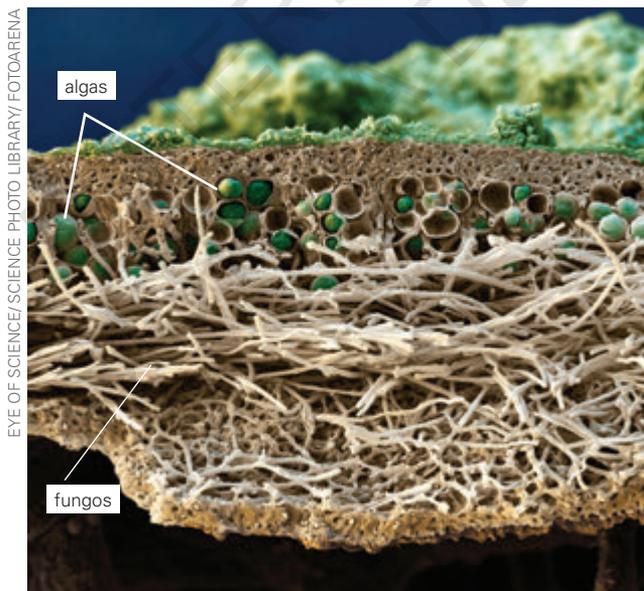
MUTUALISMO

Nesta relação, ambas as espécies obtêm alguma vantagem, seja por fornecimento de abrigo, alimento ou outro recurso importante para a manutenção da vida. Existem diversas interações mutualísticas, algumas obrigatórias e altamente especializadas, e outras facultativas, que ocorrem por oportunismo. O limite das diversas formas de relações mutualísticas nem sempre é bem delimitado.

Mutualismo obrigatório ou simbiose

Nesse caso, a dependência entre os organismos é obrigatória, uma vez que eles não são capazes de sobreviver na ausência da outra espécie. Os benefícios são tão intrínsecos ao funcionamento e/ou ao ciclo de vida de cada organismo, que, caso um não funcione direito, o outro é diretamente prejudicado. Os mamíferos ruminantes – bois, carneiros, veados e girafas – abrigam bactérias no sistema digestório responsáveis por produzir celulase, enzima que digere celulose. Dessa forma, bactérias digerem essa molécula e podem, ainda, utilizar parte dos subprodutos dessa digestão na própria nutrição, além de dispor de um ambiente seguro para a sobrevivência.

Os **líquens** são associações nas quais as algas ou as cianobactérias realizam fotossíntese, e os fungos fornecem proteção e absorvem a água e os nutrientes, distribuindo-os para elas. Portanto, uma espécie é dependente da outra para sobreviver.



Micrografia eletrônica de varredura de líquen (*Parmelia sulcata*). Aumento de 480x.

Mutualismo facultativo ou protocooperação

Esse tipo de mutualismo se diferencia da simbiose porque nele as espécies em associação sobrevivem independentemente uma da outra. A protocooperação é benéfica para ambas as partes no que se refere à alimentação, a abrigo ou a outro recurso e, por isso, é denominada mutualismo facultativo.

Alguns mamíferos, como bois, búfalos e capivaras, apresentam carrapatos parasitas na região dorsal, que servem de alimento para aves do gênero *Crotophaga*, popularmente conhecidas como anuns. Dessa maneira, o pássaro se alimenta dos parasitas e os mamíferos se livram deles.

Outro caso de protocooperação é o dos crustáceos dos gêneros *Pagurus* e *Clibanarius*, conhecidos como caranguejos-eremita, e o de algumas espécies de anêmonas-do-mar. O caranguejo-eremita, diferentemente de outras espécies, tem corpo mole e é incapaz de se proteger. Por isso, ele se aproveita de conchas vazias abandonadas por gastrópodes para se alojar e se proteger. Algumas espécies de anêmonas-do-mar que costumam se fixar sobre as conchas abandonadas dos gastrópodes se beneficiam da mobilidade fornecida pelo caranguejo, ao mesmo tempo que o caranguejo se beneficia do mecanismo de defesa da anêmona por meio das células urticantes.



ANDREY NEKRASOV / ALAMY STOCK PHOTO

Caranguejo-eremita (*Clibanarius erythropus*) dentro de uma concha de gastrópode, sobre a qual se encontra uma anêmona-do-mar (*Actinia equina*).

INQUILINISMO

Trata-se da associação entre espécies, em que uma delas recebe abrigo, proteção ou suporte no corpo de outro indivíduo, sem prejudicá-lo. As esponjas-do-mar desempenham papel de abrigo para diversas outras espécies marinhas, como os crustáceos, os poliquetos e os equinodermatas. O peixe-agulha, por exemplo, abriga-se no interior do intestino do pepino-do-mar, em busca de proteção contra seus predadores.



Pepino-do-mar (*Stichopus regalis*).

Uma variação de inquilinismo que ocorre nas plantas é o epifitismo, em que bromélias, samambaias e orquídeas se “enrolam” ou “trepam” em torno ou em cima de outras plantas. A espécie epífita se apoia geralmente sobre uma árvore de grande porte para obter maior incidência de luz, recurso escasso no interior das florestas.



Orquídeas são plantas epifitas que crescem sobre árvores sem causar prejuízos.

COMENSALISMO

Comensalismo é a interação em que há benefício para uma das espécies, sem qualquer prejuízo para a outra, no aproveitamento dos restos da alimentação dessa outra espécie, por exemplo. O peixe-piolho (*Echeneis naucrates*), ou rêmora, tem ventosas que se fixam temporariamente no tubarão, aproveitando a mobilidade e as sobras da refeição dele.



Peixe-piolho (*Echeneis naucrates*) fixado ao tubarão-cinzeiro-dos-recifes (*Carcharhinus amblyrhynchos*) para obtenção de sobras de alimentos.

LEITURA COMPLEMENTAR

Larva de mosca usa açúcar como isca para devorar formigas

No Cerrado, há muitas espécies de árvores e arbustos com glândulas de açúcar para atrair formigas. Essas glândulas, chamadas nectários extraflorais, produzem gotas de açúcar que as formigas coletam.

“Ao fazê-lo, as formigas acabam patrulhando as folhas da planta contra o ataque de outros insetos, como lagartas, por exemplo. Tudo isso é muito comum. Surpreendente é ver um inseto se aproveitando do mutualismo que existe entre plantas e formigas para predar as formigas. É o que uma pequena mosca carnívora faz”, disse Paulo Sergio Oliveira, professor de Ecologia do Departamento de Biologia Animal da Universidade Estadual de Campinas (Unicamp).

A mosca à qual Oliveira se refere pertence à família das drosófilas. Enquanto estudava mutualismos de formigas entre 2008 e 2013, a bióloga Mayra Cadorin Vidal, que foi orientada por Oliveira no mestrado, visitou com colegas uma reserva particular de Cerrado dentro de uma fazenda na região de Itirapina (SP).

No local, eles notaram pequenas larvas de insetos presentes em alguns nectários extraflorais de uma árvore muito comum no Cerrado chamada pau-terra (*Qualea grandiflora*). As larvas – que se alimentavam de formigas – eram de uma espécie desconhecida de mosca-da-fruta.

A “larva comedora de formigas”, como chamada pelos pesquisadores, acabou sendo descrita por Vidal em 2015, nos *Annals of the Entomological Society of America*. Recebeu o nome *Rhinoleucophenga myrmecophaga*, do grego *myrmex* (formiga) e *phaga* (comer), ou seja, comedora de formigas.

Em um novo trabalho publicado em julho na revista *Environmental Entomology*, Vidal descreve o método empregado pelas larvas de *R. myrmecophaga* para predar formigas do gênero *Camponotus*, popularmente conhecidas como formiga-de-cupim ou sarassará.

Os pesquisadores observaram que as fêmeas adultas da mosquinha depositavam ovos isolados ao lado dos nectários, onde as larvas eclodiram mais tarde.

“Começamos a investigar como a presença dessas larvas poderia afetar o mutualismo entre formigas e plantas. A princípio, pensamos que as larvas estavam bloqueando o acesso das formigas ao recurso trocado no mutualismo. No entanto, depois percebemos que as formigas estavam presas nos abrigos das larvas”, disse Vidal, atualmente na Syracuse University, em Nova York.

“Essa exploração de um mutualismo de formigas é peculiar, por ser o primeiro caso conhecido de um agente que se aproveita de um recurso oferecido por um parceiro do mutualismo para atrair e comer o outro parceiro”, disse.

MOON, Peter. Larva de mosca usa açúcar como isca para devorar formigas. Agência Fapesp.

Disponível em: <<http://agencia.fapesp.br/larva-de-mosca-usa-acucar-como-isca-para-devorar-formigas/28760/>>. Acesso em: abr. 2019.

ROTEIRO DE AULA

RELAÇÕES HARMÔNICAS

INTRAESPECÍFICAS

Associações entre indivíduos de espécies

iguais

Colônias

Indivíduos morfologicamente semelhantes

isomorfas

Indivíduos morfologicamente diferentes

heteromorfas

Sociedade

Cooperação e divisão de trabalho ocorrendo de maneira independente

INTERESPECÍFICAS

Associações entre indivíduos de espécies

diferentes

Mutualismo

Ambos os organismos obtêm alguma vantagem

Relação de dependência entre os organismos:

obrigatório ou simbiótico

Relação de independência entre os organismos:

facultativo ou protocooperação

Inquilinismo

Associação entre espécies em que uma delas recebe

abrigo ou proteção

Exemplos de epífitas:

samambaias, orquídeas e bromélias

Comensalismo

Uma espécie é beneficiada sem prejudicar ou trazer vantagem a outra

EXERCÍCIOS DE APLICAÇÃO

- 1. UFPB (adaptada)** – No ambiente, existem vários tipos de relações entre os organismos, que podem ser divididas em intraespecíficas e interespecíficas. Considerando essa informação, marque a alternativa correta:
- Sociedade e comensalismo são relações intraespecíficas.
 - Inquilinismo e sociedade são relações interespecíficas.
 - Colônia e mutualismo são interações intraespecíficas.
 - Sociedade e protocooperação são interações interespecíficas.
 - Inquilinismo e comensalismo são interações interespecíficas.

Sociedade e colônia são interações intraespecíficas, enquanto mutualismo, protocooperação, inquilinismo e comensalismo são interações interespecíficas.

- 2. UFPA (adaptada)** – A respeito das interações entre os seres vivos, considere os seguintes enunciados:

- Na natureza, as diversas populações que formam um(a) 1 estabelecem entre si relações que podem ou não ser obrigatórias.
- As 2 compreendem as relações estabelecidas entre indivíduos pertencentes à mesma espécie. Exemplos: colônias e sociedades.
- 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.

A única alternativa que completa corretamente as lacunas enumeradas de 1 a 3 no enunciado é, respectivamente,

- comunidade, relações intraespecíficas e relações harmônicas.
- ecossistema, relações intraespecíficas e relações harmônicas.
- ecossistema, relações interespecíficas e relações harmônicas.
- simbiose, relações interespecíficas e relações positivas.
- comunidade, relações intraespecíficas e relações desarmônicas.

Um conjunto de populações forma uma comunidade. Relações entre indivíduos de uma mesma espécie são relações intraespecíficas. Em relações harmônicas ou positivas, não ocorrem prejuízos para nenhuma das partes.

- 3. Sistema Dom Bosco** – As caravelas-portuguesas (*Physalia physalis*) são colônias formadas por indivíduos que diferem entre si, mas são essenciais em conjunto para que todos sobrevivam. Dessa forma, alguns são responsáveis pela captura de presas; outros, pela digestão; e outros, pela flutuação, apresentando morfologias distintas. Cite o tipo de relação ecológica entre esses organismos e classifique-os quanto à semelhança e à função.

Trata-se de uma interação ecológica intraespecífica (indivíduos da mesma espécie) em colônia heteromorfa. Nesse tipo de colônia, os indivíduos apresentam morfologias e funções distintas e específicas.

- 4. Udesc** – Em uma comunidade biológica, os organismos interagem entre si nas chamadas relações ecológicas. Com respeito a essas interações, associe as colunas A e B.

Coluna A	Coluna B
1. colônias	() abelhas e vespas
2. inquilinismo	() líquens
3. sociedades	() bromélias, orquídeas
4. mutualismo	() corais
5. protocooperação	() anêmonas-do-mar e caranguejos-eremita

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

- 1 – 3 – 4 – 5 – 2
- 4 – 3 – 2 – 5 – 1
- 2 – 3 – 1 – 4 – 5
- 3 – 4 – 2 – 1 – 5
- 3 – 2 – 4 – 5 – 1

Abelhas e vespas são um exemplo de sociedades. Líquens são exemplos de mutualismo. Bromélias e orquídeas são plantas epífitas, capazes de viver sobre plantas de porte maior em busca de luz. Os corais são uma colônia. Anêmonas-do-mar e caranguejos-eremita se relacionam por protocooperação.

- 5. Unic-MT** – O ser humano está fortemente cercado, por dentro e por fora, de bactérias. Embora algumas delas constituam agentes de doenças, outras, como a *Escherichia coli*, vivem no intestino grosso e aí produzem vitaminas B₁₂ e K, que são aproveitadas pelo organismo após atravessarem a parede do cólon.

A relação que se estabelece entre o homem e as bactérias intestinais referidas pode ser identificada como

- predatismo, por causar a morte de um dos indivíduos.
- comensalismo, por ocorrer entre indivíduos pertencentes a duas espécies.
- mutualismo, por ser essencial para ambos os organismos relacionados.
- parasitismo, por trazer malefícios a uma das espécies envolvidas.
- comensalismo, por envolver a utilização, por parte de um indivíduo, de substâncias produzidas por organismo de outra espécie.

Bactérias e humanos se relacionam por mutualismo, pois uma espécie não vive sem a outra. As bactérias ajudam a digerir determinadas substâncias importantes para o nosso corpo e, em troca, são fornecidos abrigo e alimentação.

- 6. Unesp (adaptada)**

C4-H14

Um estudante de Biologia observou que, em um ninho de saúvas, diferentes atividades são realizadas por diferentes grupos dessas formigas. Com base nessas informações:

- Cite o tipo de interação estabelecida entre as formigas de um mesmo formigueiro.

Trata-se de uma sociedade.

- b) O estudante afirmou que, se cada formiga resolvesse trabalhar só para si, as pessoas teriam menos problemas com as saúvas. Essa afirmativa está correta? Justifique.

Ela está correta, porque o sucesso dessas saúvas vem da atividade em conjunto, ou seja, do trabalho de maneira cooperativa entre as diferentes castas de formigas.

Competência: Compreender interações entre organismos e ambiente, em particular aquelas relacionadas à saúde humana, relacionando conhecimentos científicos, aspectos culturais e características individuais.

Habilidade: Identificar padrões em fenômenos e processos vitais dos organismos, como manutenção do equilíbrio interno, defesa, relações com o ambiente, sexualidade, entre outros.

EXERCÍCIOS PROPOSTOS

- 7. Sistema Dom Bosco** – Hienas (*Crocuta crocuta*) costumam aguardar que os leões façam suas refeições para aproveitarem o resto da presa, alimentando-se delas. Marque a alternativa que representa o tipo de interação entre essas espécies.

- a) Comensalismo. d) Mutualismo.
b) Protocooperação. e) Simbiose.
c) Inquilinismo.

- 8. Famerp-SP** – A figura mostra líquens sobre o tronco de uma árvore.

PIOTR WYTRAZEK/SHUTTERSTOCK



A relação ecológica existente entre o líquen e a árvore e a relação entre os micro-organismos componentes dos líquens são classificadas, respectivamente, como

- a) epifitismo e mutualismo.
b) sociedade e mutualismo.
c) parasitismo e comensalismo.
d) comensalismo e cooperação.
e) mutualismo e epifitismo.

- 9. UFPI (adaptada)** – Dos tipos de relações ecológicas seguintes, o único que ocorre exclusivamente entre organismos da mesma espécie é o(a)

- a) inquilinismo. d) sociedade.
b) comensalismo. e) protocooperação.
c) mutualismo.

- 10. Uerj (adaptada)** – Em seu processo de fixação biológica, o gás atmosférico nitrogênio é convertido em compostos inorgânicos nitrogenados. Um exemplo desse mecanismo de conversão ocorre na relação simbiótica entre bactérias do gênero *Rhizobium* e raízes de leguminosas. Indique duas vantagens dessa relação simbiótica, uma para a planta e outra para a bactéria.

- 11. Unesp (adaptada)** – Os cupinzeiros são formados por indivíduos operários, soldados, machos alados e fêmeas aladas. Marque a alternativa que melhor se relaciona a essas diferentes formas:

- a) Esses animais vivem em colônia.
b) Esses animais disputam funções entre si.
c) Esses animais apresentam divisão de trabalho.
d) São necessários cuidados diferenciados com o alimento fungo.
e) As diferentes funções levam à necessidade de diferentes formas.

- 12. UFPR (adaptada)** – 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 e 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. d) comensalismo.
b) mutualismo. e) inquilinismo.
c) colonialismo.

- 13. Sistema Dom Bosco** – O pica-boi (*Buphagus erythrorhynchus*) é um pássaro africano com cerca de 30 centímetros que se alimenta de carrapatos ou outros parasitas de animais de grande porte, como rinocerontes, búfalos e girafas. Como podemos classificar a relação ecológica estabelecida entre o pica-boi e os animais de grande porte?

- a) Mutualismo simbiótico.
b) Protocooperação.
c) Comensalismo.
d) Inquilinismo.
e) Epifitismo.

14. Unicentro-PR (adaptada) – As rêmoras (*Remora remora*) alimentam-se de fragmentos de comida deixados pelo seu tubarão hospedeiro, bem como de invertebrados pelágicos e pequenos peixes. Esses peixes, então, ficam com as “migalhas” que sobram quando o tubarão captura sua presa (1ª caso). Porém, agora, sabe-se que algumas rêmoras também se alimentam de ectoparasitas de tubarões. O tubarão hospedeiro, portanto, pode beneficiar-se da situação quando os ectoparasitas que vivem presos à sua pele são removidos pela rêmora (2ª caso). Esse texto descreve duas interações ecológicas entre seres de diferentes espécies. Cite-as e explique os benefícios delas.

15. Unifesp – A raflésia é uma planta asiática que não possui clorofila e apresenta a maior flor conhecida, chegando a 1,5 metro de diâmetro. O caule e a raiz, no entanto, são muito pequenos e ficam ocultos no interior de outra planta em que a raflésia se instala, absorvendo a água e os nutrientes de que necessita. Quando suas flores se abrem, exalam um forte odor de carne em decomposição, que atrai muitas moscas em busca de alimento. As moscas, ao detectarem o engano, saem da flor, mas logo pousam em outra, transportando e depositando no estigma dela os grãos de pólen trazidos da primeira flor.

O texto descreve duas interações biológicas e um processo, que podem ser identificados, respectivamente, como

- a) inquilinismo, mutualismo e polinização.
- b) inquilinismo, comensalismo e fecundação.
- c) parasitismo, mutualismo e polinização.
- d) parasitismo, comensalismo e fecundação.
- e) parasitismo, comensalismo e polinização.

16. Uncisal-AL – Um estudo realizado sobre a relação mutualística entre a planta *Hirtella myrmecophila* e a formiga *Allomerus octoarticulatus* mostrou que a associação não é 100% benéfica para ambas o tempo todo. Apesar de a formiga proteger as plantas contra ataques de outros insetos herbívoros, em ramos colonizados por ela, que se alimenta de domácias das folhas, normalmente não há desenvolvimento de flores e frutos, porque a formiga corta os ramos florais assim que eles começam a crescer. Observa-se que, em alguns ramos, não há formação de domácias e, sem a presença da formiga, a planta consegue se reproduzir.

Apesar de a relação mencionada no excerto apresentar não ser benéfica o tempo todo e em toda a planta, ainda pode ser considerada mutualismo, porque

- a) quanto mais formigas colonizarem as plantas, maior será a produção de domácias e seu sucesso reprodutivo.

b) a planta, além de fornecer alimento, é beneficiada pela proteção contra outros herbívoros, proporcionada pela formiga.

c) a planta, sem as formigas para polinizá-la, não consegue produzir seus frutos e sementes e deixar descendentes.

d) o mutualismo é uma associação não obrigatória entre dois seres vivos, na qual apenas um dos envolvidos é beneficiado, pelo menos em uma fase da vida.

e) há favorecimento de pelo menos um dos organismos envolvidos na relação, mesmo com prejuízo do outro.

17. Sistema Dom Bosco – A figura a seguir representa uma relação ecológica entre a rêmora (*Echeneidae* sp.) e o tubarão-baleia (*Rhincodon typus*).



RICHARD WHITCOMBE/SHUTTERSTOCK

Cite o tipo de relação ecológica e explique as vantagens para os organismos envolvidos em manter esse tipo de associação.

ESTUDO PARA O ENEM

18. Enem (adaptada)

C4-H14

Um formigueiro inicia-se com uma rainha jovem que, após ser fecundada pelo zangão, voa e começa a cavar um buraco no chão, onde serão originadas milhares de formigas, formando uma colônia. As fêmeas geradas podem ser operárias ou rainhas, enquanto os machos são gerados por partenogênese, a partir de óvulos não fecundados da rainha. Existem formigas que têm como papel encontrar alimento, outras são responsáveis pela limpeza do formigueiro e outras são babás das larvas, tendo como função alimentá-las.

Uma característica que contribui diretamente para o sucesso da organização social dos formigueiros é

- a) a divisão de tarefas entre as formigas e a organização da colônia.
- b) o fato de os zangões serem gerados por partenogênese.
- c) a alta taxa de mortalidade de formigas que vivem solitárias.
- d) a existência de formigas que protegem o bando.
- e) o fato de a rainha ser fecundada antes de ser estabelecido o local do formigueiro.

19. Enem (adaptada)

C4-H14

As algas são seres que conseguem absorver rapidamente compostos inorgânicos presentes na água, acumulando-os durante seu crescimento. Essa habilidade permitiu usá-las como biofiltros, com o intuito de limpar ambientes aquáticos contaminados, removendo nitrogênio e fósforo, além de metais pesados. Na técnica do cultivo integrado, outros organismos crescem associados às algas, o que gera maior equilíbrio ecológico.

A técnica do cultivo integrado é uma proposta interessante para tornar o ecossistema equilibrado porque

- a) os animais eliminam metais pesados, que são usados pelas algas para a síntese de biomassa.
- b) os animais fornecem excretas orgânicos nitrogenados, que são transformados em gás carbônico pelas algas.
- c) as algas usam os resíduos nitrogenados liberados pelos animais e eliminam gás carbônico na fotossíntese, usado na respiração aeróbica.
- d) as algas usam os resíduos nitrogenados provenientes do metabolismo dos animais e, durante a síntese de compostos orgânicos, liberam oxigênio para o ambiente.
- e) as algas aproveitam os resíduos do metabolismo dos animais e, durante a quimiossíntese de compostos orgânicos, liberam oxigênio para o ambiente.

20. Sistema Dom Bosco

C4-H14

Micorrizas são fungos que vivem associados às raízes de algumas plantas leguminosas. Estima-se que esses fungos tenham evoluído antes mesmo de as plantas desenvolverem raízes, há cerca de 500 milhões de anos. As micorrizas têm filamentos que aumentam o alcance das plantas e fazem com que elas fiquem mais estáveis, permitindo que elas absorvam nitrogênio e outros nutrientes do solo. As relações entre as plantas e os fungos são consideradas um exemplo de

- a) inquilinismo, pelo fato de os fungos viverem junto às plantas.
- b) sociedade, pois cada espécie tem uma função no ecossistema.
- c) protocooperação, pois são seres que vivem de forma independente.
- d) mutualismo, em que somente uma espécie obtém vantagem.
- e) mutualismo, em que ambas as espécies se beneficiam.



RELAÇÕES ECOLÓGICAS DESARMÔNICAS

- Relações intraespecíficas
- Relações interespecíficas

HABILIDADES

- Explicar as principais relações desarmônicas intraespecíficas e interespecíficas.
- Compreender a importância ecológica das relações desarmônicas entre os seres vivos.
- Justificar a importância das relações desarmônicas na preservação e na ocorrência das espécies no ambiente.

Existem milhões de bactérias no corpo humano, especialmente no intestino. Pesquisadores acreditavam que com alguns grupos desses procarionotos ocorria uma relação mutualística, em que os microrganismos recebem alimento e, em troca, digerem substâncias que não somos capazes de decompor sozinhos. Entretanto, em 2018, cientistas publicaram na revista *Nature Microbiology* um estudo que sugere que a interação existente entre alguns grupos de microrganismos e mamíferos é, na verdade, uma associação semelhante a uma competição. As diferentes populações de bactérias existentes no intestino competem entre si por recursos limitados, de modo que o organismo humano, que também se utiliza desses recursos, atua como regulador deles. Nós conseguimos controlar o crescimento das espécies de microrganismos, pois sempre a deixamos em privação. Portanto, o intestino não tem tantos nutrientes disponíveis e, assim, as espécies de microrganismos precisam competir entre si, de forma que a espécie melhor adaptada é a que sobrevive.

Para corroborar essa hipótese, foram analisadas as fezes de mais de 30 espécies de mamíferos a fim de medir a proporção de nitrogênio e carbono. O resultado foi que as bactérias utilizam apenas 1 átomo de nitrogênio para cada 10 átomos de carbono. Outras espécies que ocorrem fora do organismo humano utilizam 1 átomo de nitrogênio para cada 4 átomos de carbono (o equivalente a 25% do seu consumo).

Esses resultados indicam que as bactérias encontradas no intestino humano estão mais adaptadas a condições hostis do que as que ocorrem em ambiente livre. Apenas aquelas que são capazes de eliminar o excesso de nutrientes que não foi absorvido pelo organismo é que habitam nosso intestino. E essa especificidade varia de pessoas para pessoa, pois cada uma apresenta condições muito diferentes para a proliferação de determinadas bactérias no organismo.

Pesquisas como essas conseguem identificar relações ecológicas que, muitas vezes, não estão claras o suficiente para nós ou, ainda, nos mostram como muitas vezes uma relação ecológica pode ser o oposto do que se imaginava até então, comprovando que a ciência está em constante mudança.



Ilustração da microbiota intestinal, com destaque para a anatomia do sistema digestório humano e as bactérias entéricas *Escherichia coli* que ocorrem naturalmente no intestino. Elementos representados fora da escala de tamanho. Cores fantasia.

RELAÇÕES INTRAESPECÍFICAS

As relações desarmônicas são aquelas em que as espécies não se encontram em equilíbrio em termos de benefícios e prejuízos, de modo que ao menos uma delas é prejudicada. Apesar de o conceito remeter a algo negativo, trata-se de uma relação espontânea que ocorre na natureza e representa uma ferramenta importante para a manutenção do equilíbrio das espécies.

Existem dois tipos de relação intraespecífica desarmônica: o **canibalismo** e a **competição**. Neles o que está em jogo é a sobrevivência do indivíduo melhor adaptado, de forma que há vantagens de um sobre o outro que possibilitam àquele a perpetuação de seus genes para os descendentes.

CANIBALISMO

Trata-se da interação entre indivíduos da mesma espécie, em que uns se alimentam dos outros, geralmente pela falta de recursos alimentares ou por competição intensa no ambiente. Essa relação também é denominada **predação intraespecífica**.

Essa prática é bastante comum entre espécies de louva-a-deus, algumas aranhas e escorpiões, que geralmente se alimentam de seus parceiros sexuais após a cópula com o objetivo de obter nutrientes fundamentais para a reprodução. Entre os artrópodes, é comum os indivíduos maiores serem predadores dos menores.

Em mamíferos, esse tipo de interação acontece com algumas espécies de roedores, que se alimentam de seus filhotes recém-nascidos. Isso geralmente ocorre porque os indivíduos parentais não reconhecem o cheiro de um dos filhotes no meio da ninhada e o identificam como intruso, ou ainda porque constatarem que um deles é doente ou deficiente e terá poucas chances de sobrevivência.

MATT OAKS/SHUTTERSTOCK



Fêmea do louva-a-deus (*Mantis* sp.) alimentando-se de seu parceiro após o acasalamento.

COMPETIÇÃO INTRAESPECÍFICA

Essa é a relação entre organismos da mesma espécie em que há disputa por recursos escassos no ambiente, como alimento, água, parceiro sexual, espaço e luminosidade.

Essa competição é fundamental para a evolução, pois somente organismos melhor adaptados ao ambiente

sobrevivem à disputa, aumentando a chance de deixar descendentes igualmente bem adaptados. Além disso, esse tipo de interação pode influenciar no controle da densidade populacional. Quando há rápido crescimento de uma população, por exemplo, e a disponibilidade dos recursos não acompanha esse crescimento, os indivíduos disputam esses recursos. Essa competição causa a morte de muitos deles, alguns em disputa, outros por não conseguirem acesso a tais recursos, o que reduz a população ao seu tamanho natural, retornando ao quadro de equilíbrio daquela comunidade.

As plantas podem competir entre si por luz, nutrientes e água, por exemplo. Já os animais competem por parceiros reprodutivos e por território, demarcando o local com urina ou feromônios. Outro exemplo é o canto das aves, em que os machos que cantam melhor têm mais êxito na parceira sexual.



Dois lebres (*Lepus europaeus*) machos em disputa pela fêmea.

FLIPA / ALAMY STOCK PHOTO

RELAÇÕES INTERESPECÍFICAS

Existem cinco tipos de relação interespecífica desarmônica: amensalismo ou antibiose, predatismo, esclavagismo, parasitismo e competição interespecífica.

AMENSALISMO OU ANTIBIOSE

Relação em que uma espécie produz alguma substância que inibe o crescimento ou a reprodução de outras espécies. A primeira é chamada inibidora, enquanto as prejudicadas são denominadas amensais. Os fungos do gênero *Penicillium* sp. são capazes de produzir antibióticos que impedem o desenvolvimento de determinadas bactérias.

KARUNA KONGSUWAN/DREAMSTIME.COM



Eucaliptos, pinheiros e cedros secretam toxinas nocivas por meio de suas raízes que impedem a germinação de sementes de outras plantas.

PREDATISMO

Trata-se da relação em que um indivíduo de determinada espécie se alimenta de indivíduos de outra espécie. A espécie beneficiada é denominada predadora, e a prejudicada, presa. Os predadores são excelentes agentes da seleção natural, por capturarem as presas mais fáceis, isto é, indivíduos menos adaptados ao ambiente, atuando no controle populacional, promovendo oscilação nas densidades – tanto da população de presas quanto da própria população. Todos os carnívoros são predadores, por se alimentarem de outros animais, como os cachorros-do-mato, que caçam veados, lebres, entre outros.



Cachorro-do-mato (*Cercdocyon thous*) alimentando-se de uma presa.

A **herbivoria** é uma variação da predação na qual um consumidor primário se alimenta de determinada planta ou de parte dela.



Besouro-verde predando uma folha.

Estratégias para escapar do predatismo

Existem diversas estratégias que algumas espécies desenvolveram ao longo da evolução para enganar seus predadores, entre elas, o mimetismo, a camuflagem e o aposematismo.

No **mimetismo**, algumas espécies apresentam características semelhantes às de outras e utilizam-na como recurso para indicar que não são uma boa espécie a ser predada. O **mimetismo mulleriano** ocorre entre espécies palatáveis e impalatáveis, que apresentam colorações de advertência semelhantes. Dessa maneira, todas que demonstrem essas características, mesmo que sejam palatáveis, serão evitadas pelos predadores, pois estes, ao não se alimentarem de um ser impalatável, evitarão organismos com padrões

parecidos. A borboleta-monarca (*Danaus plexippus*) tem colorações marcantes e se alimenta de plantas que apresentam toxinas. Essas toxinas se acumulam no tecido dela, tornando-a impalatáveis. Já a espécie de borboletas vice-rei (*Limentis archippus*), por ser muito semelhante à borboleta-monarca, é evitada pelos predadores, mesmo não tendo as toxinas.

8FRAN/ISTOCKPHOTO.COM

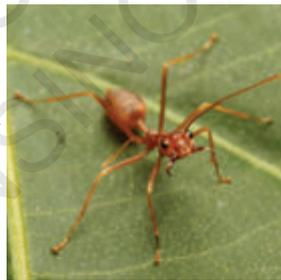


SARI ONEAL/SHUTTERSTOCK

À esquerda, borboleta-monarca (*Danaus plexippus*) e, à direita, borboleta vice-rei (*Limentis archippus*).

O **mimetismo batesiano** é mais uma variação encontrada na natureza. Ocorre quando uma espécie inofensiva se assemelha morfológicamente a um animal sabidamente perigoso ao predador. A formiga Kerengga (*Oecophylla* sp.), que é bastante agressiva, é mimetizada pela aranha-saltadora (*Myrmarachne* sp.), apresentando mesmo tamanho, formato e até comportamento, como levantar as pernas dianteiras para imitar as antenas da formiga.

TROUP DRESSER/GETTY IMAGES



KHLUNGCENTER/SHUTTERSTOCK

Formiga Kerengga (esquerda) e aranha-saltadora com as pernas erguidas (direita).

A **camuflagem** é uma estratégia contra a predação em que os organismos têm sua coloração ou a forma do corpo alteradas a fim de se camuflar no ambiente, tornando-se menos visíveis para o predador. As aves de coloração verde, por exemplo, dificilmente são identificadas na mata. Do mesmo modo, as arraias apresentam coloração e textura semelhantes às do fundo do mar arenoso.



HENRIK_LV/ISTOCKPHOTO.COM

Mariposa (*Biston betularia*) com cor e textura similar às da casca da árvore em que está pousada.

O **aposematismo** é uma estratégia evolutiva em que algumas espécies apresentam colorações fortes, como vermelho, amarelo, laranja, verde e azul, advertindo os possíveis predadores de que têm veneno ou gosto ruim.



Espécies de sapos da família Dendrobatidae apresentam o padrão aposemático, sendo os de cor mais forte considerados altamente venenosos.

ESCLAVAGISMO

Essa é uma relação em que indivíduos de uma espécie obtêm vantagem com o trabalho de outras espécies. O chupim (*Molothrus bonariensis*), por exemplo, deposita seus ovos para serem chocados no ninho de outras aves, como o tico-tico (*Zonotrichia capensis*), que chega até mesmo a alimentar os filhotes de chupim como se fossem seus. Algumas formigas fazem pilhagens de outras sociedades, roubando ninfas (larvas) que se tornam suas escravas quando adultas.



Ave chupim (*Molothrus bonariensis*).

GIOVANNI GIUSEPPE BELLANI/
ALAMY STOCK PHOTO

PARASITISMO

Nesta relação, o indivíduo **parasita** se abriga no corpo de outra espécie **hospedeira**, que lhe serve como moradia. Os parasitas podem viver dentro do corpo do hospedeiro (**endoparasitas**), como bactérias, protozoários e vermes, ou se alojarem na região externa do corpo dele (**ectoparasitas**), como piolhos, pulgas, carrapatos, sanguessugas, ácaros ou lampreias.

Existem alguns tipos de parasita que dependem completamente do hospedeiro (**holoparasitas**). O cipó-chumbo (*Cuscuta* sp.), por exemplo, fixa-se em outras plantas e absorve a seiva elaborada, uma vez que não tem capacidade de produzi-la sozinha; assim, sem parasitar outra espécie, ele não sobrevive. Há também parasitas que dependem parcialmente do hospedeiro (**hemiparasitas**). A erva-de-passarinho (*Viscum album*) é uma espécie arbustiva que retira água e sais do hospedeiro, mesmo sendo capaz de realizar fotossíntese.



Cipó-chumbo ou erva-daninha de coloração amarelada (à esquerda) e erva-de-passarinho (à direita).

FABIO COLOMBINI

AY IMAGES / ALAMY STOCK PHOTO

Em geral, os parasitas não matam os hospedeiros, pois necessitam deles para sobreviver. Além disso, o parasitismo promove a diversidade biológica, contribuindo para a riqueza de espécies.

COMPETIÇÃO INTERESPECÍFICA

Ocorre quando há duas populações de espécies diferentes na mesma comunidade ocupando nichos ecológicos iguais ou semelhantes. Se os recursos do ambiente não forem suficientes para todos, ocorre disputa, o que pode gerar controle populacional de ambas as populações ou a extinção de uma delas (**princípio ou lei de Gause**). A disputa é um fator importante no controle do tamanho das populações. Isso também é comum quando há introdução de espécies exóticas, que competem pelos recursos com espécies nativas, muitas vezes extinguindo-as. As competições também atuam como uma **forma de seleção natural**, possibilitando a sobrevivência apenas das populações melhor adaptadas.

FOTO EDU/ISTOCKPHOTO.COM



GALAXIID / ALAMY STOCK PHOTO

Corujas (à esquerda) e gaviões (à direita) podem competir por alimento, uma vez que ambos predam pequenos roedores e dominam o espaço aéreo.

MATERIAL DE ENSINO
SISTEMA DE ENSINO

ROTEIRO DE AULA

RELAÇÕES DESARMÔNICAS

INTRAESPECÍFICAS

relações entre indivíduos de espécies

iguaisCanibalismo

indivíduos que se alimentam de outros indivíduos da mesma espécie

Competição intraespecífica

disputa por recursos entre espécies

iguais**INTERESPECÍFICAS**

relações entre indivíduos de espécies

diferentes**Amensalismo**

Uma espécie produz substâncias que

inibem

o desenvolvimento de outra espécie

evita a competição por recursos

Predatismouma espécie se alimenta de outra

Espécie que se alimenta é

predador

Espécie que serve de alimento é

presa**Esclavagismo**

uma espécie se beneficia do

trabalho

de outra espécie

Parasitismo

uma espécie obtém

nutrientes e abrigo

de outra espécie

Competição interespecífica

disputa por recursos entre espécies

diferentes

EXERCÍCIOS DE APLICAÇÃO

1. **Uece** – São exemplos de relações ecológicas interespecíficas desarmônicas:

- a) sociedade, predação e comensalismo.
b) predação, parasitismo e herbivoria.
 c) colônia, parasitismo e mutualismo.
 d) inquilinismo, herbivoria e mutualismo.

Há predação quando um organismo serve de alimento para outro. O parasitismo ocorre quando um organismo de uma espécie utiliza o corpo de um organismo de outra espécie para obter alimento ou abrigo. Herbivoria é uma forma de predação em que consumidores primários se alimentam dos produtores.

2. **UFRGS-RS (adaptada)** – Considere as afirmativas a seguir, sobre interações ecológicas desarmônicas.

- I. O canibalismo observado em fêmeas de algumas espécies de aranhas é um exemplo desse tipo de interação.
 II. Não existe esse tipo de interação entre as plantas.
 III. A disputa entre machos na tentativa de conseguir uma fêmea para acasalar exemplifica esse tipo de interação.

Está(ão) correta(s) a(s) afirmativa(s)

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

A afirmativa II está incorreta, porque nas plantas podem acontecer relações intraespecíficas e interespecíficas desarmônicas, como a competição por nutrientes.

3. **UFRJ (adaptada)** – As principais relações ecológicas entre indivíduos das diferentes espécies que compõem um ecossistema são: predação, mutualismo, competição e comensalismo. Nessas interações, cada indivíduo pode receber benefícios (+), prejuízos (–) ou nenhum dos dois (0). No quadro abaixo, as interações entre pares de espécies estão identificadas pelas letras A, B, C e D.

	Espécie 1	Espécie 2
A	+	+
B	+	–
C	+	0
D	–	–

Identifique as interações A, B, C e D.

A: mutualismo; B: predação; C: comensalismo; D: competição.

4. **IFRS** – Se duas espécies têm _____ muito semelhantes, pensou Gause, elas não conseguirão conviver em um mesmo ambiente por causa da severa _____ que se estabelecerá entre elas. Marque a alternativa que completa as lacunas corretamente.

- a) habitats – relação ecológica
 b) habitats – interação
 c) nichos ecológicos – predação
d) nichos ecológicos – competição
 e) hábitos – competição

A lei de Gause postula que, quando duas espécies apresentam os mesmos nichos ecológicos, há competição entre elas, o que promove controle populacional de ambas ou a extinção de uma delas.

5. **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.

A competição intraespecífica é uma relação de disputa por recursos em que ambos os indivíduos são prejudicados. A predação é benéfica apenas para o predador, que consegue alimento, enquanto é desvantajosa para a presa. O comensalismo é uma relação em que uma espécie se alimenta de restos mortais da presa que outra espécie predou. Portanto, a espécie que se alimenta dos restos obtém vantagens sem prejudicar a que caçou a presa.

6. Sistema Dom Bosco

C4-H14

Os fungos do gênero *Penicillium* sp. são capazes de produzir substâncias que impedem o desenvolvimento de bactérias. Atualmente essas substâncias são usadas na produção de antibióticos, combatendo doenças bacterianas. Cite qual tipo de relação ecológica essa situação exemplifica e justifique.

Trata-se de amensalismo, uma vez que os fungos secretam substâncias que inibem o desenvolvimento de outra espécie.

Competência: Compreender interações entre organismos e ambiente, em particular aquelas relacionadas à saúde humana, relacionando conhecimentos científicos, aspectos culturais e características individuais.

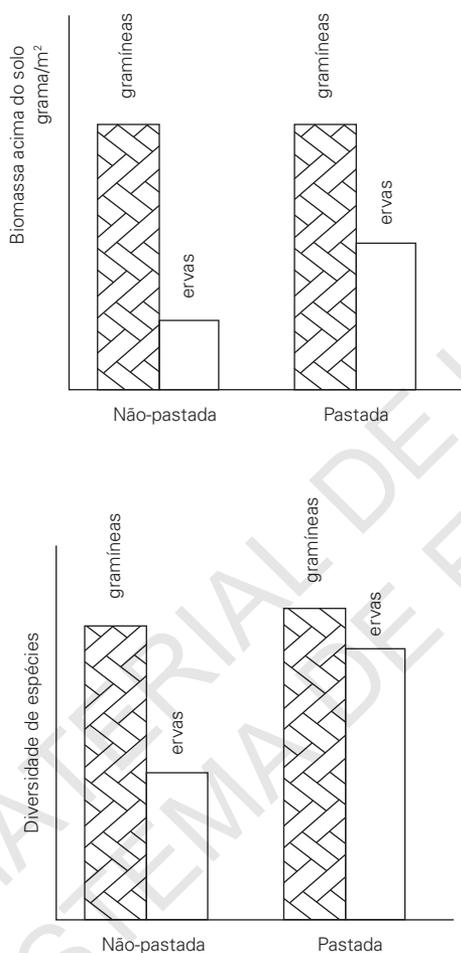
Habilidade: Identificar padrões em fenômenos e processos vitais dos organismos, como manutenção do equilíbrio interno, defesa, relações com o ambiente, sexualidade, entre outros.

EXERCÍCIOS PROPOSTOS

7. Unisinos-RS – Em Ecologia, as relações entre os seres vivos são classificadas como intra ou interespecíficas e como harmônicas ou não harmônicas. Com base nisso, qual das alternativas abaixo é composta apenas por interações interespecíficas não harmoniosas?

- Simbiose e mutualismo.
- Amensalismo e predação.
- Competição e comensalismo.
- Canibalismo e inquilinismo.
- Parasitismo e protocooperação.

8. UFMG – Analise estes gráficos, em que está representado o efeito da pastagem de uma população herbívora que se alimenta, preferentemente, de gramíneas sobre uma comunidade vegetal:



Considerando-se as informações contidas nesses gráficos e outros conhecimentos sobre o assunto, é correto afirmar que a pastagem faz diminuir

- os recursos disponíveis para outros herbívoros.
- a competição entre gramíneas e ervas.
- a diversidade dessas espécies vegetais.
- a produtividade das ervas.

9. UFRGS-RS – O quadro a seguir 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	Piolhos
Intraespecífica harmônica	Sociedades heteromórficas	III

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

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

10. Sistema Dom Bosco – Formigas dos gêneros *Polyergus fuscus* e *Formica* são organismos que invadem ninhos de outras formigas e sequestram ovos, larvas e pupas, que se tornam verdadeiras escravas após o desenvolvimento. Classifique o tipo de relação ecológica descrita e explique suas vantagens e/ou desvantagens para ambas as partes.

11. PUC-SP – O bicudo (*Sphenophorus levis*) é um inseto cujas larvas se desenvolvem no interior do rizoma da cana-de-açúcar (*Saccharum* sp.), onde se alimentam dos tecidos do vegetal e podem provocar sua morte. No controle biológico do bicudo, tem sido utilizado com êxito o nematoide *Steinernema brazilense*, um verme milimétrico que abriga em seu intestino bactérias do gênero *Xenorhabdus*. Ao adentrar a larva do inseto por orifícios naturais, o verme libera as bactérias, as quais digerem os tecidos da larva e disponibilizam, assim, alimento para o verme. As relações ecológicas entre bicudo e cana-de-açúcar e entre o nematoide e as bactérias podem ser classificadas, respectivamente, como

- parasitismo e mutualismo.
- predatismo e comensalismo.
- inquilinismo e competição.
- amensalismo e protocooperação.
- protocooperação e predatismo.

12. UFPR – 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,

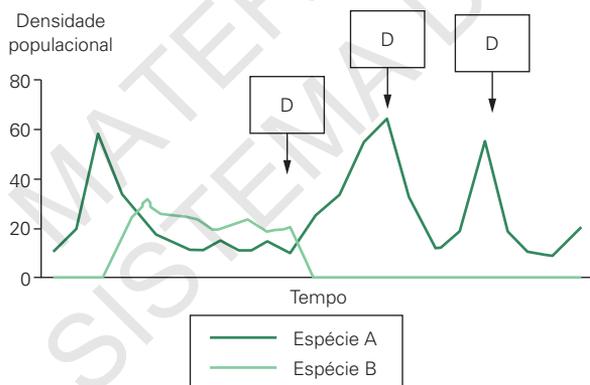
- predação, parasitismo e inquilinismo.
- predação, mutualismo e parasitismo.
- parasitismo, competição e predação.
- predação, competição e parasitismo.
- competição, inquilinismo e parasitismo.

13. Acafe-SC (adaptada) – Os pulgões são pequenos insetos que passam a maior parte do tempo parados sobre plantas, sugando a seiva elaborada que circula pelos vasos liberianos destas. Esta seiva possui uma grande quantidade de glicose, e o excesso deste carboidrato ingerido precisa ser excretado. As formigas se alimentam desse açúcar eliminado pelos pulgões e, em troca, os protegem de eventuais predadores.

As relações ecológicas existentes, respectivamente, entre pulgões-plantas e pulgões-formigas são

- parasitismo e mutualismo.
- parasitismo e comensalismo.
- comensalismo e mutualismo.
- inquilinismo e comensalismo.
- inquilinismo e parasitismo.

14. Unicamp-SP (adaptada) – A espécie A é um ácaro comum em plantações de morango, promovendo danos quando atinge a densidade de 20 indivíduos por lote de morango. Pesquisadores identificaram que geralmente onde existia a espécie A, também havia a espécie B de ácaros. Para compreender a relação entre essas duas espécies, foi realizado um experimento em que a espécie B foi introduzida em uma criação da espécie A em laboratório. Passado algum tempo, foi adicionado um defensivo agrícola (D) na criação e os resultados obtidos foram descritos no gráfico a seguir.



Com base nesses resultados e em seus conhecimentos, explique qual é o tipo de interação entre as espécies A e B.

15. Urca-CE (adaptada) – Na Biologia, as relações ecológicas são divididas em relações ecológicas interespecíficas e relações ecológicas intraespecíficas. As relações ecológicas interespecíficas se estabelecem entre indivíduos de espécies diferentes, enquanto as relações ecológicas intraespecíficas se estabelecem entre indivíduos da mesma espécie. Inquilinismo, herbivoria, parasitismo e mutualismo são exemplos de relações ecológicas interespecíficas, ou seja, ocorrem entre indivíduos de espécies diferentes. Sociedade, colônia e competição são exemplos de relações ecológicas intraespecíficas. Analise as descrições a seguir:

- A caravela é um cnidário que vive flutuando no mar e é formada por um conjunto de indivíduos da mesma espécie que vivem fisicamente juntos, dividindo o trabalho.
- A associação entre certos fungos e algas clorofíceas ou cianobactérias forma um novo tipo de organismo, o líquen.
- Entre alguns insetos da mesma espécie, os animais mais fracos ou doentes são devorados pelos sadios.
- Várias espécies de abelhas formam agrupamentos altamente organizados, nos quais, de modo instintivo, cada indivíduo coloca a sobrevivência da colmeia acima de sua própria sobrevivência.

As relações ecológicas descritas são, respectivamente,

- sociedade, colônia, canibalismo e mutualismo.
- mutualismo, sociedade, canibalismo e colônia.
- comensalismo, sociedade, predatismo e colônia.
- colônia, mutualismo, canibalismo e sociedade.
- protocooperação, colônia, predatismo e sociedade.

16. PUC-SP – Considere as afirmações abaixo relativas a fatores de crescimento populacional.

- A competição intraespecífica interfere na densidade da população.
- A competição interespecífica não influi no crescimento das populações.
- Um dos fatores limitantes do crescimento populacional é a disponibilidade de alimentos, que diminui quando a densidade da população aumenta.
- Fatores climáticos influem no crescimento da população independentemente de sua densidade.

São verdadeiras apenas

- I e II.
- I e IV.
- II e III.
- I, III e IV.
- II, III e IV.

17. UFSCar-SP (adaptada) – Os gráficos a seguir representam as curvas de crescimento de duas espécies de protozoários: A e B. Em 1, as espécies foram cultivadas em tubos de ensaio separados e, em 2, foram cultivadas no mesmo tubo de ensaio.

Figura 1

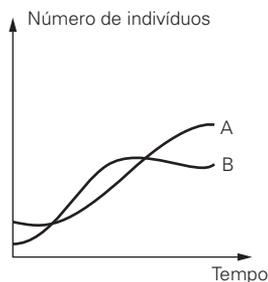
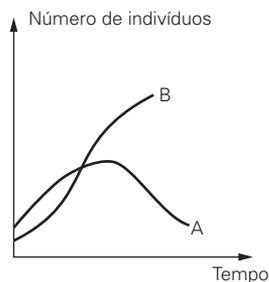


Figura 2



Considerando que as condições do meio foram as mesmas em todos os casos, elabore uma hipótese para o resultado encontrado na Figura 2.

ESTUDO PARA O ENEM

18. Enem (adaptada)

C4-H14

Vaga-lumes machos e fêmeas emitem sinais luminosos com o objetivo de se atraírem na época da reprodução. Entretanto, na espécie de vaga-lume do gênero *Photuris*, a fêmea atrai machos de outra espécie, que, ao se aproximarem, se tornam presas fáceis, sendo devorados por elas. Esse tipo de relação ecológica é um exemplo de

- comensalismo, sendo uma relação harmônica.
- inquilinismo, sendo uma relação desarmônica.
- protocooperação, sendo uma relação desarmônica.
- predatismo, sendo uma relação desarmônica.
- mutualismo, sendo uma relação harmônica.

19. Sistema Dom Bosco

C4-H14

Brad Streets, fotógrafo, estava em um parque estadual no Texas (EUA) e conseguiu capturar uma cena não muito agradável de se ver: um jacaré norte-americano (*Alligator mississippiensis*), medindo entre 2,5 e 3 metros de comprimento, se alimentando de um indivíduo mais jovem. A espécie se alimenta principalmente de rãs, cobras e animais mortos, mas, devido a seus hábitos agressivos e territorialistas, pode ocasionalmente ter esse tipo de comportamento.

MEGACURIOSO. Canibalismo feroz: jacaré é flagrado devorando outro em pântano no Texas. <<https://www.megacurioso.com.br/ciencia/108829-canibalismo-feroz-jacare-e-flagrado-devorando-outro-em-pantano-no-texas.htm>>. Acesso em: maio 2019.

Que tipo de interação ecológica o jacaré norte-americano apresenta ao ter esse tipo de comportamento?

- Canibalismo.
- Esclavagismo.
- Parasitismo.
- Competição interespecífica.
- Protocooperação.

20. Sistema Dom Bosco

C4-H14

As hienas caçam em grupos e são geralmente lideradas pelas fêmeas, maiores e mais agressivas que os machos, principalmente quando se trata de competir por recursos limitados.

Sabendo do comportamento desses animais, é correto dizer que as hienas apresentam, em relação a outras espécies que se valem desses mesmos tipos de recursos,

- competição intraespecífica.
- competição interespecífica.
- canibalismo.
- esclavagismo.
- amensalismo.

54

ECOLOGIA DE POPULAÇÕES: CARACTERÍSTICAS E CRESCIMENTO

- Principais características de uma população
- Crescimento populacional

HABILIDADES

- Citar e explicar os principais fatores que influenciam na dinâmica populacional.
- Interpretar gráficos de dinâmica e crescimento populacional.

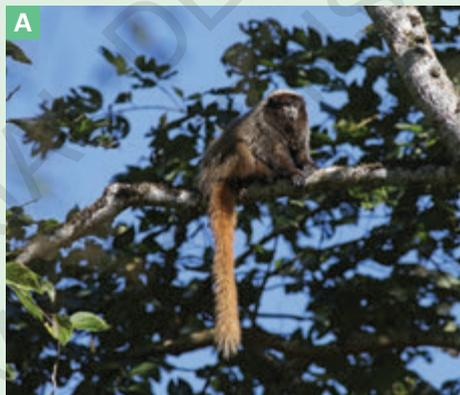
Em 2012, pesquisadores da Universidade do Vale do Sapucaí e da Universidade Federal da Paraíba analisaram uma área de Mata Atlântica no Parque Natural Municipal de Pouso Alegre (MG). O objetivo era estimar a densidade populacional de primatas na região.

Durante 41 dias, os pesquisadores registraram o número de indivíduos de cada espécie nas áreas transeccionadas. Como resultado, encontraram por km² uma média de: 23,83 sauás (*Callicebus nigrifrons*), 14,76 saguis-da-serra (*Callinithrix aurita*), 7,7 macacos-prego pretos (*Cebus nigritus*) e 3,3 bugios-ruivos (*Alouatta clamitans*).

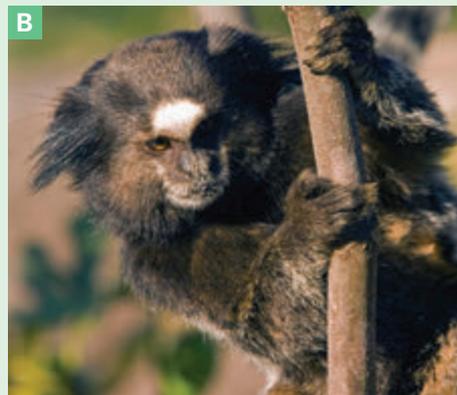
Com base nesses dados, os cientistas concluíram que a densidade de sauás foi alta, enquanto a de bugios foi muito baixa, com a ocorrência de apenas um bando com seis indivíduos na área analisada. Os motivos de a quantidade de bugios ser pequena são desconhecidos, mas os pesquisadores especulam que os resultados têm relação com a alta fragmentação do hábitat na região, em virtude do crescimento urbano.

Pesquisas como essas são fundamentais para a conservação das espécies. Por meio de dados como densidade, é possível simular por quanto tempo determinada população pode sobreviver e quais fatores estão a impactando. Desse modo, os cientistas são capazes de promover estratégias para conservação e manejo das espécies.

FABIO COLOMBINI



B



IMAGEBROKER/ALAMY STOCK PHOTO

IMAGEBROKER/ALAMY STOCK PHOTO



D

LEONARDO MERCON/WWPICS/
ALAMY STOCK PHOTO

(A) sauá, (B) sagui, (C) macaco-prego e (D) bugio.

PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS DE UMA POPULAÇÃO

Uma população é o conjunto de indivíduos da mesma espécie que habitam um local em determinado intervalo de tempo. Cada população apresenta adaptações ao ambiente em que vive, associadas a seu sucesso reprodutivo. O tamanho das populações pode variar em número, dependendo de fatores como taxas de nascimento e morte e taxa de migração entre elas. Essas flutuações populacionais podem ser influenciadas por fatores ecológicos, como disponibilidade de alimentos, quantidade de predadores no ambiente, locais disponíveis para reprodução, predação e competição.

As principais características estudadas para compreender as dinâmicas populacionais são **densidade populacional**, **distribuição etária** e **potencial biótico**.

DENSIDADE POPULACIONAL

Trata-se da relação entre o número de indivíduos de uma população e o espaço que ela ocupa. Esse espaço é considerado em área (m², km²) ou volume (m³ ou km³).

$$\text{Densidade (D)} = \frac{\text{Número de indivíduos da população (N)}}{\text{Unidade de área ou volume (A)}}$$

Embora seja possível estimar o tamanho de uma população por meio da densidade, o resultado não revela *exatamente* o número de indivíduos naquele espaço. A quantidade calculada, nesse caso, é apenas um valor estatístico, porque a densidade populacional pode variar dentro da mesma área habitada. Essa variação ocorre, por exemplo, em virtude da disponibilidade de recursos ou das condições ambientais.

É comum que a densidade populacional humana nas metrópoles seja maior que em zonas rurais, por exemplo. O contrário ocorre com a densidade populacional de plantas, que é maior nas zonas rurais.

A **taxa de natalidade** e a **taxa de imigração** são fatores que contribuem para o aumento da densidade populacional. Por outro lado, a **taxa de mortalidade** e a **taxa de emigração** influenciam na redução da densidade populacional.

Quando analisamos esses fatores, é possível identificar o que pode estar afetando uma população diretamente. Devemos lembrar, no entanto, que esses fatores não determinam drasticamente as características populacionais, apenas influenciam as condições observadas.

Taxas de natalidade e mortalidade

A **taxa de natalidade** corresponde ao número de indivíduos que nasceram em uma população durante determinado período de tempo.

$$\text{Taxa de natalidade (TN)} = \frac{\text{Número de nascimentos}}{\text{Unidade de tempo}}$$

A **natalidade máxima** ou **fisiológica absoluta** corresponde ao número de nascimentos em *condições ideais*. Nesse caso não existirá nenhum fator capaz de limitar nascimentos. Já a **natalidade ecológica** ou **realizada** refere-se aos nascimentos de uma população em *condições reais*.

Em geral, a natalidade ecológica é sempre menor que a natalidade máxima, uma vez que devemos considerar diversos fatores limitantes que influenciam as condições de desenvolvimento, tais como: características intrínsecas de progenitores, fatores relacionados ao acaso e aspectos ambientais.

A **taxa de mortalidade**, por sua vez, corresponde ao número de indivíduos mortos em uma população no mesmo período de tempo.

$$\text{Taxa de mortalidade (TM)} = \frac{\text{Número de óbitos (mortes)}}{\text{Unidade de tempo}}$$

Taxas de imigração e emigração

Migrações ou dispersões são **fluxos de indivíduos** entre as populações e podem ser de dois tipos: quando há entrada de indivíduos em uma população, ocorre a **imigração**; quando há saída de indivíduos de uma população acontece a **emigração**.

Portanto, a taxa de imigração (I) se refere à velocidade com que os indivíduos vindos de outras áreas se incorporam a uma população. A taxa de emigração (E), por outro lado, corresponde à velocidade com que os indivíduos saem de uma população.

Os movimentos migratórios geralmente ocorrem em resposta a alterações climáticas e à disponibilidade de alimentos. Esse comportamento garante que a população se reproduza e que os filhotes sobrevivam.

Por exemplo, no inverno, algumas espécies de aves migratórias viajam da América do Norte para a América do Sul fugindo das baixas temperaturas e da escassez de recurso nessa época do ano.

Índice de crescimento

Trata-se da relação entre as taxas de natalidade e mortalidade e as taxas de emigração e imigração. Esses fatores isolados não caracterizam adequadamente uma população, mas juntos podem informar muitos dados a respeito desta.

Quando o índice de crescimento (IC) é negativo (menor que 1), o número de perdas é maior que o número de reposição. Assim, a população encontra-se em declínio. Quando esse índice é igual a 1, o número de perdas (ou saídas) de indivíduos e a entrada são iguais. Nesse caso, a população está em equilíbrio. Por outro lado, se o valor do índice de crescimento for positivo (maior que 1), há mais entrada que saída, o que indica o crescimento da população.

“Entrada” e “reposição” são compreendidas como a *inclusão* de novos indivíduos na população, sejam eles provenientes de nascimentos ou de imigração.

“Saída” e “perda”, por sua vez, representam a *retirada* de indivíduos da população, sejam eles provenientes de mortes ou de emigração.

$$IC = \frac{\text{Taxa de natalidade} + \text{imigração}}{\text{Taxa de mortalidade} + \text{emigração}}$$

IC < 1 → população em declínio

IC = 1 → população em equilíbrio

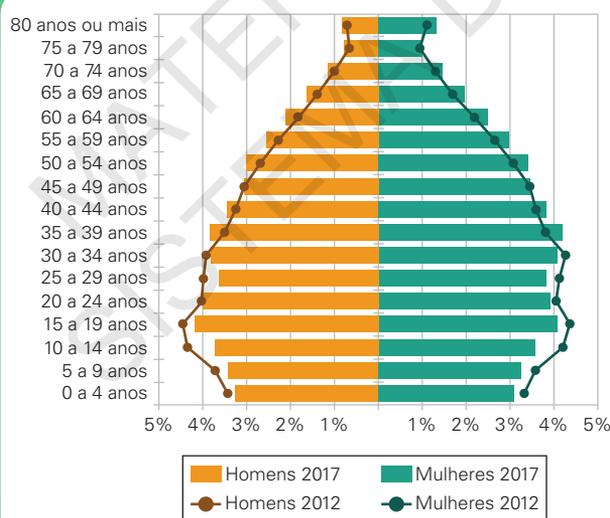
IC > 1 → população em crescimento

DISTRIBUIÇÃO ETÁRIA

A história de vida de um organismo é constituída pelo padrão de crescimento, diferenciação, capacidade de armazenamento de energia e reprodução. Populações de ciclo longo devem ser divididas em três períodos ecológicos: pré-reprodutivo, reprodutivo e pós-reprodutivo. Cada um desses períodos é determinado pela história de vida da população e influencia diretamente nas taxas de natalidade e mortalidade.

A distribuição etária pode ser expressa em forma de gráfico. Assim, as barras apresentam maior comprimento na faixa etária mais abundante na população.

Pirâmide etária brasileira (2012 e 2017)



IBGE, Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios Contínua 2017 (PNAD Contínua).

POTENCIAL BIÓTICO

Refere-se à capacidade que uma população tem de aumentar em número de indivíduos quando está em condições ideais. Em outras palavras, o potencial biótico relaciona-se à natalidade máxima e à capacidade máxima de sobrevivência.

O aumento de uma população depende da capacidade de reprodução e adaptação no ambiente em que vive. Assim, quanto maior for a capacidade de se reproduzir e se dispersar, maior será o potencial biótico dessa população.

Esse crescimento pode ser exponencial em curto período de tempo se as condições ambientais forem favoráveis ou ilimitadas. Esse fenômeno promove o **desequilíbrio ambiental**, pois a quantidade de recursos consumidos aumenta.

Entretanto, o crescimento de uma população pode ser limitado por fatores ambientais, que são capazes de interferir, por exemplo, no clima, na disponibilidade de água e alimentos, na oxigenação e na presença de competidores. Esse conjunto de fatores recebe o nome de **resistência ambiental**.

À medida que a população aumenta, a resistência ambiental também cresce, o que reduz o crescimento populacional. Isso acontece até que haja um equilíbrio entre a resistência ambiental e o potencial biótico. Quando a população se encontra nesse equilíbrio, ela atingiu a **capacidade máxima suportada pelo ambiente** (capacidade suporte). Entretanto, esse tamanho máximo pode sofrer pequenas oscilações.

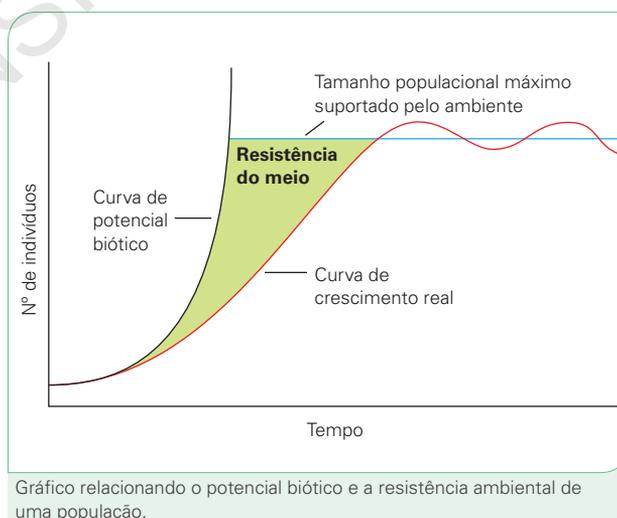


Gráfico relacionando o potencial biótico e a resistência ambiental de uma população.

CRESCIMENTO POPULACIONAL

Depende de fatores como taxas de natalidade, mortalidade, imigração e emigração e resistência ambiental. O gráfico do percurso de crescimento populacional pode ser representado por meio de uma curva do tipo sigmoide ou em forma de S.

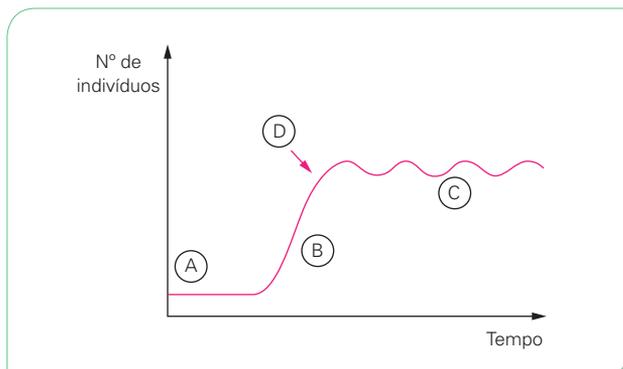


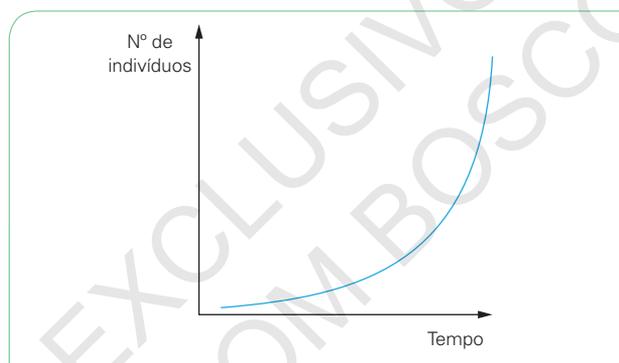
Gráfico com formato sigmoide do crescimento populacional em função do tempo. (A) representa um período de crescimento lento, em que há adaptações às condições ambientais. (B) refere-se a um período rápido de crescimento, com elevado número de indivíduos capazes de se reproduzirem. (C) diz respeito a um período de estabilidade populacional, com variação média em torno da resistência ambiental. (D) trata-se da ação efetiva da resistência ambiental sob a população.

O crescimento populacional é representado por uma curva em J quando é exponencial e ultrapassa a capacidade máxima do ambiente. Esse crescimento é interrompido se a resistência ambiental ou outro fator limitante atuar repentinamente sobre a população. Isso pode acontecer, por exemplo:

- após um período de crescimento lento;
- com o surgimento de novos organismos com alta adaptabilidade;
- quando o espaço é ilimitado;
- se houver falta de predadores.

Assim, a população ultrapassa o limite ambiental, e o potencial biótico da espécie é usado até atingir o próprio limite de crescimento e não entra em equilíbrio com o meio.

Geralmente as populações que crescem nesse ritmo são populações de insetos, algas e seres humanos.



Curva de crescimento populacional em J.

MATERIAL DE USO EXCLUSIVO DO SISTEMA DE ENSINO DOM BOSCO

ROTEIRO DE AULA

ECOLOGIA DE POPULAÇÕES

CARACTERÍSTICAS DE UMA POPULAÇÃO

Densidade

Relação entre o número de indivíduos e o
espaço ocupado

Aumento da população relacionado às taxas de

natalidade e imigração

Redução da população relacionada às taxas de

mortalidade e emigração

Distribuição etária

Representa a quantidade de indivíduos de acordo com seu

período ecológico

Potencial biótico:

capacidade da população

aumentar

em condições ideais

Resistência ambiental:

fatores que limitam o

crescimento

da população

Crescimento populacional

Inicia-se com um número pequeno de indivíduos, seguido de crescimento populacional exponencial e atuação da resistência ambiental:

Curva em S

Crescimento populacional exponencial, sem entrar em equilíbrio com o meio; atinge rapidamente o potencial biótico:

Curva em J

EXERCÍCIOS DE APLICAÇÃO

1. Ufam (adaptada) – A ecologia de populações estuda a forma como elementos bióticos e abióticos podem interferir em flutuações populacionais, segundo critérios variados, tais como a densidade, a distribuição, o tamanho e a estrutura etária das populações. Sobre esses critérios, assinale a alternativa correta:

- a) Densidade é a quantidade de indivíduos por unidade de área ou volume.
- b) Taxa de natalidade é a quantidade de mortos na população em um dado período.
- c) Emigração é a taxa de entrada de indivíduos em uma dada população, em função do tempo.
- d) Índice de crescimento é a relação entre a taxa de natalidade e a taxa de reprodução na população.
- e) Potencial biótico se refere à capacidade de a população crescer em condições mínimas.

A alternativa B está incorreta. A taxa de natalidade se refere à quantidade de nascidos na população em dado período. A alternativa C está incorreta. Emigração é a taxa de indivíduos que saem da população. A alternativa D está incorreta. O índice de crescimento corresponde à relação entre as taxas de natalidade e mortalidade da população. A alternativa E está incorreta. O potencial biótico se refere à capacidade de crescimento da população em condições ideais.

2. UPF-RS (adaptada) – A ecologia de populações é uma ciência que estuda os parâmetros populacionais. Com relação à ecologia da população, analise as afirmativas e assinale com V (verdadeiro) ou F (falso).

-) A regulação do tamanho das populações é realizada apenas por fatores abióticos, como os climáticos.
-) A densidade de uma população corresponde à relação entre o número de indivíduos e a disponibilidade de recursos alimentares do ambiente.
-) As relações como competição intraespecífica, predação e parasitismo são consideradas importantes fatores reguladores do tamanho da população.
-) A densidade das populações animais e vegetais permanece constante nos ecossistemas em equilíbrio ecológico.
-) A resistência ambiental corresponde ao conjunto de fatores que se opõem ao potencial biótico da população.

A sequência correta de preenchimento, de cima para baixo, é

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

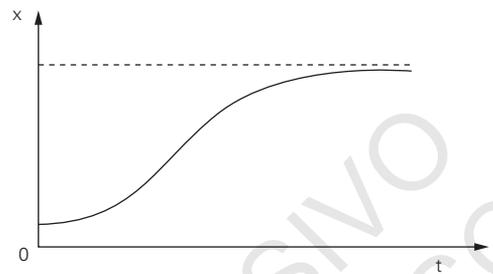
A primeira afirmativa é falsa. A regulação do tamanho da população é realizada por fatores abióticos e bióticos. A segunda afirmativa é falsa. A densidade de uma população corresponde à relação entre o número de seus indivíduos e o espaço por eles ocupado. A quarta afirmativa é falsa. A densidade das populações oscila nos ecossistemas em equilíbrio, em razão da resistência ambiental que atua sobre elas.

3. Sistema Dom Bosco – Quais as três características principais que devem ser consideradas no estudo da ecologia de populações?

As três características fundamentais para se compreenderem as dinâmicas populacionais são: densidade populacional, distribuição etária e

potencial biótico.

4. UFRGS-RS – Observe o gráfico abaixo, que representa o crescimento populacional de uma espécie animal, em que x corresponde ao tamanho populacional, e t, ao tempo.



Em relação a essa população, é correto afirmar que

- a) ela vive em um ambiente com recursos ilimitados.
- b) a sua estabilidade ocorre, quando não há mais predadores.
- c) a sua estabilidade ocorre, quando atinge o limite máximo de indivíduos.
- d) a resistência do meio não influencia sua densidade.
- e) o seu índice de mortalidade é zero.

A afirmativa A está incorreta. Se o ambiente tivesse recursos ilimitados, a curva tenderia a apresentar crescimento exponencial, sem estabilização. A alternativa B está incorreta. A estabilidade ocorre quando a resistência ambiental atua sobre a população e atinge o número máximo de indivíduos que o ambiente suporta, considerando a quantidade de recursos. A alternativa D está incorreta. A resistência afeta a densidade populacional, de modo a reduzi-la ao tamanho suportado pelo ambiente. A alternativa E está incorreta. A resistência ambiental atua em forma de seleção natural, levando à morte indivíduos menos adaptados ao ambiente. Portanto, o índice de mortalidade é maior que zero.

5. UEA-AM – A tabela indica os índices de natalidade, mortalidade, imigração e emigração em uma população hipotética, durante cinco anos consecutivos.

	2009	2010	2011	2012	2013
natalidade	30	25	40	20	15
mortalidade	20	10	35	5	10
imigração	15	10	10	10	15
emigração	10	5	10	10	10

Considerando que a população inicial, ao final de 2008, era de 100 indivíduos, é correto afirmar que

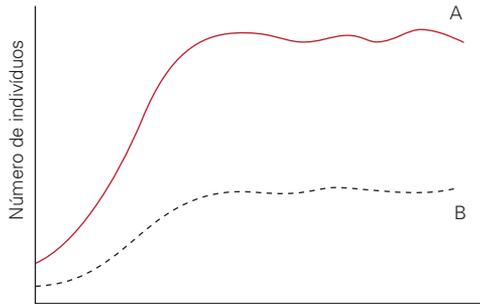
- a) 2010 foi o ano com maior crescimento populacional.
- b) 2011 foi o ano com menor declínio populacional.
- c) 2013 foi o ano com menor crescimento populacional.
- d) 2012 foi o ano com maior declínio populacional.
- e) 2009 foi o ano com a maior estabilidade populacional.

Nasceram 20 indivíduos, morreram 10, imigraram 10 e emigraram 10. O saldo final foi 20 indivíduos a mais na população. A alternativa B está incorreta. Em 2012 ocorreu o menor declínio populacional. A alternativa C está incorreta. Em 2010 aconteceu o maior crescimento populacional. A alternativa D está incorreta. O correto é 2011. A alternativa E está incorreta. Em 2013 ocorreu a maior estabilidade populacional.

6. Unicamp-SP (adaptada)

C5-H17

O gráfico abaixo ilustra as curvas de crescimento populacional de duas espécies de mamíferos (A, B) que vivem na savana africana, um pastador e um predador.



Qual espécie apresenta maior capacidade de suporte? O que significa esse conceito?

A curva A representa a espécie com a maior capacidade suporte, conceito que se refere ao potencial biótico máximo que o ambiente consegue suportar.

Competência: Entender métodos e procedimentos próprios das ciências naturais e aplicá-los em diferentes contextos.

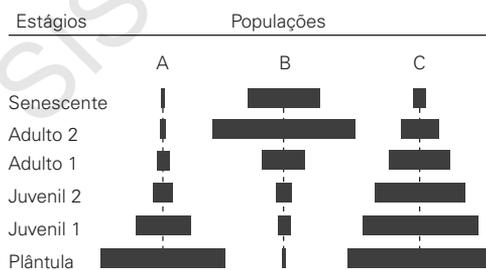
Habilidade: Relacionar informações apresentadas em diferentes formas de linguagem e representação usadas nas ciências físicas, químicas ou biológicas, como texto discursivo, gráficos, tabelas, relações matemáticas ou linguagem simbólica.

EXERCÍCIOS PROPOSTOS

7. UPE-PE – Uma população de determinada espécie, em condições naturais, flutua ao longo do tempo, quanto a sua densidade (número de indivíduos por uma determinada área ou volume). Vários são os fatores que controlam a dinâmica de populações, dentre eles, a disponibilidade de recurso, as condições físicas do meio, o deslocamento, a predação, dentre outros. A densidade pode variar para mais (positivamente) ou para menos (negativamente). Analise as alternativas abaixo quanto às componentes controladoras da densidade de uma determinada população e assinale a correta.

- Emigração e imigração a controlam negativamente, enquanto natalidade e mortalidade a controlam positivamente.
- Emigração e natalidade exercem um controle positivo; imigração, um controle negativo, enquanto mortalidade é uma componente natural e não afeta a densidade.
- Emigração e imigração não afetam a densidade, mas somente natalidade e mortalidade a afetam.
- Natalidade e imigração controlam positivamente a densidade, enquanto mortalidade e emigração, negativamente.
- Emigração, imigração e natalidade a controlam positivamente, e somente mortalidade a controla negativamente.

8. Fuvest-SP – A figura representa a estrutura de três populações de plantas arbóreas, A, B e C, por meio de pirâmides etárias. O comprimento das barras horizontais corresponde ao número de indivíduos da população em cada estágio, desde planta recém-germinada (plântula) até planta senescente.

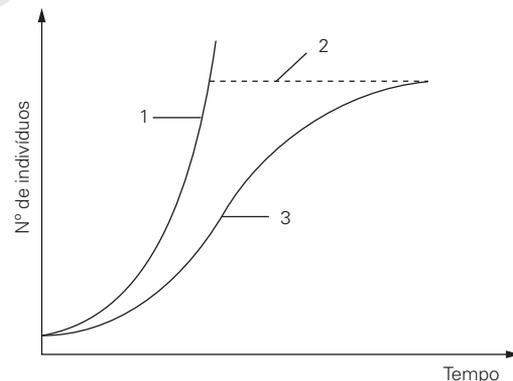


Bresinsky et al. Tratado de Botânica de Strasburger, 36a ed. Ed. Artmed, Porto Alegre, 2012. Adaptado.

A população que apresenta maior risco de extinção, a população que está em equilíbrio quanto à perda de indivíduos e a população que está começando a se expandir são, respectivamente,

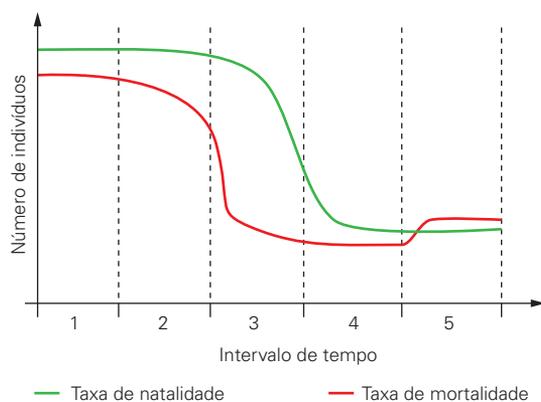
- A, B e C.
- A, C e B.
- B, A e C.
- B, C e A.
- C, A e B.

9. Cesmac-AL – Considerando as características do crescimento populacional humano no planeta Terra e, analisando o gráfico abaixo, é possível concluir:



- O potencial de crescimento da população, mostrado em 1, é, de fato, limitado pela disponibilidade de água, espaço e alimento.
- O crescimento real da população, mostrado em 3, independe de fatores de resistência do meio, como a disponibilidade de água.
- A capacidade máxima de suporte do ambiente, mostrado em 2, aumenta proporcionalmente com o aumento das populações.
- O potencial biótico da população, mostrado em 3, não aumenta com a disponibilidade de água, espaço e alimento.
- O crescimento real da população, mostrado em 2, diminui devido somente a fatores de resistência do meio.

- 10. UEFS-BA (adaptada)** – O gráfico mostra como as taxas de natalidade e mortalidade de uma população de camundongos mantida experimentalmente em laboratório variaram ao longo do tempo. As taxas foram avaliadas em cinco intervalos de tempo, indicados por 1, 2, 3, 4 e 5.



Cite em qual intervalo de tempo foi verificado o maior aumento da taxa de crescimento dessa população e explique como você chegou a essa conclusão.

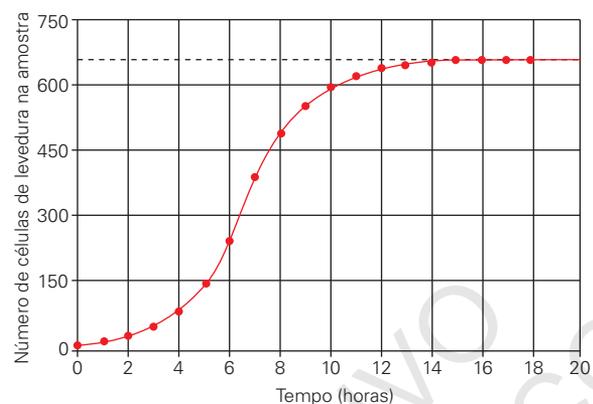
- 11. Uece** – Em relação à dinâmica de populações, escreva V ou F conforme seja verdadeiro ou falso o que se afirmar nos itens abaixo.

- () 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, independentemente 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.
 b) V – F – V – F.
 c) F – V – F – V.
 d) F – F – F – V.

- 12. Univag-MT** – Para se estabelecer a curva de crescimento populacional de leveduras, as células desses fungos foram cultivadas por 20 horas em frasco contendo meio de cultura líquido. A cada 30 minutos foi retirada uma amostra de mesmo volume para a contagem do número de células. Os dados obtidos estão representados no gráfico.



É correto afirmar que

- a) a curva no gráfico representa o potencial biótico das leveduras.
- b) a taxa de mortalidade se iguala à de reprodução entre 4 e 12 horas.
- c) a área entre a linha tracejada e a curva no gráfico indica a resistência do meio.
- d) a linha tracejada no gráfico determina a carga biótica máxima do meio.
- e) as células cessaram a reprodução a partir de 16 horas.

- 13. UPF-RS (adaptada)**

Número de tigres no mundo aumenta pela primeira vez em cem anos

O número de tigres em estado selvagem no mundo aumentou pela primeira vez em cem anos graças aos esforços de preservação, informaram vários grupos de defesa da natureza.

Segundo dados do Fundo Mundial para a Natureza (WWF) e do Fórum Global do Tigre, o número avaliado de tigres selvagens subiu para 3 890, em comparação com os 3 200 exemplares até 2010. "Pela primeira vez após várias décadas de recuo, o número de tigres aumenta", comemorou Marco Lambertini, diretor da WWF Internacional, em um comunicado.

Este foi o primeiro aumento expressivo do número desses felinos desde 1900, quando havia 100 mil tigres no mundo. Mais da metade da população de tigres no mundo se encontra na Índia, onde 2 226 exemplares vivem em reservas de 18 Estados, segundo o último balanço de 2014.

Os especialistas alertam, no entanto, que esse aumento poderia ser explicado pelo aperfeiçoamento no método de contagem. Mas constatam os esforços na proteção dos felinos. Em Bangladesh, o número de tigres caiu de 440 em 2010 a 106 em 2015, apesar de os ecologistas acharem que a diferença se deve a uma sobreavaliação da população há seis anos.

A drástica redução da população desses felinos na Indonésia é causada pelo desmatamento com fins industriais destinados ao cultivo de óleo de palma e pasta de papel. O Camboja, por sua parte, está pensando em reintroduzir o tigre depois de anunciar sua extinção na semana passada por não ter provas de sua existência no país desde 2007.

As principais causas da diminuição drástica da população de tigres na Ásia são o desmatamento, a destruição de seu habitat e a caça ilegal. [...]

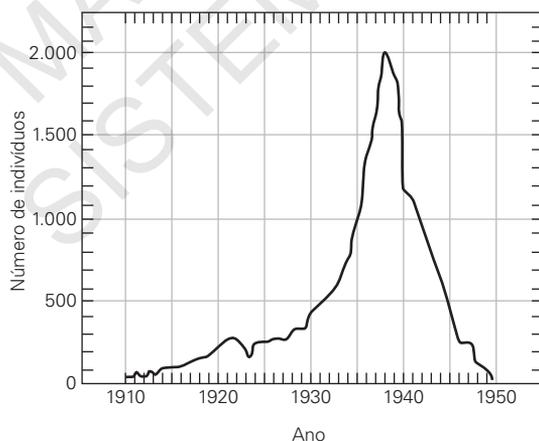
Disponível em: <<http://g1.globo.com/natureza/noticia/2016/04/numero-de-tigres-no-mundo-aumenta-pela-primeira-vez-em-cem-anos-20160411155508836106.html>>. Acesso em: abr. 2019.

As populações evoluem e se adaptam ao ambiente. Podem crescer e se estabilizar ou podem declinar e se extinguir. Há dois aspectos importantes na caracterização de uma população: a densidade populacional e a taxa de crescimento. Considerando esses aspectos e as informações contidas no texto acima, é correto afirmar que

- a taxa de crescimento anual da população mundial de tigres foi de 0,2 entre 2010 e 2016.
- para estimar a taxa de crescimento de uma população, deve-se realizar um levantamento do número de indivíduos por unidade de área.
- pode-se definir densidade populacional como a variação do tamanho de uma população em determinado intervalo de tempo.
- o principal fator que está contribuindo para o crescimento populacional dos tigres é a sua baixa densidade populacional, que leva ao aumento da taxa de natalidade e à diminuição da taxa de mortalidade.
- teoricamente, qualquer população tem capacidade de crescimento exponencial. No entanto, o crescimento da população mundial de tigres tem sido limitado pelos recursos do ambiente e pela predação.

14. Sistema Dom Bosco – O potencial biótico pode ser mensurado calculando-se a taxa de natalidade máxima e a capacidade de sobrevivência de determinada população. Existem situações em que uma população pode crescer exponencialmente em um período de tempo muito curto. Explique quando isso ocorre e suas consequências.

15. Fuvest-SP (adaptada) – No início do século XX, cerca de 50 indivíduos de uma espécie de mamíferos foram introduzidos em uma região. O gráfico abaixo mostra quantos indivíduos dessa população foram registrados a cada ano, entre 1910 até 1950.



Esse gráfico mostra que,

- entre 1910 e 1940, a taxa de natalidade superou a de mortalidade em todos os anos.
- a partir de 1938, houve redução da população em virtude da emigração.
- entre 1920 e 1930, as taxas de natalidade e imigração foram iguais às taxas de mortalidade e emigração.
- entre 1935 e 1940, as taxas de natalidade e imigração superaram as taxas de mortalidade e emigração.
- entre 1910 a 1950, as taxas de natalidade e imigração superaram as taxas de mortalidade e emigração.

16. UFGD-MS (adaptada) – As populações tendem a crescer e a atingir uma dimensão estável. O aumento exagerado de uma população pode criar condição para um desequilíbrio ecológico, com sérios riscos para a sua preservação. Nessa circunstância, os indivíduos da população passam a enfrentar uma competição mais intensa entre si por alimentos e por local de abrigo, expondo-se mais convidativamente ao ataque de seus inimigos naturais. Quando ocorre espontaneamente uma redução considerável da população é de se supor que algo não vai bem com ela. E isso, sem dúvida, a expõe de igual forma à ameaça de extinção.

Analise as afirmativas a seguir:

- O estado conveniente é aquele em que a população se mantém, depois de ter atingido sua dimensão ideal, com uma densidade estável ou constante.
- Os mecanismos intrínsecos dependem dos próprios integrantes da população.
- Sê todos os indivíduos de uma população consomem a mesma variedade de alimentos, logicamente o crescimento populacional exagerado pode levar à exaustão do sistema.
- Muitas espécies, quando sofrem aumento demográfico exagerado, com risco de desequilíbrio ecológico, aumentam sensivelmente a sua taxa de reprodução, visando à manutenção da espécie.
- O intemperismo abrange todas as formas de atuação antrópica no ambiente contra determinada espécie.

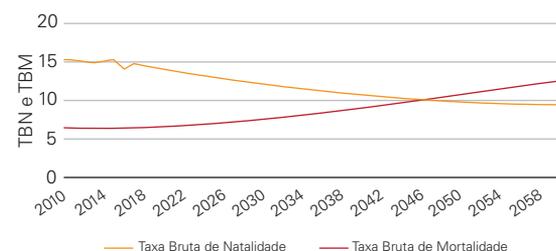
Está(ão) correta(s)

- apenas I.
- apenas I e II.
- II, IV e V.
- I, II e III.
- apenas IV.

17. Sistema Dom Bosco – O gráfico a seguir representa as taxas brutas de natalidade e mortalidade da população brasileira entre 2010 e 2060.

Brasil

Taxas Brutas de Natalidade (TBN) e Mortalidade (TBM) 2010-2060



IBGE, 2018.

Com base nessas informações, calcule o índice de crescimento populacional brasileiro para 2054 e explique o que o resultado sugere.

ESTUDO PARA O ENEM

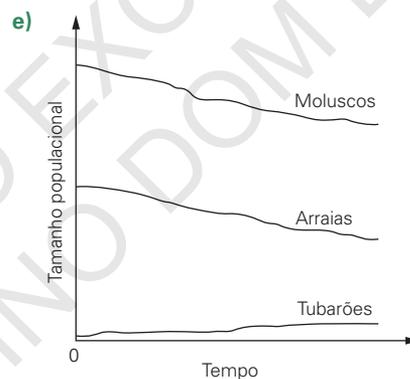
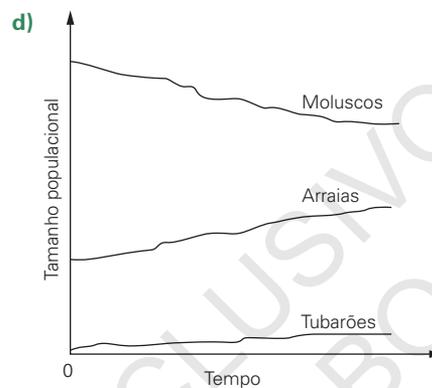
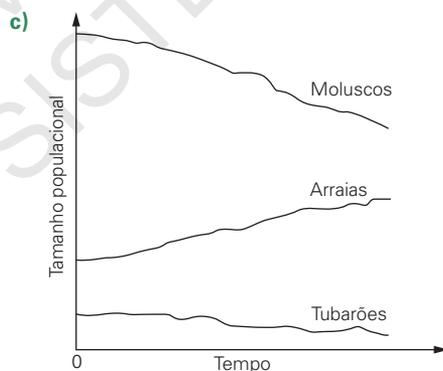
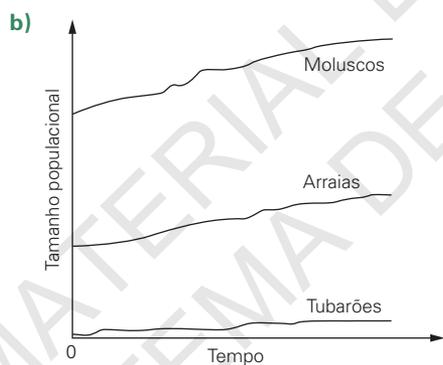
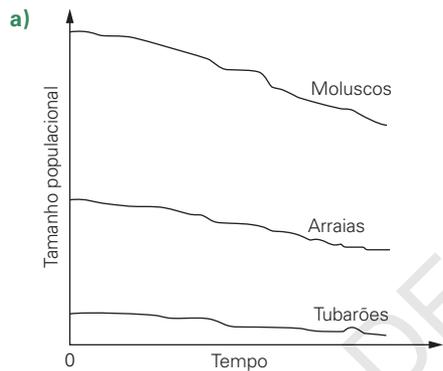
18. Enem

C5-H17

Dados compilados por Jeremy Jackson, do Instituto Scripps de Oceanografia (EUA), mostram que o declínio de 90% dos indivíduos de 11 espécies de tubarões do Atlântico Norte, causado pelo excesso de pesca, fez com que a população de uma arraia, normalmente devorada por eles, explodisse para 40 milhões de indivíduos. Doce vingança: essa horda de arraias é capaz de devorar 840 mil toneladas de moluscos por ano, o que provavelmente explica o colapso da antes lucrativa pesca de mariscos na Baía de Chesapeake (EUA).

LOPES, R. J. Nós, o asteroide. *Revista Unesp Ciência*, abr. 2010. Disponível em: <https://issuu.com>. Acesso em: 9 maio 2017 (adaptado).

Qual das figuras representa a variação do tamanho populacional de tubarões, arraias e moluscos no Atlântico Norte, a partir do momento em que a pesca de tubarões foi iniciada (tempo zero)?

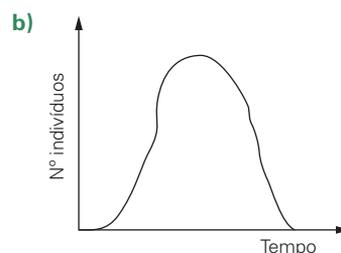
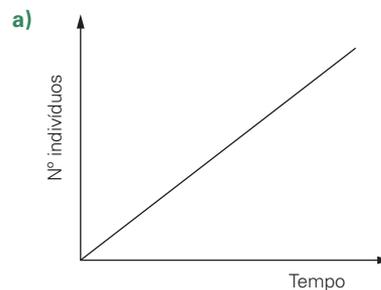


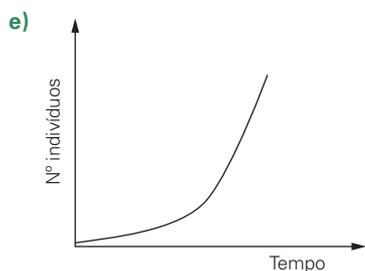
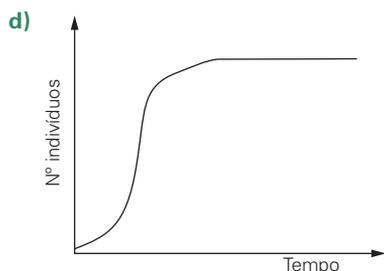
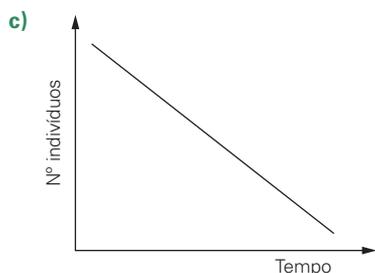
19. Sistema Dom Bosco

C5-H17

Embora as queimadas no Cerrado promovam alterações drásticas na paisagem, há relatos de que boa parcela da flora da região germine rapidamente após esse evento.

Sabendo dessas informações, o gráfico que melhor representa o crescimento populacional dessas espécies é:





20. Sistema Dom Bosco

C4-H14

Em 1798, um economista britânico chamado Thomas Malthus formulou uma teoria populacional que previa um apocalipse de fome e guerra se a população humana não parasse de crescer. Sua ideia era que a população crescería em progressão geométrica, enquanto nossa capacidade de produzir alimentos só crescería em progressão aritmética. Logo, em um futuro próximo, faltaria comida para alimentar tanta gente. Hoje, mais de dois séculos depois, a previsão não se confirmou. A população não parou de crescer e estamos todos, bem ou mal, vivos. Mas a teoria malthusiana ainda ressoa entre os mais alarmistas – principalmente agora que atingimos mais de 7 bilhões de seres humanos.

Disponível em: <<http://www.uff.br/ladem/2018/04/13/crescimento-da-populacao-nao-ameaca-planeta-consumo-sim-entrevista-com-roberto-luiz-do-carro/>>. Acesso em: abr. 2019.

Por que, até o momento, a teoria malthusiana não se tornou realidade?

- a) Porque existe alta predação na população humana.
- b) A competição intraespecífica na população é alta.
- c) Porque o potencial biótico da população é muito baixo.
- d) Porque a resistência ambiental atua sobre a população.
- e) Porque a população produz um número muito grande de proles.

CONTROLE POPULACIONAL E SUCESSÃO ECOLÓGICA

Após muitos anos extintos, na década de 1990, lobos-cinzentos (*Canis lupus*) foram reintroduzidos no Parque Nacional de Yellowstone, nos Estados Unidos. O resultado, acompanhado durante décadas pelos pesquisadores, foi o mais surpreendente. Com a matilha reintroduzida, outros animais que também estavam desaparecidos voltaram a ser vistos no parque, além da renovação da flora e até mesmo a mudança do curso natural de um rio.

A alteração ecológica inicial foi observada na cobertura vegetal que, ao ser modificada, aumentou em abundância de espécies, além de atrair outras, como os castores, responsáveis pela reformulação do bioma. Os castores são construtores de barragens e represam grande quantidade de água, o que atraiu lontras, sapos, patos e peixes, expandindo as cadeias alimentares e aumentando a complexidade do ambiente, de modo que outras espécies encontraram um hábitat mais propício para viver e se reproduzir.

É possível observar, em estudos como esse, a importância do que o desequilíbrio de uma espécie pode desencadear em toda a biodiversidade de um ecossistema. A introdução do lobo-cinzento como predador causou a morte de outros animais, como os alces e os veados. A intensa pressão que os lobos geraram fez essas duas espécies mudarem os hábitos de vida, alterando a dinâmica do ecossistema. A diversidade de espécies no parque sofreu aumento, mas isso não necessariamente acontece em outros casos de reintrodução de espécies. Há controvérsias quanto aos riscos de extinção, de modo que sempre é necessário um estudo cuidadoso do processo de reintrodução de uma espécie já extinta, visto que muitos fatores devem ser levados em conta. Portanto, o estudo de Ecologia é essencial para se entender a dinâmica do ambiente e como se dão os controles populacionais e de sucessão ecológica.



Matilha de lobos-cinzentos (*Canis lupus*) no Parque Nacional de Yellowstone, Estados Unidos.

- Controle populacional
- Sucessão ecológica

HABILIDADES

- Compreender a importância das relações ecológicas no controle das populações.
- Interpretar gráficos relacionados aos conceitos de controle populacional e sucessão ecológica.
- Explicar o conceito de sucessão, bem como seus estágios e sua importância para comunidades e ecossistemas.

CONTROLE POPULACIONAL

Corresponde à forma com que as populações naturais podem ter seu tamanho controlado por meio das relações ecológicas. Ou seja, por predatismo, parasitismo ou pelas competições intraespecífica e interespecífica.

PREDATISMO

O predatismo é um fator determinante para o controle populacional porque promove um controle mútuo, uma vez que os predadores dependem da quantidade de alimento disponível para sua sobrevivência. A presa, por outro lado, depende do número de predadores para ter sua população diminuída, de modo que os predadores podem controlar o número de presas ou então dizimar a população por completo.

O aumento de predadores corresponde à redução do número de presas. Uma vez que o número de presas diminui, a disponibilidade de alimentos para os predadores também diminui e, conseqüentemente, há encolhimento na população de predadores por fome ou redução na taxa de natalidade. Quando a população de predadores é reduzida, a taxa de predação contra as presas também diminui, e a população entra em equilíbrio. O aumento do número de presas torna a disponibilidade de alimento maior para os predadores e, por conta disso, ocorre expansão da população de predadores, reiniciando o processo.

No Canadá, por exemplo, foi observado um fenômeno típico entre populações de linces, que são predadores, e lebres, que são presas. O aumento da população de linces fez com que a população de lebres fosse reduzida.

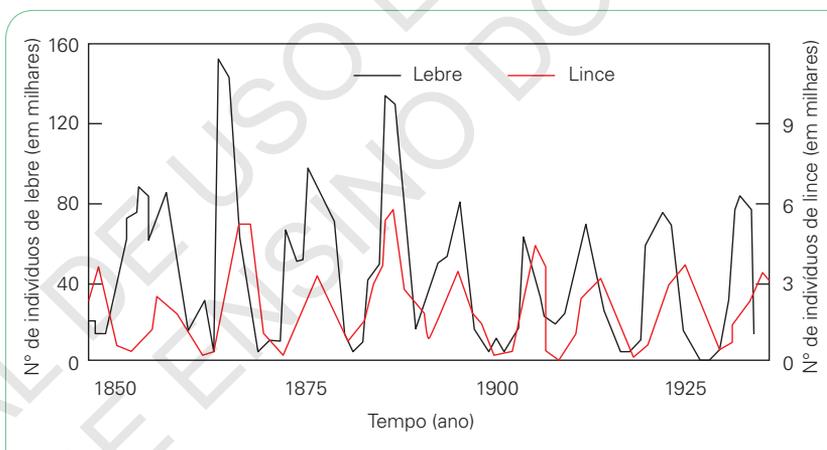


Gráfico da oscilação das populações de lebre e lince no Canadá entre 1850 e 1925.

Um estudo demonstrou que essas populações oscilam em tamanho, aumentando e diminuindo em períodos entre seis e nove anos. Os predadores sofreram diminuição em sua população por privação de alimento, e, então, a população de lebres começou a aumentar novamente. Em seguida, a população de linces acompanhou o crescimento da população de lebres, e assim sucessivamente.

MICHELE ALDEGHI/SHUTTERSTOCK



IMPR2003/ISTOCKPHOTO.COM

Lince (*Lynx* sp.), à esquerda, e lebre (*Lepus timidus*), à direita.

PARASITISMO

A relação entre parasita e hospedeiro leva ao equilíbrio das populações, e esta pode ser uma relação endêmica, epidêmica ou pandêmica.

A **relação endêmica** ocorre quando o número de hospedeiros parasitados em uma população é estável, possibilitando uma estimativa do número de futuros parasitados. Na **relação epidêmica**, o número de hospedeiros parasitados ultrapassa exageradamente o estimado, não havendo equilíbrio, o que pode ser grave para aquela população. O que difere a **relação pandêmica** das outras duas é a presença de diversos focos epidêmicos em áreas diferentes simultaneamente. Quando a população humana é afetada por parasitoses ou doenças virais, como a dengue, trata-se de uma relação pandêmica.

COMPETIÇÃO INTRAESPECÍFICA

A **competição intraespecífica** é mais um exemplo nas relações ecológicas de controle da densidade de certa população, seja por disputa de recursos como alimentos, seja pela **territorialidade**, isto é, a disputa por espaço. O território é delimitado normalmente pelo macho da espécie, de maneira que outros machos necessitam sair do grupo e dominar outros espaços. A **competição interespecífica** também afeta diretamente as populações, deixando-as menos densas, e isso ocorre principalmente por conta da disputa pelos mesmos recursos entre espécies que ocupam os mesmos nichos.

CURVA DE SOBREVIVÊNCIA

É possível analisar uma população através de suas curvas de sobrevivência, que relacionam o número de sobreviventes em função da idade, conforme o gráfico mostrado a seguir.

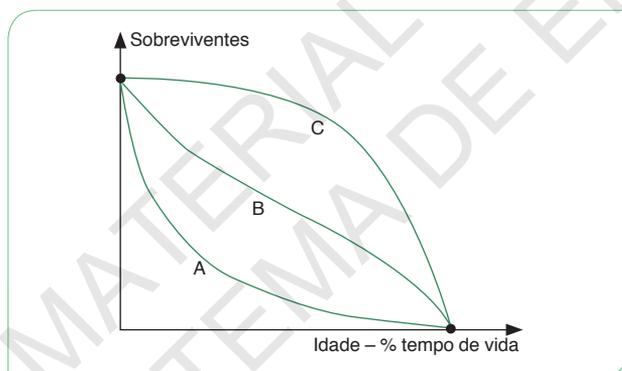


Gráfico de curvas de sobrevivência.

A curva **A** representa uma alta taxa de mortalidade entre jovens, sendo característica de animais com fase larval em seu desenvolvimento. Há um número alto de indivíduos, mas, com o passar do tempo, esse número diminui consideravelmente, uma vez que as larvas são mais vulneráveis à predação. Indivíduos que sobrevivem a essa fase tendem a ter boa expectativa de vida, com melhores condições de sobrevivência e, assim, estabilizam a população com um número mais baixo que o inicial.

A curva **B** indica uma taxa de mortalidade estável e igual nas diferentes idades, sendo, portanto, a curva

típica de uma população equilibrada. Muitos indivíduos nascem e, ao longo do tempo, são gradativamente mortos, sem quedas bruscas ou interrupções, o que mostra resistência e adaptação às condições ecológicas.

A curva **C** aponta uma baixa taxa de mortalidade entre jovens, que aumenta somente a partir de uma idade avançada, ao término da vida. Esse tipo de curva explica animais que vivem em grupos, e assim protegem e cuidam de suas crias. Os mamíferos são o grupo com mais espécies adaptadas a diversos ambientes, principalmente em razão do sucesso reprodutivo estabelecido com o cuidado parental.

LEITURA COMPLEMENTAR

O controle biológico usado como ferramenta

Em 2004, uma doença chamada *greening* alastrou-se e devastou as principais produções de frutas cítricas do país, promovendo grandes prejuízos para os produtores. Essa doença é causada pelas bactérias *Candidatus liberibacter asiaticus*, que são transmitidas por insetos psilídeos (*Diaphorina citri*), de coloração branca-acinzentada, com manchas escuras nas asas e tamanho entre 2 mm e 3 mm. Esses insetos são bastante comuns na época de germinação das plantas. Plantas afetadas por essa doença não conseguem se reproduzir, e as adultas em produção sofrem queda prematura dos frutos e definham com o tempo, até morrerem.

Em 2015, o Fundo de Defesa da Citricultura (Fundecitrus) inaugurou o Laboratório de Controle Biológico e, como produto inicial, desenvolveu uma vespa da espécie *Tamarixia radiata*, soltando-a nas citriculturas. Esse inseto é predador específico dos psilídeos, utilizando as ninfas para se reproduzir e, assim, matando-as antes de se tornarem adultas. Segundo a Fundecitrus, cada vespa consegue eliminar até 500 ninfas e, além disso, não há preocupações em desequilibrar o ecossistema, pelo fato de a vespa atingir apenas espécies de psilídeos. Em 2017, foram produzidas mais de 1 milhão de vespas liberadas em 734 propriedades, tanto em São Paulo quanto em Minas Gerais, abrangendo em torno de 4789 hectares.

FUNDO de Defesa da Citricultura (Fundecitrus). Soltura de vespas diminui população de psilídeo onde não há controle químico. Elas são inimigas naturais do inseto transmissor do greening. G1. 25 set. 2017. Disponível em: <<https://g1.globo.com/sp/sao-carlos-regiao/especial-publicitario/fundo-de-defesa-da-citricultura/unidos-contra-o-greening/noticia/soltura-de-vespas-diminui-populacao-de-psilideo-onde-nao-ha-controle-quimico.ghtml>>. Acesso em: abr. 2019. (Adaptado)

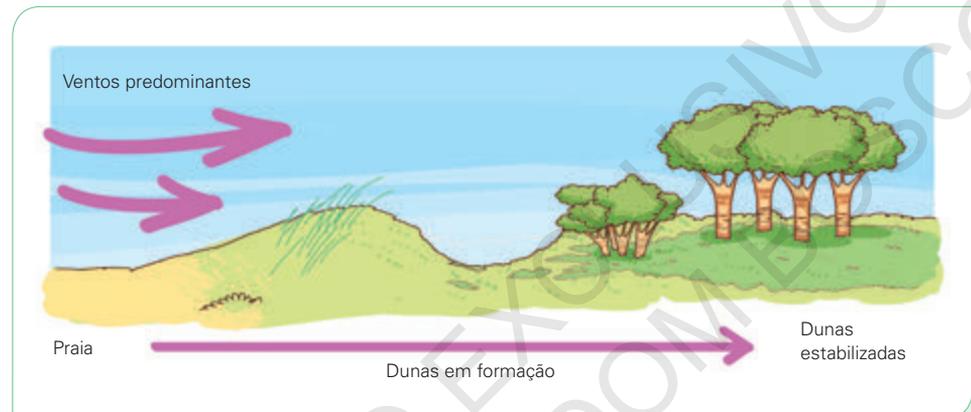


Psilídeo responsável por transmitir a bactéria causadora do greening.

NATURAL HISTORY COLLECTION / ALAMY STOCK PHOTO

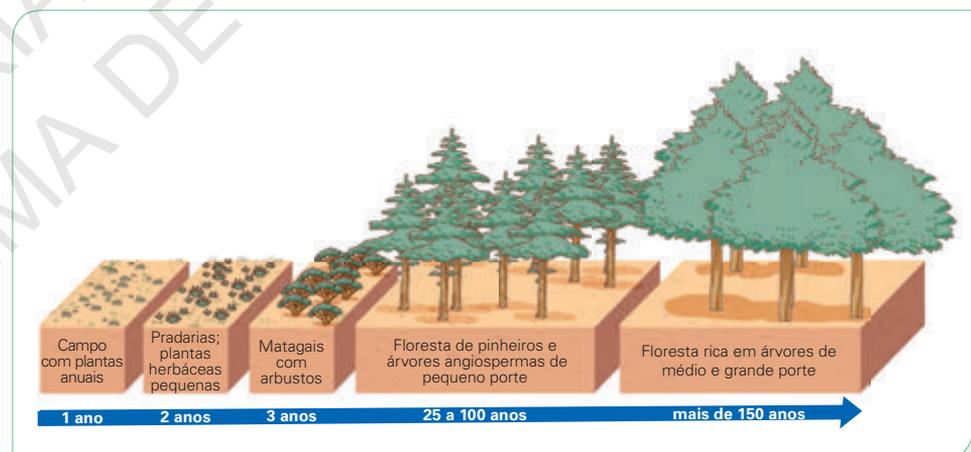
SUCCESSÃO ECOLÓGICA

É uma sequência de alterações nas comunidades ao longo de sua existência decorrente das mudanças no ambiente. As transformações na sucessão ecológica ocorrem em etapas e podem ser classificadas de acordo com seu substrato: **sucessões primária** e **secundária**. Na sucessão primária, inicialmente algumas espécies desencadeiam a ocupação de um ambiente anteriormente desabitado, povoando os substratos locais adversos como superfícies de rochas nuas, dunas e lavas vulcânicas. As espécies da sucessão primária são específicas por estarem sujeitas a condições pouco favoráveis e serem de fácil e rápido desenvolvimento.



Sucessão primária em dunas. Um local inicialmente não habitado passa a apresentar espécies pioneiras, que, ao longo dos anos, poderão transformar o ambiente em uma floresta estável. Elementos representados fora da escala de tamanho. Cores fantasia.

Na sucessão secundária, as espécies pioneiras (sucessão primária) já estão instaladas no ambiente, mas, por causa de algumas condições específicas, elas não conseguem se desenvolver. As comunidades previamente estabelecidas deixam o solo rico em nutrientes, por exemplo, proporcionando condições favoráveis para uma nova ocupação por uma diversidade maior de espécies. Esses locais podem ser um terreno dentro da cidade destituído de fauna e flora posteriormente abandonado, ou uma comunidade preservada que tenha sofrido queimadas, ou florestas recém-derrubadas.



Sucessão secundária em um campo abandonado. Um local antes habitado que passou por algum processo estocástico (queimadas, desmatamento etc.) começa a se restabelecer a partir de espécies pioneiras. Ao longo do tempo, o local se reequilibra, formando uma floresta estável. Elementos representados fora da escala de tamanho. Cores fantasia.

ESTÁGIOS DA SUCESSÃO ECOLÓGICA

A sucessão ecológica é dividida em três etapas: comunidade pioneira, comunidade intermediária e comunidade clímax.

A **comunidade pioneira** é a primeira comunidade que se instala no ambiente, formada por indivíduos que necessitam de poucos nutrientes para sobreviver, como líquens, musgos, samambaias, gramíneas e capins. Essas espécies têm grande importância, pois enriquecem o solo com nutrientes e umidade, promovendo condições ideais para o estabelecimento de outras populações. Em geral, esse estágio apresenta diversidade de espécies baixa, com predomínio de seres autótrofos que produzem mais do que consomem, com grande produção primária líquida.

A **comunidade intermediária** é constituída de herbáceas e arbustos; sementes dessas plantas são trazidas por aves, pela água ou pelo vento e germinam no ambiente. A produtividade líquida da comunidade intermediária é inferior à da comunidade pioneira. Entretanto, com o tempo, ela atinge desenvolvimento compatível com as condições ambientais do ecossistema a que pertence, tornando-se relativamente estável na etapa seguinte, além de ser mais resistente e proporcionar diversidade na paisagem.

Por fim, a **comunidade clímax** conta com produtividade líquida próxima a zero, de maneira que tudo que é produzido é consumido por ela. Além disso, apresenta maior diversidade de espécies, com organismos mais complexos e bem-adaptados, como animais e plantas de grande porte. A biomassa é maior e constante, uma vez que o consumo realizado pelas próprias plantas e os seres heterótrofos é intenso e há maior quantidade de nichos ecológicos.

Durante as fases de sucessão ecológica, a dinâmica populacional é intensa, com vários processos de migração e taxas variáveis de natalidade e mortalidade. No início, as espécies se alteram rapidamente, mas, ao longo do tempo, a diversidade e a biomassa da comunidade aumentam, as teias alimentares tornam-se cada vez mais complexas e a produtividade primária líquida (PPL) se reduz. O gráfico a seguir mostra esse processo por meio das variações de biomassa, diversidade de espécies e produtividade.

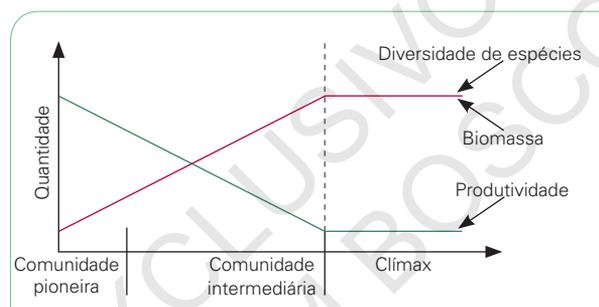


Gráfico comparativo de produtividade, biomassa e diversidade de espécies durante os períodos da sucessão ecológica.

Os ecossistemas aquáticos, como os lagos, também estão sujeitos à sucessão ecológica. Ao longo do tempo, a vegetação submersa começa a se desenvolver e, conseqüentemente, há deposição de matéria orgânica no fundo e nas margens do lago. A vegetação emergente ascende à superfície e encontra condições para se proliferar, o que dificulta a passagem de luz para o fitoplâncton que vive submerso. Esse processo transforma o lago em uma região pantanosa, e a vegetação herbácea é progressivamente sucedida por uma floresta, atingindo, portanto, a comunidade clímax.

LEITURA COMPLEMENTAR

Fogo × sucessão ecológica

Em 2017, o Parque Estadual do Pau Furado, localizado em Uberlândia (MG), sofreu o maior incêndio da história, e os reflexos após um ano ainda são visíveis. O Sistema Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos (Sisema) constatou que o maior impacto sofrido foi em relação à dinâmica florestal.

Desde a inauguração em 2007, o parque iniciou o processo de sucessão ecológica e inclusive, após dez anos de sua abertura, já apresentava uma vegetação mais densa, indicando um estágio um pouco mais avançado do processo. Com o fogo, o processo de sucessão retrocedeu, de maneira que o ambiente demorará mais tempo para se reestabelecer novamente.

O parque abrange uma área de 2,2 mil hectares entre Araguari e Uberlândia e tem fitofisionomia nativa do Cerrado. Embora o fogo tenha influenciado negativamente no processo de sucessão e prejudicado a dinâmica populacional do parque [Conforme discutido neste módulo], ele também é benéfico para que diversas espécies reiniciem o processo de germinação, uma vez que elas necessitam do fogo para que a germinação comece e, assim, possibilite o reequilíbrio da população.

MOURA, Marielle; CORREA, Arcênio. Equipes do Corpo de Bombeiros combatem... *G1*. 8 set. 2018. Fonte: <<https://g1.globo.com/mg/triangulo-mineiro/noticia/2018/09/08/equipes-do-corpo-de-bombeiros-combatem-incendio-as-margens-do-parque-estadual-do-pau-furado-em-uberlandia.ghtml>>.

Acesso em: abr. 2019. (Adaptado)

ROTEIRO DE AULA

CONTROLE POPULACIONAL E SUCESSÃO ECOLÓGICA

CONTROLE POPULACIONAL

Principais formas de controle populacional:

predatismo

parasitismo

competição

Quanto maior a população de predadores,

menor

a população de presas

No parasitismo as relações podem ser

endêmicas,

epidêmicas ou

pandêmicas

A competição

reduz

o número de indivíduos das populações

Relaciona o número de sobreviventes em função da idade:

curva de sobrevivência

SUCESSÃO ECOLÓGICA

A sucessão primária ocorre em locais

ainda não habitados.

A sucessão secundária ocorre em locais

que já foram habitados.

Estágios da sucessão

Comunidade pioneira

Comunidade intermediária

Comunidade clímax

A produtividade líquida tende a

zero

até o estágio final

A diversidade de espécies

aumenta

até o estágio final

A biomassa

aumenta

até o estágio final

Sucessão em lagos

A deposição de

matéria orgânica

forma região pantanosa

A vegetação herbácea é substituída por vegetação de floresta, formando a

comunidade clímax

EXERCÍCIOS DE APLICAÇÃO

1. Fuvest-SP – Nas margens de um rio, verificava-se a seguinte cadeia trófica: o capim ali presente servia de alimento para gafanhotos, que, por sua vez, eram predados por passarinhos, cuja espécie só ocorria naquele ambiente e tinha exclusivamente os gafanhotos como alimento; tais passarinhos eram predados por gaviões da região.

A lama tóxica que vazou de uma empresa mineradora matou quase totalmente o capim ali existente. É correto afirmar que, em seguida, o consumidor secundário

- teve sua população reduzida como consequência direta do aumento da biomassa no primeiro nível trófico da cadeia.
- teve sua população reduzida como consequência indireta da diminuição da biomassa no primeiro nível trófico da cadeia.
- não teve sua população afetada, pois o efeito da lama tóxica se deu sobre o primeiro nível trófico da cadeia, e não sobre o segundo.
- não teve sua população afetada, pois a lama tóxica não teve efeito direto sobre ele, mas sim sobre um nível trófico inferior.
- teve sua população aumentada como consequência direta do aumento da biomassa no segundo nível trófico da cadeia.

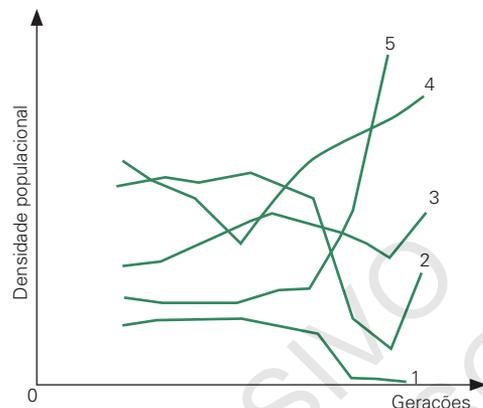
A alternativa A está incorreta porque houve redução da biomassa no primeiro nível trófico. As alternativas C, D e E estão incorretas porque sua população foi reduzida.

2. FGV – A comunidade clímax constitui a etapa final de uma sucessão ecológica. Considera-se que a comunidade chegou ao clímax quando

- as teias alimentares, menos complexas, são substituídas por cadeias alimentares.
- a produção primária bruta é igual ao consumo.
- cessam a competição interespecífica e a competição intraespecífica.
- a produção primária líquida é alta.
- a biomassa vegetal iguala-se à biomassa dos consumidores.

O processo de sucessão ecológica atinge um clímax quando a produção primária bruta é inteiramente consumida dentro da comunidade. A alternativa A está incorreta porque no clímax as teias alimentares são mais complexas. A alternativa C está incorreta porque, depois de atingir o clímax, as comunidades ainda estão sujeitas a controles populacionais, que podem ser regulados por competição. A alternativa D está incorreta porque a produtividade tende a zero no clímax, até que a produção seja igual ao consumo. A alternativa E está incorreta porque a biomassa aumenta.

3. Uerj (adaptada) – Traíras são predadoras naturais dos lambaris. Acompanhou-se, em uma pequena lagoa, a evolução da densidade populacional dessas duas espécies de peixes. Tais populações, inicialmente em equilíbrio, sofreram alterações pela pesca predatória de traíra. Esse fenômeno pode ser observado no gráfico a seguir, em que a curva 1 representa a densidade populacional de traíras.



Com base nessas informações, cite qual é o tipo de relação ecológica entre a traíra e o lambari e diga qual das curvas representa a variação da densidade populacional de lambaris. Explique como você chegou a essa conclusão.

A relação ecológica entre a traíra e o lambari é de predação, e a curva que representa a variação da densidade populacional de lambaris é a 5, pois, uma vez que a população de traíras é reduzida, a população de lambaris cresce rapidamente.

4. Cesmac-AL – Leia a notícia a seguir:

Número de focos de incêndio em setembro é o maior de toda a série histórica do Inpe, iniciada em 1999. Considerando o período de janeiro a setembro, o ano de 2017 já é o 2º com mais pontos de calor.

Fonte: <<https://g1.globo.com/natureza/noticia/brasil-tem-mes-com-maior-numero-de-queimadas-da-historia.ghtml>>.

É correto afirmar que, após a ocorrência de queimadas em uma dada floresta, haverá

- sucessão ecológica primária.
- sucessão ecológica secundária.
- ausência de novos nichos ecológicos.
- o não surgimento de comunidade clímax.
- aumento da biodiversidade e diminuição da biomassa.

A alternativa A está incorreta, porque se trata de sucessão ecológica secundária, por esse ter sido um local habitado anteriormente. A alternativa C está incorreta, porque, ao longo da sucessão, serão formados novos nichos. A alternativa D está incorreta, porque o fogo promoverá o início de uma sucessão secundária, e o último estágio da sucessão é a comunidade clímax. A alternativa E está incorreta, porque, em um primeiro momento, a queimada reduzirá a biodiversidade e aumentará a biomassa.

5. Acafe-SC (adaptada)

Bioinseticida feito de microrganismos

Depois de 15 anos de pesquisa, uma nova tecnologia para o controle biológico de pragas está pronta para uso comercial. Trata-se de um bioinseticida feito a partir de nematoides, vermes milimétricos que vivem no solo, para uso no combate a insetos e outros organismos que atacam cultivos como os de cana-de-açúcar, plantas ornamentais e eucalipto. O novo inseticida biológico foi desenvolvido pelo engenheiro agrônomo e entomologista Luís Garrigós Leite, da unidade de Campinas do Instituto Biológico, vinculado à Secretaria de Agricultura e Abastecimento do Estado de São Paulo. A comercialização dos nematoides será feita com os vermes envoltos em diatomita, um pó de origem mineral que deixa os vermes úmidos e em estado de latência. Só voltam à atividade quando o produto é diluído em água.

Fonte: g1. globo, 11 out. 2016. Disponível em: <<http://g1.globo.com/>>. Acesso em: mar. 2019.

Nesse sentido, marque V para as afirmações verdadeiras e F para as falsas.

- () Controle biológico é um fenômeno que pode acontecer espontaneamente na natureza e consiste na regulação do número de indivíduos de uma determinada espécie por inimigos naturais ou condições ambientais.
- () Os nematódeos são as presas nesse processo.
- () O controle biológico é um componente fundamental do equilíbrio da natureza, cuja essência está baseada no mecanismo da densidade recíproca, isto é, com o aumento da densidade populacional da presa ou do hospedeiro poderá aumentar, também, o número dos predadores ou dos parasitas. Dessa maneira, os inimigos naturais causam um declínio na população predada ou parasitada.
- () O controle biológico artificial é quando o homem interfere de modo a proporcionar um aumento de seres predadores, parasitas ou patógenos, podendo esses serem insetos, fungos, vírus, bactérias, nematoides e ácaros.

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

A segunda afirmação está incorreta, porque os nematódeos parasitarão os insetos, causando sua morte. São, portanto, considerados parasitas.

6. Fuvest-SP (adaptada)

C8-H28

Considere dois estágios, X e Y, de um processo de sucessão ecológica. No estágio X, há maior biomassa e maior variedade de nichos ecológicos. No estágio Y, há maior concentração de espécies pioneiras e a comunidade está sujeita a variações mais intensas. Qual dos dois estágios representa uma comunidade clímax? Explique como você chegou a essa conclusão.

O estágio X, pois a comunidade clímax apresenta maior biomassa

e grande diversidade de nichos ecológicos, com grande diversidade faunística.

Competência: Apropriar-se de conhecimentos da Biologia para, em situações-problema, interpretar, avaliar ou planejar intervenções científico-tecnológicas.

Habilidade: Associar características adaptativas dos organismos com seu modo de vida ou com seus limites de distribuição em diferentes ambientes, em especial em ambientes brasileiros.

EXERCÍCIOS PROPOSTOS

7. Uncisal-AL

As baratas urbanas são totalmente dependentes da presença dos seres humanos e importantes dentro da cadeia alimentar das cidades. Apesar de representarem cerca de 1% das espécies existentes de baratas do mundo, são numerosas e seu desaparecimento causaria um forte desequilíbrio nos ecossistemas urbanos.

FOX, E. Nojentas, mas úteis. *Ciência Hoje*, 284, ago. 2011. (Adaptado)

Que fator explicaria o desequilíbrio que ocorreria no ambiente em função do desaparecimento das baratas urbanas?

- a) O desaparecimento das baratas não causaria problemas, uma vez que baratas urbanas são sujas e transmitem doenças.
- b) O desaparecimento das baratas urbanas possibilitaria a substituição por uma população de baratas silvestres.
- c) O desaparecimento das baratas urbanas seria em função de seleção natural e não traria problemas para o ambiente.

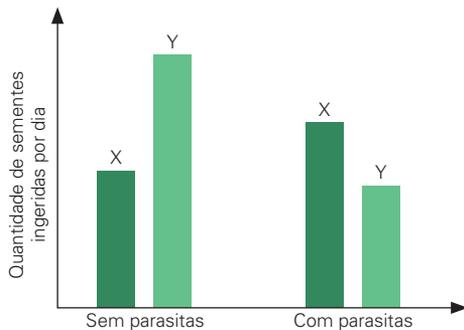
d) O desaparecimento das baratas urbanas impediria o processo de adaptação dos outros seres vivos ao ambiente urbano.

e) O desaparecimento das baratas urbanas quebraria muitas cadeias alimentares nas cidades, pois baratas são onívoras.

8. UCS-RS – A sucessão ecológica é o processo de colonização de um ambiente por seres vivos. Com o passar dos anos, os organismos que habitam um determinado local vão sendo substituídos por outros. São exemplos de espécies pioneiras em um processo de sucessão ecológica na superfície de uma rocha

- a) líquens e briófitas.
- b) anelídeos e platelmintos.
- c) angiospermas e gimnospermas.
- d) pteridófitas e artrópodes.
- e) nematoides e insetos.

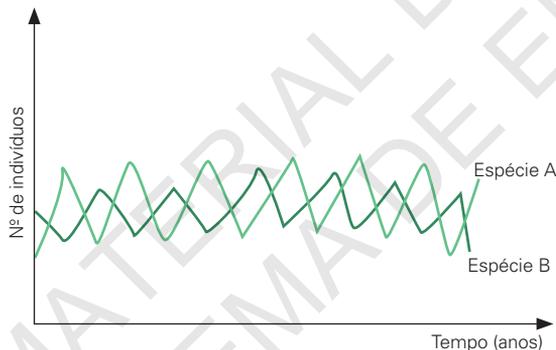
9. Famerp-SP – Indivíduos de duas espécies de roedores (X e Y) competem entre si por sementes de girassol, podendo, além disso, apresentar os mesmos parasitas intestinais. Em um experimento, um pesquisador manteve a mesma quantidade de indivíduos dessas duas espécies no mesmo ambiente, com sementes de 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

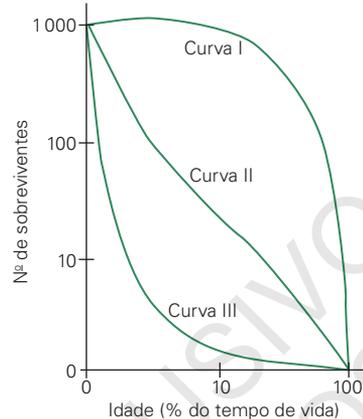
- quando os parasitas estão ausentes, as espécies X e Y não competem entre si.
- quando os parasitas estão ausentes, a espécie X é melhor competidora do que a espécie Y.
- quando os parasitas estão presentes, a espécie X é melhor competidora do que a espécie Y.
- os parasitas não influenciam a competição entre as duas espécies de roedores.
- quando os parasitas estão presentes, a espécie Y é melhor competidora do que a espécie X.

10. Sistema Dom Bosco – O gráfico a seguir representa a relação ecológica entre duas espécies.



Cite qual o tipo de relação ecológica entre essas espécies e explique a importância dela para o ecossistema.

11. UFRGS-RS – A figura a seguir apresenta três padrões hipotéticos de curvas de sobrevivência, frequentemente encontrados na natureza.



Assinale com V (verdadeiro) ou F (falso) as afirmações a seguir, referentes a essas curvas.

- A curva I ilustra uma situação na qual a probabilidade de sobrevivência é aproximadamente igual durante a maior parte da vida.
- A curva II caracteriza organismos com poucos descendentes e muito investimento parental.
- A curva III é típica de organismos cuja sobrevivência é baixa entre os jovens.
- A curva III caracteriza organismos com muitos descendentes e nenhum cuidado parental.

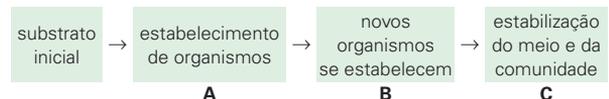
A sequência correta de preenchimento dos parênteses, de cima para baixo, é

- V - V - F - F.
- F - V - V - V.
- V - F - V - V.
- F - V - F - F.
- F - F - V - V.

12. UFRGS-RS – Os ecossistemas naturais terrestres passam por mudanças através da sucessão ecológica. Em relação a esse processo, é correto afirmar que ocorre

- estabilidade da biomassa total.
- aumento da biodiversidade.
- diminuição no tamanho dos indivíduos.
- aumento da vegetação pioneira.
- estabilidade na reciclagem dos nutrientes.

13. Udesc – Analise o organograma, que representa algumas fases de uma sucessão ecológica em um determinado bioma.

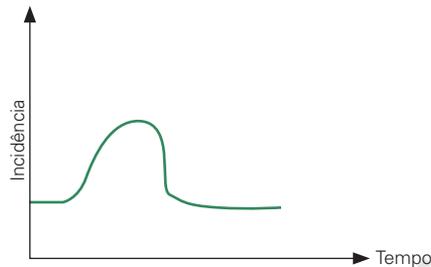
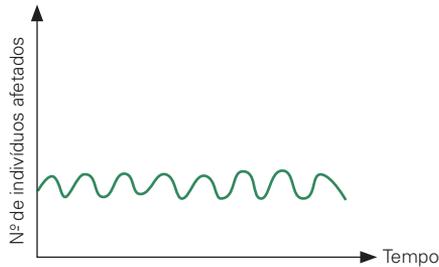


Em relação à sucessão ecológica, assinale a alternativa correta.

- Os organismos pioneiros, geralmente, não alteram as condições originais do local onde se instalam.
- Os organismos presentes nas fases A e C fazem parte das chamadas comunidades clímax.
- Em B tem-se as chamadas espécies pioneiras, como as plantas arbustivas.

- d) Com o passar do tempo, as complexidades estrutural e funcional do ecossistema tendem a aumentar.
- e) Se o substrato inicial for uma região que já foi anteriormente ocupada por uma comunidade, tem-se a chamada sucessão ecológica primária.

14. Sistema Dom Bosco – O parasitismo é uma forma de controlar as populações de determinadas espécies, reduzindo suas densidades. Existem, dentro do parasitismo, relações endêmicas, epidêmicas e pandêmicas. Os gráficos a seguir representam duas dessas relações. Diga qual gráfico se refere a cada uma delas e explique-os.

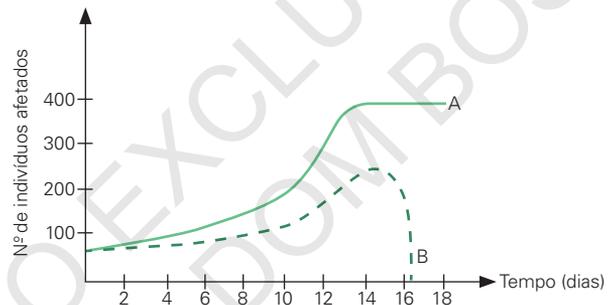


15. IFSul-MG – Krakatau, antes chamada equivocadamente Krakatoa, uma ilha do tamanho de Manhattan, localizada entre Java e Sumatra, desapareceu no fim da manhã de 27 de agosto de 1883. Foi despedaçada por uma série de poderosas erupções vulcânicas. O centro de Krakatau fora substituído por uma cratera submarina de 7 km de comprimento e 270 m de profundidade. Somente um resquício da extremidade sul ainda estava acima do nível d'água, coberto por uma camada de pedra-pomes de 40 m ou mais de espessura e com uma temperatura de 300 °C a 850 °C, suficiente para derreter chumbo. Todo e qualquer sinal de vida havia, é claro, sido extinto.

O texto anterior serve como exemplo para discutir um assunto muito importante nos estudos de ecologia: o processo de sucessão ecológica, ou seja, como a vida se reorganiza em ecossistemas perturbados pela ação antrópica ou por causas naturais. A partir do texto e de outros conhecimentos sobre o assunto, pode-se dizer que

- a) nesses casos, conforme descrito no texto, a sucessão ecológica é inicialmente mais lenta, tanto pelo fato de estar longe de fontes de propágulo quanto por se tratar de uma sucessão primária.
- b) a diversidade de espécies tende a diminuir à medida que o processo de sucessão vai ocorrendo, pois nesses casos certas populações tendem a dominar o ambiente degradado.
- c) na sucessão secundária as espécies ditas pioneiras são normalmente de grande porte, e a energia produzida é totalmente gasta para manter os processos respiratórios.
- d) o estágio clímax de uma sucessão ecológica somente poderá ser atingido em áreas em que ocorre sucessão secundária, mas em áreas de sucessão primária isso não é possível.

16. UPE – Observe o gráfico a seguir:



Com base nele e nos fatores que interferem no crescimento e nas densidades populacionais, analise as seguintes afirmativas:

- I. As curvas "A" e "B" podem corresponder a populações de duas espécies diferentes que habitam o mesmo ecossistema. O crescimento da população da espécie A não influencia o crescimento da população da espécie B.
- II. As espécies "A" e "B" apresentaram resistência ambiental até o 14º dia, e, após esse período, as taxas de natalidade e de mortalidade foram praticamente equivalentes na espécie "A" e diferentes na espécie "B" ao longo do tempo.
- III. Os potenciais bióticos das espécies das populações "A" e "B" são iguais e crescem com base na natalidade fisiológica e na capacidade de sobrevivência, fatores proporcionais ao aumento da densidade populacional.
- IV. Fatores como velocidade de reprodução, mecanismos de defesa, falta de hábitat adequado, condições climáticas adversas estão relacionados à resistência ambiental e controlam o crescimento populacional.
- V. A carga biótica máxima do ambiente é dada pelo limite máximo de indivíduos que o ambiente suporta, estando relacionada à densidade. Assim, a partir de certo ponto, quanto maior a densidade, menor a velocidade de crescimento de uma população.

Estão corretas apenas

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

17. Unesp (adaptada) – Considere um lago em processo de sucessão ecológica. Explique como se dá o processo de sucessão no lago e o que acontece com a biomassa desse ecossistema durante o processo.

ESTUDO PARA O ENEM

18. Enem (adaptada)

C5-H19

A microvespa *Trichogramma* sp. coloca seus ovos junto aos ovos de outros insetos, para que sirvam de alimento à sua prole quando nascerem. Existem algumas espécies de borboletas que se alimentam das folhas do algodoeiro. Se adicionarmos a microvespa aos ovos das borboletas, será possível reduzir a densidade desta, de maneira que a cultura de algodão não sofra prejuízos.

A técnica de controle biológico realizado pela espécie de microvespa consiste em

- introduzir um parasita no ambiente da espécie predadora de algodoeiros.
- introduzir um gene letal nos ovos das borboletas, para reduzir a população.
- promover competição entre a microvespa e a borboleta na obtenção de recursos.
- alterar o hábitat das espécies e, assim, selecionar os melhor adaptados.
- aplicar inseticidas no algodoeiro, reduzindo a população da espécie predadora.

19. Enem

C8-H28

Um pesquisador investigou o papel da predação por peixes na densidade e no 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 ²)	Tamanho médio dos indivíduos (cm)	Densidade (indivíduos/m ²)	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)

- algas, estimulando seu crescimento.
- cracas, predando especialmente animais pequenos.
- mexilhões, predado especialmente animais pequenos.
- quatro espécies testadas, predando indivíduos pequenos.
- ascídias, apesar de não representarem os menores organismos.

20. Sistema Dom Bosco

C3-H12

Os ministérios do Meio Ambiente (MMA) e da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações (MCTIC) divulgaram a taxa preliminar do Projeto de Monitoramento do Desmatamento na Amazônia Legal por Satélite (PRODES). Entre agosto de 2017 e julho de 2018, o sistema registrou aumento no desmatamento da Amazônia de 13,7% em relação aos 12 meses anteriores. Foram suprimidos 7900 km² de Floresta Amazônica, o que equivale a mais de cinco vezes a área da cidade de São Paulo. Essa é a maior taxa divulgada desde 2009, ano em que se registrou 7464 km². Os estados que mais desmataram foram Pará (35,9%), Mato Grosso (22,1%), Rondônia (16,7%) e Amazonas (13,2%).

Disponível em: <<https://www.wwf.org.br/?68662/maior-aumento-desmatamento-amazonia-dez-anos>>. Acesso em: abr. 2019.

A sucessão ecológica é um processo ordenado de mudanças que reestabelece o ecossistema após o desmatamento até alcançar uma fase de clímax, gerando equilíbrio entre os seres vivos e os fatores abióticos constituintes daquele ambiente.

Sobre o processo de sucessão ecológica na Amazônia:

- a) Corresponde à sucessão primária.
- b) Corresponde à sucessão secundária.
- c) A área desmatada corresponde à comunidade pioneira.
- d) Os primeiros seres a recobrir o ambiente desmatado serão plantas herbáceas.
- e) A biomassa, ao atingir a comunidade clímax, será mais elevada do que no estágio inicial.

MATERIAL DE USO EXCLUSIVO DO SISTEMA DE ENSINO DOM BOSCO

DESEQUILÍBRIOS AMBIENTAIS

56

No final de 2015, a barragem de rejeitos da mineradora Samarco se rompeu, provocando uma enxurrada de lama que invadiu casas e destruiu o distrito de Bento Rodrigues, em Mariana (MG), atingindo o rio Doce. Quatro anos depois, em janeiro de 2019, a tragédia se repetiu. Dessa vez, na cidade de Brumadinho (MG), em que outra barragem, na mina do Feijão, se rompeu, provocando um mar de lama que encobriu toda a região de mineração, incluindo a base administrativa da Vale – multinacional responsável pela Samarco –, atingindo o rio Paraopeba, que desemboca no rio São Francisco. Na última contagem, feita pela Polícia Civil em maio de 2019, o número de mortos identificados em Brumadinho foi de 244 vítimas.

Intervenções ambientais feitas por seres humanos causam cada vez mais perdas irreparáveis aos ecossistemas, contaminando a fauna e a flora nativas por rejeitos de minérios contendo metais pesados. Essas alterações incluem a extinção de diversas espécies endêmicas das regiões afetadas, a destruição do habitat de diversos seres vivos e a eliminação de ecossistemas inteiros e até de uma grande parte do bioma da região. Além dos danos diretos, há danos indiretos de longo prazo, como a alteração das relações biológicas intrínsecas, em que o desaparecimento ou a diminuição da população de uma espécie influencia no controle populacional de outras. Foi observado, por exemplo, o aumento da incidência de mosquitos nessas regiões mencionadas, uma vez que sapos e outros predadores foram praticamente extintos do ambiente.

A lama que atingiu toda a região secará lentamente, formando uma espécie de cimento que, pela baixa quantidade de matéria orgânica, impede o desenvolvimento de várias espécies.

Os ambientes aquáticos também sofrem com esses crimes ambientais, pois a lama não tem oxigênio suficiente dissolvido, fazendo com que qualquer ser vivo presente no ambiente morra asfixiado. A economia de subsistência das populações ribeirinhas e rurais que usufruem das águas dos rios foi imensamente impactada, pois os cursos de água sofreram assoreamento e alterações em seus caminhos. O ecossistema marinho é também afetado quando a lama chega aos mares, por conta dos rios que desembocam no oceano, de modo que a lama densa pode interferir no deslocamento dos peixes da região, atrapalhar a nidificação das tartarugas, além de contaminar parte da fauna oceânica com os rejeitos da mineração.

Segundo o então presidente da Vale, a fiscalização das barragens havia sido feita de acordo com as normas de segurança. Entretanto, não é a primeira vez que tragédias e crimes ambientais como esses acontecem, levando a população e as autoridades a refletir sobre a importância de medidas preventivas e leis ambientais que são negligenciadas no Brasil.

- Alterações abióticas
- Alterações bióticas
- Desenvolvimento sustentável

HABILIDADES

- Citar e explicar os principais impactos abióticos e bióticos que desequilibram um ecossistema.
- Compreender a importância de conservar ambientes naturais e suas espécies nativas.
- Refletir sobre os desastres ambientais causados pela intervenção antrópica.



Mar de lama formado pelo rompimento da barragem do Feijão, em Brumadinho (MG), em 2019.

ALTERAÇÕES ABIÓTICAS

São alterações ambientais ocorridas pela liberação de energia, como a luz, ou de matéria, como gases poluentes, resultando em um desequilíbrio que prejudica o ambiente e os seres vivos.

MONÓXIDO DE CARBONO (CO) E DIÓXIDO DE CARBONO (CO₂)

O CO é liberado a partir da combustão parcial dos combustíveis fósseis de indústrias e automóveis. Esse gás poluente é extremamente tóxico para o ser humano, pois tem grande afinidade com a molécula de hemoglobina e se liga fortemente a ela, de modo que a hemoglobina perde a capacidade de se ligar ao oxigênio, o que pode levar indivíduos a uma asfixia letal. Por isso, é importante ter cuidado com a inalação de CO em locais fechados, como garagens e túneis com automóveis em funcionamento, com aquecedores residenciais a gás e lareiras.

Já o CO₂ é utilizado como matéria-prima na fotossíntese e é liberado naturalmente no ambiente por meio da respiração. A queima de combustíveis fósseis tem aumentado em demasia sua concentração na atmosfera, intensificando o efeito estufa e alterando a temperatura da Terra. As queimadas e as atividades industriais também têm contribuído com o aumento da concentração desse gás.

O aumento da concentração de CO₂ na atmosfera eleva a dissolução desse gás nos oceanos e faz com que haja redução do pH (aumento da acidez) das águas, aumentando a concentração de íons H⁺. A acidificação dos oceanos afeta o metabolismo de vários organismos marinhos, como moluscos, corais e equinodermos, reduzindo a capacidade deles de formarem estruturas corporais rígidas, o que pode levar à extinção dessas espécies. Os produtores marinhos, como os fitoplânctons, também são afetados, o que compromete toda a cadeia alimentar dos demais organismos do ecossistema.



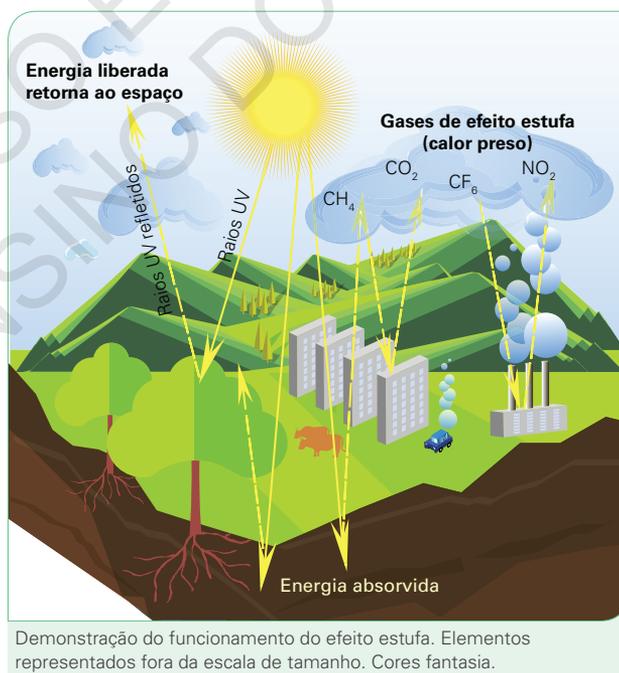
Os corais estão entre os animais mais afetados pela acidificação dos oceanos.

MYCHADREZ/ISTOCKPHOTO.COM

EFEITO ESTUFA E MUDANÇAS CLIMÁTICAS

O CO₂ tem papel essencial no fenômeno conhecido como efeito estufa, que ocorre da seguinte forma: a energia luminosa do Sol, ao atingir a atmosfera terrestre, é refletida, em parte, de volta para o espaço. Uma parcela dessa energia consegue atravessar a atmosfera, sendo absorvida pelo planeta e promovendo o aquecimento da atmosfera terrestre, de modo que a concentração de CO₂ dificulta a saída desse calor e gera uma estufa que mantém a temperatura da Terra. Quando a quantidade desse gás é excessiva, o calor é cada vez mais retido na atmosfera, e isso contribui para o aquecimento da superfície, o que afeta diretamente os ciclos biogeoquímicos e a vida de várias espécies.

Desde a Revolução Industrial, no século XVIII, a utilização de combustíveis fósseis, como o carvão mineral e o petróleo, promoveu um aumento da concentração de CO₂ na atmosfera. Anualmente, são lançados de 5 bilhões a 6 bilhões de toneladas desse gás, tornando sua concentração cada vez mais elevada e, em consequência, modificando o clima do planeta com desequilíbrios ambientais.



DANYLUKII/SHUTTERSTOCK

GÁS OZÔNIO (O₃)

A camada de ozônio, conforme discutido em módulos anteriores, situa-se na estratosfera, entre 15 km e 50 km de altitude. Tem como principal função filtrar as radiações ultravioletas (UV) originadas do Sol. Os átomos livres de oxigênio em altas altitudes reagem com moléculas de O₂, formando a molécula de ozônio (O₃). Por ser altamente reativa e oxidante, essa reação acontece de maneira espontânea e muito rápida, mas é também bastante instável e se dissocia com facilidade ao entrar em contato com os raios UV. Para que haja dissociação da molécula de ozônio, deve haver absorção

de raios UV. Esses fenômenos de formação e dissociação do ozônio na estratosfera conferem uma proteção constante e eficiente para a superfície terrestre.

Ao longo dos anos, tem-se intensificado a redução da camada de ozônio no planeta, em especial na região da Antártica, possibilitando uma maior incidência de raios UV na atmosfera. Essa redução se dá principalmente pela reação do O_3 com compostos que o desestruturam e destroem sua conformação ideal. Em excesso, as radiações podem provocar sérios danos aos seres vivos e aos ecossistemas, como a diminuição da população de fitoplânctons, interferindo em cadeias alimentares inteiras; a perturbação dos ciclos reprodutivos das plantas; a intensificação do efeito estufa; e o aumento da ocorrência de doenças de pele em humanos.

A principal causa da redução da camada de O_3 se deve ao uso excessivo de clorofluorcarbonos (CFCs), que entram em contato com o ozônio e dissociam essa molécula. Os CFCs são produzidos, em sua maioria, na fabricação de plásticos, e antigamente estavam presentes em muitos aerossóis (desodorantes, aromatizadores de ambiente etc.).



Simulação do efeito estufa, com raios solares (amarelo) e a camada de ozônio (vermelho). Elementos representados fora da escala de tamanho. Cores fantasia.

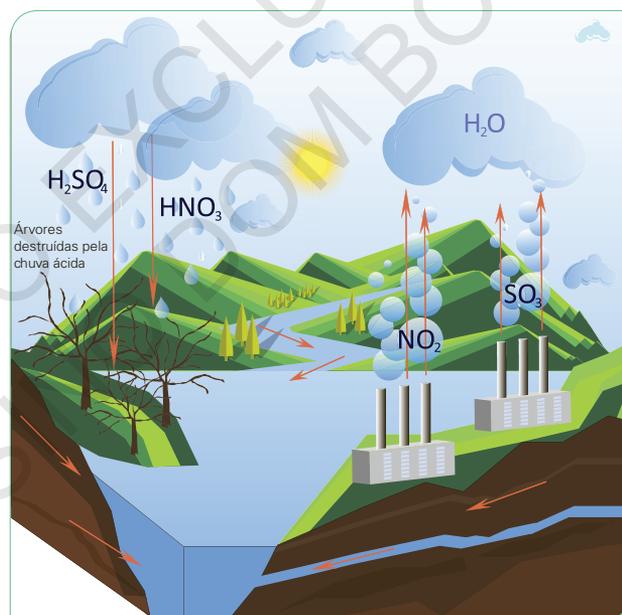
CHUVA ÁCIDA E COMPOSTOS NITROGENADOS

O dióxido de enxofre (SO_2) é um dos poluentes atmosféricos formados na queima de combustíveis fósseis, no aquecimento doméstico e na geração de energia. O carvão mineral, que é um desses combustíveis fósseis, é composto aproximadamente de 3% de enxofre. Além dele, o gás sulfídrico (H_2S), proveniente da decomposição de matéria orgânica, afeta as vias aéreas, quando oxidado a SO_3 (óxido sulfúrico).

O gás carbônico (CO_2), presente naturalmente na atmosfera, reage com a água também presente no ar, gerando o ácido carbônico (H_2CO_3), que possui um pH igual a 5,6. Como essa formação é espontânea, a chuva em equilíbrio com o CO_2 é naturalmente ácida e, por isso, ela tem um excesso de acidez quando seu pH for menor que 5,6.

Esse aumento da acidez na chuva ocorre principalmente quando há um aumento na concentração de óxidos de enxofre e de nitrogênio na atmosfera. O SO_2 reage com o oxigênio e com a água livres na atmosfera e, juntos, formam o ácido sulfúrico (H_2SO_4), bastante corrosivo e constituinte da **chuva ácida**. Ainda, assim como acontece com outros óxidos, o SO_2 , ao reagir com a água, forma também o ácido sulfuroso (H_2SO_3), que da mesma forma acidifica a água.

Ao cair em formato de chuva, acidificam o solo e destroem áreas extensas de vegetação em razão do baixo pH. Além disso, corroem rochas, metais e outros materiais. A acidez elevada pode levar à morte de determinados organismos aquáticos, e esse tipo de poluição pode, inclusive, ser levado pelos ventos para outras regiões do planeta.



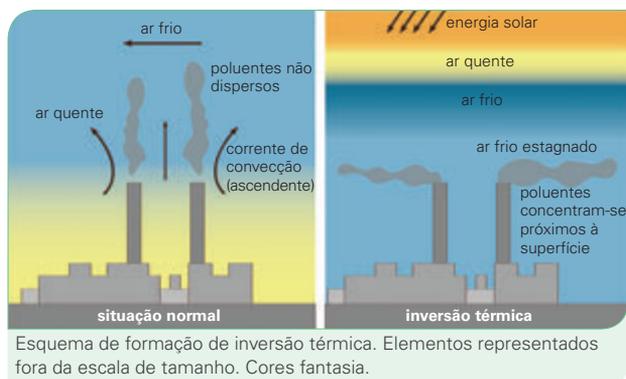
Esquema indicando como ocorre a chuva ácida. Elementos representados fora da escala de tamanho. Cores fantasia.

Em relação aos compostos nitrogenados, o dióxido de nitrogênio (NO_2) é formado também a partir da combustão de combustíveis fósseis e do uso de fertilizantes na agricultura. É um gás marrom-avermelhado, prejudicial às plantas e aos animais, que participa na formação de ozônio, no aumento do efeito estufa e contribui para a formação da chuva ácida, embora seus produtos não sejam tão corrosivos quando comparados aos compostos de enxofre.

INVERSÃO TÉRMICA

Em geral, a renovação do ar atmosférico é realizada por convecção, de maneira que a radiação solar atravessa a atmosfera, aquecendo a crosta terrestre. O solo aquecido libera calor e aquece o ar, que se expande e sobe para regiões mais elevadas da atmosfera. Isso faz com que camadas mais frias na região superior sejam deslocadas para baixo, originando correntes de convecção que renovam o ar junto ao solo.

No inverno, os raios solares aquecem apenas as camadas superiores da atmosfera, promovendo inversão, ou seja, uma camada de ar quente se sobrepõe à de ar frio, evitando que as correntes de convecção se originem. Isso faz que os poluentes não consigam se dissipar, acumulando-se entre 1 km e 3 km acima da superfície e gerando sérias complicações respiratórias. A esse fenômeno damos o nome de **inversão térmica**.



DERRAMAMENTO DE PETRÓLEO

O vazamento do óleo bruto ou de derivados é capaz de alterar cadeias e ecossistemas inteiros, eliminando fitoplânctons, que são organismos muito sensíveis, além de aves e animais marinhos, com um impacto de difícil controle. O óleo, por ser menos denso que a água, permanece na superfície dela e impede a passagem da luz solar, reduzindo a taxa fotossintética. Além de ser tóxico, tem uma consistência que adere à pele e às penas dos animais, podendo até mesmo fazer com que fiquem presos na superfície.

Um método bastante eficiente para mitigar os impactos do petróleo em ambientes marinhos é a **biorremediação**, que consiste em introduzir algumas espécies de fungos e bactérias que conseguem degradar os componentes do petróleo, utilizando os hidrocarbonetos como fonte de energia.



Pinguim-africano (*Spheniscus demersus*) coberto de óleo.

METAIS PESADOS

Os metais pesados extraídos de garimpos costumam acumular-se nos organismos das cadeias alimentares, promovendo cegueira, má formação nos

embriões, ulcerações nas gengivas, perda do tato e distúrbios no sistema nervoso. Indústrias químicas que atuam na produção de fungicidas utilizam, por exemplo, mercúrio, um desses metais. Já a queima da gasolina e as indústrias de cristais e fundição liberam chumbo, que causa saturnismo no ser humano, doença caracterizada por perturbações nervosas, nefrites crônicas, paralisia cerebral e anemia.

A absorção de metais pesados pelo organismo provoca **bioacumulação**, pelo fato de os seres vivos não conseguirem eliminá-los adequadamente. Assim, o mercúrio ingerido por um integrante da cadeia alimentar é passado aos demais níveis tróficos, que também acumulam esse metal. Aos poucos, todos os organismos da cadeia trófica são contaminados, de modo que as complicações e os efeitos gerados afetam todas as populações e seus descendentes. A transferência das substâncias tóxicas de materiais pesados de um nível trófico para outro é chamada **magnificação trófica**.

EUTROFIZAÇÃO

O processo de eutrofização da água se dá pela liberação de esgoto e lixo nos rios e oceanos ou pela deposição de fertilizantes que chegam às águas por lixiviação, poluindo-as. O aumento de compostos nitrogenados e fosfatados nas águas promove a proliferação de cianobactérias e algas, que consomem grande parte do oxigênio dissolvido na água.

O crescimento descontrolado das populações de algas na superfície da água dificulta a passagem de luz para outras espécies de algas presentes em regiões mais profundas, impossibilitando a realização da fotossíntese. Com isso, a quantidade de oxigênio é reduzida ainda mais, tornando imprópria a qualidade da água, e, por fim, causando a morte dos seres vivos.



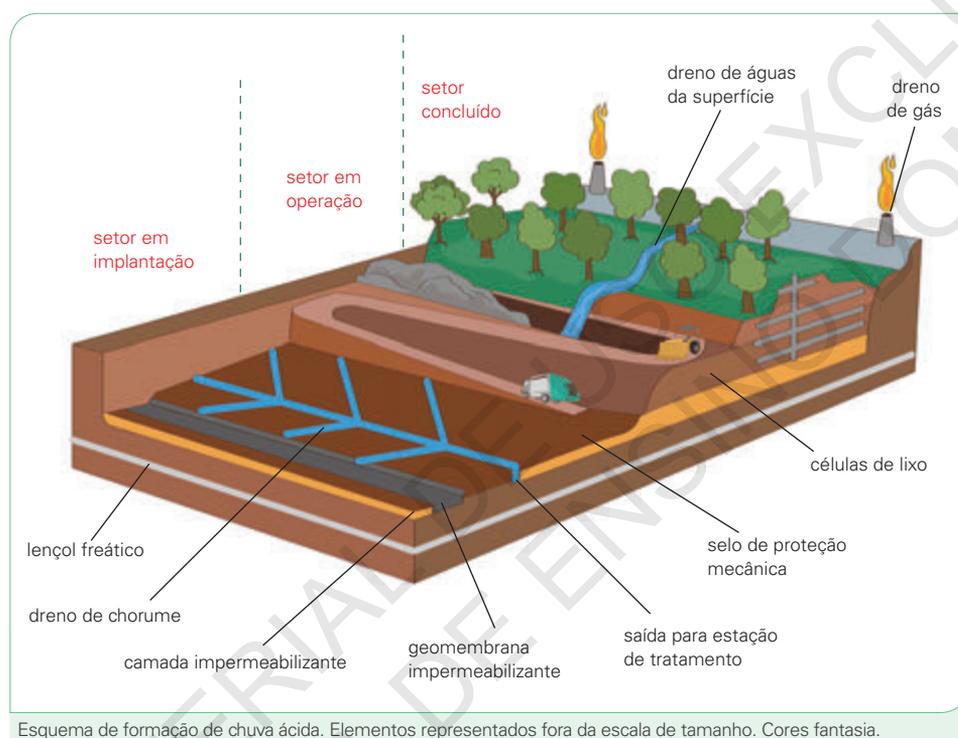
Lago eutrofizado com população evidente de algas na superfície.

RESÍDUOS SÓLIDOS

Resíduo sólido é todo lixo gerado nas cidades, nas regiões rurais e nas áreas industriais. São resíduos que necessitam de tratamento especial, uma vez que processos inadequados promovem contaminação do meio ambiente. Atualmente, os principais destinos para os resíduos sólidos são: lixão, aterro sanitário, incineração, compostagem e reciclagem.

O **lixão** é o depósito de resíduos a céu aberto, sem nenhuma preparação do solo, promovendo infiltração de componentes liberados pela decomposição residual, que levam à contaminação direta. Esse método também produz chorume, líquido resultante de processos de decomposição biológica, física e química, que entra no solo, contaminando o lençol freático. O excesso de lixo gera, ainda, desequilíbrio das populações de insetos e ratos, que são vetores de diversas doenças humanas graves, causando epidemias infecciosas entre os demais seres vivos.

O **aterro sanitário** é um local em que o lixo é isolado do ambiente em camadas sobrepostas e compactas, passando por técnicas de impermeabilização e, assim, promovendo o mínimo de contaminação. O chorume também é produzido nesse caso, mas passa por tratamento. O gás metano liberado pela decomposição do lixo pode ser usado como biogás na geração de energia. Ao final do processo, a proposta é recuperar a área utilizada como aterro. Em 2010, foi instituída uma lei que determinava que somente resíduos para os quais ainda não há viabilidade econômica ou não há tecnologia de tratamento deverão ser destinados aos aterros. Os demais resíduos deverão ser encaminhados para tratamento e reciclagem.



A **incineração** é o processo utilizado para rejeitos hospitalares, por exemplo, pelo qual o lixo é queimado em câmaras, evitando contaminações. Depois desse processo, as cinzas podem ser empregadas nas indústrias de fertilizantes. Entretanto, esse procedimento libera gases poluentes no ambiente, e, portanto, é imprescindível o uso de filtros nas chaminés para minimizar as emissões.

A **compostagem** é um procedimento mais comum nas áreas rurais e promove a reutilização de compostos orgânicos, como restos de alimento, folhas e frutos, para a produção de fertilizantes de solo.

A **reciclagem** é a forma de reaproveitamento da matéria-prima para a fabricação de novos produtos, como vidros, metais, papéis e plásticos, evitando o acúmulo de resíduos e o consumo de matéria-prima de maneira descontrolada.

ALTERAÇÕES BIÓTICAS

São as alterações ambientais causadas pelas atividades humanas, interferindo ou utilizando-se de seres vivos presentes nos ecossistemas. A introdução de animais exóticos e a extinção de alguma espécie podem causar danos irreversíveis.

INTRODUÇÃO DE ESPÉCIES

Espécies que são introduzidas em ambientes dos quais não fazem parte originalmente são denominadas **exóticas**. Elas apresentam uma boa adaptação natural ao ambiente, proliferam-se com facilidade e tendem a competir com as espécies nativas, exercendo dominância sobre elas. Em alguns casos, esse impacto pode ser imperceptível, mas em outros pode ser catastrófico, modificando profundamente a estrutura do ecossistema e gerando prejuízos econômicos.

São comuns casos de introdução de espécies vegetais exóticas em projetos paisagísticos que não valorizam espécies nativas, que muitas vezes não ficam restritas às áreas do projeto e se proliferam por todo o ambiente.

EXTINÇÃO DE ESPÉCIES

O processo que leva à extinção de uma espécie pode ocorrer naturalmente, associado a eventos estocásticos, como um terremoto ou vulcanismo. Por outro lado, a ação antrópica também leva à extinção de inúmeras espécies, como a caça predatória, a introdução de espécies exóticas, a poluição, a destruição

ou a fragmentação de habitats, as queimadas, além da poluição e da acidificação dos oceanos.

DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

Corresponde ao crescimento econômico que contempla o uso racional dos recursos naturais. O desenvolvimento sustentável apresenta três aspectos principais: recursos não renováveis só podem ser utilizados à medida que possam ser substituídos por outros equivalentes, que sejam renováveis; o consumo de recursos renováveis não deve ultrapassar sua capacidade de renovação; a quantidade de rejeitos produzidos não deve ultrapassar a capacidade de absorção dos ecossistemas. O desenvolvimento sustentável prevê integração entre a economia, a sociedade e o ambiente, isto é, a sociedade deve crescer economicamente tendo como base a inclusão social e a proteção ao meio ambiente, uma vez que os recursos naturais são finitos.

LEITURA COMPLEMENTAR

Arquipélago ártico russo sofre invasão de ursos-polares

O arquipélago ártico russo de Novaya Zemlya declarou estado de emergência devido a uma invasão por dezenas de ursos polares agressivos.

Em consequência do aquecimento global, o gelo do Polo Norte está derretendo, forçando os ursos a passarem mais tempo em terra, onde competem pela comida.

O comportamento agressivo apresentado pelos ursos polares inclui ataques aos moradores e adentrar casas e prédios públicos. As pessoas estão assustadas, estão com medo de sair de casa, os pais têm medo de deixar as crianças irem para as escolas e jardins-de-infância.

Os animais estão constantemente dentro da guarnição militar e "literalmente correm atrás das pessoas", além de se instalar nas entradas dos blocos de apartamentos.

As medidas para espantá-los, como patrulhas com carros e cães não têm surtido efeito, pois os animais se sentem seguros. Se tudo mais falhar atirar nos animais pode ser a única medida forçada possível.

O alto funcionário do Ministério da Defesa anunciou que centenas de prédios militares em desuso haviam sido de-

molidos, pois ursos polares estavam se instalando em seu interior.



ALEXANDER GRIR / AFP

O urso-polar tem ocupado regiões urbanas por conta da destruição de seu habitat, como consequência do aquecimento global.

DEUTSCHE WELLE. Arquipélago ártico russo sofre invasão de ursos polares. *G1*. 11 fev. 2019.

Disponível em: <<https://g1.globo.com/natureza/noticia/2019/02/11/arquipelago-artico-russo-sofre-invasao-de-ursos-polares.ghtml>>. Acesso em: abr. 2019.

ROTEIRO DE AULA

DESEQUILÍBRIOS AMBIENTAIS

ALTERAÇÕES ABIÓTICAS

Os compostos de carbono estão relacionados aos impactos:

acidificação dos oceanos

efeito estufa

aquecimento global

A redução da camada de O_3 leva à

maior incidência de raios UV na Terra

Os compostos de enxofre e nitrogênio provocam

chuva ácida

No inverno, os poluentes encontram-se próximos da superfície, dando origem à

inversão térmica

O derramamento de petróleo

reduz

a taxa de fotossíntese

Metais pesados são

acumulados

ao longo da cadeia alimentar

A eutrofização faz aumentar o número de

nutrientes

e reduz a concentração de O_2 na água

Destinos para os resíduos sólidos:

lixão, aterro sanitário, incineração, compostagem e reciclagem

ALTERAÇÕES BIÓTICAS

Espécies exóticas

competem

com as espécies nativas

Espécies também são extintas pela

ação antrópica

DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL

Trabalho em conjunto entre:

economia

sociedade

meio ambiente

EXERCÍCIOS DE APLICAÇÃO

1. **UFRG-RS** – Observe a figura a seguir:



Em relação à figura apresentada, assinale a alternativa que preenche corretamente as lacunas do enunciado, na ordem em que aparecem.

O uso de lixões a céu aberto nas cidades causa problemas ao ambiente e à saúde pública. Alternativas a essa prática, para resíduos especiais como os hospitalares, como _____ e _____, podem reduzir o impacto ambiental.

- a) coleta seletiva; deposição em tonéis
- b) impermeabilização do solo; introdução de bactérias decompositoras
- c) coleta seletiva; compostagem
- d) aterros sanitários; incineração
- e) recolhimento do chorume; compostagem

Como o enunciado trata de resíduos hospitalares, a alternativa A não é viável, pois não se pode fazer a coleta seletiva de todo esse material, uma vez que ele pode apresentar agentes contaminantes e a deposição em tonéis não permitiria sua decomposição no ambiente. A impermeabilização do solo na alternativa B evitaria que o material contaminante atingisse o lençol freático, entretanto, as bactérias decompositoras não seriam uma alternativa viável em virtude da grande diversidade de matérias presentes nesse lixo (plásticos, metais, materiais orgânicos e até mesmo radioativos). A alternativa C é incorreta, pois vai contra a argumentação da alternativa A, além de permitir a compostagem somente a uma pequena parcela de material orgânico pré-separado. Na alternativa E, o recolhimento do chorume não se aplica, pois pressupõe que o material orgânico já sofreu a decomposição, estando, dessa forma, com alto potencial de contaminação.

2. **Unicamp-SP** – No decorrer de sua existência, a espécie humana tem sido uma das principais responsáveis pelo desaparecimento de muitos organismos de nosso planeta. Nos tempos mais remotos, a caça indiscriminada de animais mais vulneráveis, como aves não voadoras, era um dos principais motivos de extinção de várias espécies. Atualmente o ser humano continua sendo o principal promotor da perda de biodiversidade. Um conjunto de possíveis causas de extinção de espécies nos tempos atuais é

- a) fragmentação de hábitat, uso de cobaias em pesquisas científicas e caça controlada.
- b) fragmentação de hábitat, introdução de espécies exóticas e poluição.
- c) poluição, introdução de espécies exóticas e reprodução de espécies em cativeiro.
- d) poluição, reprodução de espécies em cativeiro e credices populares.

A alternativa A está incorreta, pois o uso de cobaias em pesquisas científicas não pode ser considerado fator marcante na extinção de espécies, até mesmo porque são usadas em pequeno número e o processo de reprodução das cobaias é feito de maneira controlada. A caça controlada é regulamentada e tem como objetivo controlar o crescimento desordenado de certas espécies. A alternativa B está correta, pois a fragmentação do hábitat (desencadeada, principalmente, pelo crescimento das cidades, pela introdução de espécies exóticas – que com frequência não têm predadores naturais para realizar seu controle populacional – e pela poluição resultante da atividade humana) causa a extinção de organismos. A alternativa C está incorreta, pois a reprodução em cativeiro não resulta em extinção de organismos. A alternativa D também está incorreta, pois credices populares, por si só, não levam à extinção de organismos.

3. **Fuvest-SP (adaptada)** – A eutrofização marinha por nitratos e fosfatos tem provocado proliferação excessiva de algas, gerando grande mortalidade de peixes. Explique o motivo da grande incidência de mortes dos peixes.

O excesso de matéria orgânica na água favorece a proliferação de microrganismos aeróbios que utilizam nitratos e fosfatos na alimentação.

O aumento da população desses microrganismos leva a um grande consumo de oxigênio dissolvido na água, o que reduz a concentração nela.

Dessa maneira, essa redução leva à morte dos peixes, que passam a não ter mais oxigênio.

4. **Uema**

O clima extremo com anomalias de calor tem tornado o mundo cada vez mais quente desde os anos 80. Parece pouco, mas o aumento de 0,4 °C, observado nas últimas décadas, pode afetar safras, o abastecimento de água e provocar ondas de calor, invernos rigorosos, enchentes e furacões. Uma breve retrospectiva da história do planeta nos últimos anos mostra que esses episódios estão se tornando cada vez mais comuns. Onde isso vai parar?

Fonte: REVISTA SUPERINTERESSANTE, n. 330. São Paulo: Abril, mar. 2014. (Adaptado)

O aumento da frequência desses eventos extremos resulta de processos provocados por vários fatores, entre os quais destaca-se o(a)

- a) erosão.
- b) eutrofização.
- c) radioatividade.
- d) maré vermelha.
- e) aquecimento global.

As alternativas A, B, C e D estão incorretas, pois, de maneira isolada, não contribuem de modo significativo para a alteração da temperatura global. Quando se fala em alteração climática, e eventualmente em alteração da temperatura do planeta, associa-se o fenômeno ao efeito estufa.

5. Mack-SP – O ozônio (O_3) é um gás existente na atmosfera. A respeito dele, considere as seguintes afirmações:

- I. É um dos responsáveis pela ocorrência de chuva ácida.
- II. A presença dele em qualquer nível da atmosfera é responsável pelo bloqueio de raios ultravioleta.
- III. Grandes quantidades desse gás nas camadas mais baixas da atmosfera são responsáveis pelo aumento do risco de câncer.

Assinale

- a) se somente as afirmações II e III estiverem corretas.
- b) se somente as afirmações I e II estiverem corretas.
- c) se somente a afirmação III estiver correta.**
- d) se somente a afirmação II estiver correta.
- e) se somente as afirmações I e III estiverem corretas.

As alternativas A, B e D estão incorretas, pois, ao contrário do que é afirmado na segunda opção, o ozônio está presente na estratosfera, onde realiza o bloqueio dos raios ultravioletas. As alternativas B e E estão incorretas, pois o ozônio não é responsável pela ocorrência de chuva ácida. Ela é causada principalmente pelo dióxido de enxofre e pelo dióxido de nitrogênio, gases que, ao se juntarem com a água, se transformam em ácido.

6. Fuvest-SP (adaptada)

C3-H10

Um importante poluente atmosférico das cidades, emitido principalmente por automóveis, tem a propriedade de se combinar com a hemoglobina do sangue, inutilizando-a para o transporte de gás oxigênio. Cite o nome e a origem do poluente a que o texto se refere.

O poluente descrito é o monóxido de carbono (CO), originado pela combustão parcial dos combustíveis fósseis, como em indústrias ou automóveis.

Competência: Associar intervenções que resultam em degradação ou conservação ambiental a processos produtivos e sociais e a instrumentos ou ações científico-tecnológicos.

Habilidade: Analisar perturbações ambientais, identificando fontes, transporte e(ou) destino dos poluentes ou prevendo efeitos em sistemas naturais, produtivos ou sociais.

EXERCÍCIOS PROPOSTOS

7. UEL-PR – Em grandes cidades, o despejo de esgoto doméstico sem tratamento adequado tem provocado um processo de eutrofização nos lagos e rios próximos à zona urbana. Assinale a alternativa que apresenta, corretamente, o evento que explica a mortalidade de organismos no ambiente aquático decorrente do lançamento de uma quantidade excessiva de matéria orgânica.

- a) Aumento da quantidade de bactérias anaeróbicas, diminuindo a concentração do oxigênio e dos sais dissolvidos na água.
- b) Diminuição da concentração de fosfatos para a atividade fotossintetizante das bactérias autótrofas.
- c) Diminuição dos peixes herbívoros, que se alimentam da matéria orgânica decorrente da proliferação de bactérias anaeróbicas.
- d) Proliferação de bactérias aeróbicas, diminuindo a concentração de oxigênio dissolvido na água.
- e) Proliferação de organismos autótrofos, que promovem uma competição intraespecífica por matéria orgânica.

8. Enem – Para diminuir o acúmulo de lixo e o desperdício de materiais de valor econômico e, assim, reduzir a exploração de recursos naturais, adotou-se, em escala internacional, a política dos três erres: Redução, Reutilização e Reciclagem. Um exemplo de reciclagem é a utilização de

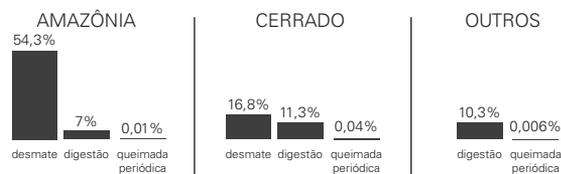
- a) garrafas de vidro retornáveis para cerveja ou refrigerante.
- b) latas de alumínio como material para fabricação de lingotes.
- c) sacos plásticos de supermercado como condicionantes de lixo caseiro.
- d) embalagens plásticas vazias e limpas para acondicionar outros alimentos.
- e) garrafas PET recortadas em tiras para fabricação de cerdas de vassouras.

9. UFSM-RS

O consumo mundial de carne vem aumentando, o que traz impactos não só à saúde, como ao meio ambiente. Pelo menos metade das emissões brasileiras de gases do efeito estufa é causada pela pecuária bovina, indica um estudo interdisciplinar do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (Inpe). A maior parte do problema se deve ao desmatamento para abrir pastagens na Amazônia e no Cerrado, afirma o trabalho, mas a fermentação entérica do gado e as queimadas nas áreas de pastagem dão uma dimensão maior ao problema. O plano de corte de emissões do Brasil, porém, não tem uma abordagem específica para cuidar dos bois.

Folha de S. Paulo, 11 dez. 2009. (Adaptado)

Emissões da pecuária brasileira em milhões de toneladas do CO_2 equivalente, em 2008, por bioma



Fonte: Folha de S. Paulo, 11/12/2009. (adaptado)

Considerando essas informações, analise as afirmativas:

- I. O desmatamento e posterior queimada devolvem à atmosfera o carbono retido nas plantas, emitindo monóxido e dióxido de carbono, gases de efeito estufa.
- II. O desmatamento do Cerrado contribui pouco com a emissão de gases de efeito estufa no Brasil.
- III. Uma forma de diminuir a emissão de metano é transferir todo o rebanho da Amazônia e do Cerrado para outros biomas.
- IV. A fermentação do alimento no trato digestório do gado gera o gás metano, um poderoso gás de efeito estufa.

III. O uso excessivo de fertilizantes para a produção de biocombustíveis pode mais contribuir para o aquecimento global do que trazer benefício pela economia de combustíveis fósseis.

Quais estão corretas?

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

14. Unesp (adaptada) – Em 2008, a revista *Veja* publicou uma edição especial sobre a Amazônia, e dizia que realizar o reflorestamento com árvores exóticas, como o eucalipto, poderia gerar um retorno econômico, além de ser uma técnica bastante viável. Com base nessas informações e em seus conhecimentos, explique se isso de fato é algo viável, em se tratando da Floresta Amazônica.

15. IFBA – O rompimento da barragem da mineradora Samarco é considerado um dos maiores desastres ambientais já registrados. Foram 600 km de lama e rejeitos, percorrendo desde a Barragem do Fundão até o oceano Atlântico. Tal cenário de destruição contribuiu para a mortalidade de peixes, tornando-os impróprios para o consumo, inviabilizando a atividade pesqueira da região.

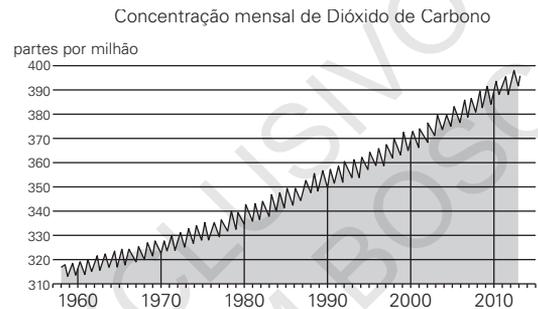
Dentre as causas que contribuem para a mortalidade dos peixes, o processo que explica o ocorrido no rio Doce é:

- a) O fenômeno da eutrofização por meio do enriquecimento das águas do rio por matéria orgânica decorrente do deslizamento, que foi consumida posteriormente por decompositores aeróbicos, levando à anóxia do corpo d'água.
- b) A lixiviação, que representa a remoção dos nutrientes superficiais de maneira intensa em razão do volume do deslizamento gerado.
- c) A oxidação de componentes minerais presentes nos rejeitos, que reduziu o volume de gás oxigênio para os organismos vivos existentes no rio.
- d) A bioacumulação por metais pesados presentes na água, pois o acúmulo de tais metais se relaciona diretamente com a redução do oxigênio.
- e) A maré vermelha decorrente do aumento populacional das algas em razão do volume de nutrientes trazidos pelo deslizamento.

16. UPE-PE – Leia o texto a seguir:

O químico norte-americano Charles David Keeling (1928-2005) dedicou sua vida profissional à medição dos níveis de gás carbônico no ambiente, iniciada em 1954, ajudando a implantar, anos depois, um sistema de monitoramento da concentração desse gás em todo o planeta. A representação gráfica desses resultados é conhecida como curva de Keeling, em homenagem ao trabalho perseverante do cientista.

Fonte: LOPES, Sônia; ROSSO, Sérgio. *Conecte Bio 1*. São Paulo: Editora Saraiva. (Adaptado)



Sabe-se hoje que o CO₂ é um dos principais gases do efeito estufa e um dos responsáveis pelas mudanças climáticas. Considerando essa premissa e com base no texto e no gráfico, é correto afirmar que o aumento detectado pelo cientista é oriundo, principalmente, de

- a) queima dos combustíveis fósseis.
- b) flatulências de bovinos e ovinos.
- c) respiração/fotossíntese da Floresta Amazônica.
- d) erupções vulcânicas.
- e) aumento do consumo de fertilizantes.

17. Fuvest-SP (adaptada) – A palmeira do açai (*Euterpe oleracea*), oriunda da Mata Amazônica, está sendo plantada em áreas da Mata Atlântica de São Paulo, ocupando o território que "pertencia" ao palmito-juçara (*Euterpe edulis*). Você acredita que a palmeira do açai poderá exercer o mesmo papel que o palmito-juçara no ambiente? Como você denominaria o papel exercido pela palmeira do açai nessas circunstâncias?

ESTUDO PARA O ENEM

18. Enem

C3-H10

Estranha neve: espuma, espuma apenas que o vento espalha, bolha em baile no ar, vinda do Tietê alvoroçado ao abrir de comportas, espuma de dodecilbenzeno irreduzível, emergindo das águas profanadas do rio bandeirante, hoje rio despejo de mil imundícies do progresso.

ANDRADE. C. D. *Poesia e prosa*. Rio de Janeiro: Nova Aguilar, 1992. (Fragmento)

Nesse poema, o autor faz referência à

- a) disseminação de doenças nas áreas atingidas por inundações.
- b) contaminação do lençol freático pela eliminação de lixo nos rios.
- c) ocorrência de enchente causada pela impermeabilização dos solos.
- d) presença de detergentes sintéticos como agentes poluentes de águas.
- e) destruição de fauna e flora pela contaminação de bacias hidrográficas.

19. Enem

C3-H10

Química Verde pode ser definida como a criação, o desenvolvimento e a aplicação de produtos e processos químicos para reduzir ou eliminar o uso e a geração de substâncias nocivas à saúde humana e ao ambiente. Sabe-se que algumas fontes energéticas desenvolvidas pela humanidade exercem, ou tem potencial para exercer, em algum nível, impactos ambientais negativos.

CORREA. A. G.; ZUIN, V. G. (Orgs.). *Química Verde: fundamentos e aplicações*. São Carlos: EduFSCar, 2009. Adaptado.

À luz da Química Verde, métodos devem ser desenvolvidos para eliminar ou reduzir a poluição do ar causada especialmente pelas

- a) hidrelétricas.
- b) termelétricas.

- c) usinas geotérmicas.
- d) fontes de energia solar.
- e) fontes de energia eólica.

20. Enem

C3-H10

Apesar de belos e impressionantes, corais exóticos encontrados na Ilha Grande podem ser uma ameaça ao equilíbrio dos ecossistemas do litoral do Rio de Janeiro. Originários do oceano Pacífico, esses organismos foram trazidos por plataformas de petróleo e outras embarcações, provavelmente na década de 1980, e disputam com as espécies nativas elementos primordiais para a sobrevivência, como espaço e alimento. Organismos invasores são a segunda maior causa de perda de biodiversidade, superados somente pela destruição direta de habitat pela ação do homem. As populações de espécies invasoras crescem indefinidamente e ocupam o espaço de organismos nativos.

LEVY, I. Disponível em: <<http://cienciahoje.uol.com.br>>. Acesso em: 5 dez. 2011. (Adaptado)

As populações de espécies invasoras crescem bastante por terem a vantagem de

- a) não apresentarem genes deletérios em seu pool gênico.
- b) não possuírem parasitas e predadores naturais presentes no ambiente exótico.
- c) apresentarem características genéticas para se adaptarem a qualquer clima ou condição ambiental.
- d) apresentarem capacidade de consumir toda a variedade de alimentos disponibilizados no ambiente exótico.
- e) apresentarem características fisiológicas que lhes conferem maior tamanho corporal que o das espécies nativas.

EXERCÍCIO INTERDISCIPLINAR

21. Univali-SC – A chuva ácida é um fenômeno químico resultante do contato entre o vapor d'água existente no ar, o dióxido de enxofre e os óxidos de nitrogênio. O enxofre é liberado, principalmente, por indústrias de veículos e usinas termoeletricas movidas a carvão e a óleo; os óxidos de nitrogênio, por automóveis e fertilizantes.

Ambos reagem com o vapor d'água, originando, respectivamente, os ácidos sulfuroso, sulfídrico e sulfúrico, além do ácido nítrico. Esses elementos se precipitam, então, na forma de chuva, neve, orvalho ou geada, na chamada chuva ácida.

Dentre os efeitos da chuva ácida estão a corrosão de equipamentos e a degradação de plantas, solos e lagos. O contato com os ácidos é prejudicial, podendo causar, por exemplo, doenças respiratórias.

As fórmulas dos ácidos citados no texto, respectivamente, são

- a) H_2S , H_2SO_4 , H_2SO_3 , HNO_3 .
- b) H_2SO_3 , H_2SO_4 , H_2S , HNO_2 .
- c) HSO_4 , HS , H_2SO_4 , HNO_3 .
- d) HNO_3 , H_2SO_4 , H_2S , H_2SO_3 .
- e) H_2SO_3 , H_2S , H_2SO_4 , HNO_3 .



MATEMÁTICA
SISTEMA DE ENSINO EXCELLENTE DO IMBOSCO

BIOLOGIA 2A

CIÊNCIAS DA NATUREZA E SUAS TECNOLOGIAS

23

CORDADOS

- Filo Hemichordata
- Filo Chordata
- Relações evolutivas

HABILIDADES

- Compreender as características diagnósticas do filo dos cordados.
- Reconhecer características morfológicas e fisiológicas dos subfilos de cordados.
- Associar características adaptativas dos cordados com seu modo de vida e com seus limites de distribuição em diferentes ambientes.

Os cordados compreendem um dos grupos animais mais conhecidos. Embora seja relativamente pequeno quando comparado ao dos invertebrados, o grupo dos cordados inclui grande diversidade de formas corporais, tamanhos e comportamentos, além de hábitos de vida bastante complexos.

São divididos em três subfilos: Vertebrata ou Craniata, que corresponde aos peixes, sapos, répteis (incluindo as aves) e mamíferos; Cephalochordata, representado pelos anfioxos; e Urochordata, que tem as ascídias como representantes.

Todos os cordados compartilham a característica que dá nome ao filo, a **notocorda** (do grego *noton*, dorso; e do latim *chorda*, cordão), que consiste em uma estrutura em forma de tubo ou bastão, flexível e semirrígida, que se estende, na maioria dos casos, ao longo de todo o comprimento da região dorsal do animal e funciona como um esqueleto hidrostático, fornecendo sustentação ao corpo.

Neste módulo serão estudados os cordados e as novidades evolutivas do grupo, bem como suas principais características.



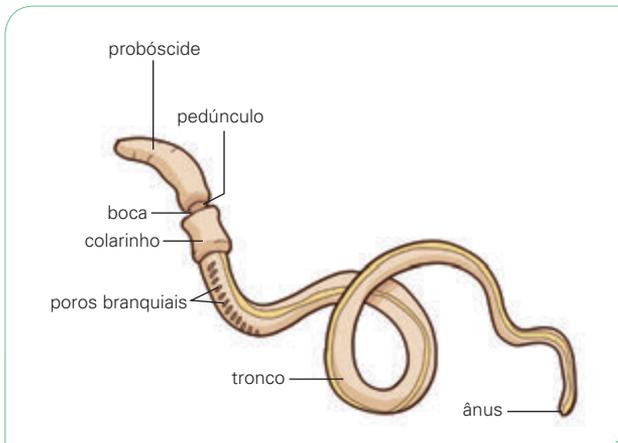
Ascídia (*Didemnum molle*), representante de urocordado considerado grupo-irmão dos vertebrados.

FILO HEMICHORDATA

Os hemicordados são animais marinhos bentônicos com corpo vermiforme que vivem em galerias, geralmente em águas rasas. Recebem esse nome porque apresentam uma estrutura na região anterior do corpo chamada **divertículo bucal**, que se estende para a frente, na direção da região bucal. O divertículo bucal já foi confundido com uma notocorda no passado e, por isso, os hemicordados foram classificados como um subfilo dos cordados. Um dos representantes mais conhecidos do grupo, do gênero *Balanoglossus* (hemicordados), tem seu corpo claramente dividido em três regiões: a **probóscide** (apêndice alongado) curta e cônica, o **colarinho** (onde se localiza a boca ventral) e o **tronco**. Este último é diferenciado ao longo do corpo por fendas branquiais anteriores e gônadas, além do ânus, localizado na extremidade posterior.

O tubo digestório desses animais é completo, e a respiração é branquial. O sistema nervoso consiste em cordões nervosos (dorsal e ventral), que se unem posteriormente ao colarinho por um anel conectivo. São animais dioicos, com fecundação externa e desenvolvimento indireto.

Os hemicordados fazem parte do clado dos deuterostômios e atualmente são classificados como grupo-irmão dos equinodermos por causa do compartilhamento de algumas características, como celoma tripartido (dividido em três partes) e larvas ciliadas semelhantes, além da constatação de evidências moleculares.



Representação da organização corporal dos hemicordados. Elementos representados fora da escala de tamanho. Cores fantasia.

FILO CHORDATA

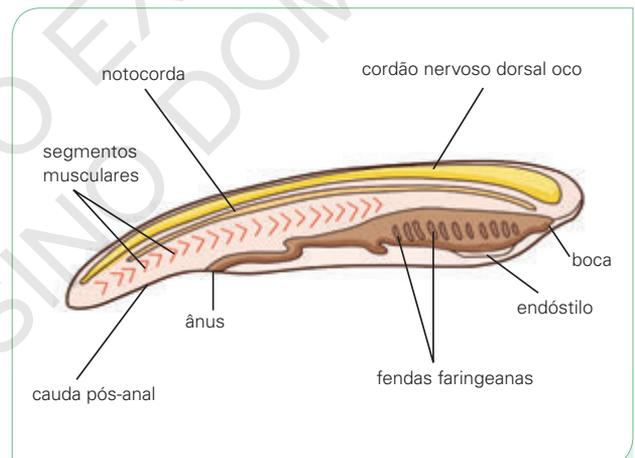
Considera-se que os primeiros cordados tenham surgido há cerca de 530 milhões de anos. Além deles, o clado dos deuterostômios inclui o filo dos equinodermos e o filo dos hemicordados.

Seus representantes compartilham uma série de semelhanças durante a fase de desenvolvimento embrionário, embora não sejam sempre evidentes ou estejam presentes nos indivíduos adultos. Estão distribuídos em todos os habitats – terrestres, marinhos e de água doce. São animais triblásticos, celomados, deuterostômios, com simetria bilateral e segmentação visível na fase embrionária, o que não é evidente na fase adulta.

Todos os cordados apresentam, em pelo menos um estágio do desenvolvimento, as estruturas a seguir.

- **Notocorda:** de origem mesodérmica, localiza-se abaixo do tubo nervoso e tem a função de sustentar o corpo. Oferece suporte a ele e serve como ponto de fixação para alguns músculos. Em protocordados e alguns vertebrados primitivos, a notocorda persiste por toda a vida do animal; nos vertebrados, orienta a formação das vértebras e pode permanecer somente como vestígio.
- **Tubo nervoso dorsal oco:** cordão tubular de origem ectodérmica, localizado na região dorsal do corpo, acima da notocorda, com um pequeno canal central por onde circula líquido. Nos vertebrados, a extremidade anterior do tubo nervoso aumenta, formando o encéfalo, cujo volume relativo e a complexidade variam de acordo com o grupo.

- **Fendas faringeanas:** aberturas laterais nos dois lados da faringe, irrigadas por uma delicada rede de vasos sanguíneos. Nos cordados aquáticos, o tecido que reveste as paredes entre as fendas se desenvolve, originando as brânquias. Nos vertebrados terrestres, as fendas faringeanas estão presentes apenas no estágio embrionário.
- **Cauda pós-anal:** região do corpo que se estende além do ânus e tem funções de equilíbrio, natação, ataque, defesa, entre outras. Em algumas espécies, como a humana, a cauda pós-anal desaparece completamente durante o desenvolvimento embrionário.
- **Endóstilo ou sulco hipofaríngeo:** estrutura ciliada secretora de muco, presente na faringe de ascídias (urocordados), anfioxos (cefalocordados) e larvas de lampreia, que desempenha importante função na alimentação. Trata-se de uma estrutura precursora/homóloga da glândula tireoide nos demais cordados, perdendo sua função no processo de alimentação.



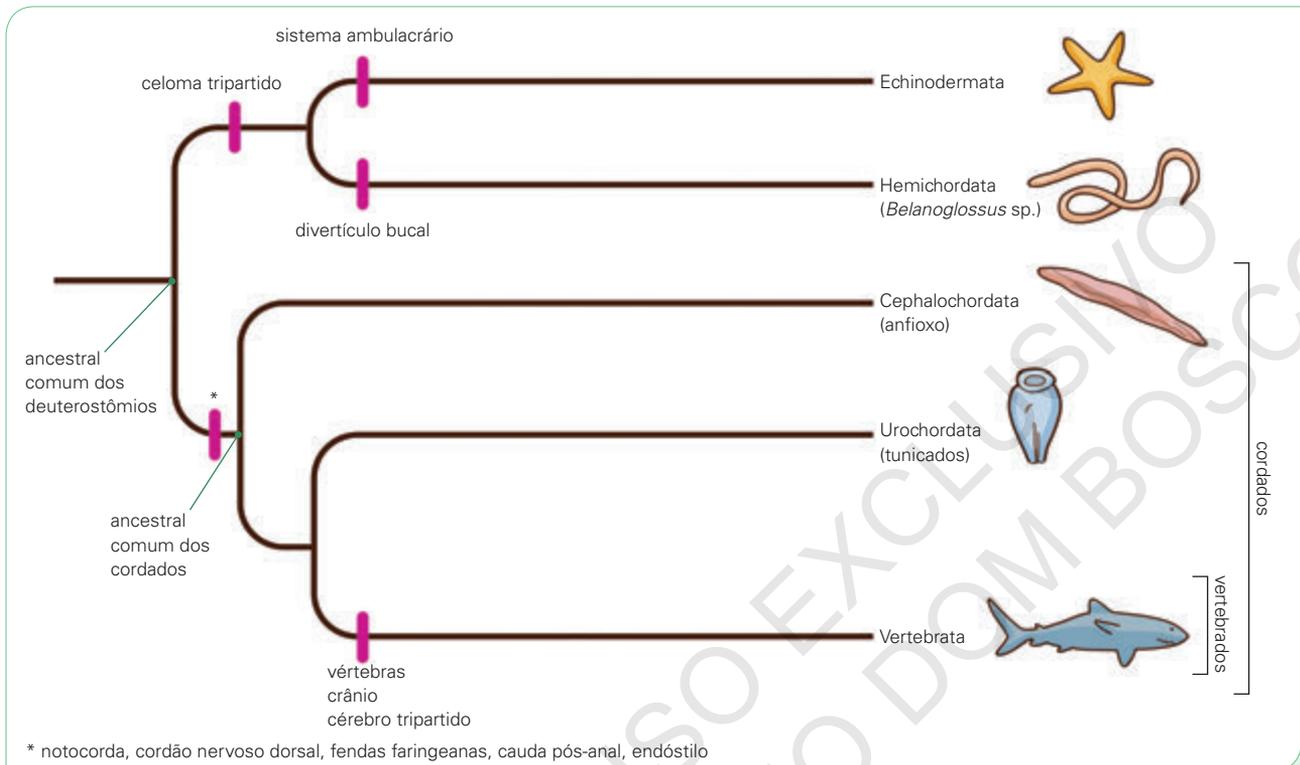
Organização do corpo de um cordado. Todos os cordados apresentam notocorda, cordão nervoso dorsal oco, ânus, cauda pós-anal, fendas faringeanas e endóstilo. Elementos representados fora da escala de tamanho. Cores fantasia.

RELAÇÕES EVOLUTIVAS

A hipótese de parentesco dos deuterostômios adotada neste livro reconhece o grupo formado pelos equinodermos e pelos hemicordados como grupo-irmão (mais próximo) do filo dos cordados (cefalocordados, urocordados e vertebrata). Os cefalocordados (anfioxos) e os urocordados (ascídias) compartilham com os vertebrados as cinco características herdadas do ancestral comum de todos os cordados: notocorda, tubo nervoso dorsal oco (tubo neural), fendas faringeanas, ânus, cauda pós-anal e endóstilo.

Com base em estudos moleculares recentes e também nos estágios iniciais do desenvolvimento embrionário, chegou-se à hipótese de que o grupo dos urocordados (filo dos cordados) é grupo-irmão dos vertebrados.

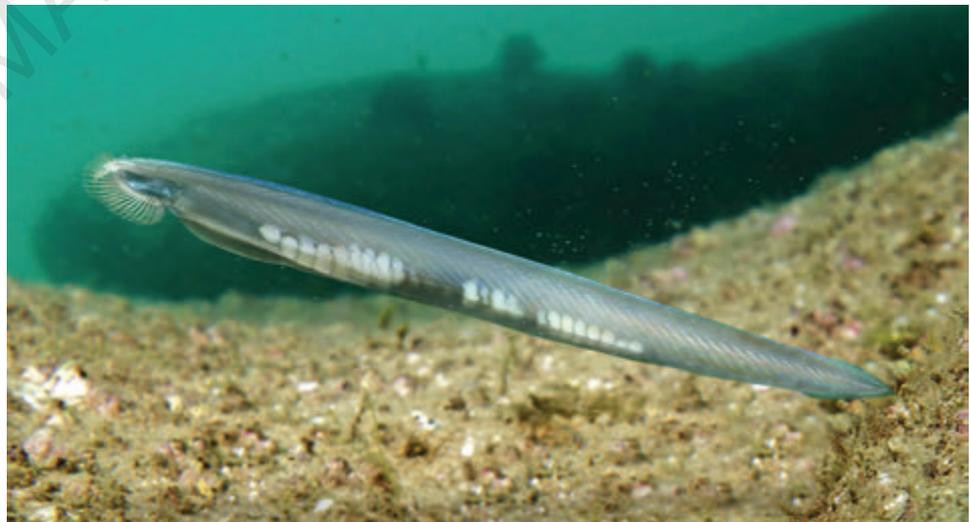
Nos ancestrais dos cordados vertebrados, surgiram o crânio (caixa encefálica), o cérebro tripartido (dividido em três partes) e as vértebras, que são novidades evolutivas exclusivas dos vertebrados.



Cladograma que evidencia a hipótese filogenética que reconhece o clado formado por equinodermos e hemicordados como grupo-irmão dos cordados, e as relações de parentesco entre os subfilos dos cordados. Elementos representados fora da escala de tamanho. Cores fantasia.

SUBFILO CEPHALOCHORDATA

O anfioxo (do grego *amphi*, ambos; e *oxus*, ponta) é o representante mais conhecido dos cefalocordados. Seu corpo é semelhante ao de um peixe, com 3 a 7 centímetros de comprimento, sendo lateralmente comprimido e afilado nas extremidades, o que justifica seu nome. Vive em águas marinhas costeiras e rasas, com o corpo enterrado na areia, mantendo para fora apenas a extremidade anterior para se alimentar por filtração. Eventualmente se desloca, nadando por meio de contrações da musculatura do corpo, semelhantes ao movimento de um peixe. São conhecidas cerca de 30 espécies desse subfilos.

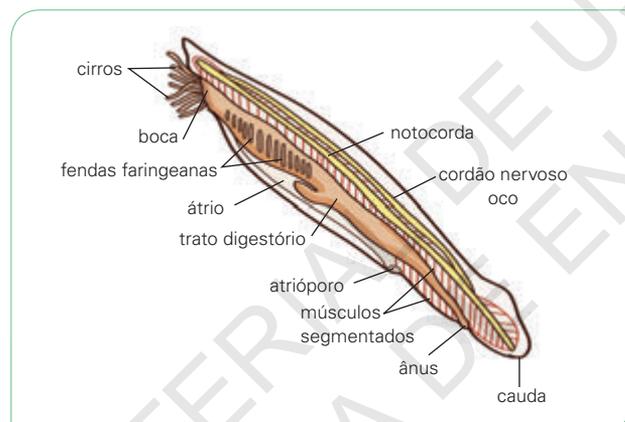


Anfioxo da espécie *Branchiostoma lanceolatum*, representante do subfilos Cephalochordata.

Durante toda a vida do anfioxo (fase larval e adulta), estão presentes as cinco características típicas dos cordados, sendo que nenhum outro cordado as exibe de forma tão evidente.

A notocorda dos cefalocordados é bem desenvolvida e se estende por todo o corpo. Não apresenta cabeça diferenciada, e a boca é uma abertura circular na extremidade anterior, circundada por um conjunto de pequenos tentáculos denominados **cirros**; o ânus situa-se ventralmente na outra extremidade do corpo. A região da faringe fica em uma cavidade chamada átrio, que se comunica com o exterior pelo **atrióporo**. Sua segmentação é visível na musculatura em forma de V e na distribuição das gônadas.

São animais filtradores e possuem sistema digestório completo – a água entra pela boca, atravessa as fendas faringeanas, chega até o átrio e sai pelo atrióporo. As partículas alimentares retidas no muco secretado pelo endóstilo passam pela faringe e são encaminhadas, por meio de batimentos ciliares, até o intestino, no qual ocorrem a digestão e a absorção. O sistema cardiovascular é fechado, de modo que as trocas gasosas ocorrem por difusão por meio da superfície corporal. O sistema nervoso é formado por um tubo nervoso dorsal, localizado acima da notocorda. São animais dioicos, apresentam fecundação externa e seu desenvolvimento é indireto.



Representação da anatomia interna do anfioxo (*Branchiostoma lanceolatum*). Elementos representados fora da escala de tamanho. Cores fantasia.

SUBFILO UROCHORDATA

O nome urocordado deriva do fato de a notocorda estar presente apenas na cauda da larva (do grego *uro*, cauda). A maioria dos urocordados é **séssil**, podendo viver solitária ou em colônia. Nesse subfilos estão incluídos desde formas microscópicas até seres com cerca de 30 centímetros de diâmetro e compreende cerca de 3 mil espécies (já identificadas).

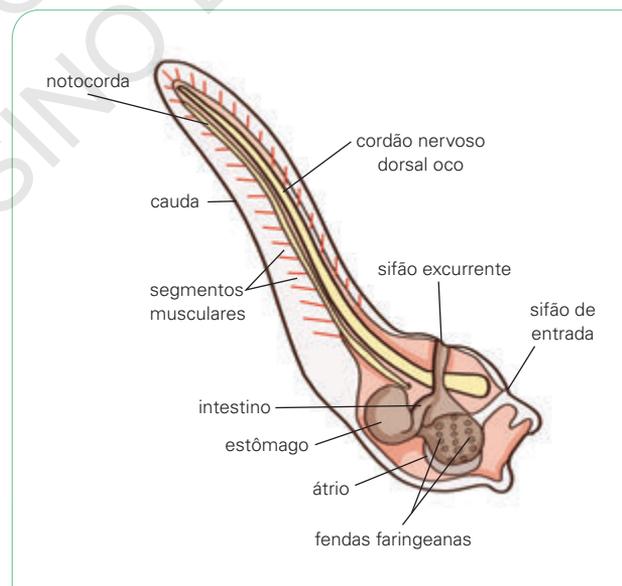
Os representantes mais conhecidos são as **ascídias**, que ocorrem principalmente em águas rasas. Com seu corpo globoso, vivem aderidas a rochas ou outros substratos pelos pedúnculo basal. As formas adultas são completamente diferentes da forma lar-

val, por causa de uma metamorfose radical pela qual a larva passa.



Aspecto externo da ascídia (*Rhopalaea* sp.), que cresce sobre corais.

As larvas exibem as cinco características compartilhadas pelos cordados. Os adultos, entretanto, apresentam apenas duas delas: fendas faringeanas e endóstilo. O tubo nervoso dorsal encontrado na larva é reduzido a apenas um gânglio nervoso no adulto, e a notocorda desaparece juntamente com a cauda.



Representação da organização corporal da larva de um urocordado. Elementos representados fora da escala de tamanho. Cores fantasia.

O corpo da ascídia adulta é envolvido por uma **túnica** elástica e resistente, feita de tunicina, material muito semelhante à celulose e de ocorrência rara nos animais. Por isso, também são conhecidos como **tunicados**. A túnica abre-se por meio de dois sifões, por onde a água entra e sai do animal. Pelo **sifão inalante** superior entra a água, onde são filtrados e retidos os pequenos plânctons. E ela sai pelo **sifão exalante** lateral, levando as fezes, as excretas e também os gametas. A ascídia é hermafrodita, com fecundação cruzada e externa, e apresenta desenvolvimento indireto.

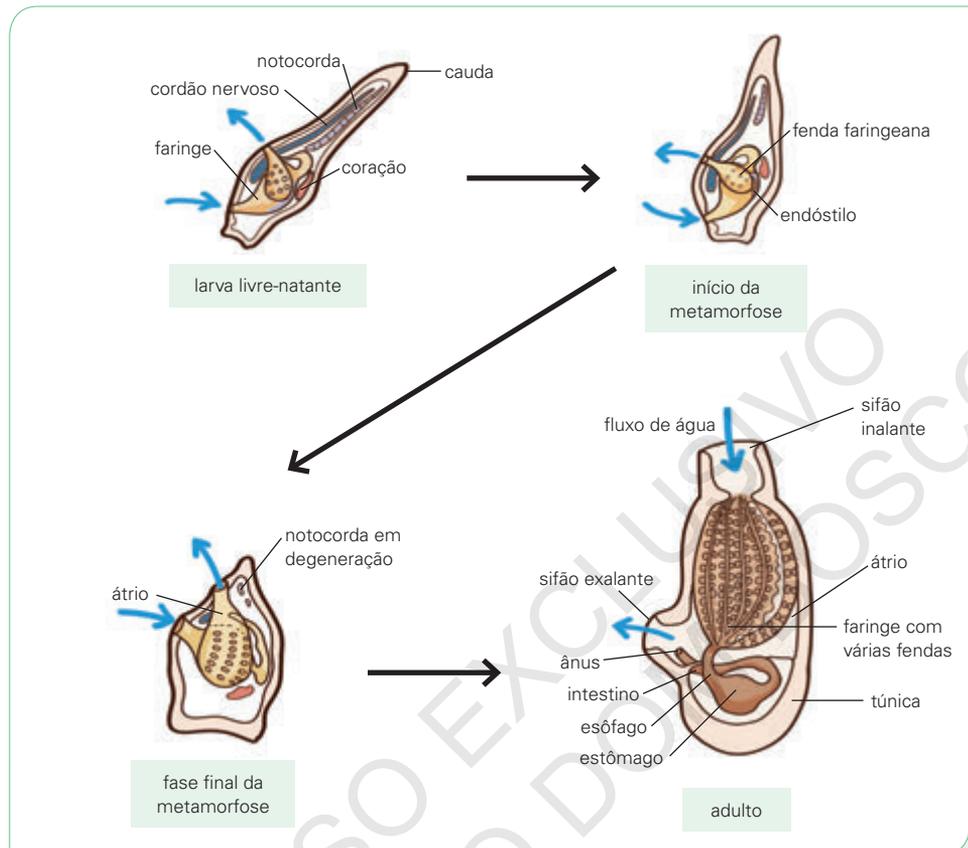


Ilustração da metamorfose de uma ascídia desde a fase larval até o indivíduo adulto. As setas azuis representam o fluxo de água no indivíduo. Elementos representados fora da escala de tamanho. Cores fantasia.

Os urocordados possuem sistema digestório completo, com boca e ânus, e o sistema cardiovascular é aberto e reduzido. As trocas gasosas ocorrem por meio das fendas branquiais, altamente vascularizadas.

SUBFILO VERTEBRATA (CRANIATA)

Os vertebrados ou craniados são o maior e mais diversificado grupo de cordados e compreendem cerca de 57 mil espécies conhecidas. Esse grupo apresenta, como novidades evolutivas, **vértebras**, **crânio** e cérebro **tripartido**, dividido em protoencéfalo, mesencéfalo e metaencéfalo.

Os vertebrados são classificados em dois grupos monofiléticos: os **ciclostomados** ou **agnatos** (vertebrados sem mandíbula), que são os peixes-bruxa (feiticeiras) e as lampreias; e os **gnatostomados** (vertebrados com mandíbula), que são os peixes cartilagineos e ósseos, os anfíbios, os répteis, as aves e os mamíferos.

Características gerais

A maioria dos vertebrados tem notocorda apenas na fase embrionária e é substituída na fase adulta pela coluna vertebral (cartilaginosa ou óssea), restando apenas alguns remanescentes dessa estrutura. Apesar da grande diversidade do grupo, todos os vertebrados apresentam organização corporal semelhante.

O revestimento corporal é formado por **epiderme pluriestratificada**, com várias camadas de células sobrepostas, ao contrário dos invertebrados, os quais possuem epiderme uniestratificada. Em muitos vertebrados, a pele é recoberta por anexos, como as penas nas aves, os pelos nos mamíferos e as escamas em peixes e répteis. Glândulas mucosas também são comuns, sobretudo em espécies aquáticas.

Na maioria dos vertebrados, o **esqueleto interno** é articulado, cartilaginosa ou óssea e tem como função sustentar o corpo e proteger os órgãos. O **crânio** protege o encéfalo, e a **coluna vertebral** sustenta o corpo e protege a medula espinal. As nadadeiras dos peixes e as patas dos tetrápodes também têm suporte esquelético

e estão ligadas ao restante do esqueleto. Os músculos são responsáveis pela movimentação e locomoção do animal e atuam em conjunto com o esqueleto.

O **tubo digestório** é completo, e a digestão é extracelular. Na região posterior de peixes cartilaginosos, anfíbios e répteis (incluindo as aves) está a cloaca, que é uma câmara na qual desembocam o intestino e os canais urinários e reprodutores. Peixes ósseos e mamíferos não possuem cloaca, de modo que existe uma separação entre os canais dos sistemas digestório, urinário e reprodutor, com exceção dos mamíferos monotremados (ornitorrinco). São comuns glândulas anexas ao sistema digestório, como as salivares, o fígado e o pâncreas.

O **sistema circulatório** é fechado. O coração, bem desenvolvido, contém um número variável de câmaras, além de vasos linfáticos. O pigmento respiratório comum aos vertebrados é a hemoglobina, além de leucócitos e hemácias.

A **excreção** é feita por rins pares, que drenam excretas do celoma, do sangue ou de ambos. O resíduo metabólico nitrogenado varia em função da disponibilidade de água e do tipo de desenvolvimento embrionário.

O **sistema nervoso** dorsal compreende encéfalo bem desenvolvido, dividido em três partes: prosencéfalo, mesencéfalo e romboencéfalo, além de medula espinal, de uma série de nervos espinais e cranianos e de um sistema nervoso autônomo, que regula funções orgânicas involuntárias.

Os vertebrados são dioicos, de reprodução sexuada e estratégias reprodutivas muito variáveis.

MATERIAL DE USO EXCLUSIVO
SISTEMA DE ENSINO DOM BOSCO

ROTEIRO DE AULA

CORDADOS

Novidades evolutivas

endóstilo

cauda pós-anal

tubo nervoso

dorsal oco

notocorda

fendas faringeanas

Características gerais

Deuterostômios

Simetria:

bilateral

Sistema digestório:

completo

celomados

Classificação (subfilos)

Cephalochordata

Urochordata

Vertebrata

anfioxos

ascídias

peixes-bruxa; lampreias; peixes cartilagineos e ósseos, anfíbios, répteis, aves e mamíferos

Características dos cordados na fase adulta:

todas

fendas faringeanas e

endóstilo

variável conforme a espécie

Respiração

cutânea

branquial

Branquial, cutânea ou pulmonar

Sistema circulatório

fechado

aberto e reduzido

fechado

Desenvolvimento

indireto

indireto

indireto ou direto

Fecundação

cruzada e externa

cruzada e externa

Novidades evolutivas

crânio

vértebras

cérebro tripartido

EXERCÍCIOS DE APLICAÇÃO

1. Unigranrio-RJ (adaptada) – As ascídias são animais marinhos que podem viver isolados ou em colônias. Uma das formas isoladas muito encontradas nas praias brasileiras lembra, no adulto, um pedaço de piche de aproximadamente 8 cm de altura, preso por uma de suas extremidades ao substrato (rochas, cascos de navios etc.).

Disponível em: <http://www.sobiologia.com.br/conteudos/Reinos3/bioanimal.php>. Acesso em: mar. 2019. (Adaptado)

Na classificação dos seres vivos, as ascídias pertencem ao grupo:

- a) subfilo Urochordata.
- b) subfilo Cephalochordata.
- c) agnatos.
- d) subfilo Vertebrata.
- e) gnatostomados.

As ascídias são animais classificados no filo Chordata, subfilo Urochordata. O nome do subfilo refere-se à presença da estrutura notocorda apenas na cauda do animal durante a fase larval. No adulto, a notocorda desaparece.

2. Sistema Dom Bosco – Os cordados formam um grande e diversificado grupo monofilético que reúne animais com formas bastante variadas. Assinale a alternativa abaixo que compreende apenas representantes pertencentes ao subfilo dos vertebrados.

- a) Morcego, ascídia, lagarto e tubarão.
- b) Cobra, salamandra, anfioxo e tubarão.
- c) Sardinha, raia, lampreia e papagaio.
- d) Sapó, balanoglosso, tubarão e lagarto.
- e) Celacanto, sardinha, anfioxo e morcego.

O balanoglosso é um hemicordado, classificado atualmente como grupo-irmão dos equinodermos. As ascídias (urocordados) e os anfioxos (cefalocordados) são cordados não vertebrados. Os demais animais citados nas alternativas são cordados vertebrados.

3. Fuvest-SP (adaptada) – Considere anelídeos, artrópodes e cordados quanto à embriogênese.

No desenvolvimento do tubo digestório, a abertura originada pelo blastóporo é uma característica que permite classificar anelídeos, artrópodes e cordados em um mesmo grupo? Justifique sua resposta.

Não. No desenvolvimento do tubo digestório de anelídeos e artrópodes,

a abertura originada pelo blastóporo é a boca (animais protostômios).

Nos animais deuterostômios (equinodermos, hemicordados e cordados), a abertura originada pelo blastóporo é o ânus.

4. Sistema Dom Bosco – Os _____ são animais invertebrados e deuterostômios. Possuem o corpo dividido em três partes e não apresentam _____.

Assinale a alternativa abaixo que preenche corretamente as lacunas.

- a) cefalocordados; vértebras
- b) cordados; desenvolvimento direto

- c) urocordados; vértebras
- d) hemicordados; notocorda
- e) vertebrados; notocorda

Os hemicordados são animais invertebrados e deuterostômios. Possuem o corpo dividido em três partes (probóscide, colarinho e tronco) e não apresentam notocorda. Atualmente, são classificados como o grupo-irmão dos equinodermos. Cefalocordados, urocordados e vertebrados fazem parte do filo dos cordados.

5. UFRGS – Os tunicados, tais como as ascídias, e os cefalocordados, tais como os anfioxos, são exemplos de

- a) peixes ósseos.
- b) equinodermas.
- c) cordados não vertebrados.
- d) cnidários.
- e) urodelos.

As ascídias (tunicados) e os anfioxos (cefalocordados) são exemplos de representantes do filo dos cordados. As ascídias fazem parte do subfilo dos urocordados, e os anfioxos são representantes do subfilo dos cefalocordados. Os vertebrados (ou craniados) são o terceiro subfilo dos cordados.

6. UFPR (adaptada)

C4-H16

A evolução nos indica que organismos mais próximos tendem a compartilhar características que foram herdadas do seu ancestral. Essa é a explicação para que grupos morfologicamente tão diferentes quanto primatas, aves, peixes, ascídias e anfioxo sejam agrupados em Chordata. Considerando esse grupo, cite quatro características compartilhadas por todos os cordados e indique em qual fase da vida duas dessas características são encontradas.

Os representantes do filo Chordata apresentam, em alguma fase de seu

desenvolvimento embrionário, as seguintes características: tubo nervoso

dorsal oco, notocorda, fendas faríngeas, cauda pós-anal e endóstilo.

Nos cefalocordados (anfioxos), essas características persistem ao longo

de toda a vida do animal. Nos urocordados (ascídias), a notocorda está

presente apenas na cauda da larva; nos adultos, ela é perdida. O tubo

nervoso dorsal encontrado na larva fica reduzido a um gânglio nervoso no

adulto. Na maioria dos vertebrados, a notocorda é substituída pela coluna

vertebral após a fase embrionária, reduzida a pequenos remanescentes

entre as vértebras e dentro dos discos vertebrais. O tubo nervoso origina

o sistema nervoso central (cérebro e medula espinal).

Competência: Compreender interações entre organismos e ambiente,

em particular aquelas relacionadas à saúde humana, relacionando co-

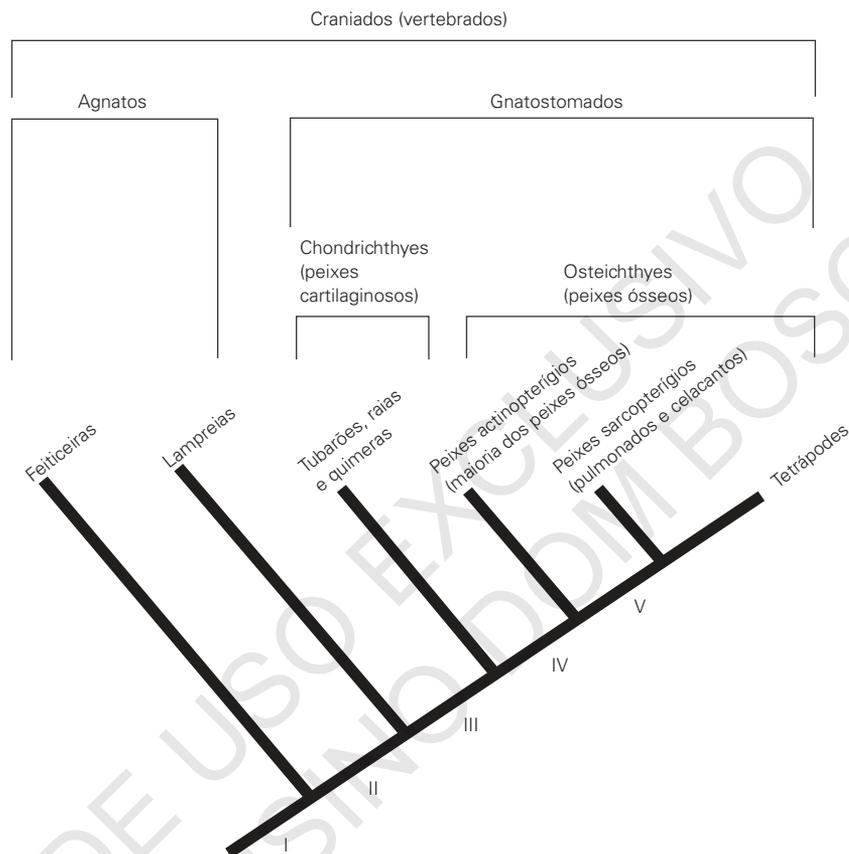
nhcimentos científicos, aspectos culturais e características individuais.

Habilidade: Compreender o papel da evolução na produção de padrões,

processos biológicos ou na organização taxonômica dos seres vivos.

EXERCÍCIOS PROPOSTOS

7. PUC-RJ – O cladograma abaixo representa as relações filogenéticas dos vertebrados e os algarismos romanos, os caracteres derivados compartilhados pelos diferentes grupos representados.



Nesse cladograma, o surgimento das mandíbulas está representado por

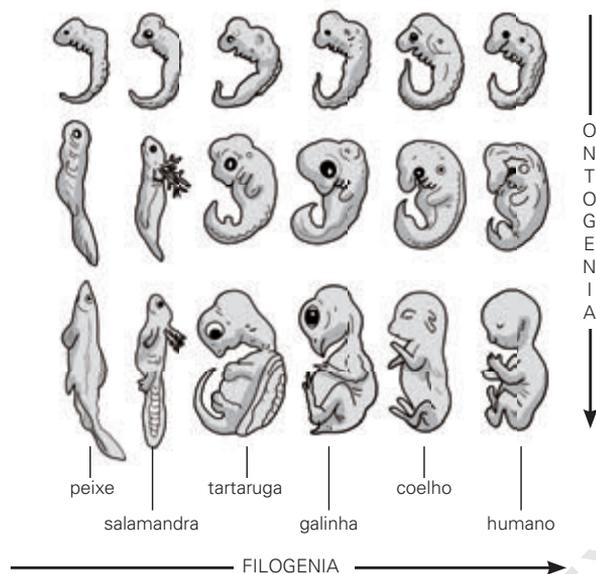
- a) I.
- b) II.
- c) III.
- d) IV.
- e) V.

8. UPF-RS (adaptada) – Durante uma aula sobre animais aquáticos, a professora de Biologia colocou sobre a mesa do laboratório 5 arraias, 3 cações, 2 carpas, 4 tainhas, 3 lampreias, 2 botos, 1 tubarão-lanterna anão, 1 filhote de golfinho, 5 feiticeiras, 2 cavalos-marinhos e 2 sardinhas. Em seguida, solicitou aos alunos que colocassem em uma bandeja verde os animais da classe Chondrichthyes e em uma bandeja vermelha os animais sem agnatas. Na bandeja verde e na bandeja vermelha, devem ser colocados, respectivamente,

- a) 12 e 8 animais.
- b) 10 e 10 animais.
- c) 10 e 9 animais.
- d) 9 e 8 animais.
- e) 9 e 10 animais.

9. PUC-MG – A Filogenia é o estudo da relação evolutiva entre grupos de organismos (como espécies e populações), baseada em dados moleculares, morfológicos e fisiológicos. A Ontogenia define a formação e desenvolvimento do indivíduo desde sua concepção até a morte.

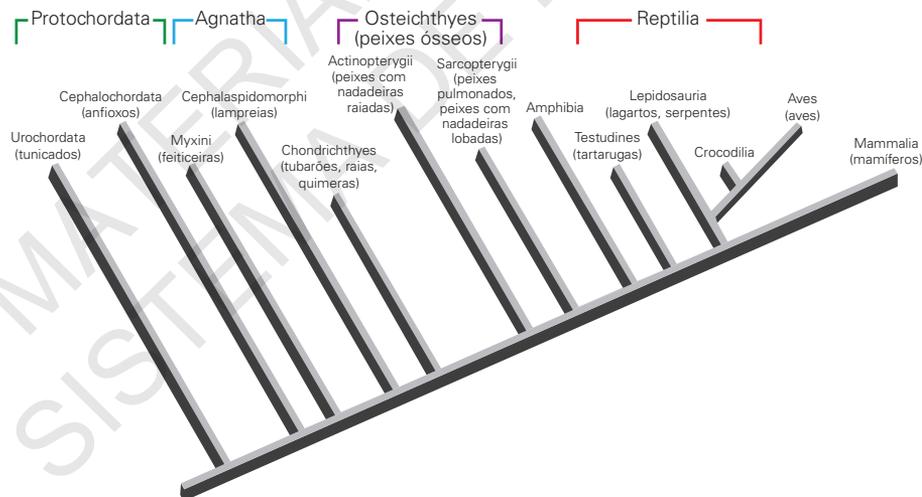
A figura compara aspectos filogenéticos embrionários de grupos de vertebrados e mostra estágios do desenvolvimento ontogenético de cada grupo.



Com base nas informações acima e em seus conhecimentos sobre o assunto, é **incorreto** afirmar que

- os estágios iniciais do desenvolvimento embrionário revelam maiores semelhanças entre diferentes grupos filogenéticos do que os estágios mais tardios.
- as semelhanças filogenéticas observadas no desenvolvimento embrionário podem ser usadas como critérios para o estabelecimento de parentesco evolutivo entre espécies.
- as fendas branquiais observadas no desenvolvimento embrionário humano indicam que o embrião passa por uma fase de peixe antes de se diferenciar em mamífero.
- a independência do meio aquático, mas não da água, para o desenvolvimento embrionário é um caráter filogenético que agrupa os amniotas a partir dos répteis.

10. Sistema Dom Bosco – O cladograma abaixo representa uma hipótese simplificada sobre as relações de parentesco entre vários grupos do filo Chordata.



Com base nas informações fornecidas no cladograma, quais grupos parafiléticos podem ser identificados?

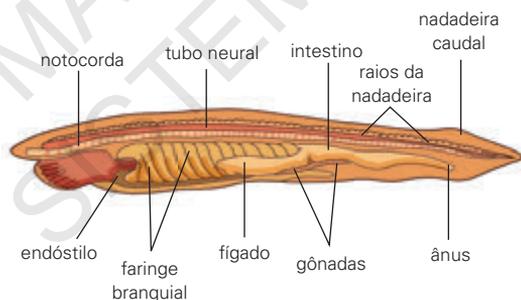
11. UPE-PE (adaptada) – Quando se fazem referências a peixes, erroneamente se pode achar que a única diferença encontrada entre eles é o hábitat, uma vez que alguns habitam águas doces e outros, águas salgadas. No entanto, são muitas as características que os diferenciam. Observe as afirmativas a seguir.

- I. O peixe-bruxa é um representante atual de peixes primitivos, que, por não possuir mandíbulas, não pode se alimentar de presas maiores nem mastigar partes duras dessas presas.
- II. O tubarão representa uma classe de peixes que possui um esqueleto firme, porém adaptável, denominado cartilaginoso, e nadadeiras articuladas de amplo movimento.
- III. Descendentes de peixes com nadadeiras articuladas tornaram-se, com o tempo, mais adaptados à vida na terra, o que deu origem aos tetrápodes.

Estão corretas as afirmativas

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

12. Udesc – O filo dos cordados possui três subfilos: vertebrados, urocordados e cefalocordados. O anfioxo, mostrado na figura, é o representante tipo do último subfilo. Uma característica marcante do anfioxo é que seu revestimento corporal é relativamente transparente e permite visualizar sua musculatura metamerizada, organizada em blocos.



Com relação ao anfioxo e ao filo dos cordados, analise as proposições.

- I. Pela análise da anatomia dos anfioxos, pode-se afirmar que possuem tubo digestório completo.

- II. A respiração do anfioxo é do tipo pulmonar.
- III. O hábitat do anfioxo é aquático.
- IV. Nos cordados vertebrados, a notocorda se transforma na coluna vertebral.
- V. Os cordados apresentam, durante seu desenvolvimento embrionário: tubo nervoso dorsal; notocorda; fendas faríngeas e cauda pós-anal.

Assinale a alternativa correta.

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

13. UEM-PR (adaptada) – Sobre os cordados, assinale a(s) alternativa(s) correta(s).

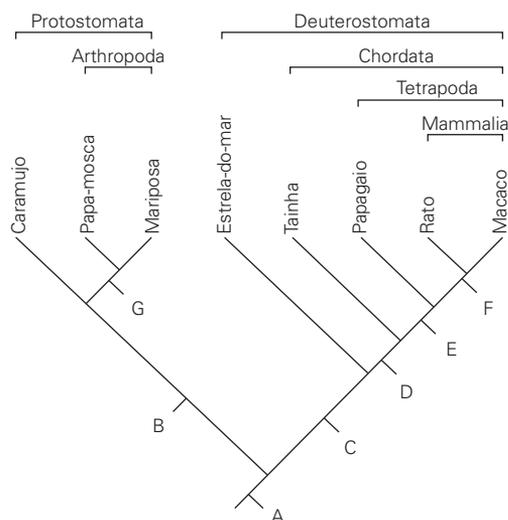
- 01) Uma das características dos cordados é a presença de notocorda na fase embrionária.
- 02) O anfioxo pertence ao filo Chordata, porém não apresenta coluna vertebral.
- 04) Somente os hemicordados são classificados atualmente como grupo-irmão dos cordados.
- 08) Cefalocordados, urocordados e vertebrados apresentam notocorda na fase adulta.

14. UEPG-PR (adaptada) – Entre as características da reprodução dos animais, analise as afirmativas abaixo.

- 01) Nas ascídias, representantes dos urocordados, os indivíduos são hermafroditas. Possuem fecundação cruzada e interna, e desenvolvimento indireto.
 - 02) Entre os cefalocordados, os sexos são separados e a fecundação é interna. O desenvolvimento é indireto.
 - 04) Nos cnidários, a reprodução assexuada pode ser realizada por brotamento ou estrobilização.
 - 08) O balanoglossos, representante mais conhecido dos hemicordados, apresenta sexos separados e fecundação externa.
- a) Identifique a(s) afirmativa(s) correta(s).

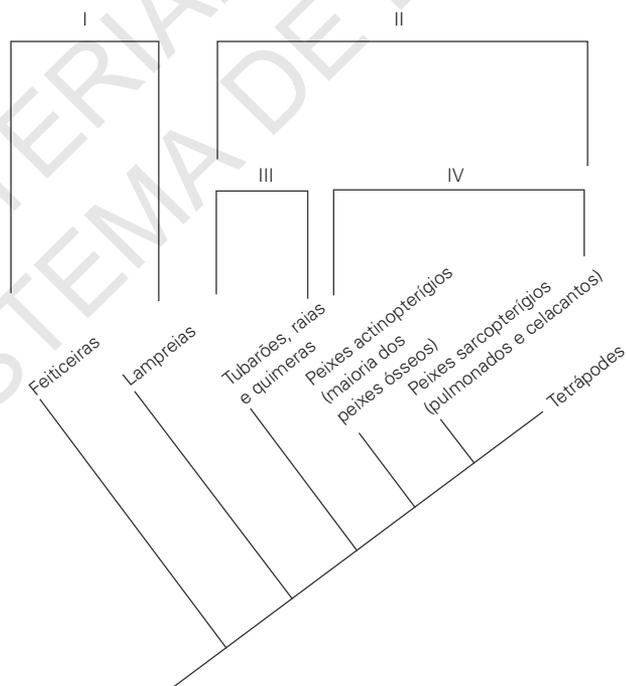
- b) Corrija a(s) afirmativa(s) incorreta(s), tornando-a(s) verdadeira(s).

- 15. UFMS** – A figura abaixo demonstra o relacionamento filogenético de alguns grupos de animais. Com base nessa figura, analise as proposições a seguir e assinale a(s) correta(s).



Disponível em: <www.educacaopublica.rj.gov.br>. Acesso em: abr. 2019.

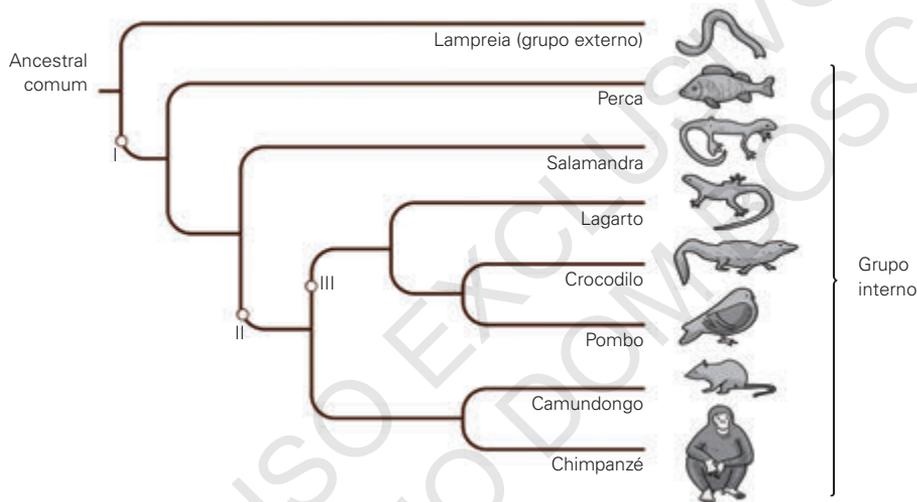
- 01)** A estrela-do-mar tem um ancestral comum com os Chordata, representado na figura pela letra C.
- 02)** Todos os invertebrados estão reunidos num único agrupamento.
- 04)** O papagaio é mais próximo, filogeneticamente, do rato do que do macaco.
- 08)** A papa-mosca é mais próxima, filogeneticamente, da borboleta do que do caramujo.
- 16)** Todos os organismos possuem um ancestral comum, representado na figura pela letra A.
- 32)** O ancestral comum dos Protostomata é representado na figura pela letra G.
- 16. Uema** – Cladogramas são diagramas que indicam as relações filogenéticas ou genealógicas entre espécies ou grupos de seres vivos, dentre eles os grupos dos peixes. Analise o cladograma de peixe para responder à questão.



Os números I, II, III e IV do cladograma apresentado correspondem, respectivamente, aos seguintes grupos de peixes

- agnatos, gnatostomados, osteichthyes e chondrichthyes.
- agnatos, gnatostomados, chondrichthyes e osteichthyes.
- gnatostomados, agnatos, osteichthyes e chondrichthyes.
- gnatostomados, agnatos, chondrichthyes e osteichthyes.
- osteichthyes, agnatos, chondrichthyes e gnatostomados.

17. UFRGS – A árvore filogenética abaixo foi construída a partir das informações contidas na tabela que a sucede.



TRAÇO DERIVADO^A

TÁXON	MANDÍ-BULA	PUL-MÕES	GARRAS OU UNHAS	MOELA	PENAS	PELO	GLÂN-DULAS MAMÁ-RIAS	ESCAMAS QUERATI-NOSAS
Lampreia (grupo externo)	-	-	-	-	-	-	-	-
Perca	+	-	-	-	-	-	-	-
Salamandra	+	+	-	-	-	-	-	-
Lagarto	+	+	+	-	-	-	-	+
Crocodilo	+	+	+	+	-	-	-	+
Pombo	+	+	+	+	+	-	-	+
Camundongo	+	+	+	-	-	+	+	-
Chimpanzé	+	+	+	-	-	+	+	-

^A Sinal de adição indica presença do traço, sinal de subtração indica ausência.

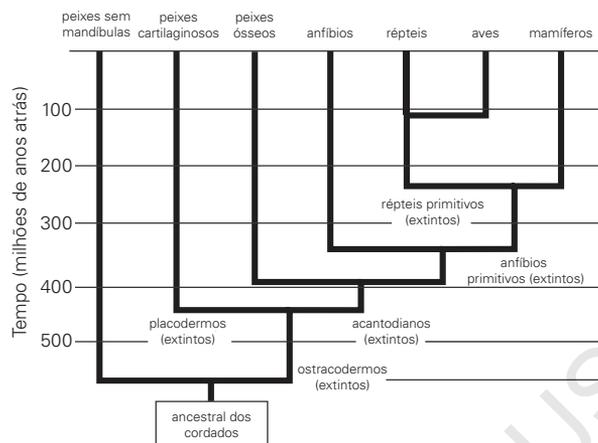
Com base nos dados apresentados, é correto afirmar que os números I, II e III, na figura, correspondem, respectivamente, a quais características?

ESTUDO PARA O ENEM

18. Enem

C4-H16

A classificação dos seres vivos permite a compreensão das relações evolutivas entre eles. O esquema representa a história evolutiva de um grupo.



Disponível em: <www.sobiologia.com.br>. Acesso em: abr. 2019 (adaptado).

Os animais representados nesse esquema pertencem ao filo dos cordados, porque

- possuem ancestrais que já foram extintos.
- surgiram há mais de 500 milhões de anos.
- evoluíram a partir de um ancestral comum.
- deram origem aos grupos de mamíferos atuais.
- vivem no ambiente aquático em alguma fase da vida.

19. Enem (adaptada)

C4-H16

O cladograma representa, de forma simplificada, as relações de parentesco de vários animais deuterostômios.



O símbolo * refere-se a algumas características que são compartilhadas por todos os animais representados no cladograma. Assinale a alternativa que reúne duas dessas características.

- Mandíbulas e vértebras.
- Cauda pós-anal e crânio.
- Notocorda e vértebras.
- Fendas faríngeas e brânquias.
- Cauda pós-anal e endóstilo.

20. Sistema Dom Bosco

C4-H16

Os cordados compreendem animais bastante diversificados, exibindo grande variedade de formas corporais. Com base na descrição abaixo, assinale a alternativa que reúne os animais em que estas características são encontradas:

Animais aquáticos que possuem boca circular, notocorda em certo estágio do desenvolvimento e vértebras rudimentares.

- Balanoglossos e peixes ósseos.
- Anfioxos e peixes-bruxa.
- Ascídias e lampreias.
- Lampreias e peixes-bruxa.
- Peixes cartilaginosos e lampreias.

24

PEIXES

- Agnatos
- Gnatostomados

HABILIDADES

- Reconhecer características morfológicas e fisiológicas dos peixes.
- Diferenciar agnatos de gnatostomados com base em suas características evolutivas.
- Associar características adaptativas dos peixes ao modo de vida desses animais.
- Compreender o mecanismo dos peixes para manutenção do equilíbrio interno, defesa e relações com o ambiente.

Os peixes ocupam todos os ambientes aquáticos e são mais numerosos em espécies que todos os outros grupos de vertebrados juntos. Embora a maioria das pessoas saiba o que é um peixe – animal vertebrado aquático que respira na água, de corpo hidrodinâmico equipado com nadadeiras –, o termo **peixes** não tem valor taxonômico para a classificação dos vertebrados.

Essa palavra engloba animais com parentesco bastante variado e não corresponde a um grupo monofilético. Para que **peixes** se referisse a um grupo válido, seria preciso incluir nessa classificação os tetrápodes (vertebrados terrestres com patas). Isso porque o ancestral aquático dos tetrápodes fazia parte de um grupo de peixes com nadadeiras carnosas.

Embora esse agrupamento não tenha valor taxonômico, o grupo dos peixes tem grande importância ecológica e econômica. Atualmente, porém, a diversidade e a distribuição desses animais estão ameaçadas em virtude da intensificação da pesca para o consumo humano e da degradação dos habitats aquáticos pela ação antrópica.

Neste módulo, serão estudados os grupos válidos na classificação dos vertebrados informalmente tratados como peixes: agnatos (vertebrados sem mandíbula) e gnatostomados (vertebrados com mandíbula).



O cavalo-marinho (*Hippocampus hippocampus*) faz parte do grupo dos peixes de nadadeiras raiadas (actinoptérigeos).

AGNATOS

Lampreias e feiticeiras (peixes-bruxa) são os representantes atuais de agnatos, também chamados **ciclóstomos** (do grego *cyclos*, circular; *stoma*, boca). Esses animais têm crânio, mas são **desprovidos de mandíbula**. Por essa razão são conhecidos como “peixes sem mandíbula”. A notocorda persiste no indivíduo adulto e é a principal estrutura de sustentação. Em virtude desse fato, são considerados vertebrados primitivos.

A presença de vértebras pouco desenvolvidas era reconhecida apenas nas lampreias. No entanto, mais recentemente essas estruturas também foram identificadas nos peixes-bruxa. Assim, os agnatos compreendem os vertebrados sem mandíbulas e com vértebras rudimentares.

Lampreias (classe Petromyzontida ou Cephalaspidomorphi) são encontradas em ambientes de água doce e salgada. Peixes-bruxa (classe Myxini), por sua vez, são animais exclusivamente marinhos.

Outras características que diferem os agnatos dos vertebrados com mandíbula são:

- ausência de escamas;
- inexistência de ossificação interna;
- presença de nadadeiras ímpares.

Os agnatos apresentam aberturas branquiais em forma de poros, respiração branquial, corpo cilíndrico e alongado e um coração com duas cavidades (um átrio e um ventrículo).

TOM MCHUGH/GETTYIMAGES



Peixe-bruxa ou feiticeira (*Eptatretus stoutii*).

LAMPREIA (CLASSE CEPHALASPIDOMORPHI)

São conhecidas aproximadamente 40 espécies de lampreias. Nesta classe, as nadadeiras não têm função na natação, de modo que o deslocamento desses animais é geralmente realizado por meio de ondulações do corpo.

Na cabeça das lampreias, há um funil bucal ventral com vários dentículos de queratina e uma língua denteadada. Esses animais têm dois grandes olhos laterais sem pálpebras, e atrás de cada olho há **sete fendas branquiais**. A notocorda persiste como estrutura de suporte no indivíduo adulto. O conjunto de células sensoriais sensíveis às vibrações da água, conhecido como **linha lateral**, está ao longo dos dois lados do corpo.

Os representantes mais conhecidos das lampreias são parasitas de outros animais, aos quais se prendem por sucção do funil bucal, com auxílio dos dentículos bucais. Os dentículos linguais abrem um orifício no corpo do peixe a ser parasitado, e uma substância anticoagulante é injetada quando o sangue flui para a boca da lampreia.



ROSTISLAV STEFANEK/SHUTTERSTOCK

Espécie de lampreia (*Lampetra planeri*) de água doce com hábito parasita.

Todas as espécies se reproduzem em rios, nos quais sobem para desovar. São animais dioicos com desenvolvimento indireto e fecundação externa. Após a desova, os adultos morrem.

As larvas desses animais são chamadas **amocetes** (usadas como isca na pesca comercial). São cegas e não têm dentes. Além disso, assemelham-se morfológicamente aos anfioxos.

PEIXES-BRUXA (CLASSE MYXINI)

Também conhecidos como feiticeiras, são animais carnívoros que se alimentam de poliquetas e crustáceos, além de peixes mortos – hábito que os classifica como saprotróficos. Para isso, os peixes-bruxa usam um olfato bastante desenvolvido, uma vez que seus olhos são reduzidos. Têm uma língua com pequenos dentículos queratinizados, que servem para raspar o corpo das presas. Há de 5 a 16 pares de brânquias situados nas laterais do corpo.

Produzem grande quantidade de muco na superfície corporal que os torna muito escorregadios, o que é usado para fugir de predadores. Diferentemente de todos os demais vertebrados, os fluidos corporais dos peixes-bruxa estão em **equilíbrio osmótico** com a água do mar.

Contando atualmente com cerca de 70 espécies conhecidas de peixes-bruxa, esses animais vivem predominantemente em águas frias de regiões temperadas do globo. Assim, não fazem parte da fauna brasileira.



GENA MELENDREZ/SHUTTERSTOCK

Estrutura bucal de peixe-bruxa (*Petromyzon marinus*) em detalhe.

Por muito tempo foram considerados animais hermafroditas, mas descobriu-se que somente um dos sistemas reprodutores é funcional. Portanto, são animais dioicos, com fertilização externa e desenvolvimento direto.

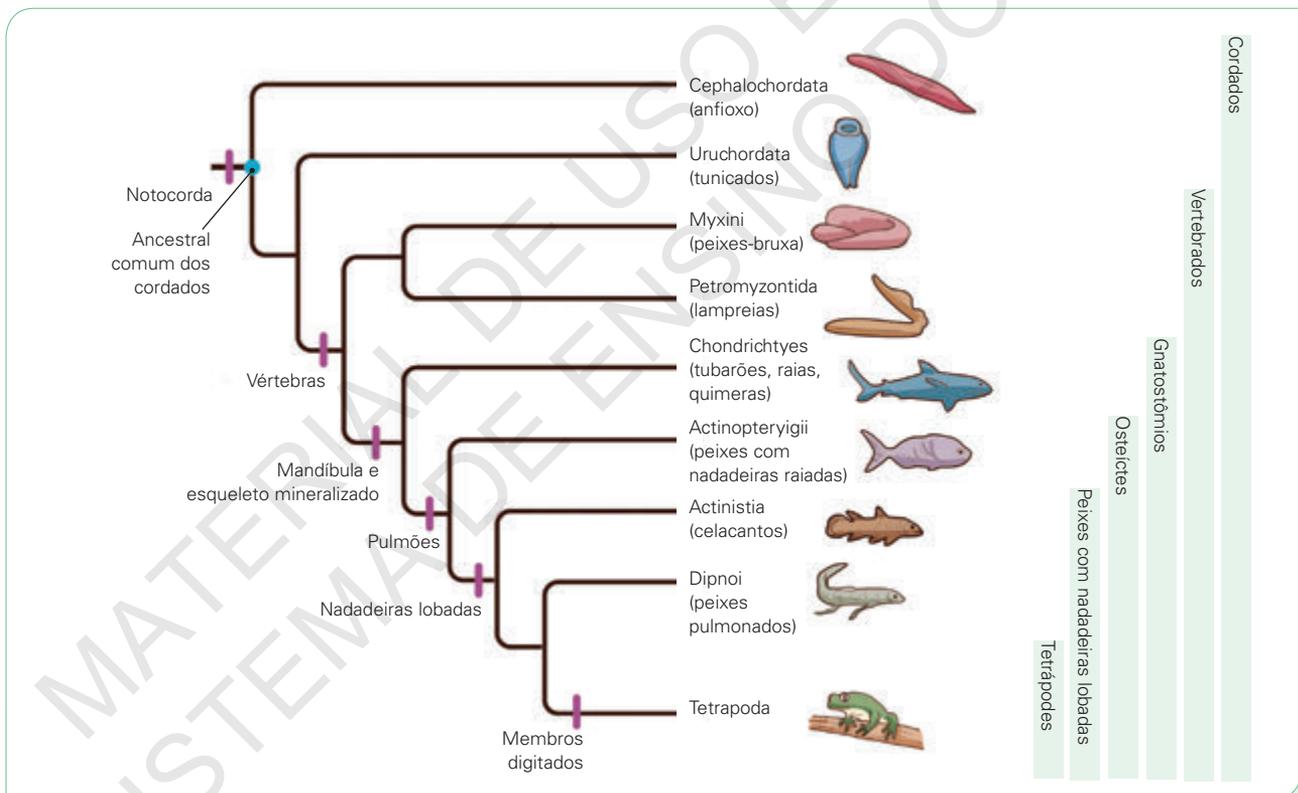
GNATOSTOMADOS

O surgimento da **mandíbula** e de **nadadeiras pares** foi fundamental para o sucesso evolutivo desse grupo. Seus membros se diferenciaram nas linhagens que originaram o grupo dos peixes cartilagosos, dos peixes de nadadeiras raídas, do celacanto, dos peixes pulmonados e dos tetrápodes.

Enquanto os agnatos têm apenas nadadeiras ímpares e pouco desenvolvidas, os gnatostomados possuem nadadeiras pares (pélvicas e peitorais). Essas estruturas proporcionam maior velocidade, estabilidade e habilidade de movimentação na coluna de água, o que favorece a capacidade de fuga de predadores e a captura de presas.

A evolução da mandíbula nos gnatostomados possibilitou a esses animais capturarem e se alimentarem de presas maiores e mais ativas. Esse fato aumentou a variedade de alimentos disponíveis e conferiu adaptação importante em relação aos agnatos.

A mandíbula surgiu com base nos dois primeiros arcos branquiais (elementos esqueléticos cartilaginosos de sustentação das brânquias), os quais, projetados para a frente, se articulam com outros elementos do crânio.



Hipótese filogenética atualmente aceita dos maiores clados de cordados. À esquerda, estão as novidades evolutivas de alguns clados. À direita, estão os grandes grupos monofiléticos. Elementos representados fora da escala de tamanho. Cores fantasia.

CLASSE CHONDRICHTHYES (PEIXES CARTILAGINOSOS)

O termo que nomeia esse grupo vem do grego *chondros*, cartilagem, e *ichthys*, peixes. São os animais com esqueleto formado por tecido cartilaginoso, por isso também conhecidos como **peixes cartilaginosos**. O grupo compreende tubarões, raias e quimeras. Atualmente, são conhecidas cerca de 850 espécies viventes, predominantemente marinhas.

Os condrictes são classificados em dois grupos (subclasses):

- Elasmobranchii (elasmobrânquios) – Apresentam **fendas branquiais não protegidas** por opérculos e têm corpo recoberto por **escamas placoides**. Fazem parte desse grupo os tubarões e as raias. Compreendem a maioria das espécies de condrictes.
- Holocephali (holocéfalos) – Apresentam **brânquias protegidas** por opérculos membranosos. Compreendem cerca de 30 espécies de quimeras, vivendo em ambientes marinhos de águas profundas.

YFHSHINUMA/ISTOCK



LAGUNATICPHOTO/SHUTTERSTOCK



ELOYMR/SHUTTERSTOCK

À esquerda, tubarão-tigre (*Galeocerdo cuvier*). Ao centro, raia-do-sul (*Dasyatis americana*). Ambos são representantes dos elasmobrânquios. À direita, uma quimera (*Hydrolagus collie*), representante dos holocéfalos.

Há grande diversidade de formas e tamanhos de tubarões. Por exemplo, os cações têm menos de 90 centímetros; já o tubarão-baleia (*Rhincodon typus*) pode chegar a 12 metros de comprimento. Raias geralmente têm entre 30 cm e 90 cm. As quimeras, por sua vez, apresentam menos de 1 metro de comprimento.

MAGNUSDEEPBELOW/SHUTTERSTOCK



Apesar de serem os maiores representantes do grupo, tubarões-baleia (*Rhincodon typus*) não são agressivos e se alimentam de plânctons e pequenos peixes.

Predominantemente predadores, os tubarões se alimentam de peixes. As raias, por sua vez, têm moluscos, crustáceos e pequenos peixes como fonte de alimento. Algumas delas possuem espinho ou ferrão venenoso na cauda, usado para defesa.

Comparados aos ciclostomados, os condrictes apresentam as seguintes novidades evolutivas:

- mandíbula derivada de um dos arcos branquiais;
- elementos esqueléticos de sustentação das brânquias, os quais, projetados, se articulam com outros elementos do crânio;
- nadadeiras pares, que auxiliam na propulsão e na orientação do corpo na água, o que fornece maior habilidade de movimentação.

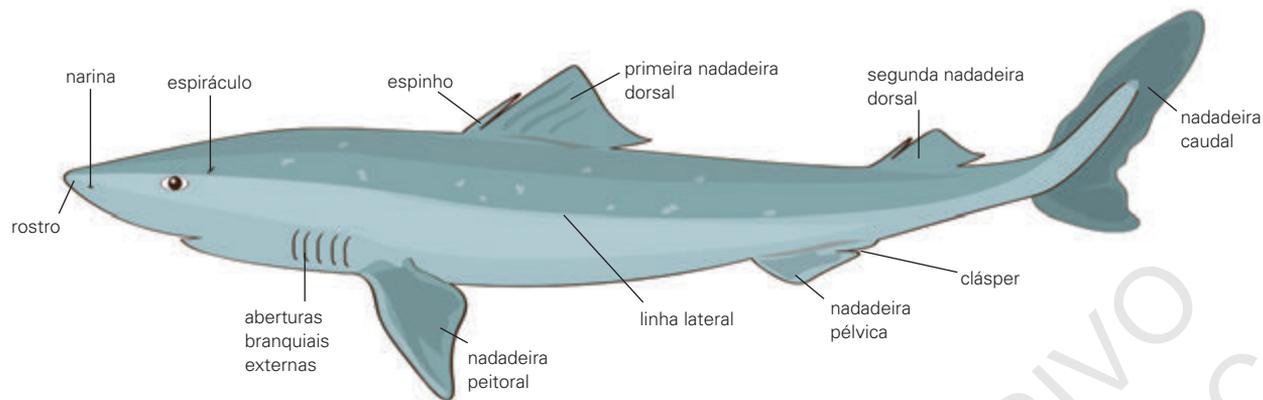


Ilustração da anatomia externa de um tubarão. Elementos representados fora da escala de tamanho. Cores fantasia.

Anatomia e fisiologia

A pele dos condrictes é recoberta por pequenas escamas placoides de origem dermoepidérmica. Compostas de uma camada de esmalte e de uma placa basal de dentina, essas escamas têm forma de espinhos voltados para a região posterior do corpo. Isso confere menor atrito do corpo desses animais com a água durante a movimentação.

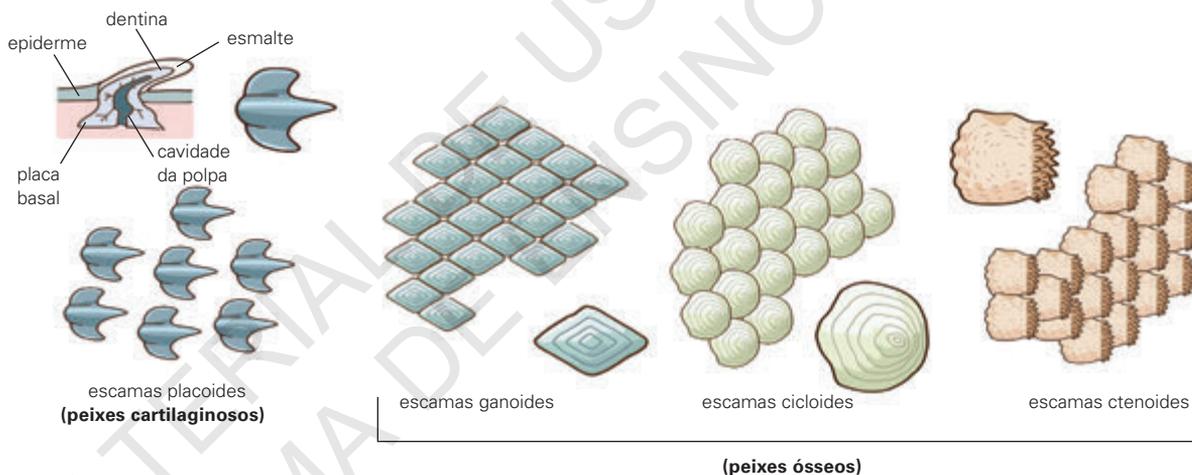


Ilustração dos tipos de escamas encontrados em peixes cartilagosos e em actinoptérigeos. Algumas espécies de peixes ósseos, como enguias e bagres, não têm escamas. Elementos representados fora da escala de tamanho. Cores fantasia.

Em relação ao formato, os tubarões têm o corpo fusiforme (alongado, com extremidades afiladas em relação ao centro) e uma nadadeira caudal heterocerca (assimétrica), com o lóbulo superior maior que o inferior.

Atrás dos olhos, abre-se um par de espiráculos que comunicam a faringe com o meio. Os tubarões apresentam também entre cinco e sete pares de fendas branquiais, pelas quais passa a água que entra pela boca, na qual estão as brânquias ricamente vascularizadas que realizam as trocas gasosas.

A boca ocupa posição ventral nesses animais, e os dentes são escamas placoides diferenciadas dispostos em fileiras. Assim, os dentes funcionais ficam à frente e são substituídos pelos dentes das fileiras de trás, conforme são perdidos. No intestino curto, um septo espiralado denominado **válvula espiral** retarda a passagem do alimento e aumenta a superfície de absorção.

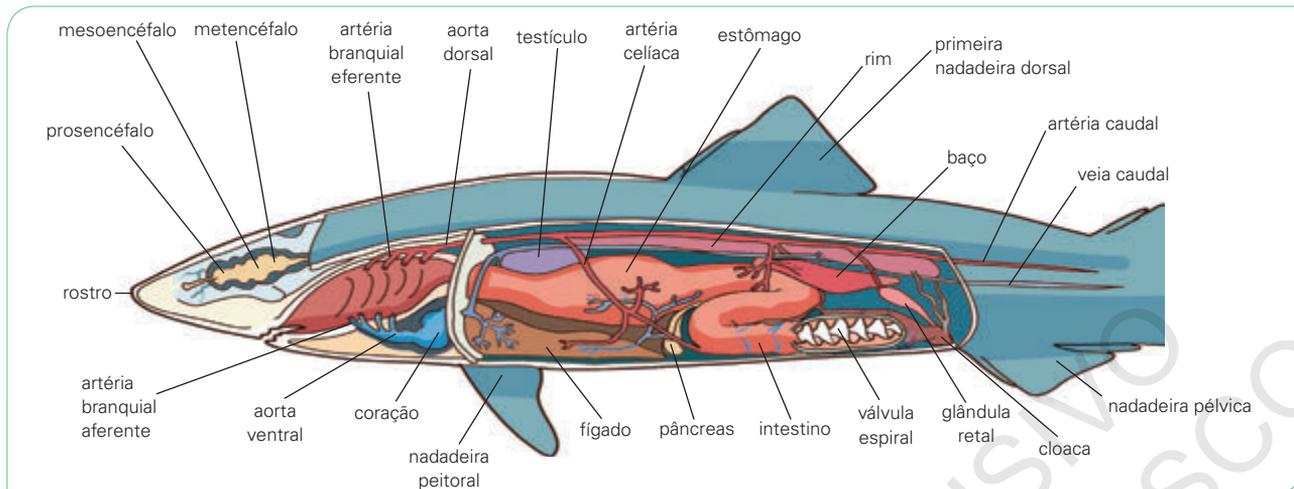


Ilustração da anatomia de um tubarão-bagre, com a válvula espiral do sistema digestório em detalhes. Elementos representados fora da escala de tamanho. Cores fantasia.

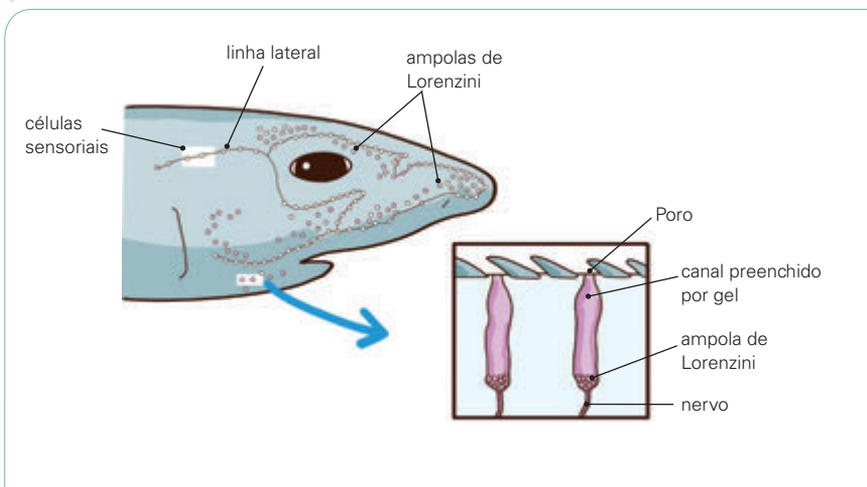
O coração dos peixes cartilagosos, assim como dos actinoptérigeos, tem duas cavidades: um átrio e um ventrículo. O **átrio** recebe o sangue venoso vindo dos tecidos do corpo, rico em gás carbônico (sangue venoso), que passa então ao **ventrículo**, no qual é bombeado para as brânquias. Nelas o sangue é oxigenado e se torna rico em oxigênio (sangue arterial). Das brânquias, o sangue segue para os tecidos do corpo. Desse modo, a circulação desses peixes forma apenas um circuito, e não há mistura entre os sangues venoso e arterial no coração. Esse padrão cardiovascular é conhecido como **circulação simples e completa**:

coração → brânquias → tecidos do corpo → coração

Peixes cartilagosos têm **rins mesonefros**, que filtram o sangue e o líquido celomático e excretam **ureia**. O tubarão, por exemplo, é tolerante à grande concentração de ureia no sangue, fenômeno denominado **uremia fisiológica**. Essa alta concentração torna o plasma quase isotônico em relação à água do mar, o que evita a perda de água por osmose.

Condrictes não apresentam estruturas de flutuação, de modo que o fígado, rico em óleo, contribui para manter a densidade corporal pouco superior à da água, o que facilita a flutuabilidade. A densidade da cartilagem que compõe o esqueleto é cerca de metade da densidade dos ossos, o que também auxilia a flutuação. Os tubarões usam a sustentação dinâmica para manter a profundidade na coluna de água, afundando quando param de nadar.

Os olhos laterais não têm pálpebras e facilitam a localização das presas. **A linha lateral**, por meio de receptores sensoriais (neuromastos), capta vibrações e mudanças na temperatura e na pressão da água circundante. Isso auxilia a localização de obstáculos e presas. O olfato extremamente desenvolvido dos tubarões possibilita a identificação de substâncias ainda que bastante diluídas na água. Na região da cabeça, as **ampolas de Lorenzini** captam correntes elétricas geradas pela atividade muscular de outros animais.



Representação da cabeça de um tubarão. É possível observar as ampolas de Lorenzini (células sensoriais eletrorreceptoras) e as células sensoriais (neuromastos) presentes na linha lateral. Elementos representados fora da escala de tamanho. Cores fantasia.

Os condrictes são animais dioicos, de fecundação interna e desenvolvimento direto. Os machos possuem um par de órgãos copuladores (denominados **cláspers**), formados por modificações das nadadeiras pélvicas. Essas estruturas auxiliam a passagem do esperma para a **cloaca** da fêmea. Há espécies ovíparas, ovovivíparas e vivíparas.

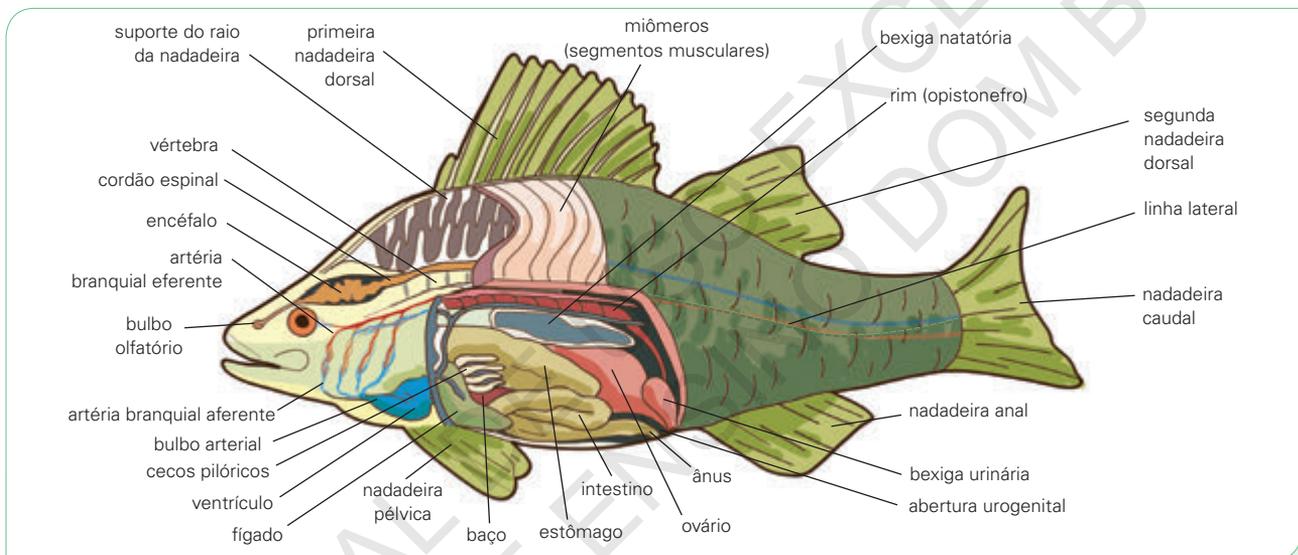
Nas espécies ovíparas, as fêmeas põem ovos grandes, com muito vitelo, os quais se desenvolvem na água. A **glândula nidamental**, localizada na extremidade do oviduto, secreta a casca proteica que envolve o ovo, e suas protuberâncias entrelaçam-se à vegetação em locais protegidos.

Nas espécies ovovivíparas, os embriões são retidos no corpo da fêmea, em que se alimentam de sua bolsa de vitelo até o nascimento.

Em espécies vivíparas, por sua vez, os embriões são nutridos pela placenta.

CLASSE ACTINOPTERYGII (PEIXES DE NADADEIRAS RAIADAS)

Os actinoptérigeos recebem esse nome (do grego *aktis*, raio; *pteryx*, nadadeira) porque apresentam raios ósseos que sustentam as nadadeiras. Esse grupo compreende a grande maioria dos peixes conhecidos. Seus representantes estão espalhados por todos os tipos de ambiente aquático.



Anatomia de uma perca (*Perca* sp.), animal de água doce, representante dos peixes de nadadeiras raiadas (actinoptérigeos). Elementos representados fora da escala de tamanho. Cores fantasia.

Características gerais

Apesar de ser um grupo bastante diverso em espécies, os actinoptérigeos apresentam características gerais semelhantes, como:

- esqueleto predominantemente ósseo;
- escamas leves, finas e flexíveis;
- mandíbulas complexas.

Esses animais apresentam grande diversidade de formas corporais e de hábitos de vida e alimentação. Em geral, medem menos de 1 metro de comprimento, mas há espécies maiores, como o peixe-espada (cerca de 3,80 metros) e o peixe-lua (que pode chegar a 900 kg). Existem também espécies muito pequenas, como o gobião-anão das Filipinas, que mede apenas 8 milímetros e é adaptado a águas muito ácidas.



Peixe-lua (*Mola mola*), um dos maiores actinoptérigeos existentes.

Embora a maioria dos peixes esteja restrita ao ambiente aquático durante toda sua vida, algumas espécies podem realizar pequenas incursões fora desse ambiente. Um exemplo são os peixes-voadores, que são capazes de planar no ar por alguns segundos. Outras espécies conseguem se deslocar em terra e subir em pequenos ramos de vegetação, como os gobídeos. Existem espécies com estruturas ou partes tóxicas/venenosas, como o peixe-leão e o baiacu.

SALPARADIS/SHUTTERSTOCK

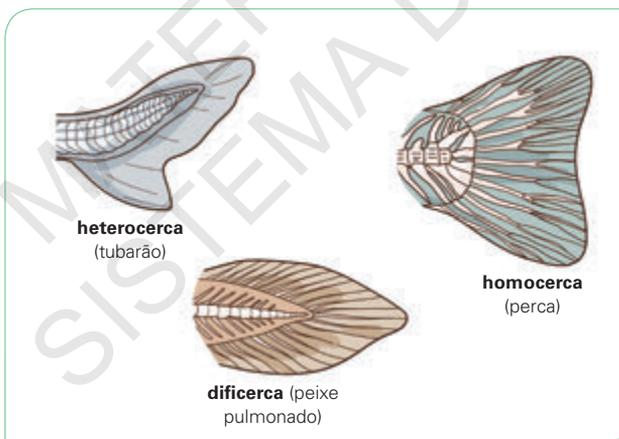


Gobídeo (*Periophthalmus* sp.), peixe com nadadeiras peitorais modificadas para deslocamento em terra.

O corpo dos actinoptérgeos é coberto por epiderme lisa e com glândulas mucosas, o que facilita a movimentação na água e funciona como proteção contra parasitas.

As escamas que recobrem o corpo dos actinoptérgeos são de **origem dérmica** e podem ser de três tipos: ganoides, cicloides e ctenoides. Alguns actinoptérgeos, como bagres e enguias, não têm escamas na pele.

Em geral, peixes ósseos são maiores em altura que em largura. Esse fato aumenta a hidrodinâmica e reduz a resistência do corpo com a água durante o deslocamento.



Diferentes tipos de nadadeiras caudais de peixes cartilaginosos (tubarão), pulmonados e actinoptérgeos (perca). Elementos representados fora da escala de tamanho. Cores fantasia.

A boca se encontra na região anterior, com dentes finos. Os olhos são laterais, atrás dos quais se encontra

o **opérculo**, placa óssea que recobre as brânquias. Em razão dos movimentos sincronizados de abertura e fechamento da boca e dos opérculos, é estabelecido um fluxo contínuo de água, que entra pela boca e sai pela abertura lateral do opérculo. Isso garante a renovação da água em contato com as brânquias e assegura a absorção de oxigênio e a eliminação de gás carbônico.

Sustentadas por raios ósseos, as nadadeiras pares são expansões membranosas que mantêm o equilíbrio do corpo e ajudam na direção dos movimentos. Esse fato gera maior controle na movimentação durante o nado (deslocamento).

O sistema digestório é completo, com boca e ânus. Acima do estômago está a **bexiga natatória**, uma novidade evolutiva dos actinoptérgeos em relação aos condrictes. Essa estrutura se assemelha a uma bolsa de paredes finas, localizada na porção dorsal da cavidade corporal, a qual pode ser preenchida por gases. Funciona como um órgão hidrostático que possibilita ao animal ajustar sua densidade corporal em relação à da água, permitindo o descolamento vertical. A mudança de profundidade ocorre lentamente, e o peixe não precisa nadar para manter a flutuação em virtude da secreção ou absorção dos gases através dos vasos sanguíneos ou das glândulas especiais situadas na parede da bexiga natatória.

Assim como nos peixes cartilaginosos, a circulação nos peixes actinoptérgeos é **fechada e simples**. O sangue venoso passa pelo coração, equipado com duas câmaras, um átrio e um ventrículo. Ele é, então, conduzido às brânquias, nas quais ocorrem as trocas gasosas.

Os **rins mesonefros** dos actinoptérgeos filtram o sangue e o líquido celomático. Além disso, o principal produto de excreção é a **amônia**. A linha lateral possibilita a esses animais perceberem modificações de pressão e vibrações na água. Isso facilita a locomoção e a localização de presas e predadores. A derme de muitas espécies apresenta cromatóforos, responsáveis pela coloração variada e pela capacidade de mudança de cor. Essa característica é utilizada na fuga de predadores e na atração de parceiros sexuais.

Reprodução

Actinoptérgeos são geralmente dioicos e realizam fecundação externa. Há espécies ovíparas e vivíparas. Algumas constroem ninhos para a desova, como os salmões, e os ovos e filhotes podem receber cuidado parental. O macho do cavalo-marinho, por exemplo, incuba os ovos em uma bolsa especial.

A maioria das espécies apresenta formas larvais, chamadas de alevinos. No entanto, algumas têm desenvolvimento direto.

Muitas espécies realizam migrações periódicas, principalmente para a reprodução. No período da desova, o salmão desloca-se da água salgada para a doce (espécie anádroma). A enguia de água doce faz a migração oposta (espécie catádroma).

Algumas espécies de água doce sobem os rios durante o período reprodutivo e nadam contra a correnteza em busca das nascentes, onde a água é mais límpida e oxigenada. Esse fenômeno, comum em muitos rios brasileiros, é conhecido como **piracema**.

O quadro a seguir resume as principais diferenças entre peixes actinoptérgeos e cartilaginosos.

Característica	Peixes actinoptérgeos	Peixes cartilaginosos
Esqueleto	Predominantemente ósseo	Exclusivamente cartilaginoso
Escamas	dérmica	dermoepidérmica
Brânquias	protegidas por opérculo	fendas
Boca	frontal	ventral
Válvula espiral	ausente	presente
Bexiga natatória	presente	ausente
Fecundação	geralmente externa, com alevinos	interna, sem fase larval
Cloaca	ausente	presente
Exemplos	enguia, dourado	tubarão, raia

Quadro comparativo entre peixes actinoptérgeos e cartilaginosos.

PEIXES DE NADADEIRAS CARNOSAS (CLASSE SARCOPTERYGII)

Com base em uma linhagem ancestral de peixes com esqueleto ósseo, diversificou-se a linhagem dos peixes actinoptérgeos. Outra linhagem originou os peixes de nadadeiras carnosas ou lobadas, os **sarcopterígeos**.

Como eram tradicionalmente reconhecidos, os sarcopterígeos eram compostos apenas do celacanto (Actinistia) e dos peixes pulmonados (Dipnoi). Eram excluídos nessa classificação os tetrápodes (anfíbios, répteis e mamíferos), o que torna o grupo parafilético.

Para ser reconhecido como um grupo monofilético, com valor taxonômico, passaram a ser incluídos no grupo dos sarcopterígeos os celacantos, os peixes pulmonados e os tetrápodes. Essa constituição classifica esses três clados como grupos-irmãos.

Os sarcopterígeos ancestrais, além das nadadeiras carnosas, possuíam brânquias e pulmões no mesmo indivíduo. O celacanto era considerado um grupo fóssil. No entanto, em 1938 pescadores encontraram um exemplar vivo na costa da África do Sul. Atualmente são conhecidas duas espécies vivas desse grupo.



Celacanto (gênero *Latimeria*) taxidermizado, peixe da nadadeira lobada ou carnosas.

São conhecidas somente seis espécies vivas do grupo dos peixes pulmonados, presentes na América do Sul, na África e na Austrália.

Nos peixes pulmonados, a bexiga natatória liga-se à faringe por um ducto, que funciona como um pulmão. A maioria das espécies viventes do grupo é capaz de se enterrar na lama do leito dos rios em períodos de seca e pode sobreviver assim por meses sem água.

Uma dessas espécies vive na região amazônica do Brasil e é popularmente conhecida como piramboia. Tem brânquias reduzidas, insuficientes para as necessidades respiratórias. Por essa razão, esse peixe usa a bexiga natatória como órgão respiratório durante os períodos de seca. Nesse tempo, as trocas gasosas com o ambiente passam a ocorrer entre os numerosos vasos sanguíneos da parede da bexiga natatória.



GALINA SAVINA/SHUTTERSTOCK

Piramboia (*Lepidosiren* sp.), espécie do grupo dos peixes pulmonados (Dipnoi) que vive na região amazônica do Brasil.

MATERIAIS DE
SISTEMA DE

ROTEIRO DE AULA

PEIXES

Classificação

Agnatos ou ciclostromados

Peixes-bruxa (Myxini)

Lampreias
(Cephalaspidomorphi)

Gnatostomados – mandíbula

Peixes cartilagosos

Peixes de nadadeiras

Celacanto

Dipnoi

Características gerais

Peixes condrictes

Esqueleto: cartilaginoso

Representantes:
tubarões, raias e quimeras

Brânquias protegidas por: opérculo

Circulação simples e completa

Escamas: dermoepidérmicas

Possuem cloaca

Excretam: ureia

Fecundação: interna

Desenvolvimento: direto

Peixes actinoptérgicos (nadadeiras raiadas)

Esqueleto: ósseo

Representantes:
atum, enguia

Fendas branquiais

Circulação: simples e completa

Escamas: dérmicas

Possuem bexiga natatória

Excretam: amônia

Fecundação: externa

Desenvolvimento: direto e indireto

EXERCÍCIOS DE APLICAÇÃO

1. **Uerj** – O deslocamento vertical do peixe, para cima, ocorre por conta da variação do seguinte fator:

- a) Densidade
- b) Viscosidade
- c) Resistividade
- d) Osmolaridade

Peixes ósseos são capazes de se deslocar verticalmente na coluna de água por meio da alteração do volume de gás no interior de sua bexiga natatória, órgão responsável pela flutuabilidade do animal. Dessa forma, o animal modifica sua densidade em relação à da água. Quando o animal diminui sua densidade em relação à da água (por meio do aumento do volume de gás em sua bexiga natatória), ele se desloca para cima na coluna de água.

2. **Unisc-RS** – A circulação sanguínea dos peixes é completa e simples. Completa, porque o sangue arterial e o venoso não se misturam; e simples, porque o fluxo sanguíneo passa somente uma vez pelo coração. Conforme estas características morfológicas e anatômicas, pode-se dizer que o coração dos peixes ósseos tem

- a) um ventrículo e dois átrios.
- b) dois ventrículos e um átrio.
- c) um ventrículo e nenhum átrio.
- d) um ventrículo e um átrio.
- e) nenhum ventrículo e dois átrios.

O coração dos peixes ósseos e dos cartilagosos é bicavitário, ou seja, é composto de duas câmaras, um átrio e um ventrículo.

3. **Unicentro-PR** – Os peixes possuem ancestrais antigos, que se originaram de um protocordado livre natante desconhecido. Os vertebrados semelhantes a peixes eram um conjunto parafilético de peixes agnatos, os ostracodermes. Um grupo de ostracodermes deu origem aos gnathostomados. Em relação às classes basais de Gnathostomata, considere as afirmativas a seguir.

- I. A classe Actinopterygii caracteriza-se por apresentar esqueleto ósseo, com nadadeiras sustentadas por raios ósseos; a pele é revestida por escamas de origem dérmica, revestidas por epiderme.
- II. A classe Actinistia caracteriza-se por ser desprovida de mandíbula; apresenta esqueleto fibroso e cartilagosos; tem uma ou duas nadadeiras medianas, sem apêndices pares; seus representantes são filtradores.
- III. Os representantes da classe Dipnoi são caracterizados por crânio cartilagosos, corpo alongado e sem apêndices pares; são desprovidos de coluna vertebral e secretam uma espessa camada de muco protetor sobre a pele.
- IV. Os representantes da classe Chondrichthyes são dotados de mandíbula, esqueleto cartilagosos e nadadeiras pares; têm o corpo revestido por escamas placoides e dentes não fundidos aos maxilares, que são substituídos continuamente.

Assinale a alternativa correta.

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

A classe Actinistia inclui o celacanto e um sarcopterígeo com nadadeiras lobadas e esqueleto ósseo. Os representantes dos dipnoi são os peixes pulmonados e um sarcopterígeo com esqueleto ósseo.

4. **UFRGS** – Um peixe ósseo com bexiga natatória, órgão responsável por seu deslocamento vertical, encontra-se a 20 m de profundidade no tanque de um oceanário. Para buscar alimento, esse peixe se desloca em direção à superfície; ao atingi-la, sua bexiga natatória encontra-se preenchida por 112 mL de oxigênio molecular.

Recife é considerada a capital dos naufrágios no Brasil, devido à grande quantidade de navios submersos que estão à disposição dos mergulhadores.

Considere as seguintes afirmações referentes às consequências locais ocasionadas por esses eventos.

- I. As embarcações permitem o estabelecimento de uma cadeia alimentar e de relações ecológicas entre as espécies marinhas.
- II. Os crustáceos adultos não conseguem prender-se à superfície das embarcações.
- III. Os peixes cartilagosos podem utilizar essas áreas como refúgio e habitat, por apresentarem bexiga natatória.

Quais estão corretas?

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

(II) Incorreta. As cracas (crustáceos) prendem-se às superfícies, como as de embarcações. É bastante comum o casco de navios submersos estar recoberto por cracas.

(III) Incorreta. Os peixes cartilagosos não apresentam bexiga natatória.

5. **UCS-RS** – Os peixes são o grupo mais diversificado e abundante dos vertebrados. Apresentam diversas formas corporais e habitam muitos ambientes, desde águas frias até águas quentes, doces ou salgadas e, devido a essa diferença de habitats, possuem também diferentes estratégias de vida, dependendo das pressões seletivas a que foram expostos durante a evolução.

Assinale a alternativa correta em relação aos peixes.

- a) Os peixes cartilagosos, como lampreia e quimera, possuem mandíbula e esqueleto formado exclusivamente por cartilagens, diferenciando-os dos peixes ósseos.
- b) Os elasmobrânquios são todos ovíparos, isto é, as fêmeas eliminam os ovos, que se desenvolvem na água.
- c) O coração dos peixes é constituído por quatro cavidades, dois átrios e dois ventrículos, semelhante ao coração dos mamíferos.
- d) Os peixes ósseos e cartilagosos são dioicos, ou seja, apresentam sexos separados, em indivíduos diferentes.
- e) A bexiga natatória, presente nos peixes cartilagosos e ósseos, auxilia na flutuabilidade e, também, pode colaborar com a troca gasosa em algumas espécies de elasmobrânquios.

Feiticeiras (peixes-bruxa) e lampreias não têm mandíbula. Entre os elasmobrânquios, grupo da classe dos condrictes (peixes cartilagosos), que reúne tubarões e raias, há espécies ovíparas, vivíparas e ovovivíparas. O coração dos peixes ósseos e dos cartilagosos apresenta duas câmaras, um átrio e um ventrículo. Os peixes cartilagosos (condrictes) não têm bexiga natatória.

6. Fac. Santa Marcelina-SP

C4-H14

Nenhuma espécie invasora causou tanto problema na região dos Grandes Lagos da América do Norte quanto a lampreia-marinha. Esse animal possui corpo alongado e uma boca com grande poder de sucção. A lampreia prende-se à pele de um peixe e usa sua língua raspadora para perfurar a carne da vítima, podendo permanecer ali por até um mês se alimentando do sangue e dos fluidos corporais da presa. Em seu habitat natural, a lampreia é componente importante da cadeia alimentar. Os problemas só começam quando passa de espécie nativa para invasora.

(Folha de S.Paulo, 20.2.2016. Adaptado.)

- a) A lampreia-marinha e a enguia são animais que se assemelham quanto à respiração, porém apresentam a estrutura bucal diferente. Qual a semelhança entre esses animais quanto ao tipo de respiração? Que estrutura está presente na boca de uma enguia e ausente na boca da lampreia-marinha?

As duas espécies têm respiração do tipo branquial. A enguia faz parte do grupo do gnatostomados (vertebrados com mandíbula). A lampreia é um animal agnato, cuja boca é desprovida de mandíbula.

- b) Por que a lampreia-marinha não se tornou um problema em seu hábitat natural?

Em seu hábitat, a lampreia-marinha faz parte de uma cadeia alimentar estabelecida ao longo de milhares de anos, com equilíbrio natural entre predadores e presas.

Competência: Compreender interações entre organismos e ambiente, em particular aquelas relacionadas à saúde humana, relacionando conhecimentos científicos, aspectos culturais e características individuais.

Habilidade: Identificar padrões em fenômenos e processos vitais dos organismos, como manutenção do equilíbrio interno, defesa, relações com o ambiente, sexualidade, entre outros.

EXERCÍCIOS PROPOSTOS

7. UEPG-PR – Assinale o que for correto sobre as características presentes nas classes Chondrichthyes e Actinopterygii.

- 01) Nos actinopterígeos, estruturas excretoras importantes, como a linha lateral, têm como função regular os níveis internos de amônia, contribuindo para a osmorregulação nestes animais.
- 02) Os tubarões apresentam escamas placoides em sua epiderme, as quais são constituídas por material orgânico calcificado, a dentina. Na região interna das escamas, na região denominada polpa, há vasos sanguíneos e terminações nervosas.
- 04) Dentre os representantes dos peixes cartilagosos podemos citar os tubarões, cações, raias e quimeras, os quais apresentam o esqueleto totalmente constituído por cartilagem. A maioria dos membros é carnívora e tem mandíbulas bem desenvolvidas.
- 08) A respiração nos peixes ósseos é cutânea, permitindo trocas gasosas recorrentes no ambiente aquático. O sistema circulatório é aberto e os gases circulam livremente entre os tecidos e a corrente sanguínea.

8. Fac. Albert Einstein-SP – Os peixes cartilagosos são animais ureotélicos, uma vez que produzem ureia como excreta nitrogenada. Entretanto, os rins desses peixes reabsorvem a ureia em vez de eliminá-la na urina, como fazem os mamíferos. Dessa forma, a concentração de ureia no sangue de tubarões e raias chega a ser 100 vezes maior que a observada no sangue de mamíferos. Isso explica o fato de os fluidos corporais desses peixes serem ligeiramente mais concentrados que a própria água do mar. Assim, é correto afirmar que os peixes cartilagosos

- a) reutilizam a ureia retida no corpo para fabricar novos aminoácidos e, por isso, requerem menos alimentos proteicos que os mamíferos.
- b) convertem a ureia retida no corpo em ácido úrico, um tipo de excreta mais facilmente eliminado em ambientes aquáticos.

- c) por osmose, ganham água do meio e, para evitar o excesso de água em seus fluidos corporais, os rins a eliminam pela urina.

- d) por osmose, perdem água para o meio e têm que dispor de mecanismos fisiológicos que evitem a desidratação no ambiente marinho.

9. UEPG-PR – Os actinopterígeos diferem dos condrictes principalmente pelo fato de seu esqueleto ser constituído basicamente por ossos, por isso receberam a denominação de peixes ósseos. Com relação à estrutura e à fisiologia dos actinopterígeos, assinale o que for correto.

- 01) Todos os actinopterígeos possuem escamas sob a epiderme.
- 02) Nos actinopterígeos, a linha lateral tem um pequeno furo, por onde a água penetra no canal da linha lateral. Dentro desse canal há estruturas sensoriais denominadas neuromastos, capazes de detectar vibrações na água, transmitindo-as ao sistema nervoso central por meio de nervos.
- 04) Os actinopterígeos possuem uma bolsa interna de parede flexível e cheia de gás, a bexiga natatória, localizada na porção dorsal da cavidade corporal. Essa bolsa controla a flutuação do peixe, permitindo a ele manter-se em diferentes profundidades, subindo ou descendo sem ter de despender muita energia.
- 08) Quanto à reprodução, os actinopterígeos são dioicos e a maioria das espécies tem fecundação externa.
- 16) As brânquias dos actinopterígeos não se abrem diretamente no ambiente, como nos agnatos e nos condrictes, mas são recobertas por uma placa móvel chamada opérculo.

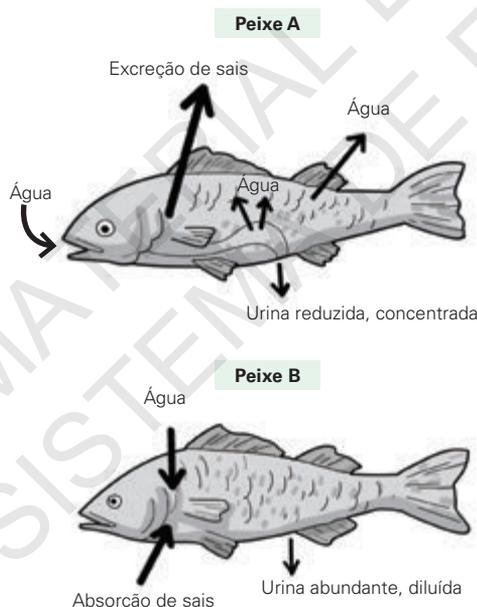
10. UEPG-PR (adaptada) – Os condrictes são vertebrados que apresentam maxilas e nadadeiras pares. Em relação a características gerais, anatomia, fisiologia e evolução deste grupo, analise as afirmativas abaixo.

- 01)** A adaptação evolutiva de nadadeiras atuando como hidrofólios permitiu a esses animais deslocamento eficiente na água. Virar rapidamente o corpo para os lados, para cima e para baixo e girar o corpo ao redor do próprio eixo são movimentos importantes na procura e captura de presas e mesmo na fuga de predadores.
- 02)** A adaptação evolutiva das maxilas colocou os primeiros gnatostomados em uma posição vantajosa para captura de alimentos em relação aos ágnatos primitivos e quase levou este último grupo à extinção.
- 04)** A quimiorrecepção e a mecanorrecepção são mecanismos sensoriais que os condrictes utilizam principalmente para a percepção da presença de presas a grandes distâncias.
- 08)** Nos condrictes, o crânio e as vértebras são ósseos, e o restante do esqueleto é formado por cartilagens.
- 16)** Os condrictes podem ser classificados em dois grupos principais: Agnatha e Elasmobranchii.

a) Identifique as afirmativas que estão corretas.

b) Corrija as afirmativas incorretas, tornando-as verdadeiras.

11. Mack-SP



O esquema anterior mostra como ocorre a manutenção osmótica em duas espécies de peixes. A esse respeito, considere as seguintes afirmativas.

I. No peixe A a eliminação de sais pelas brânquias ocorre de forma passiva.

- II. A ingestão de água no peixe A repõe a água perdida por osmose.
- III. O peixe B elimina amônia como principal excreta nitrogenado.
- IV. No peixe B, tanto a absorção de sais como a de água ocorrem de forma ativa.

Estão corretas apenas as afirmativas

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

- 12. UFSM-RS** – Um menino apaixonado por peixes resolveu montar um aquário em sua casa. Em uma loja, adquiriu três espécies diferentes, levando em consideração o aspecto visual: peixe-palhaço (*Amphiprion ocellaris*, espécie marinha), peixe-anjo-imperador (*Pomacanthus imperator*, espécie marinha) peixinho-dourado (*Carassius auratus*, espécie de água doce). Todas as espécies foram colocadas no mesmo aquário, que estava preenchido com água de torneira desclorada. As duas espécies marinhas incharam e morreram rapidamente, e apenas o peixe-dourado sobreviveu. Depois do ocorrido o menino descobriu que os indivíduos das duas espécies marinhas morreram, porque a água do aquário funcionava como uma solução _____ em relação aos seus fluidos corporais, ocorrendo um _____ que causou o inchaço por _____.

Assinale a alternativa que completa corretamente as lacunas do texto.

- a) hipotônica — desequilíbrio osmótico — absorção excessiva de água
b) hipotônica — transporte ativo de minerais para fora de seus corpos — absorção excessiva de água
c) hipertônica — desequilíbrio osmótico — perda de sais minerais e desidratação das espécies
d) hipertônica — transporte ativo de minerais para dentro de seus corpos — absorção excessiva de água
e) isotônica — desequilíbrio osmótico — perda de sais minerais e desidratação das espécies

- 13. Uece** – Sobre a maioria dos peixes ósseos, é correto afirmar que

- a) possuem um coração com duas cavidades (aurícula e ventrículo) por onde circula sangue venoso e arterial, de cor vermelha bastante intensa.
b) possuem estruturas denominadas ampolas de Lorenzini, que funcionam como canais sensitivos capazes de detectar as correntes elétricas dos músculos de outros organismos.
c) sua bexiga natatória compreende um grande saco de paredes finas e irrigadas, preenchido por gases que permitem o ajuste do peso do corpo do peixe de acordo com a profundidade em que ele se encontra.
d) apresentam escamas placoides, compostas de esmalte, dentina, vasos e nervos.

- 14. Uece (adaptada)** – Analise as seguintes afirmativas sobre as características dos tubarões.

- I. Suas escamas são homólogas aos dentes dos outros cordados.
II. Possuem bexiga natatória, responsável pela excelente flutuabilidade.
III. São animais sensíveis, com a capacidade de detectar campos elétricos gerados por outros animais.

IV. São sempre animais de grande porte, pois todos são ferozes e vorazes.

a) Quais afirmativas estão corretas?

b) Corrija a(s) afirmativa(s) incorreta(s), tornando-a(s) verdadeira(s).

15. UEL-PR (adaptada)

De onde vem o mundo? De onde vem o universo? Tudo o que existe tem que ter um começo. Portanto, em algum momento, o universo também tinha de ter surgido a partir de uma outra coisa. Mas, se o universo de repente tivesse surgido de alguma outra coisa, então essa outra coisa também devia ter surgido de alguma outra coisa algum dia. Sofia entendeu que só tinha transferido o problema de lugar. Afinal de contas, algum dia, alguma coisa tinha de ter surgido do nada. Existe uma substância básica a partir da qual tudo é feito? A grande questão para os primeiros filósofos não era saber como tudo surgiu do nada. O que os instigava era saber como a água podia se transformar em peixes vivos, ou como a terra sem vida podia se transformar em árvores frondosas ou flores multicoloridas.

Adaptado de: GAARDER, J. *O mundo de Sofia*. Trad. de João Azenha Jr. São Paulo: Companhia das Letras, 1995. p. 43-44.

Ambientes dulcícolas e marinhos possuem condições físico-químicas distintas que influenciaram a seleção natural para dar origem, respectivamente, aos peixes de água doce e aos peixes de água salgada, os quais possuem adaptações fisiológicas para sobreviverem no ambiente em que surgiram.

Considerando a regulação da concentração hidrossalina para a manutenção do metabolismo desses peixes, pode-se afirmar que os peixes de água doce eliminam _____ quantidade de urina _____ em comparação com os peixes marinhos, que eliminam _____ quantidade de urina _____.

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

- a)** grande, diluída, pequena, concentrada
- b)** grande, concentrada, grande, diluída
- c)** grande, concentrada, pequena, diluída
- d)** pequena, concentrada, grande, diluída
- e)** pequena, diluída, grande, concentrada

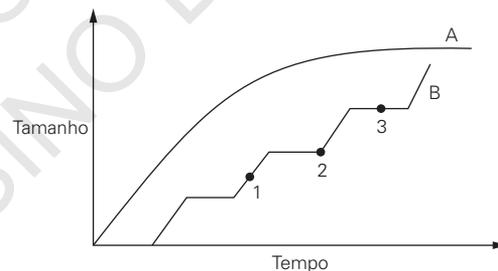
16. UPE-PE – Quando se fazem referências a peixes, erroneamente se pode achar que a única diferença encontrada entre eles é o hábitat, uma vez que alguns habitam águas doces e outros, águas salgadas. No entanto, são muitas as características que os diferenciam. Observe as afirmativas a seguir.

- I.** O peixe-bruxa é um representante atual de peixes primitivos, que, por não possuírem mandíbulas, não podem se alimentar de presas maiores nem mastigar partes duras dessas presas.
- II.** O tubarão representa uma classe de peixes, o qual possui um esqueleto firme, porém adaptável, denominado cartilaginoso, e nadadeiras articuladas de amplo movimento.
- III.** Os peixes ósseos primitivos desenvolveram bolsas de gás, que suplementaram a ação das brânquias e aperfeiçoaram o controle da flutuação, encontradas, atualmente, apenas, nos peixes pulmonados.
- IV.** Descendentes de peixes com nadadeiras articuladas, tornaram-se, com o tempo, mais adaptados à vida na terra, o que deu origem aos tetrápodes.

Estão corretas, apenas,

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

17. IFSC (adaptada) – O gráfico abaixo representa o crescimento do animais A e B. Ambos são aquáticos marinhos. O animal A respira por brânquias que são cobertas por uma borda óssea protetora, possui o corpo recoberto por escamas ósseas achatadas e controla sua flutuabilidade por meio de uma bolsa de gás localizada no interior do corpo. O animal B apresenta um esqueleto externo articulado, um sistema circulatório aberto e também respira utilizando brânquias.



Sobre esses organismos, analise as proposições abaixo.

- 01)** O animal A é um peixe cartilaginoso (Chondrichthyes), como os tubarões e arraias; sua taxa de crescimento decresce conforme o animal fica mais velho.
- 02)** O padrão de crescimento intermitente representado pelo animal B é típico de artrópodes. Para crescer, o animal deve perder o exoesqueleto e formar um novo e maior.
- 04)** O animal representado pela linha de crescimento A corresponde a um peixe ósseo (Osteichthyes). A placa óssea que recobre as brânquias corresponde ao opérculo. A bolsa de gás no interior do corpo é a bexiga natatória.
- 08)** A linha de crescimento B é típica de animais anelídeos. Esses animais apresentam corpo segmentado, simetria radial e presença de uma estrutura denominada notocorda.
- 16)** O animal representado pela curva de crescimento A é caracterizado pela presença de um sistema vascular aquífero denominado sistema ambulacral. Esse sistema atua na alimentação, trocas gasosas e locomoção do animal.
- 32)** Na linha de crescimento B, o ponto 1 corresponde a um período de crescimento rápido, o ponto 2 marca o processo de ecdise e o ponto 3 é um período em que não ocorre crescimento.

a) Qual é a soma da(s) proposição(ões) correta(s).

b) Corrija a(s) proposição(ões) incorreta(s), tornando-a(s) verdadeira(s).

ESTUDO PARA O ENEM

18. Enem

C8-H28

O Fenômeno da piracema (subida do rio) é um importante mecanismo que influencia a reprodução de algumas espécies de peixes, pois induz o processo que estimula a queima de gordura e ativa mecanismos hormonais complexos, preparando-os para a reprodução. Intervenções antrópicas nos ambientes aquáticos, como a construção de barragens, interferem na reprodução desses animais.

MALTA, P. Impacto ambiental das barragens hidrelétricas. Disponível em: <<http://futurambiental.com>>. Acesso em: 10 maio 2013 (adaptado).

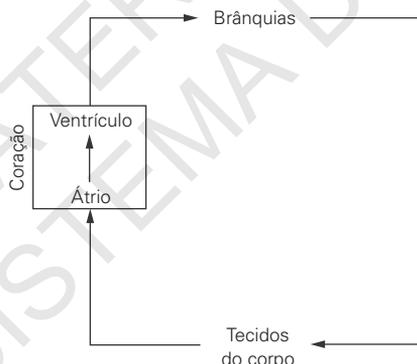
Essa intervenção antrópica prejudica a piracema porque reduz o(a)

- a) percurso da migração.
- b) longevidade dos indivíduos.
- c) disponibilidade de alimentos.
- d) período de migração da espécie.
- e) número de peixes no local.

19. Fuvest-SP

C4-H14

O esquema representa, de maneira simplificada, a circulação sanguínea em peixes.



Pode-se afirmar corretamente que, nos peixes,

- a) o coração recebe somente sangue pobre em oxigênio.
- b) ocorre mistura de sangue pobre e de sangue rico em oxigênio, como nos répteis.
- c) o sangue mantém constante a concentração de gases ao longo do percurso.

d) a circulação é dupla, como ocorre em todos os demais vertebrados.

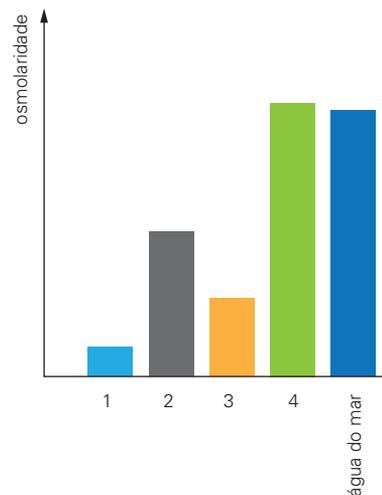
e) o sistema circulatório é aberto, pois o sangue tem contato direto com as brânquias.

20. Uerj

C4-H14

Como consequência dos mecanismos que regulam a pressão osmótica dos peixes marinhos, os peixes ósseos precisam beber água do mar, enquanto os cartilaginosos não.

O gráfico abaixo mostra a osmolaridade do plasma sanguíneo de peixes marinhos, em relação à da água do mar.



A coluna do gráfico que representa a osmolaridade do plasma dos elasmobrânquios e a substância orgânica importante para a manutenção da pressão osmótica nesses animais estão indicadas em

- a) 1 – ácido úrico
- b) 2 – glicina
- c) 3 – glicose
- d) 4 – ureia

25

ANFÍBIOS

- Classe Amphibia
- Características gerais

HABILIDADES

- Reconhecer as características morfológicas e fisiológicas dos Amphibia.
- Identificar padrões em fenômenos e processos vitais dos anfíbios, em especial a manutenção do equilíbrio interno e as relações com o ambiente externo.
- Associar características adaptativas dos anfíbios ao modo de vida e aos limites de distribuição desses animais em diferentes ambientes.

Os anfíbios, grupo que inclui os anuros, as salamandras e as cobras-cegas, estão entre os primeiros tetrápodes terrestres, cuja novidade evolutiva inclui o surgimento de quatro membros com dedos. Os tetrápodes evoluíram de uma linhagem de peixes ósseos pulmonados com nadadeiras lobadas (sarcopterígeos), há cerca de 400 milhões de anos.

Após a colonização do ambiente terrestre, os primeiros tetrápodes diversificaram-se em diferentes linhagens, originando anfíbios, répteis e mamíferos. No entanto, a maioria dos primeiros tetrápodes permaneceu associada aos ambientes aquáticos, característica presente na maioria dos membros do grupo mais antigo de tetrápodes atuais: os anfíbios.

Embora formem um grupo bastante diversificado, os anfíbios ainda são pouco conhecidos pela maioria das pessoas. Apesar de abundantes e facilmente encontrados em ambientes próximos a rios e lagos, o hábito noturno da maioria das espécies e a atividade restrita principalmente ao período das chuvas dificultam o contato com esses animais.

Apesar do grande número de espécies, nos últimos anos observou-se um decréscimo na diversidade de anuros em virtude da ação do fungo parasita causador da doença quitridiomicose anfibia. Ela tem ocasionado o desaparecimento de espécies em todo o planeta e está associada ao consumo de pele e carne de rãs e ao comércio ilegal de espécies. Os anfíbios têm papel fundamental na natureza, pois, sem eles, o equilíbrio ecológico é comprometido.



ONDREI PROSICKY/SHUTTERSTOCK

Dendrobates pumilio, anfíbio da família dos dendrobatídeos, os quais estão entre os vertebrados mais venenosos do planeta.

CLASSE AMPHIBIA

O nome desse grupo (do grego *amphi*, duplo; e *bios*, vida) refere-se à característica mais comum dos animais dessa classe: um ciclo de vida que ocorre parte no ambiente aquático e parte no ambiente terrestre. Entretanto, há membros do grupo com o ciclo de vida totalmente aquático (como é o caso de algumas salamandras) ou totalmente terrestre (como os anuros da família dos dendrobatídeos).

Os anfíbios são encontrados principalmente em locais úmidos e próximos a corpos de água doce, pois vários aspectos de sua morfologia, fisiologia e reprodução apresentam dependência em relação à água.

ASPECTOS EVOLUTIVOS

Os anfíbios, assim como os demais tetrápodes, originaram-se de um grupo de peixes pulmonados ancestral. A transição dos primeiros tetrápodes da água para a terra envolveu uma série de passos evolutivos. Entre eles, podemos citar:

- alteração da forma corporal, adaptada à locomoção em terra, embora ainda com capacidade de nadar;
- esqueleto resistente para sustentação do corpo fora da água;
- evolução de membros com dígitos a partir de nadadeiras pares dos peixes ósseos;
- membros associados às cinturas pélvica e escapular e à coluna vertebral;
- adaptação da pele à respiração cutânea;
- perda das brânquias no estágio adulto e surgimento de narinas internas pares;
- alterações metabólicas que possibilitaram a excreção de produtos nitrogenados menos tóxicos;
- mudanças no sistema circulatório, relacionadas às respirações pulmonar e cutânea;
- órgãos sensoriais funcionais no ar e na água.

CLASSIFICAÇÃO

São conhecidas atualmente cerca de 7 000 espécies de anfíbios, classificadas em três ordens: Anura, Caudata (ou Urodela) e Gymnophiona (ou Apoda).

Anuros são animais sem cauda, com cabeça e troncos fundidos, sem pescoço. É o grupo de anfíbios mais diversificado. Incluem sapos, rãs e pererecas, num total de aproximadamente 6 000 espécies. Possuem membros anteriores curtos e membros posteriores longos. Estes últimos são constituídos de musculatura adaptada ao salto, associada a três fatores: ausência de costelas, vértebras reduzidas e fusão de ossos.

Caudatas ou **urodelos** são os anfíbios com cauda, representados pelas salamandras. Possuem cabeça e pescoço distintos, tronco alongado, membros curtos de tamanho aproximado e cauda longa. São conhecidas atualmente cerca de 700 espécies de salamandras. Os indivíduos adultos assemelham-se a pequenos lagartos. Porém, assim como os demais anuros, as salamandras não apresentam escamas.

Ápodes ou **gymnophiona** compreendem os anfíbios sem patas, membros e dedos. Há um pouco mais de 200 espécies de cecílias, as quais apresentam corpo cilíndrico e alongado, com hábitos fossoriais (enterradas no solo). Em razão da similaridade morfológica externa com as cobras, são popularmente conhecidas como cobras-cegas, com olhos muito pequenos ou vestigiais.



Representantes dos três grupos dos anfíbios. No alto, sapo-comum (*Bufo bufo*), anuro da família Bufonidae. Ao centro, salamandra *Eurycea longicauda* (ordem Caudata). Abaixo, cecília ou cobra-cega (ordem Apoda ou Gymnophiona).

CARACTERÍSTICAS GERAIS

A pele dos anfíbios é fina, lisa e úmida, apresenta glândulas e é altamente vascularizada. As glândulas secretam muco e mantêm a pele úmida, o que é essencial para a respiração cutânea. De porte geralmente pequeno, os anfíbios não dispõem de estruturas protetoras como espinhos, garras ou dentes afiados. Um conjunto de **glândulas cutâneas** produz secreções venenosas que têm função na defesa contra predadores. Geralmente o veneno é liberado pela compressão das glândulas pelo próprio predador durante o ataque.

Nos sapos (anuros) as **glândulas paratoides**, situadas de cada lado do pescoço, são desenvolvidas e consistem em um reservatório de veneno. A coloração varia muito entre as espécies e é produzida por células pigmentares chamadas de **cromatóforos**. Espécies muito venenosas geralmente exibem colorações fortes, em sinal de advertência aos predadores. O veneno das rãs da família Dendrobatidae, por exemplo, é altamente tóxico e age nas atividades musculares e neurais dos predadores, podendo levá-los à morte.



AMERICAN TOAD CALLING SHUTTERSTOCK

Sapo durante vocalização, com o saco vocal inflado. É possível observar o grande número de glândulas espalhadas pelo corpo.

Como todos os vertebrados, os anuros possuem terminações nervosas em toda a superfície da pele, o que lhes possibilita perceberem diferentes estímulos, como pressão e temperatura. Anuros têm a linha lateral na forma larval (girino). Bem visível atrás dos olhos está a membrana timpânica, circular na superfície da pele, importante para a percepção de sinais sonoros. Os anfíbios podem detectar odores pelo epitélio nasal, equipado de células sensoriais em cápsulas olfativas. Botões gustativos localizam-se no epitélio da boca, da língua e do palato.

Na boca, a língua musciosa, viscosa e prostrátil atua principalmente na captura de presas. Os anfíbios adultos são em sua maioria carnívoros. Não há glândulas salivares, e o alimento é lubrificado pelo muco secretado na boca. Na maioria dos anfíbios, há poucos e delicados dentes na maxila superior da boca, os quais são substituídos periodicamente.

Durante a fase larval dos anuros, os girinos são principalmente herbívoros e se alimentam de algas. Isso é possível pois esses animais possuem uma estrutura filtradora na faringe. As salamandras em sua fase aquática larval são principalmente carnívoras.

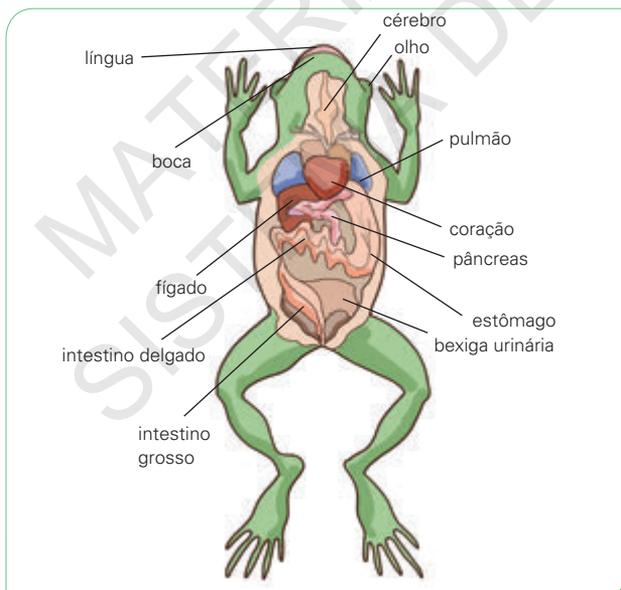


Ilustração da anatomia interna dos anuros. Elementos representados fora da escala de tamanho. Cores fantasia.

Como os anfíbios são **ectotérmicos**, não têm capacidade de regular a temperatura corporal e perdem água facilmente através da pele, dificilmente são encontrados em locais secos e em ambientes de temperaturas muito altas ou muito baixas. Quando as condições ambientais não são favoráveis, os anfíbios sobrevivem à custa de reservas energéticas, principalmente glicogênio (armazenado no fígado) e gorduras (contidas nos corpos adiposos). Na estação reprodutiva, os machos praticamente não se alimentam e sobrevivem do consumo de gorduras estocadas.

A incapacidade de produzir urina concentrada (o que gastaria menos água) e a produção de ovos sem casca (os quais ficam suscetíveis à dessecação) limitam a distribuição dos anuros a ambientes úmidos e próximos a corpos de água. No entanto, há poucas espécies que sobrevivem em ambientes secos e desérticos.

SISTEMA RESPIRATÓRIO

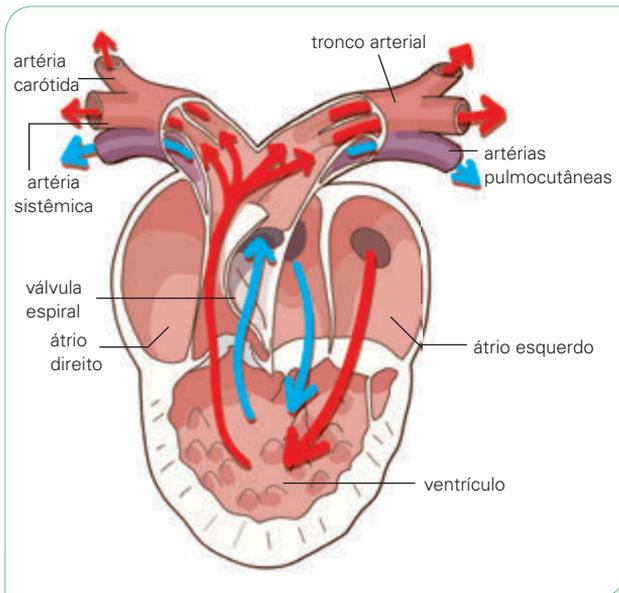
Os anuros apresentam vários modos de respiração, o que refletiu a transição do ambiente aquático para o terrestre. Girinos e formas larvais aquáticas das salamandras, por exemplo, possuem brânquias externas e apresentam respiração cutânea.

As formas adultas dos anuros, de vida terrestre, têm respiração cutânea, pulmonar e bucofaringeana. Em geral, os pulmões simples apresentam superfície relativamente pequena. A bucofaringe é a mucosa da cavidade bucal em que pulsações da garganta propiciam movimentação do ar na área intensamente vascularizada. A maioria dos anfíbios apresenta respiração pulmonar e cutânea nas formas adultas terrestres.

SISTEMA CIRCULATÓRIO

O coração dos anfíbios é dividido em três compartimentos: dois átrios e um ventrículo. A circulação é **fechada, dupla e incompleta** — o sangue flui sempre no interior de vasos e passa duas vezes pelo coração, por um circuito sanguíneo pulmonar (pequena circulação) e um circuito sistêmico (grande circulação). A circulação é incompleta porque os átrios se contraem quase ao mesmo tempo e mandam sangue ao ventrículo. No entanto, a mistura dos sangue arterial e venoso é parcial, graças a uma **válvula espiral** que ajuda a separá-los no ventrículo.

O átrio esquerdo recebe sangue arterial dos pulmões; o direito recebe sangue venoso oriundo dos tecidos corporais. O sangue parcialmente misturado no ventrículo é bombeado simultaneamente aos pulmões e ao restante do corpo. Adicionalmente, o sangue venoso vindo da circulação sistêmica é parcialmente oxigenado por meio da respiração cutânea.



Representação das estruturas do coração de uma rã. As setas em azul referem-se ao sangue venoso; as setas em vermelho, ao sangue arterial. Elementos representados fora da escala de tamanho. Cores fantasia.

EXCREÇÃO

Os anfíbios possuem um par de rins mesonéfricos. As **larvas** dos anfíbios **excretam amônia**, substância bastante tóxica, que pode ser rapidamente eliminada e dissipada quando existe água em abundância. Os anfíbios **adultos excretam ureia**, menos tóxica, o que possibilita economia de água, fundamental para a vida em meio terrestre.

REPRODUÇÃO

Anfíbios são dioicos e, no caso dos anuros, é comum o dimorfismo sexual, sendo as fêmeas geralmente maiores que os machos. Estes realizam vocalização para atrair as fêmeas, que, guiadas para os corpos de água, são abraçadas pelas costas por um macho (movimento

chamado de **amplexo**). Durante a cópula, a fêmea libera os óvulos, e o macho despeja os espermatozoides sobre eles. Ocorre, então, a **fecundação externa**. Os ovos são geralmente depositados na água, ancorados na vegetação aquática. O desenvolvimento é **indireto** na maioria dos anuros, porém alguns apresentam desenvolvimento direto, sem estágio larval, como a família dos dendrobatídeos. A maioria das salamandras tem fecundação interna e desenvolvimento indireto.



FLAVIANO FABRIZI/SHUTTERSTOCK

Casal de anuros (família Bufonidae) durante a reprodução. Macho em amplexo (abraçado) com a fêmea (indivíduo maior, abaixo).

Os anfíbios são **anamniotas**, ou seja, não apresentam membrana protegendo o embrião (âmnio). O vitelo encontra-se nas células grandes e não tem saco vitelínico típico. Os ovos dos anfíbios também não possuem casca, tornando-se bastante vulneráveis ao ressecamento e à ação de predadores. Os embriões geralmente desenvolvem-se na água, e ocorre alta mortalidade de indivíduos em cada geração. Isso é parcialmente compensado com a produção de grande número de ovos pelas fêmeas em cada estação reprodutiva.

Nos ápodes (cecílias), a fecundação é interna, e o macho dispõe de órgão copulador. Em vários casos, o embrião se desenvolve no oviduto da fêmea, que libera um indivíduo já formado. Ou seja, nas cecílias o desenvolvimento é direto.

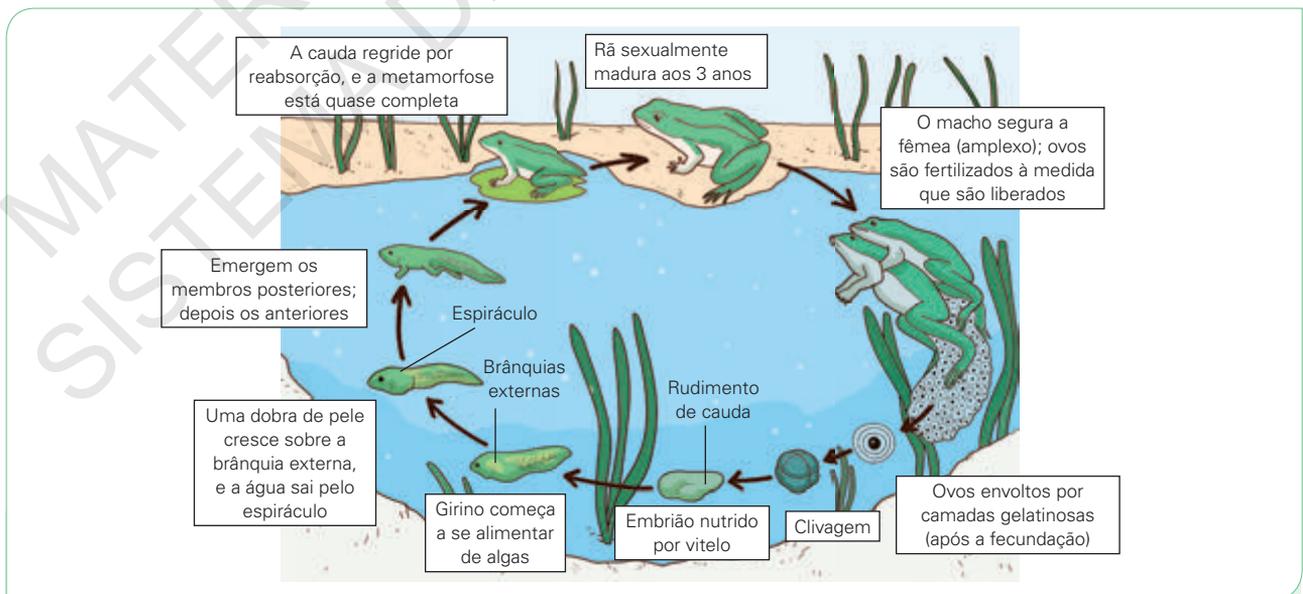


Ilustração do ciclo de vida típico de uma rã-leopardo. Elementos representados fora da escala de tamanho. Cores fantasia.

Metamorfose

Girinos possuem cauda longa e brânquias, no entanto não têm membros. A metamorfose complexa consiste na reabsorção das brânquias e no desenvolvimento dos pulmões. Surgem, então, a língua protrátil e os membros com dígitos. O intestino é reduzido em comprimento, e o hábito alimentar herbívoro dos girinos muda nos adultos, que se tornam carnívoros. Ocorre também a modificação do aparelho bucal de ventral para frontal. A cauda é reabsorvida, e a excreção muda de amônia nos girinos para ureia nos adultos.



STEVE BYLAND/SHUTTERSTOCK

Indivíduo jovem de rã-da-floresta (*Rana sylvatica*), na fase final do processo de metamorfose.

Entre as salamandras, pode ocorrer o fenômeno da **neotenia** — quando a larva adquire maturidade das gônadas e pode se reproduzir sexualmente antes de completar a metamorfose (pedomorfose). Em outras palavras, esse processo consiste na retenção na fase adulta de características típicas da forma jovem ou larval. A salamandra, popularmente conhecida como axolotle, por exemplo, exibe essa condição neotênica.



Necturus, gênero de salamandra cuja morfologia do adulto é similar à fase larval (pedomorfose). É possível observar as brânquias externas bem desenvolvidas.

SUZANNE L. COLLINS/
PHOTORESEARCHERS/LATINSTOCK

LEITURA COMPLEMENTAR

Mudanças climáticas poderão extinguir 10% das espécies de anfíbios da Mata Atlântica

Por Peter Moon. Agência Fapesp.

O aquecimento global poderá levar à extinção de até 10% das espécies de sapos, rãs e pererecas endêmicas da Mata Atlântica em cerca de 50 anos. Isso porque regimes de temperatura e chuva previstas para ocorrer entre 2050 e 2070 serão fatais para espécies com menor adaptação à variação climática, que habitam pontos específicos da Mata Atlântica. Essa é uma das conclusões de um estudo que analisa a distribuição presente e futura de anfíbios (anuros, ou seja, sapos, rãs e pererecas) na Mata Atlântica e no Cerrado, à luz das mudanças climáticas em decorrência do contínuo aquecimento global. [...] Conhecem-se atualmente 550 espécies de anfíbios na Mata Atlântica (80% delas, endêmicas) e 209 espécies no Cerrado. Vasconcelos trabalhou com os dados de distribuição espacial de 350 espécies da Mata Atlântica e 155 do Cerrado [...]. “Desse modo, foi possível identificar as áreas com maior riqueza de espécies de anfíbios, ou com composição de espécies únicas, tanto no Cerrado como na Mata Atlântica. Uma vez identificadas tais áreas, avaliámos a comunidade de anfíbios no cenário de clima atual e futuro, de modo a determinar quais são as áreas de clima favorável para cada uma das 505 espécies analisadas, e se haverá expansão ou redução dessas áreas em 2050 e 2070, em função do aquecimento global”, disse Vasconcelos. “[...] Para cada cenário futuro, em 2050 e 2070, utilizamos dois cenários de emissão de gás carbônico na atmosfera, um cenário mais otimista, com menor aquecimento global, e outro pessimista e mais quente. Também usamos três modelos de circulação global atmosférica e oceânica”, disse Vasconcelos. Os dados são do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC). “O primeiro impacto esperado da mudança climática nos anfíbios da Mata Atlântica e Cerrado é a extinção de 42 espécies por meio da perda completa de suas áreas climaticamente favoráveis entre 2050 e 2070”, disse Vasconcelos. Os dados apontam para a extinção de 37 espécies na Mata Atlântica (ou 10,6% do total) e cinco no Cerrado. Das 42 espécies, apenas cinco são atualmente consideradas como em risco de extinção pelo Ministério do Meio Ambiente.

Disponível em: <<http://agencia.fapesp.br/mudancas-climaticas-poderao-extinguir-10-das-especies-de-anfibios-da-mata-atlantica/28416/>>. Acesso em: fev. 2019.

ROTEIRO DE AULA

ANFÍBIOS (AMPHIBIA)

Novidade evolutiva dos tetrápodes

membros com dígitos

Anura

Sapos, rãs e pererecas

Cauda:

ausente

Forma larval:

girino

Hábitos alimentares:

adultos

carnívoros

larvas

maioria

herbívoros

Fecundação:

externa

Desenvolvimento:

indireto

Fisiologia dos anfíbios

Pele:

ricamente vascularizada, fina, úmida e glandular

Excreção:

adultos

ureia

larvas

amônia

Respiração:

adultos:

cutânea, pulmonar

larvas:

cutânea, pulmonar, branquial

Compartimentos do coração:

dois átrios e um ventrículo

Circulação:

dupla e incompleta

Classificação (ordens)

Caudata (Urodela)

Salamandras

Cauda:

presente

Carnívoros

Fecundação:

interna

Desenvolvimento:

indireto

Apoda (Gymnophiona)

cecílias (cobras-cegas)

ausentes

Membros

Carnívoros

interna

Fecundação

direto

Desenvolvimento

EXERCÍCIOS DE APLICAÇÃO

1. Sistema Dom Bosco – Animais como cobras-cegas, serpentes e golfinhos pertencem ao táxon dos

- a) peixes.
- b) ápodos.
- c) cordados não vertebrados.
- d) tetrápodos.**
- e) agnatas.

Cecílias ou cobras-cegas (ordem Apoda, classe Amphibia), serpentes (classe Reptilia) e golfinhos (classe Mammalia) são vertebrados pertencentes ao táxon Tetrapoda. Embora eles não possuam dois pares de membros com dígitos (baleias e golfinhos perderam os membros posteriores), tais características foram perdas secundárias, que ocorreram ao longo da evolução de cada um desses grupos.

2. Unicamp-SP – Os anfíbios constituem um dos grupos de animais com maior número de espécies ameaçadas de extinção. Entre outras razões, isso ocorre porque eles são suscetíveis à contaminação por substâncias nocivas e à infecção por fungos. Os anfíbios apresentam tal suscetibilidade porque têm

- a) hábitos aquáticos, que os tornam suscetíveis a predadores.
- b) pulmões bem desenvolvidos, que acumulam impurezas e fungos.
- c) sangue frio, que diminui a atividade de enzimas hepáticas.
- d) pele úmida e permeável, que possibilita a respiração cutânea.**

Anfíbios estão entre os vertebrados mais suscetíveis à contaminação por substâncias nocivas e à infecção por fungos. Isso ocorre porque apresentam pele fina, úmida, ricamente vascularizada (cheia de vasos) e permeável, adaptada à respiração cutânea. Tais características facilitam a absorção de substâncias nocivas presentes no ambiente (tanto aquático quanto terrestre) através da pele, o que pode intoxicá-los e levá-los à morte.

3. UEL-PR (adaptada) – Leia o texto a seguir.

A biodiversidade vem sofrendo quedas drásticas na riqueza e na abundância de espécies de anfíbios. No mundo, há mais de 7 mil espécies catalogadas, porém cerca da metade está ameaçada e centenas podem estar extintas. Uma das principais causas desse quadro é uma doença denominada quitridiomiose, transmissível pela água e causada pelo fungo *Batrachochytrium dendrobatidis*, que infecta a pele, principalmente, do abdômen, dos pés e dos dedos dos anfíbios. As lesões são visíveis apenas com o auxílio de instrumentos ópticos, e evidências da moléstia estão associadas a certas mudanças comportamentais do hospedeiro.

(Adaptado de: PEREIRA, P. L.; BÉCARES, E. Um fungo ameaça os anfíbios. *Ciência Hoje*, v. 47, n. 279, 2011. p. 64-65.)

- a) Identifique e explique o tipo de interação ecológica existente entre o fungo e o anfíbio.

Trata-se de uma relação chamada parasitismo, que consiste em uma interação interespecífica (entre espécies diferentes), na qual a espécie parasita (fungo) se beneficia da espécie hospedeira (anfíbio). Isso gera prejuízo à última e pode levá-la à morte, como no caso da quitridiomiose.

- b) Apresente três exemplos de organismos representantes dos diferentes grupos da classe dos anfíbios.

Entre os exemplos de animais da classe dos anfíbios, estão sapos e rãs (ordem Anura), salamandras (ordem Caudata) e cecílias ou cobras-cegas (ordem Apoda).

4. Unesp (adaptada) – Leia os versos da música “Águas de Março”, de Tom Jobim, para responder à questão.

É pau, é pedra, é o fim do caminho
É um resto de toco, é um pouco sozinho
É um passo, é uma ponte, é um sapo, é uma rã
É um belo horizonte, é uma febre terçã
São as águas de março fechando o verão
É a promessa de vida no teu coração

O sapo, a rã e a febre terçã não fazem parte dos versos apenas por uma necessidade de rima, também têm relação com as chuvas que caem em regiões de clima tropical.

Sobre o sapo e a rã, referidos na letra de Tom Jobim, é correto afirmar que

- a) fazem parte de um mesmo táxon, Anura, ao mesmo tempo que diferem em categorias taxonômicas abaixo deste.**
- b) a reprodução no período de chuvas lhes confere vantagem adaptativa sobre os répteis, o que permite a eles explorarem maior diversidade de habitats.
- c) têm em comum com alguns insetos o fato de passarem por metamorfose durante o desenvolvimento, o que os torna evolutivamente próximos aos insetos e distantes dos demais vertebrados.
- d) compartilham entre si um ancestral comum mais antigo que aquele que compartilham com os répteis ou mamíferos.
- e) são o macho e a fêmea de uma mesma espécie, podendo cruzar entre si e deixar descendentes férteis.

Sapos e rãs pertencem à ordem Anura (classe Amphibia), porém são de famílias diferentes de anuros. O habitat de sapos e rãs está restrito a regiões úmidas e próximas à água. Apesar de sapos e rãs realizarem metamorfose, assim como os insetos, existem outras características embrionárias que os aproximam evolutivamente dos demais vertebrados. O ancestral comum de sapos e rãs é mais recente do que o ancestral de répteis e mamíferos porque estes últimos se diferenciaram há mais tempo do que os primeiros. Sapos e rãs pertencem a grupos distintos e, portanto, não são da mesma espécie.

5. UFRN – Biólogos descrevem nova espécie de perereca que habita as bromélias em áreas de Mata Atlântica, no interior do Rio de Janeiro. A descoberta mostra a importância da conservação de florestas próximas aos grandes centros populacionais. *Scinax insperatus*, nome dado à nova espécie, pertence a um grupo de pererecas bem particulares, que utilizam a água da chuva acumulada nas bromélias para se reproduzirem e criarem seus girinos.

Disponível em: <<http://cienciahoje.org.br/surpresa-nas-bromelias/>>. Acesso em: fev. 2019.

Com base no texto, é correto afirmar que esse anfíbio, além de apresentar metamorfose,

- a) apresenta fecundação externa e constitui um dos elementos bióticos do ecossistema presente nas bromélias.
- b) necessita da água para a sua reprodução e atua como ser autótrofo, fornecendo matéria orgânica para a bromélia.
- c) necessita da água para a sua reprodução e estabelece uma relação intraespecífica com as bromélias.
- d) apresenta fecundação interna e externa, na presença de água, e forma o bioma das bromélias.

As pererecas que habitam a água armazenada em bromélias realizam a fecundação externa e fazem parte da comunidade presente no reservatório hídrico dessas plantas.

6. UFJF-MG (adaptada)

C4-H16

No Brasil um milhão de animais silvestres são atropelados por dia. Aproximadamente 15 animais são mortos por segundo, ou 1,3 milhões por dia e até 475 milhões por ano, segundo dados do Centro Brasileiro de Estudos em Ecologia de Estradas (CBEE), da Universidade Federal de Lavras (MG). Os pequenos vertebrados, como sapos, cobras e aves de pequeno porte são os mais afetados, respondendo por 90% do massacre, ou 430 milhões de exemplares. O restante das mortes compreende animais de médio porte (como macacos e gambás), com 40 milhões, e de grande porte (como antas, lobos e onças), que correspondem a 5 milhões.

Fonte: Texto modificado de <<http://noticias.ambientebrasil.com.br/clipping/2015/10/03/>>. Acesso em 20/set/2016.

Com relação aos grupos de animais citados no texto, responda à questão.

Os sapos (classe Amphibia) podem ocupar tanto o ambiente aquático quanto o terrestre. Quais tipos de respiração esses animais podem realizar ao longo de seu ciclo de vida?

Na fase larval dos anuros, os girinos vivem no ambiente aquático e respiram

principalmente por meio das brânquias e, em menor proporção, através da

pele (respiração cutânea). Após a metamorfose, os girinos sofrem grandes

transformações e se tornam adultos, passando a ocupar o ambiente terres-

tre. A respiração, nesse caso, começa a ser predominantemente pulmonar.

Competência: Compreender interações entre organismos e ambiente,

em particular aquelas relacionadas à saúde humana, relacionando co-

nhecimentos científicos, aspectos culturais e características individuais.

Habilidade: Identificar padrões em fenômenos e processos vitais dos

organismos, como manutenção do equilíbrio interno, defesa, relações

com o ambiente, sexualidade, entre outros.

EXERCÍCIOS PROPOSTOS

7. Sistema Dom Bosco – Sobre o sistema cardiovascular dos anfíbios, é correto afirmar que se trata de uma circulação

- a) simples e incompleta. c) simples e completa.
b) dupla e completa. d) dupla e incompleta.

8. UEM-PR (adaptada) – Sobre os vertebrados, assinale a(s) afirmativa(s) correta(s).

- 01) Estruturas filamentosas associadas às fendas faríngeas dos vertebrados aquáticos, que permitem a troca de gases entre o sangue e a água, são denominadas pulmões foliáceos.
- 02) A notocorda é um cilindro oco de origem ectodérmica localizado ao longo do dorso dos embriões dos cordados.
- 04) Sapos, salamandras e cobras-cegas pertencem, respectivamente, às ordens Anura, Caudata e Gymnophiona.
- 08) Anfíbios são os primeiros animais deuterostômios.

9. UFG-GO – No último verão, devido a um fenômeno meteorológico, no qual uma imensa massa de ar quente e seco estacionou no território brasileiro bloqueando as frentes frias, as temperaturas passaram de 36 °C em diversas regiões, e a sensação térmica foi ainda maior. Os vertebrados possuem mecanismos fisiológicos para detectar tal sensação e estruturas orgânicas para responderem a alguns fatores abióticos envolvidos nessa situação climática.

Nesse cenário, os anfíbios são mais susceptíveis ao risco de morte. Nesse sentido, conclui-se que os fatores abióticos detectados por esses animais e o motivo

pelo aumento de fragilidade no contexto descrito são, respectivamente,

- a) temperatura e umidade; presença de glândula uropigiana.
b) temperatura e umidade; presença de ténue queratinização da pele.
c) evaporação e convecção; ausência de escamas epidérmicas.
d) umidade e evaporação; presença de glândula uropigiana.
e) evaporação e convecção; presença de ténue queratinização da pele.

10. Unicamp-SP – Os anfíbios foram os primeiros vertebrados a habitar o meio terrestre. Provavelmente surgiram de peixes crossopterígeos que eventualmente saíram da água à procura de insetos. Antes de ganharem o meio terrestre, esses ancestrais dos anfíbios passaram por modificações em sua estrutura e em sua fisiologia.

- a) Mencione duas modificações importantes nessa transição.

- b) Os anfíbios são classificados em três ordens: Gymnophiona ou Apoda (cobras-cegas), Urodela (salamandras) e Anura (sapos, rãs e pererecas). Mencione uma característica exclusiva de cada uma delas.

11. UEMG**Doenças provocadas por fungos destroem cada vez mais culturas**

Cientistas estudaram o aumento do número e a gravidade das infecções por fungos sobre a fauna e a flora a partir de meados do século XX. De acordo com o artigo, o aumento das doenças provocadas por fungos nas plantas e nos animais ameaça a segurança alimentar e a estabilidade dos ecossistemas naturais. As infecções por fungos destroem anualmente 125 milhões de toneladas das cinco principais culturas – arroz, trigo, milho, batata e soja – que proporcionam a maior parte das calorias consumidas. As infecções por fungos ameaçam também espécies como abelhas, tartarugas marinhas, corais, anfíbios e morcegos.

Nature. *Emerging fungal threats to animal, plant and ecosystem health*. 12/4/2012. Adaptado.

Além do que já foi apresentado, os fungos, ao eliminarem muitas espécies de anfíbios, têm contribuído para o aumento da incidência de viroses no homem, como a dengue e a febre amarela, transmitidas por mosquitos.

Assinale a alternativa que contém uma explicação adequada para esse fato.

- Os anfíbios são também hospedeiros dos vírus causadores dessas doenças. Desde que foram eliminados, os vírus se readaptaram e, com isso, passaram em seguida a parasitar o homem.
- As larvas de anfíbios são aquáticas e predam as larvas dos mosquitos, que também são aquáticas. Assim, com a eliminação dos anfíbios, ocorre um grande aumento da população desses mosquitos.
- Os mosquitos transmissores dessas viroses são competidores dos fungos, também parasitando os anfíbios. Com a eliminação dos anfíbios, passaram em seguida a parasitar o ser humano.
- Mosquitos, ao sugarem o sangue de anfíbios parasitados por esses fungos, desenvolvem mais resistência e proliferam mais rapidamente, o que favorece o aumento da incidência dessas doenças no homem.

12. PUC-RJ – Segundo especialistas, mais da metade das espécies de anfíbios do mundo está ameaçada de extinção. As principais ameaças são a destruição dos habitats, a poluição e o aquecimento global. Entre as principais características que tornam os anfíbios particularmente sensíveis a alterações ambientais provocadas pelo ser humano, podemos citar:

- Respiração pulmonar, ovo com casca e pequena diversidade de espécies.
- Respiração cutânea, pele permeável, presença de larvas aquáticas e adultos terrestres.
- Pele impermeável, respiração cutânea, presença de larvas aquáticas e adultos terrestres.
- Dependência de ambientes úmidos, pele impermeável e ovo com casca.
- Respiração cutânea, pele permeável e ovo com casca.

13. Sistema Dom Bosco – Sobre os anfíbios, identifique a(s) alternativa(s) **incorreta(s)**.

- A reprodução mais comum encontrada no grupo envolve a fecundação externa e o desenvolvimento indireto.
- Em relação à classificação, são cordados, vertebrados, gnatostomados e tetrápodes.

04) As formas adultas têm hábito alimentar diferente das formas larvais.

08) Possuem um tipo de ovo adaptado à perda de água no ambiente terrestre.

14. UEM-PR (adaptada) – O filo Chordata não é o filo com o maior número de espécies, porém seus integrantes apresentam variações anatômicas, fisiológicas e comportamentais bastante diferentes. Sobre esse assunto, analise os itens abaixo.

01) O peixe é um animal que apresenta notocorda, cloaca, hematose, fecundação externa e circulação simples.

02) São elementos comuns a todos os cordados: notocorda, encéfalo e cordão nervoso ventral.

04) O coração de um anfíbio adulto apresenta dois ventrículos e um átrio. Nele não ocorre mistura do sangue venoso com o arterial.

08) Os anfíbios apresentam desenvolvimento indireto, exceto a ordem ápoda.

a) Assinale a(s) afirmativa(s) incorreta(s).

b) Corrija a(s) afirmativa(s) incorreta(s), tornando-as verdadeiras.

15. Udesc (adaptada) – Analise as proposições quanto às características dos anfíbios.

I. A reprodução é sexuada, com fecundação externa. São de sexos distintos (macho e fêmea).

II. São homeotérmicos, ou seja, mantêm a temperatura corpórea praticamente constante, independente das variações térmicas do ambiente.

III. Apresentam pele lisa e glândulas mucosas, que são responsáveis pela manutenção da umidade da pele.

IV. São amniotas, pois apresentam bolsa amniótica ou âmnio que protege o embrião.

Assinale a alternativa correta.

a) Somente as afirmativas I e III são verdadeiras.

b) Somente as afirmativas I, II e III são verdadeiras.

c) Somente as afirmativas I, II e IV são verdadeiras.

- d) Somente a afirmativa III é verdadeira.
e) Todas as afirmativas são falsas.

16. UEPG-PR – Os anfíbios foram os primeiros vertebrados que conquistaram o ambiente terrestre. Evoluíram a partir de um grupo de peixes sarcopterígeos. Com relação às características morfoanatômicas e fisiológicas dos anfíbios, assinale o que for correto.

- 01)** Os ovos dos anfíbios não apresentam estruturas que impeçam a perda de água e, por isso, não são viáveis em ambiente seco.
02) Como estrutura de defesa, os anfíbios possuem glândulas de veneno na pele. Alguns possuem pele com coloração de advertência aos predadores, a chamada coloração aposemática.
04) A respiração dos anfíbios é exclusivamente cutânea.
08) Os sapos, rãs, pererecas e salamandras se alimentam somente de fitoplâncton, por isso, passam grandes períodos do dia em ambientes aquáticos.

17. IFSP – Durante uma aula de biologia sobre anfíbios, um aluno perguntou o que aconteceria se um girino fosse colocado em um pote contendo água do mar. Seus colegas de sala propuseram diversas hipóteses, alguns defendendo que o girino iria morrer, outros que ele iria sobreviver.

Considerando as características típicas dos anfíbios, o mais provável é que, na situação proposta, o girino iria

- a) morrer, devido à entrada excessiva de água em seu corpo.
b) morrer, devido à perda excessiva de água por sua pele.
c) sobreviver, pois sua pele é grossa e impermeável.
d) sobreviver, mesmo com uma entrada excessiva de água em seu corpo.
e) sobreviver, pois ele apresenta glândulas especiais na pele que o tornam imune à perda de água.

ESTUDO PARA O ENEM

18. Enem

C4-H14

Os anfíbios representam o primeiro grupo de vertebrados que, evolutivamente, conquistou o ambiente terrestre. Apesar disso, a sobrevivência do grupo ainda permanece restrita a ambientes úmidos ou aquáticos, devido à manutenção de algumas características fisiológicas relacionadas à água.

Uma das características a que o texto se refere é a

- a) a reprodução por viviparidade.
b) respiração pulmonar nos adultos.
c) regulação térmica por endotermia.
d) cobertura corporal delgada e altamente permeável.
e) locomoção por membros anteriores e posteriores desenvolvidos.

19. Enem

C8-H28

Surgidos há 370 milhões de anos, os anfíbios apresentam inovações evolutivas que permitiram a eles tornarem-se os primeiros vertebrados a colonizar o ambiente terrestre, passando apenas parte da vida no meio aquático. Apesar disso, alguns aspectos fisiológicos limitam a sua distribuição; por exemplo, no Brasil existe uma diversidade menor de espécies na Região Sul.

A característica adaptativa que limita a distribuição geográfica desses organismos é a

- a) presença de embriões protegidos por ovos.
b) ocorrência de metamorfose na fase de girino.
c) incapacidade de controle interno da temperatura.
d) excreção de resíduos nitrogenados na forma de ureia.
e) realização de trocas gasosas por pulmões e tegumento.

20. PUC-MG (adaptada)

C4-H16

Os nomes populares muitas vezes são fruto de observações superficiais e sem embasamento científico. A figura a seguir apresenta um animal popularmente denominado “cobra-cega” devido à forma serpentiforme de seu corpo, mas que não pertence ao grupo dos ofídios, pois é um anfíbio da ordem Gymnophiona (ou Apoda).

São tidos como cegos, pelo menos para a formação de imagens, mas possuem olhos diminutos que somente reconhecem luz. No entanto, compensam a falta de visão – perfeitamente dispensável no ambiente fossorial em que vivem (sob a terra), por serem munidos de tentáculos, que atuam como órgãos mecano e quimiotácteis.

Os Gimnofionos são o único grupo de anfíbios com cópula na qual o macho extroverte a cloaca, que assim se transforma em um tipo de pênis, conhecido como phalodeum. Cerca de 75% das espécies são vivíparas e dão à luz filhotes já desenvolvidos (sem fase larval).



FABIO MAFFE/SHUTTERSTOCK

Fonte: Parte da reportagem de Carlos Jared e Marta Maria Antoniazzi Sciam Brasil ed.78 nov/2008. <www2.uol.com.br/sciam/.../o_admiravel_mundo_das_cobras-cegas.html>.

Com base nas informações acima e em seus conhecimentos sobre o assunto, **não se pode afirmar** que

- a) os gimnofionos podem ter se originado de ancestral tetrápode; no processo de adaptação ao nicho fossorial, foram selecionados indivíduos ápodes.
b) embora da mesma classe dos sapos e salamandras, o animal referido no texto apresenta fecundação interna e desenvolvimento direto.
c) diferentemente dos ofídios, a cobra-cega realiza respiração cutânea e pulmonar e não apresenta camada córnea na epiderme.
d) embora semelhantes às minhocas, diferem dos anelídeos por apresentar sistema circulatório fechado e trocas gasosas na superfície corporal.

MATERIAL DE USO EXCLUSIVO
SISTEMA DE ENSINO DOM BOSCO



MATEMÁTICA
SISTEMA DE ENSINO EXCELLENTE DO IMBOSCO

BIOLOGIA 2B

CIÊNCIAS DA NATUREZA E SUAS TECNOLOGIAS

26

RÉPTEIS

- Características gerais
- Classificação
- Anatomia e fisiologia

HABILIDADES

- Reconhecer as características morfológicas e fisiológicas da classe Reptília.
- Identificar padrões em fenômenos e processos vitais dos répteis, com destaque para a manutenção do equilíbrio interno.
- Associar características adaptativas dos répteis com seu modo de vida e com seus limites de distribuição em diferentes ambientes.

O surgimento do âmnio é uma novidade evolutiva dos amniotas ancestrais, característica herdada pela linhagem que originou os mamíferos (sinapsídeos – um par de aberturas temporais laterais no crânio) e pela linhagem que deu origem aos répteis. Os primeiros amniotas surgiram na Era Paleozoica (início do Período Carbonífero), há cerca de 360 milhões de anos.

Os répteis dominaram a Era Mesozoica, também conhecida como a “era dos répteis” ou a “era dos dinossauros”, que durou cerca de 180 milhões de anos. Os arcossauros foram a linhagem de répteis que originou os dinossauros e os crocodilianos (crocodilos e jacarés). Atualmente, os únicos representantes vivos de arcossauros são os crocodilianos e as aves.

Além dos arcossauros, a linhagem ancestral dos répteis originou a linhagem dos lepidossauros, grupo dos quais descendem os lagartos e as serpentes, e também os tuataras, que possuem um único representante vivo, do gênero *Sphenodon*. Assim, com base nos estudos filogenéticos recentes, crocodilianos e aves são os répteis mais proximamente relacionados a lagartos e serpentes, sendo todos animais diapsídeos.

Uma das principais questões ainda em aberto sobre a evolução dos répteis é o posicionamento do grupo das tartarugas (anapsídeos – sem abertura temporal no crânio), ou seja, saber se são mais aparentadas aos arcossauros vivos ou aos lepidossauros.

Neste módulo, conheceremos as características distintivas dos répteis não avia- nos e a biologia dos grupos de répteis vivos (tartarugas, tuataras, lagartos, serpentes e crocodilos). Aves serão estudadas no próximo módulo.

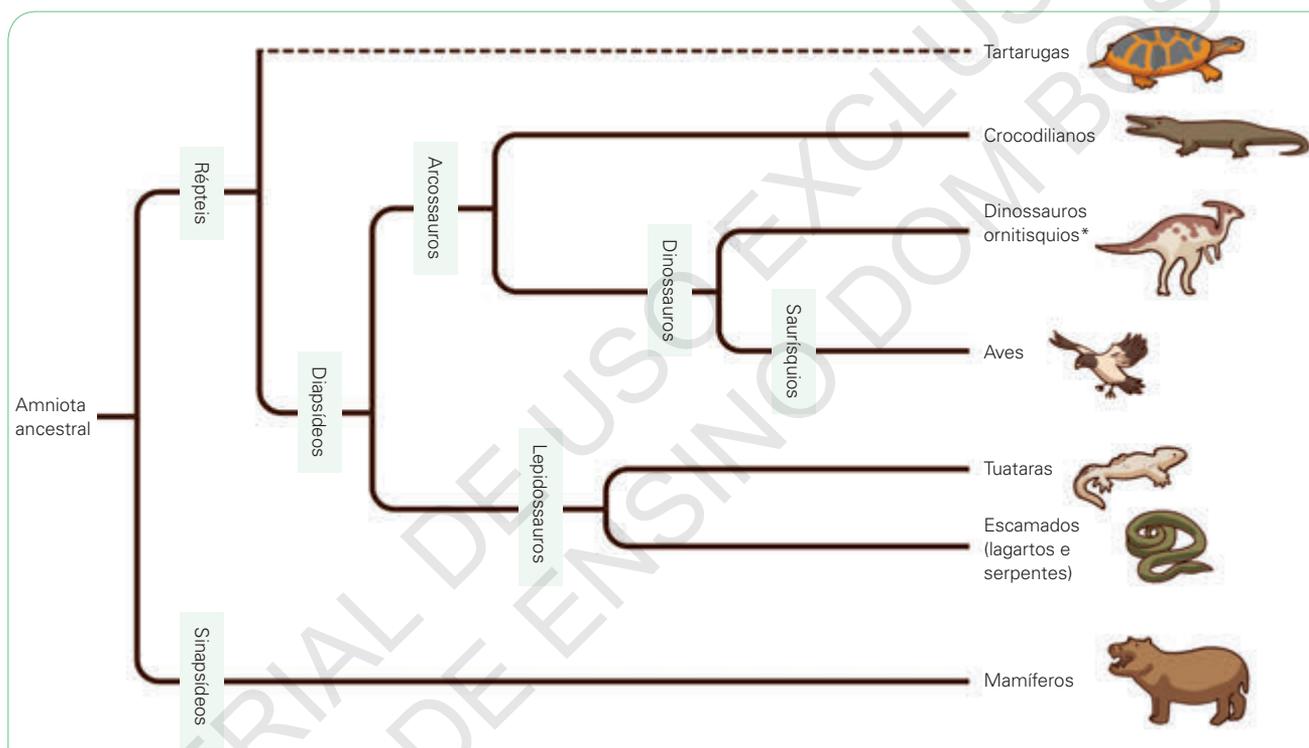


Réplica de um esqueleto fossilizado de dinossauro velociraptor.

CARACTERÍSTICAS GERAIS

O termo **Reptilia** deriva do latim *reptum* e significa “animais que se arrastam”, em referência ao modo de locomoção de alguns representantes do grupo, como as serpentes. O grupo dos répteis, como era tradicionalmente reconhecido, não incluía as aves. No entanto, com base nos estudos filogenéticos mais atuais, a descendência das aves a partir dos répteis arcossauros é bem conhecida. Assim, para ser reconhecido como um grupo monofilético, o termo **répteis** deve incluir as tartarugas, os lagartos, as serpentes, os crocodilianos e as aves. O modo adequado de se referir aos répteis quando as aves não estão incluídas na descrição é mencionar que se trata dos répteis **não avianos** (ou seja, com exceção das aves) ou com a grafia entre aspas, “répteis”.

Os répteis ocupam grande diversidade de habitats e são encontrados com maior frequência em regiões tropicais e subtropicais. Estão entre os primeiros vertebrados adaptados à vida em locais quentes e secos. Atualmente, são conhecidas cerca de 10 mil espécies de répteis não avianos, a maioria de lagartos e serpentes.

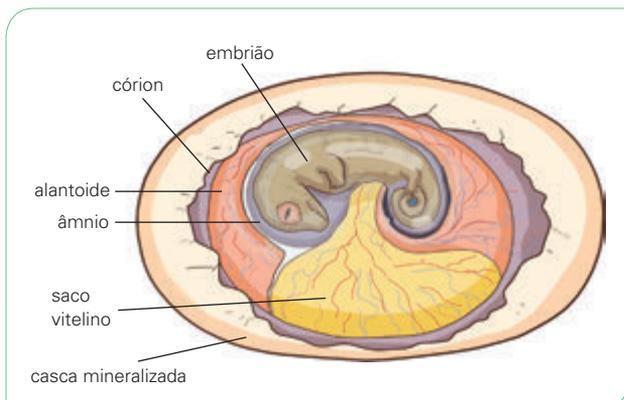


Cladograma que mostra a principal hipótese filogenética atualmente aceita sobre o parentesco dos grandes clados vivos de amniotas. A linha tracejada representa o posicionamento incerto do clado das tartarugas em relação aos demais grupos de répteis. As aves fazem parte do grupo dos répteis arcossauros, juntamente com os crocodilianos.

O símbolo * representa o grupo extinto dos dinossauros ornitíscuos. Elementos representados fora da escala de tamanho. Cores fantasia.

Entre as principais adaptações morfológicas e fisiológicas que contribuíram para a conquista do ambiente terrestre, estão:

- pele – seca, resistente, espessa e cornificada, que protege contra o atrito e o dessecamento;
- pulmões – mais desenvolvidos em relação aos dos anfíbios;
- melhor sustentação do corpo, com garras que protegem as extremidades dos dedos e auxiliam na locomoção;
- excreção de ácido úrico, insolúvel em água e atóxico, podendo ser armazenado no interior do ovo sem que haja intoxicação e permitindo economia de água pelo adulto;
- órgão copulador masculino com transferência direta de espermatozoides para o aparelho reprodutor feminino;
- ovo amniótico revestido de casca rígida ou flexível, o que confere independência da água para a reprodução;
- embrião isolado do meio externo sem impedir as trocas gasosas (casca porosa) e com anexos embrionários, como âmnio, cório e alantoide.



Representação de um ovo amniótico que mostra o embrião e os anexos embrionários, novidade evolutiva compartilhada pelos tetrápodes amniotas (mamíferos e répteis). Elementos representados fora da escala de tamanho. Cores fantasia.

CLASSIFICAÇÃO

Os répteis são classificados nos grupos Testudines ou Chelonia (quelônios), Sphenodonta (esfenodontídeos), Squamata (escamados), Crocodylia (crocodilianos) e Aves.

ORDEM TESTUDINES (TARTARUGAS OU QUELÔNIOS)

As tartarugas ou quelônios compreendem espécies marinhas, de água doce e terrestres. São conhecidas atualmente cerca de 330 espécies. Os termos “cágado” e “jabuti” são comumente usados para as espécies semiaquáticas de água doce e terrestres, respectivamente, mas não possuem validade taxonômica. O grupo originou-se há pelo menos 220 milhões de anos e seu parentesco ainda é incerto em relação aos demais grupos de répteis.

casco) é recoberta por uma camada rígida de queratina, à qual novas camadas são adicionadas abaixo das camadas mais antigas durante a vida do animal. A cabeça, as pernas e a cauda podem ser retraídas para dentro da carapaça em situações de ameaça. A mandíbula e a maxila apresentam fortes lâminas cornificadas em vez de dentes e são usadas para apanhar o alimento; têm a aparência de um bico que lembra o das aves.



Cágado-de-pescoço-de-cobra (*Hydromedusa tectifera*), espécie nativa da Mata Atlântica.

Garras córneas nas extremidades dos membros dos cágados permitem que eles se arrastem e cavem a terra. Os “jabutis” têm pernas cilíndricas, enquanto as tartarugas marinhas possuem membros modificados, similares a “remos”, que são usados para nadar. O macho tem pênis erétil, na parede da cloaca. Algumas tartarugas possuem sacos de paredes finas na cloaca, na qual ocorrem trocas gasosas quando estão submersas. Todos os quelônios são ovíparos. A espécie marinha conhecida como tartaruga-de-couro, que é adaptada a mergulhos em águas profundas, pode chegar a 1 500 kg.

PETER CHADWICK / SCIENCE PHOTO LIBRARY / FOTOARENA



Jabuti (*Geochelone pardalis*), tartaruga terrestre.

Esses animais têm em comum placas ósseas dérmicas, que formam uma **carapaça dorsal**, e o **plastrão ventral**. As vértebras torácicas e abdominais e as costelas são fundidas à carapaça. A carapaça (ou



Tartaruga-de-couro (*Dermochelys coriacea*) durante o nado.

LEPIDOSAURIA

Ordem Sphenodonta (esfenodontídeos)

Há apenas um gênero dessa ordem atualmente, os tuataras (gênero *Sphenodon*), encontrados somente na Nova Zelândia.

IPBIO/SHUTTERSTOCK

ACEGAN/SHUTTERSTOCK



AHMED FAVAZ/SHUTTERSTOCK

Tuatara, representante vivente dos esfenodontídeos.

Ordem Squamata (escamados)

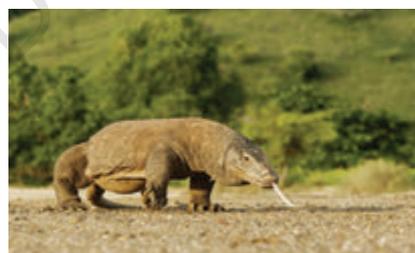
A ordem Squamata (escamados) é representada pelo grupo dos lagartos, também conhecidos como **lacertílios**, pelo grupo das serpentes e anfisbenas, compreendendo cerca de 95% dos répteis atuais. Nos lacertílios (lagartos, lagartixas, iguanas e camaleões), os membros podem ser longos ou curtos, características encontradas na maioria das espécies. No entanto, também há espécies com membros muito reduzidos ou totalmente ausentes (lagartos ápodes).



THEROCKY41/SHUTTERSTOCK



VACLAV SEBEK/SHUTTERSTOCK



ERNI/SHUTTERSTOCK

À esquerda, anfisbena, animal escavador sem membros (ápode). Ao centro, monstro-de-gila (gênero *Heloderma*), um lagarto venenoso que habita o México e o sul dos Estados Unidos. À direita, o dragão-de-komodo (*Varanus komodoensis*), lagarto com cerca de 3 metros de comprimento encontrado na Indonésia.

Esses animais possuem vários dentes, e a língua prostrátil com extremidade pegajosa é utilizada para capturar presas. Têm escamas epidérmicas que recobrem o corpo e sofrem mudas.

Os padrões de cores de lagartos e serpentes resultam de cromatóforos. Variações de luz ou temperatura induzem mudanças de cor, processo sob controle hormonal ou do sistema nervoso. Isso possibilita camuflagem para evitar a detecção por predadores, como é o caso dos camaleões.



JAN BURES/SHUTTERSTOCK

Camaleão, espécie de lagarto encontrado principalmente em Madagascar.

Algumas espécies são capazes de realizar autotomia, processo em que o animal se desfaz de partes do corpo para se defender de predadores. As lagartixas, por exemplo, autotomizam a parte posterior da cauda, que continua se mexendo, desviando a atenção do predador enquanto fogem. As partes perdidas podem se regenerar.



MILAN ZYGMUNT/SHUTTERSTOCK

Lagartixa-leopardo (*Eublepharis macularius*).

Asfisbenas, popularmente conhecidas por cobras-de-duas-cabeças, são animais fossoriais (vivem enterrados) que não possuem membros e apresentam olhos e orelhas cobertos por uma camada de pele. Seu corpo é longo, cilíndrico e com a pele dividida em anéis.

As serpentes apresentam o corpo alongado e desprovido de membros; também estão ausentes pálpebras, membrana timpânica e bexiga urinária. Grande parte das serpentes utiliza a quimiorrecepção para se orientar no ambiente em vez da visão e da audição. A língua, em forma de fita, tem a extremidade bífida e sai da boca mesmo quando fechada, por uma reentrância na mandíbula, captando partículas odoríferas no ar. O **órgão vomeronasal** é composto de duas pequenas câmaras sensíveis de função olfativa, ricamente inervadas, que se abrem na boca e recebem as partículas odoríferas trazidas pela língua para a identificação pelo encéfalo.

Os órgãos internos são alongados, o pulmão esquerdo é geralmente vestigial e os músculos segmentares estendem-se por todo o corpo, permitindo movimentos sinuosos. Os dentes ficam inclinados para trás, prendendo o alimento durante a deglutição, de modo que não o mastigam, mas engolem inteiro. Podem deglutir presas maiores que o próprio corpo graças à frouxa e elástica **articulação mandibular** e à movimentação de alguns ossos do crânio, que permitem grande distensão da boca. A posição anterior da glote possibilita a respiração mesmo durante a deglutição.

As serpentes sofrem mudas periódicas. No caso das cascavéis, por exemplo, o guizo (chocalho) é formado por sucessivas mudas, uma vez que a parte externa da epiderme dessa região não é trocada. As serpentes podem ser peçonhentas (jararaca e surucucu) e não peçonhentas (jiboia e caninana), sendo conhecidas atualmente cerca de 3 400 espécies.



PHOTORESEARCHERS / LATINSTOCK



VIKTOR LOKI/SHUTTERSTOCK

À esquerda, uma sucuri (*Eunectes murinus*), serpente não peçonhenta (constritora). À direita, cascavel, serpente peçonhenta (*Crotalus molossus*).

Um dos critérios para identificar as serpentes peçonhentas é a presença de um orifício entre o olho e a narina, denominado **fosseta loreal**. Trata-se de um órgão termorreceptor que detecta **calor**, auxiliando na identificação de animais endotérmicos, como aves e mamíferos. Todas as serpentes peçonhentas das Américas apresentam fosseta loreal, exceto a coral-verdadeira.

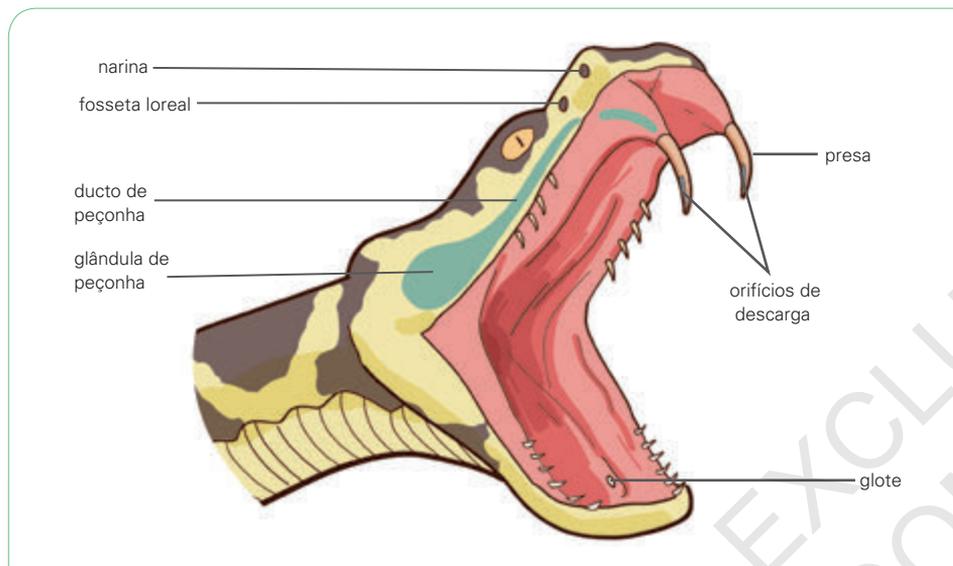


Ilustração da cabeça de uma serpente peçonhenta (cascavel) que mostra a localização da fosseta loreal e das estruturas associadas ao veneno. A glândula salivar é modificada em glândula de veneno (ou de peçonha) e está conectada às presas que são (ocas). Elementos representados fora da escala de tamanho. Cores fantasia.



Cascavel com a narina e a fosseta loreal em evidência (*Crotalus* sp.).

ALEXANDER WONG/SHUTTERSTOCK

De acordo com os tipos de dentição e de presa inoculadora de veneno (ou peçonha), as serpentes são classificadas em quatro grupos:

- **Áglifa** (*a* = ausência; *glyphe* = sulco): serpentes caracterizadas pela presença de muitos **dentes fixos, pequenos e maciços**. Representantes: jiboia, sucuri.
- **Opistóglifa** (*ophisthos* = atrás): além de terem pequenos dentes, as serpentes desse grupo possuem **um par de dentes mais longos**, com sulcos, por onde escorre o veneno. Representantes: cobra-cipó, falsa-coral.
- **Proteróglifa** (*protero* = dianteiro): nas serpentes desse grupo, há um par de dentes pequenos, maciços e sulcados que injetam veneno (presas), e eles pouco se destacam dos demais. Representante: coral-verdadeira.
- **Solenóglifa** (*solen* = canal): as presas das serpentes desse grupo são longas e retráteis, estão localizadas na parte anterior da boca e possuem sulcos por onde sai o veneno. É o tipo de dentição mais especializada encontrado nas serpentes.

Os demais dentes são fixos e menores. Representantes: jararaca, cascavel, surucucu, urutu.



Imagem de raios X da cabeça de uma jararaca (*Crotalus adamanteus*) que evidencia a dentição solenóglifa.

PHOTORESEARCHERS / LATINSTOCK

ORDEM CROCODYLIA (CROCODILIANOS)

Grupo que reúne crocodilos, jacarés e gaviais encontrados em rios na Índia e compreende cerca de 25 espécies viventes. Os crocodilos vivem em água doce, no mar e nas águas salobras; já os jacarés e gaviais vivem apenas em água doce. O formato do crânio e a dentição permitem distinguir os crocodilos, jacarés e gaviais.

Crocodilianos apresentam o corpo com cabeça, pescoço, tronco e cauda distintos. As pernas são curtas, e os dedos terminam em garras córneas. Possuem escamas e placas ósseas dérmicas (osteodermes), que crescem continuamente. Os olhos têm pálpebras com **membrana nictitante** transparente por baixo. São adaptados à locomoção na terra e na água. O crânio é alongado, e a mandíbula tem musculatura forte, com grande abertura e fechamento bastante rápido e potente. A língua achatada não é prostrátil e tem uma dobra transversal, que, quando comprimida contra o palato, isola a cavidade bucal e permite que o animal abra a boca dentro da água, impedindo a água de entrar nos pulmões.



DANITA DELMONT/
SHUTTERSTOCK



ELIAS GARRIDO/SHUTTERSTOCK



MILAN RYBAR/SHUTTERSTOCK

À esquerda, jacaré-caïman (*Caiman* sp.), às margens do rio Cuiabá. Nota-se que o quarto dente da mandíbula não está visível (recoberto pela maxila). Ao centro, crocodilo-do-nilo (*Crocodylus niloticus*), em que é possível notar o quarto dente da mandíbula visível com a boca do animal fechada. À direita, gavial adulto com mandíbula bastante estreita.

ANATOMIA E FISIOLOGIA

Répteis não avianos possuem esqueleto bem ossificado e crânio com um côndilo occipital, estrutura óssea que liga a cabeça com a primeira vértebra cervical. A pele da maioria dos "répteis" não apresenta glândulas. As células superficiais formam um revestimento altamente queratinizado, dificultando a perda de água e impedindo a respiração cutânea.

SISTEMA DIGESTÓRIO

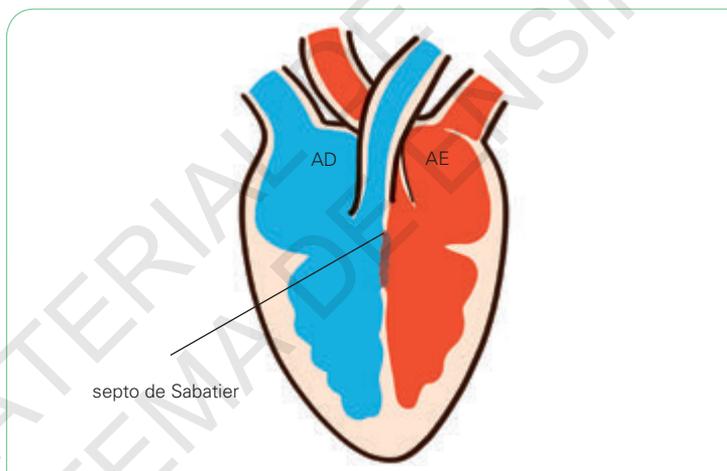
O sistema digestório é completo, terminando em uma **cloaca**. Os dentes são numerosos, cônicos e de aspecto homogêneo, sendo repostos quando perdidos. São carnívoros, embora a herbivoria seja observada em algumas espécies de quelônios e lagartos. O hábito carnívoro é preponderante entre as serpentes, havendo até espécies canibais. Muitas serpentes atacam por constrição, como jiboias e sucuris, enrolando-se em torno da presa e matando-a por asfixia. Serpentes peçonhentas injetam veneno, classificado em neurotóxico e hemorrágico, que pode causar a morte mais rápida da presa.

SISTEMAS RESPIRATÓRIO E CIRCULATÓRIO

A respiração é pulmonar mesmo nas espécies aquáticas. Seus pulmões têm maior superfície de trocas gasosas que os pulmões dos anfíbios, representando importante conquista para a adaptação da vida terrestre.

A circulação é **fechada, dupla e incompleta** na maioria das espécies. O coração apresenta **três câmaras**: dois átrios e um ventrículo parcialmente dividido por um septo interventricular, conhecido como **septo de Sabatier**. Assim como nos anfíbios, o sangue venoso é recolhido do corpo pelas veias cavas e levado até o átrio direito, enquanto o sangue arterial, vindo dos pulmões, chega ao coração pelo átrio esquerdo. Por causa da contração simultânea dos dois átrios, o ventrículo único recebe, ao mesmo tempo, sangue venoso e sangue arterial. Nesses casos ocorre mistura parcial dos dois tipos de sangue em decorrência da separação incompleta do ventrículo.

A exceção são os répteis crocodilianos, que apresentam circulação fechada, dupla e **completa**, e coração dividido em **quatro câmaras**: dois átrios e dois ventrículos completamente separados. Cada um dos arcos da aorta origina-se de um dos ventrículos: o arco direito parte do ventrículo esquerdo; e o arco esquerdo parte do ventrículo direito. No ponto em que os arcos da aorta se cruzam há uma comunicação entre eles por meio do **forâmen de Panizza**, quando pode ocorrer mistura de sangue arterial com venoso. O padrão da circulação depende do tipo de atividade que está sendo realizado.



Representação da anatomia do coração da maioria dos répteis (AD, átrio direito; AE, átrio esquerdo). Elementos representados fora da escala de tamanho. Cores fantasia.

SISTEMA URINÁRIO

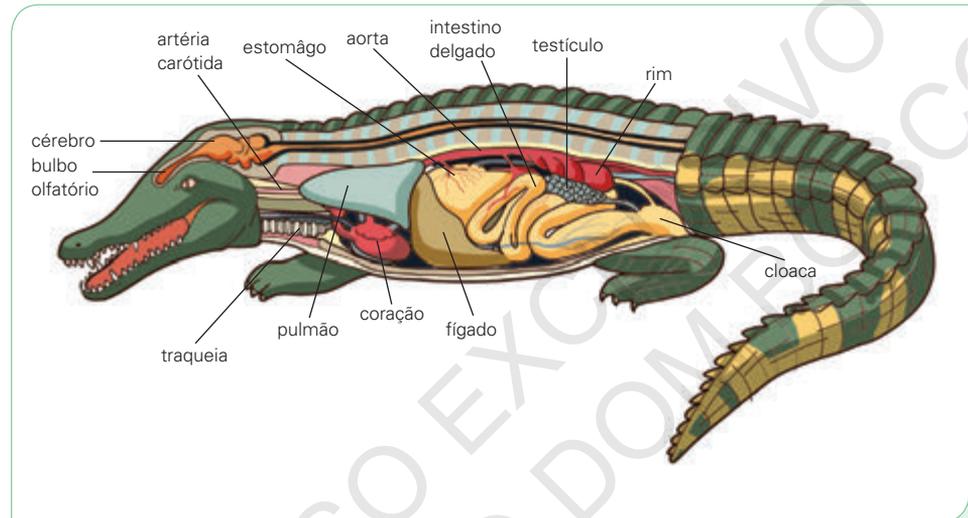
Os rins são **metanéfricos**, e o principal produto de excreção é o **ácido úrico**, resíduo nitrogenado que é bem pouco diluído, resultando em economia de água.

SISTEMA NERVOSO

O sistema nervoso é dorsal, e o encéfalo nunca excede 1% da massa corporal. Há 12 pares de nervos cranianos; terminações nervosas na pele; botões gustativos na língua; olhos com pálpebras e **membrana nictitante** transparente que possui função de proteção e limpeza, exceto nas serpentes. Apresentam **orelha média** e membrana timpânica (nas serpentes, não há membrana timpânica).

São animais **ectotérmicos**, ou seja, não dispõem de mecanismos internos para regular a temperatura corporal. O termo **ectotérmico** dá nome à dependência dos animais cujas fontes de calor estão fora do seu corpo. Assim, procuram viver em locais de temperatura adequada e exibem comportamentos de ajustes de temperatura, como exposição corporal ao sol.

Nos trópicos, esses animais estão ativos o ano todo, mas nas regiões temperadas são ativos apenas nos meses mais quentes, permanecendo dormentes na estação fria. Lagartos e serpentes escondem-se em fendas no solo; cascavéis vivem em grupos dentro de buracos ou cavernas; tartarugas de água doce vão para o fundo dos lagos.



Representação da anatomia interna de um crocodilo macho. Elementos representados fora da escala de tamanho. Cores fantasia.

REPRODUÇÃO

Nos répteis ocorre fecundação interna e desenvolvimento direto. São dioicos; o macho possui pênis e libera os espermatozoides na cloaca da fêmea durante a cópula. Em Squamata existe um hemipênis, órgão copulador pareado. A maioria das espécies é **ovípara**. Em algumas espécies, como crocodilos, é observado o cuidado parental, com as fêmeas protegendo os ovos e os filhotes contra predadores. Há também espécies **ovovivíparas**, em que o embrião se desenvolve dentro de um ovo mantido e protegido no interior do corpo das fêmeas. Por fim, alguns lagartos são vivíparos, e o embrião se desenvolve no interior do corpo da fêmea, que fornece alimento para o seu desenvolvimento e retira os produtos de sua excreção.

Em crocodilianos, em algumas tartarugas e em lagartos, a temperatura de incubação dos ovos determina o sexo do embrião. Nos primeiros, se as temperaturas nos ninhos forem baixas, ocorre o nascimento de fêmeas e temperaturas altas nos ninhos favorecem o nascimento de machos. Em tartarugas ocorre o inverso.



Filhotes de tartaruga eclodindo (saindo) dos ovos. A casca calcária é uma adaptação importante ao ambiente terrestre contra a dessecação.

Os **anexos embrionários** do ovo dos répteis – **âmnio**, **cório** e **alantoide** – são adaptações fundamentais para a sobrevivência no ambiente terrestre. O âmnio é um anexo embrionário que **evita a desidratação** e envolve diretamente o embrião; o cório protege contra abalos mecânicos; e o alantoide é responsável pelas trocas gasosas e a excreção. O saco vitelínico, que também está presente nos ovos de vertebrados não amniotas, armazena nutrientes para o desenvolvimento do embrião.

LEITURA COMPLEMENTAR

Como é feito e como age o soro antiofídico?

Apesar de existirem soros específicos para diferentes gêneros de cobras, o processo de produção de todos eles segue o mesmo padrão. O veneno da serpente é introduzido no organismo de um cavalo, que reage desenvolvendo anticorpos. E são esses anticorpos que, após serem retirados do cavalo, formam o soro. A eficiência do produto é grande e, diferentemente do que muitos pensam, uma picada de cobra não significa um convite quase certo para a morte. Segundo dados do Ministério da Saúde, das cerca de 20 mil pessoas picadas por serpentes venenosas a cada ano no Brasil, apenas 0,4% morrem. Mas é bom não bobear. As poucas mortes ocorrem justamente pelo uso incorreto ou tardio do soro ou ainda pela falta dele. A utilização incorreta do produto pode ser evitada com ajuda do diagnóstico de um especialista, já que o veneno de diferentes gêneros de cobras precisa ser combatido com diferentes tipos de soro. A confusão nesse aspecto só não é maior porque 90,5% dos casos de pessoas picadas no país envolvem serpentes de um mesmo gênero, Bothrops. Pertencem a ele cobras como jararaca, jararacuçu, caíçaca, urutu e cotiara, todas com peçonhas que podem ser combatidas com o mesmo tipo de soro. Em seguida, em número de picadas, aparecem as cascavéis (do gênero *Crotalus*), a surucucu (*Lachesis*) e as corais verdadeiras (*Micrurus*). Essas espécies ameaçadoras, porém, são minoria no Brasil. Dos 256 tipos de serpentes existentes por aqui, apenas 70 são peçonhentas, ou seja, capazes de inocular seu veneno. No país, os soros são feitos pelo Instituto Butantan, em São Paulo, pela Fundação Ezequiel Dias, em Minas Gerais, e pelo Instituto Vital Brazil, no Rio de Janeiro. Toda a produção é comprada pelo Ministério da Saúde e oferecida gratuitamente em hospitais e postos de saúde de todo o Brasil.

LOPES, Artur Louback. **Como é feito e como age o soro antiofídico?** Disponível em: <<https://super.abril.com.br/mundo-estranho/como-e-feito-e-como-age-o-soro-antiofideo/>>. Acesso em: abr. 2019.

ROTEIRO DE AULA

RÉPTEIS

Características gerais (répteis não avianos)

Ovo amniótico com casca
(âmnio, cório, alantoide)

Ectotermia

Tegumento:

bastante queratinizado

Esqueleto:

bastante ossificado

Pele:

seca e cornificada

Glândulas epiteliais:

ausentes na maioria

Anatomia e fisiologia (répteis não avianos)

Respiração

pulmonar

Sistema
digestório

completo

Excreção

par de rins

metanéfricos

ácido úrico

Sistema
nervoso

12 nervos

cranianos

Sistema
cardiovascular

circulação fechada, dupla, incompleta

Crocodilianos:

circulação fechada, dupla, completa

ROTEIRO DE AULA

Classificação (representantes dos grupos)

Tartarugas

Lagartos

Serpentes

Tuatara

Crocilianos

Aves

Reprodução:

Independência da água

Ovo:

amniótico com casca

Fecundação:

interna

Desenvolvimento:

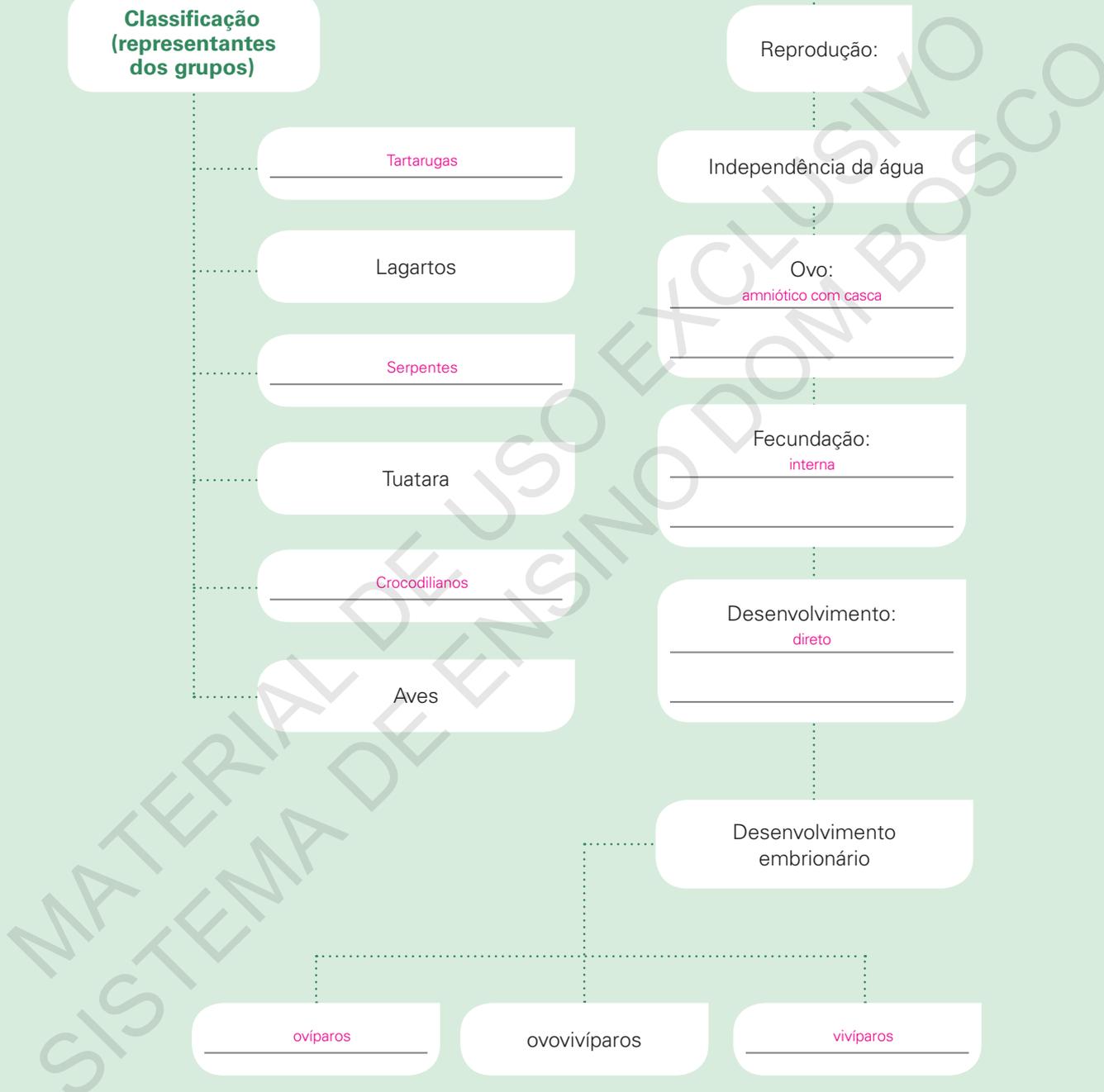
direto

Desenvolvimento embrionário

ovíparos

ovovivíparos

vivíparos



EXERCÍCIOS DE APLICAÇÃO

- 1. Acafe-SC** – Sobre os répteis é correto afirmar, **exceto**, que
- a) a sua epiderme é espessa e altamente queratinizada, formando as escamas córneas.
 - b) são ectotérmicos.
 - c) o coração em répteis não crocodilianos apresenta dois átrios e um ventrículo.
 - d)** a maioria excreta seus resíduos nitrogenados na forma de amônia.
 - e) o sistema nervoso tem 12 pares de nervos cranianos.

O principal resíduo nitrogenado excretado pelos répteis é o ácido úrico, que gera grande economia de água.

- 2. UEMG** – Zoiuda (...) Foi numa noite que ele conheceu Zoiuda. Foi numa noite – e nem poderia ser de outra forma, já que, como as prostitutas e as estrelas, as lagartixas também são seres da noite e só nela, ou de preferência nela, se mostram –, foi numa noite que ele a viu pela primeira vez.

Era uma sexta-feira e ele tinha acabado de chegar da rua: quando se aproximou da talha para tomar um copo de água, lá estava a lagartixa, na parede, perto do vitrô que dava para a área de serviço do apartamento onde ele morava, no décimo andar.

Era esbranquiçada, um pouco mais cabeçudinha que o comum, e quase rabió. Mas foram os olhos, foram os olhos o que mais lhe chamou a atenção: exorbitados, duas bolinhas brilhantes, parecendo duas miçangas.

VILELA, 2013, p. 11.

O animal citado no texto se encaixa em um mesmo agrupamento de cobras e lagartos. Esta classe animal se caracteriza por possuir, entre outras características,

- reprodução assexuada por regeneração.
- circulação sanguínea aberta.
- excreção predominante de ureia.
- d)** respiração pulmonar.

A lagartixa, assim como os demais répteis, possui respiração exclusivamente pulmonar.

- 3. USF-SP (adaptada)** – Serpentes são animais ectotérmicos e, como tal, dependem das condições ambientais para regular a temperatura do corpo. Em regiões tropicais, a dificuldade das serpentes não é se manterem aquecidas, mas refrigeradas. Por isso, a quantidade de chuvas também é importante, pois serpentes bem hidratadas estariam menos sujeitas ao superaquecimento. Outro achado interessante é que a variação climática ao longo dos últimos milênios também ajuda a explicar como as diferentes espécies de serpentes se distribuem na Mata Atlântica nos dias de hoje. Áreas com relevo complexo, como regiões serranas, teriam sido menos afetadas pelas mudanças ambientais no passado, possuindo maior estabilidade climática e possibilitando a sobrevivência histórica de espécies adaptadas a esse tipo de hábitat, como a muçurana-da-serra (*Mussurana montana*).

Disponível em: <http://www.cienciahoje.org.br/noticia/v/ler/id/4912/n/serpentes_atlanticas>.

Acesso em: 2/5/2017 (Adaptado).

Um comportamento característico das serpentes é colocar continuamente a sua língua bifurcada para dentro e para fora da boca. Explique a razão desse comportamento.

A língua bifurcada das serpentes é capaz de captar moléculas odoríferas no ambiente e conduzi-las até o órgão vomeronasal, situado em sua maxila. Esse órgão conduz os odores liberados pela presa para o cérebro da serpente.

- 4. Sistema Dom Bosco** – A respeito dos répteis não avianos, assinale a alternativa que contém uma característica que não é encontrada no grupo.
- Espécies ápodes.
 - Desenvolvimento direto.
 - c)** Respiração cutânea.
 - Cloaca.
 - Membrana nictitante.

O sistema digestório dos répteis é completo e termina em uma cloaca. Serpentes não possuem membros ou patas, e várias espécies de lagartos têm membros reduzidos, sendo algumas totalmente ápodes. O epitélio espesso e ricamente queratinizado impede a respiração cutânea. Em répteis não avianos, o desenvolvimento é direto. Com exceção das serpentes, a membrana nictitante está presente nos olhos dos demais répteis.

- 5. Fuvest-SP (adaptada)** – Os primeiros vertebrados que conquistaram definitivamente o ambiente terrestre foram os I, que possuem II, aquisição evolutiva que permitiu o desenvolvimento do embrião fora da água.

Indique a alternativa que completa corretamente essa frase.

	I	II
a)	anfíbios	ovo com casca impermeável
b)	anfíbios	fertilização interna
c)	répteis	ovo com casca impermeável
d)	répteis	fertilização externa

Os répteis foram os primeiros vertebrados a desenvolver o ovo com casca e novos anexos embrionários. Esse fator adaptativo significou a conquista definitiva do ambiente terrestre.

- 6. Unesp**

C4-H14

Em uma novela recentemente exibida na TV, um dos personagens é picado por uma cobra e, para curar-se, recorre a remédios caseiros e crenças da cultura popular. O médico da cidade, que não havia sido chamado para tratar do caso, afirmou que a prática adotada não era recomendável, e que “a ‘cura’ só se deu porque provavelmente a cobra não era venenosa”.

Em se tratando de uma cobra peçonhenta, qual o tratamento mais adequado: soro ou vacina? Seria importante saber a espécie da cobra? Justifique suas respostas.

O tratamento adequado, que deve ser realizado em caso de picada de cobra peçonhenta, é a aplicação do soro antiofídico o mais rápido possível. O soro contém anticorpos que neutralizam o efeito do veneno no corpo humano. O conhecimento da espécie de cobra peçonhenta que

provocou o acidente é importante porque, nesse caso, é administrado o soro específico, com ação mais rápida e eficiente. Como exemplo de soros específicos, há o anticrotálico (contra veneno de cascavel), o antibotrópico (contra veneno de jararaca), e o antielapídico (contra veneno de coral-verdadeira).

Competência: Compreender interações entre organismos e ambiente, em particular aquelas relacionadas à saúde humana, relacionando conhecimentos científicos, aspectos culturais e características individuais.

Habilidade: Identificar padrões em fenômenos e processos vitais dos organismos, como manutenção do equilíbrio interno, defesa, relações com o ambiente, sexualidade, entre outros.

EXERCÍCIOS PROPOSTOS

7. Sistema Dom Bosco – Em relação ao sistema cardiovascular dos répteis não avianos, é correto afirmar que se trata de

- 2 átrios e 1 ventrículo; circulação dupla e incompleta.
- 2 átrios e 2 ventrículos ou 2 átrios e 1 ventrículo; circulação dupla e completa.
- 2 átrios e 2 ventrículos ou 2 átrios e 1 ventrículo; dupla e incompleta.
- 2 átrios e 1 ventrículo ou 2 átrios e 2 ventrículos; circulação dupla e incompleta ou dupla e completa.
- 2 átrios e 2 ventrículos, circulação dupla e completa.

8. Unesp

Estudo confirma que meteorito causou extinção dos dinossauros

Um estudo publicado na revista *Science* de 08.02.13 pretende pôr um ponto final na discussão sobre qual foi o evento que levou à extinção dos dinossauros. Os novos dados obtidos pelos pesquisadores são os mais precisos até agora e mostram que o meteorito atingiu a Terra há 66 038 000 anos, pouco antes da extinção.

Disponível em: <<http://veja.abril.com.br>>. Acesso em: abr. 2019. Adaptado.

Um fato ainda pouco divulgado pela mídia é que, nesse mesmo período, cerca de 2/3 das espécies que viviam na Terra também foram extintas, configurando um grande evento de extinção em massa.

Dentre os fatores decisivos para essa extinção em massa, é correto inferir que

- os dinossauros ocupavam o topo da cadeia alimentar e com a sua extinção houve um aumento descontrolado das populações das espécies que lhes serviam de presa, causando um colapso nas relações tróficas.
- o sucesso adaptativo dos dinossauros no papel de predadores levou ao declínio das populações de espécies que lhes serviam de presa, resultando na redução das fontes de alimento.
- o impacto do meteorito causou a extinção de muitas espécies de produtores, o que contribuiu para o declínio das populações de consumidores primários, secundários, e assim sucessivamente, ao longo da cadeia alimentar.
- o impacto do meteorito causou a morte abrupta dos dinossauros, o que disponibilizou imensas quantidades de matéria orgânica para decomposição, alterando

a composição da atmosfera e levando as demais espécies à extinção.

- a extinção das várias espécies de dinossauros resultou no aumento das populações de outros predadores, o que alterou as relações tróficas, causando um desequilíbrio no ecossistema e o consequente colapso das comunidades.

9. UEFS-BA – De uma forma simplificada, pesquisas apontam para a origem da vida no mar. Sim, os mares do passado eram certamente diferentes dos atuais em termos de composição, distribuição e correntes, mas o registro fóssilífero demonstra que os primeiros organismos surgiram em corpos de água e, depois, conquistaram os ambientes terrestres. Na história evolutiva dos vertebrados, essa transição do mar para a terra firme ainda está envolta em muito mistério. Às vezes, ocorrem achados especiais, como o *Tiktaalik roseae*, um peixe que já possuía diversas adaptações encontradas nos primeiros tetrápodes e que surpreendem os pesquisadores. Em outros casos, é um conjunto de novos dados – e fósseis – que trazem avanços para a pesquisa.

De uma forma simplificada. Disponível em: <<http://cienciahoje.uol.com.br/colunas/cacadores-de-fosseis/os-primeiros-tetrapodes>>. Acesso em: abr. 2019.

Em relação a essas adaptações morfológicas e estruturais, é possível afirmar:

- A evolução de um sistema circulatório mais eficiente e completo potencializou a pecilotermia.
- A excreção do ácido úrico como principal excreta dos répteis comprometeu seu sucesso em terra firme.
- O desenvolvimento de uma respiração pulmonar nos anfíbios complementou sua deficiente respiração cutânea e potencializou seu crescimento.
- A presença de uma atmosfera oxidante proporcionou o advento da respiração aeróbica nos vertebrados, no momento da conquista da terra firme.
- As características dos ovos dos répteis, quanto ao desenvolvimento dos seus anexos, representam aquisições que garantiram a conquista da terra firme pelos vertebrados.

10. USF-SP (adaptada) – Com base no conhecimento sobre os répteis, responda ao que se pede.

- A serpente muçurana comum (*Pseudoboa cloelia*) é opistóglifa, as corais-verdadeiras (*Micrurus*) são proteróglifas, enquanto as surucucus (*Lachesis*)

são solenóglifas. Das serpentes citadas, quais são mais eficientes na injeção da peçonha durante a mordida? Justifique sua resposta.

- b) No Brasil, os quatro principais gêneros de serpentes de interesse médico são o *Bothrops* (jararacas), o *Crotalus* (cascavéis), o *Lachesis* (surucucus) e o *Micrurus* (corais-verdadeiras), pertencentes à família Elapidae. A identificação correta das serpentes, tarefa para especialista, torna-se fundamental para a soroterapia. Entretanto, em linhas gerais e de forma mais simples, é possível diferenciar as serpentes peçonhentas das não venenosas. Preencha a tabela com quatro diferenças entre os grupos indicados.

Serpentes peçonhentas	Serpentes não venenosas

11. UEM-PR (adaptada) – Aqui tem boipeva, cruzeira, caninana, cobra-verde, cipó, muçurana. Tinha muita, mas diminuiu uns 40% de uns 15 anos para cá... Já ouvi dizer que serpente mama em vaca e até em mulher que tem criança pequena.

Retirado de “A coral que ninguém viu”, disponível em http://www.oeco.org.br/reportagens/1261-oeco_13392/. Acesso em 24/4/2016.

O extermínio desenfreado de serpentes, peçonhentas ou não, motivado por credices populares como a apresentada, favoreceu a proliferação de espécies indesejáveis para o ser humano, como os ratos, que se tornaram abundantes na cidade.

Com base no texto e nos conhecimentos de zoologia, ecologia e fisiologia humana, assinale o que for correto.

- 01) Por preferirem ambientes quentes, as serpentes e as aves são ectotérmicas, pois em temperaturas ambientais baixas apresentam temperaturas corporais também baixas.
- 02) A excreção de ácido úrico, substância de baixa toxicidade e pouco solúvel, é uma adaptação para que as serpentes possam habitar ambientes terrestres.
- 04) A proliferação de ratos foi decorrente do extermínio desenfreado das serpentes, seus predadores.
- 08) A peçonha das serpentes contém neurotoxinas que atacam o sistema nervoso periférico autônomo de humanos, podendo causar paradas respiratórias e cardíacas.
- 16) À medida que a população de ratos na cidade cresce, a resistência do meio tende a diminuir.

12. UEL-PR (adaptada) – O aparecimento de ovos com casca foi uma evolução adaptativa dos répteis para a conquista definitiva do ambiente terrestre pelos cordados. Além do ovo com casca, há outras adaptações que permitiram que os répteis pudessem sobreviver no ambiente terrestre, identificadas quando comparadas com as adaptações dos anfíbios. Portanto, há adaptações que surgem nos anfíbios e permanecem nos répteis e há adaptações que têm sua origem pela primeira vez nesse grupo.

Sobre as características adaptativas associadas à conquista do ambiente terrestre que são novidades evolutivas dos répteis, considere as afirmativas a seguir.

- I. Pernas locomotoras e respiração pulmonar.
- II. Ectotermia e dupla circulação.
- III. Queratinização da pele e ácido úrico como excreta nitrogenado.

Assinale a alternativa correta.

- a) Somente as afirmativas I e II são corretas.
- b) Somente as afirmativas II e III são corretas.
- c) Somente a afirmativa III está correta.
- d) Todas as afirmativas são corretas.
- e) Nenhuma das afirmativas está correta.

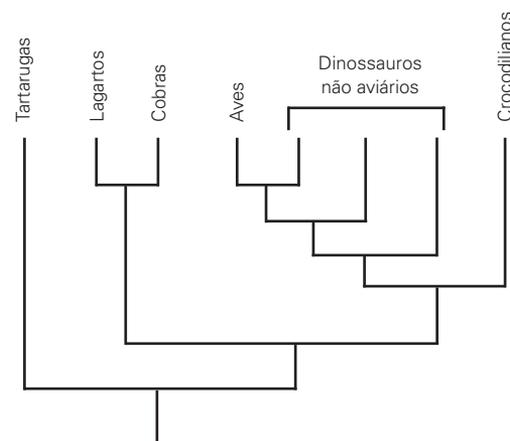
13. Udesc – Analise as proposições, em relação à dentição das cobras.

- I. As cobras podem ser divididas em áglifas, opistóglifas, proteróglifas e solenóglifas.
- II. As cobras proteróglifas não apresentam dentes inoculadores de peçonha, a exemplo, as cobras cegas.
- III. As cobras áglifas apresentam dentes inoculadores na parte anterior da boca, a exemplo, as cobras corais.
- IV. As cobras opistóglifas apresentam dentes inoculadores de peçonha na parte posterior da boca.

Assinale a alternativa correta.

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

14. Sistema Dom Bosco – Com base no cladograma apresentado, analise as afirmativas abaixo.



- I. Aves e dinossauros não possuem um ancestral comum compartilhado com as tartarugas.

- II. Para a classe Reptilia ser considerada monofilética, é preciso incluir as aves e os mamíferos dentro do grupo.
- III. Lagartos, cobras e crocodilianos formam um grupo monofilético.
- IV. Os dinossauros não avianos destacados no cladograma não são um grupo monofilético.

a) Identifique a(s) afirmativa(s) incorreta(s).

b) Corrija a(s) afirmativa(s) falsa(s), tornando-a(s) verdadeira(s).

15. UFSC – Ao observar diferentes grupos de animais, constata-se que existe grande diversidade entre eles no que se refere aos sistemas digestório, circulatório, respiratório, esquelético e excretor, entre outros. Na coluna A citam-se sistemas que podem ser encontrados em diferentes grupos animais e na Coluna B, as variações destes sistemas.

Coluna A - SISTEMAS	Coluna B - TIPOS
I. Digestório	A – Incompleto
	B – Completo
II. Circulatório	A – Aberto
	B – Fechado
III. Respiratório	A – Respiração cutânea
	B – Respiração branquial
	C – Respiração pulmonar
IV. Esquelético	A – Hidrostático
	B – Exoesqueleto
	C – Endoesqueleto
V. Excretor	A – Difusão simples
	B – Glândulas coxais
	C – Glândulas antenais
	D – Protonefrídios
	E – Rins

Com relação às associações entre as colunas A e B, é correto afirmar que

- 01) no filo dos Cnidários, as associações II – A e IV – A estão corretas.
- 02) em répteis, as associações possíveis seriam: I – A; III – B e IV – A.
- 04) em sapos e rãs, pode-se ter as seguintes associações: I – B; II – B; III – A e III – C.
- 08) animais com a associação V – A devem viver na água.
- 16) as associações V – B e V – C são encontradas no filo dos Anelídeos.
- 32) animais com a associação II – B possuem coração com quatro cavidades.
- 64) os equinodermos têm uma associação IV – B quanto ao seu sistema esquelético.

16. UFRGS (adaptada) – Observe a tira abaixo, que ilustra hábitos dos ofídios.



Fonte: Fernando Gonsales. Zero Hora. 26 jul. 2014.

Assinale a alternativa que apresenta a afirmação correta sobre características do ofídio representado na tira.

- a) Mandíbula com articulação elástica.
- b) Caixa torácica com costelas unidas ao esterno.
- c) Corpo recoberto por escamas e placas córneas.
- d) Fecundação externa.
- e) Ausência de dentes nos maxilares.

17. PUC-RJ – Trabalhos recentes têm mostrado que a classe Reptilia, como conhecida tradicionalmente, não constitui um grupo monofilético. Esses estudos indicam que, para ser monofilético, Reptilia precisaria incluir também as aves (classe Aves). Ou seja, se considerarmos como répteis apenas tartarugas, lagartos, serpentes e crocodilianos, e não incluirmos as aves nesse grupo, o táxon Reptilia seria considerado como um táxon parafilético. Com base nesse exemplo, responda às seguintes perguntas.

- a) O que são grupos parafiléticos e monofiléticos?

- b) O que são características homólogas e como elas podem ser usadas para agrupar diferentes táxons?

ESTUDO PARA O ENEM

18. Enem

C4-H14

As serpentes que habitam regiões de seca podem ficar em jejum por um longo período de tempo devido à escassez de alimento. Assim, a sobrevivência desses predadores está relacionada ao aproveitamento máximo dos nutrientes obtidos com a presa capturada. De acordo com essa situação, essas serpentes apresentam alterações morfológicas e fisiológicas, como o aumento das vilosidades intestinais e a intensificação da irrigação sanguínea na porção interna dessas estruturas.

A função do aumento das vilosidades intestinais para essas serpentes é maximizar o(a)

- a) comprimento do trato gastrointestinal para caber mais alimento.
- b) área de contato com o conteúdo intestinal para absorção dos nutrientes.
- c) liberação de calor via irrigação sanguínea para controle térmico do sistema digestório.
- d) secreção de enzimas digestivas para aumentar a degradação proteica no estômago.
- e) processo de digestão para diminuir o tempo de permanência do alimento no intestino.

19. Unesp

C4-H15

Uma professora explicava a seus alunos que a transpiração contribui para o controle da temperatura corporal e que os desodorantes antitranspirantes apresentam em sua composição sal de alumínio, o qual obstrui os ductos sudoríparos, impedindo a saída do suor. Um dos alunos perguntou à professora o que aconteceria se uma generosa dose de desodorante antitranspirante fosse borrifada no corpo de uma barata e no corpo de uma lagartixa.

A professora desaconselhou o experimento em razão dos maus tratos aos animais e explicou que, caso fosse realizado, considerando os sistemas respiratórios desses animais, provavelmente

- a) a lagartixa e a barata morreriam por aumento da temperatura corporal.
- b) a lagartixa e a barata morreriam por falta de oxigênio em suas células.
- c) a barata sobreviveria e a lagartixa morreria por aumento da temperatura corporal.
- d) a lagartixa sobreviveria e a barata morreria por falta de oxigênio em suas células.
- e) a barata e a lagartixa sobreviveriam.

20. Unicamp-SP

C4-H16

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 (a seta 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.



DAVE MARTILL/UNIVERSITY OF PORTSMOUTH

Sabe-se que os lagartos (que geralmente têm membros) e as serpentes (seres ápodas) 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.

27

AVES

- Aspectos evolutivos
- Características gerais

HABILIDADES

- Reconhecer as características morfológicas e fisiológicas das aves.
- Identificar características que distinguem as aves dos répteis não avianos.
- Discutir as relações de parentesco entre as aves e os demais répteis.
- Associar características adaptativas das aves com seu modo de vida e com seus limites de distribuição em diferentes ambientes.

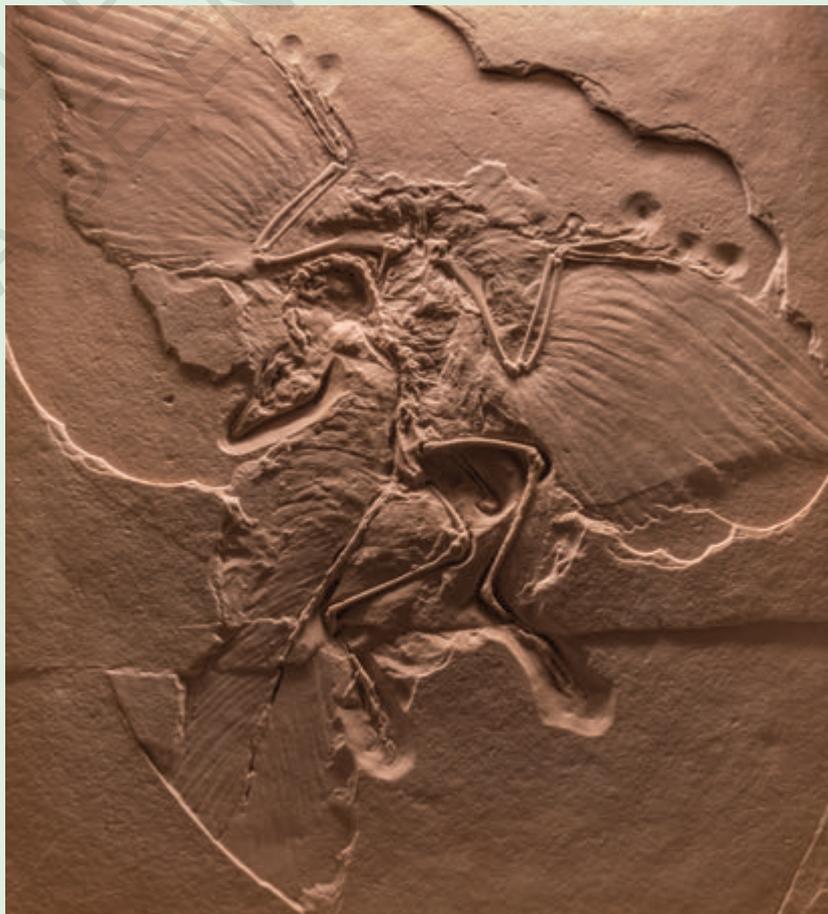
As aves formam um grande e diversificado grupo de vertebrados que inclui os mais diversos representantes, como gaviões, pinguins, corujas, araras, tucanos, patos, avestruzes, beija-flores e kiwis. Estão presentes em quase todas as regiões do planeta, do Ártico à Antártica, em mares e continentes. No entanto, são mais numerosas e diversificadas em regiões tropicais.

As aves e os crocodilos descendem de um grupo de répteis conhecidos como arcossauros (Archosauria). Uma linhagem de arcossauros deu origem aos crocodilos, e os dinossauros evoluíram da outra linhagem. Os dinossauros ancestrais, por sua vez, deram origem a dois grupos: os ornitíscuios e os sauríscuios. E, dos dinossauros sauríscuios bípedes, as aves modernas evoluíram, há cerca de 160 milhões de anos.

O ancestral das aves mais conhecido, o *Archaeopteryx*, descoberto em uma formação de calcário na Alemanha, em 1861, ainda tinha características intermediárias entre os dinossauros sauríscuios e as aves modernas, como dentes no bico, cauda longa, penas e membros anteriores modificados em asas, mas com garras nos dedos das asas.

Atualmente, as aves compreendem o grupo de maior diversidade de vertebrados terrestres, com mais de 10 mil espécies conhecidas, classificadas em cerca de 30 ordens diferentes. Por causa de seu hábito diurno (em sua maioria), cantos elaborados, cores vistosas, capacidade de voo e grandes deslocamentos, entre outros fatores, as aves estão entre os vertebrados mais conhecidos pela maioria das pessoas.

Neste módulo, conheceremos melhor as características das aves associadas a sua anatomia, sua fisiologia, seu comportamento e suas adaptações relacionadas ao voo.

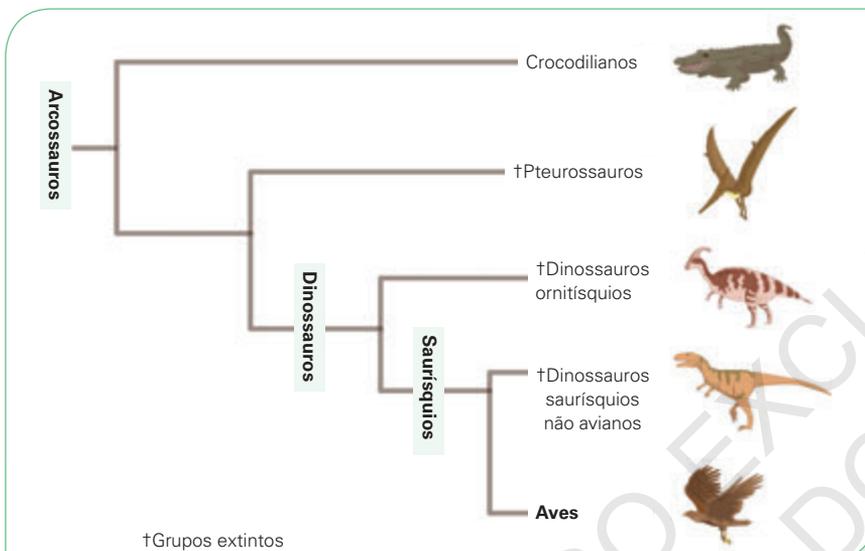


WILAD74/SHUTTERSTOCK

Fóssil do
Archaeopteryx,
molde do esqueleto
em pedra.

ASPECTOS EVOLUTIVOS

As primeiras aves provavelmente eram planadoras. A capacidade de voar surgiu posteriormente, permitindo a ocupação de ambientes ainda não explorados por outros animais e a fuga de predadores. A hipótese atualmente aceita é de que do grupo dos Archosauria se originaram os crocodilianos, os pterossauros (grupo extinto na Era Mesozoica com os demais dinossauros não avianos) e os dinossauros, grupo do qual evoluíram as aves modernas.



Cladograma que representa a hipótese de parentesco mais aceita atualmente sobre a evolução dos répteis arcossauros, dos quais as aves e os crocodilianos são os únicos representantes atuais. Animais representados fora de escala. Cores fantasia.

ADAPTAÇÕES AO VOO

A capacidade de voar possibilitou às aves grande dispersão e distribuição geográfica pelo planeta. Uma série de adaptações surgiu ao longo da história evolutiva do grupo, possibilitando o voo. Elas estão descritas a seguir.

- **Ossos pneumáticos:** alguns ossos das aves (geralmente crânio com bico córneo e sem dentes, cintura escapular, úmero e esterno) são ocos, mas cheios de ar, o que evita acréscimo na massa do animal, diminuindo seu gasto de energia ao voar. O esqueleto, apesar de leve, é resistente (ossificado).
- **Sacos aéreos:** aumentam a eficiência da renovação do ar dos pulmões, garantindo elevada oferta de oxigênio, compatível com uma atividade como o voo, tão dispendiosa em termos energéticos.
- **Ausência de bexiga urinária e de grande parte do intestino grosso:** não carregar fezes e urina representa economia de peso, ideal para animais voadores.
- **Músculos peitorais bem desenvolvidos:** a execução dos movimentos relacionados ao voo exige o abaixamento das asas, que sustenta o peso do corpo contra a resistência do ar, o que só é possível com músculos desenvolvidos na região anterior do tronco.
- **Visão desenvolvida:** a maioria das aves tem excelente acuidade visual, inclusive para cores.
- **Asas:** são formadas pelos membros anteriores modificados.
- **Carena:** osso esterno em forma de quilha, uma projeção que diminui a resistência do ar durante o voo e possibilita a inserção dos músculos desenvolvidos responsáveis pelo batimento das asas.
- **Penas:** estruturas homólogas às escamas dos répteis, leves e resistentes, que recobrem o corpo; apesar de terem surgido primeiramente com função termorreguladora, foram essenciais para o desenvolvimento da habilidade de voar.

CARACTERÍSTICAS GERAIS

As aves apresentam algumas características distintas em relação aos demais cordados. São animais **endotérmicos**, capazes de manter sua temperatura corporal constante independentemente da temperatura do ambiente, o que é possível por causa de determinados mecanismos fisiológicos, como a elevada taxa metabólica. Têm o corpo revestido por penas (característica mais distintiva do grupo), que, além de conferir proteção térmica e auxiliar no voo, promovem o dimorfismo sexual em algumas espécies e contribuem na corte durante a época de reprodução.

Entre a grande diversidade de aves, há o grupo das **ratitas**, aves corredoras que não são capazes de voar (ema, avestruz) e que possuem o esterno sem quilha e sem músculos desenvolvidos (inclui também os tinamiformes); e um grande grupo denominado **carinatas**, que inclui as demais ordens de aves, quase todas com capacidade de voar (esterno com quilha e músculos peitorais desenvolvidos), como beija-flores, pardais, araras, gaviões e gaivotas. Os pinguins têm asas reduzidas que não são mais funcionais para o voo, mas que sofreram modificações e passaram a ser eficientes no nado desses animais.

secreta um líquido oleoso empregado na lubrificação e na impermeabilização das penas. Com o bico, as aves recolhem essa secreção e a espalham pelo corpo.

O esqueleto das aves tem uma estrutura aerodinâmica. As clavículas são fundidas, formando a **fúrcula**, conhecida como “osso da sorte”. A **carena** é o osso esterno em forma de quilha. A maioria das vértebras (exceto as cervicais) está fundida e as costelas geralmente estão fundidas às vértebras, proporcionando rigidez ao voo. As vértebras caudais estão reduzidas em número e fundidas em uma estrutura chamada **pigóstilo**. Os ossos das pernas não são pneumáticos e são mais pesados em relação aos dos mamíferos, o que desloca o centro de gravidade das aves e auxilia na estabilidade aerodinâmica. Os ossos dos membros anteriores são reduzidos e geralmente fusionados, modificados em asas com penas mais longas, próprias para voo.

A locomoção bípede é facilitada pelo grande desenvolvimento da estrutura óssea e muscular dos membros posteriores, como pode ser verificado nas galinhas. As pernas têm muitos músculos desenvolvidos na parte superior, enquanto a porção inferior apresenta tendões e é revestida por escamas córneas. A cintura pélvica das fêmeas tem grande abertura, o que permite a passagem dos ovos.



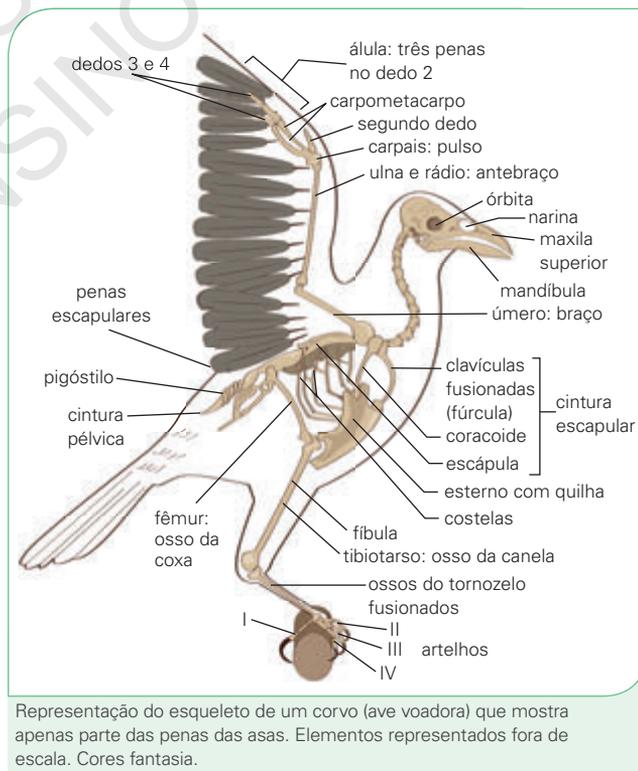
WESTEND61 GMBH / ALAMY STOCK PHOTO

FOTO 4440/SHUTTERSTOCK

Acima, um beija-flor na Reserva de Caetés (PE), ave com cerca de 10 gramas. Abaixo, uma ema com filhotes na Patagônia (Argentina), ave que perdeu a capacidade de voo e que pode atingir cerca de 40 kg.

ANATOMIA E FISILOGIA

O corpo das aves tem forma e tamanho variados. A pele é flexível, delgada e de frouxa fixação à musculatura, quase sem glândulas – a exceção é a **glândula uropigiana**, situada acima da base da cauda, que



Representação do esqueleto de um corvo (ave voadora) que mostra apenas parte das penas das asas. Elementos representados fora de escala. Cores fantasia.

SISTEMA DIGESTÓRIO

A aves utilizam o bico na obtenção de alimento, no alisamento das penas, na coleta de materiais para a confecção do ninho e na defesa contra predadores. O envoltório cornificado do bico tem crescimento contínuo, compensando o desgaste pelo uso. A forma do

bico varia de acordo com o hábito alimentar: afilado nas aves que capturam insetos; forte e cônico em aves que comem grãos; recurvado em aves predadoras, como gaviões e corujas.

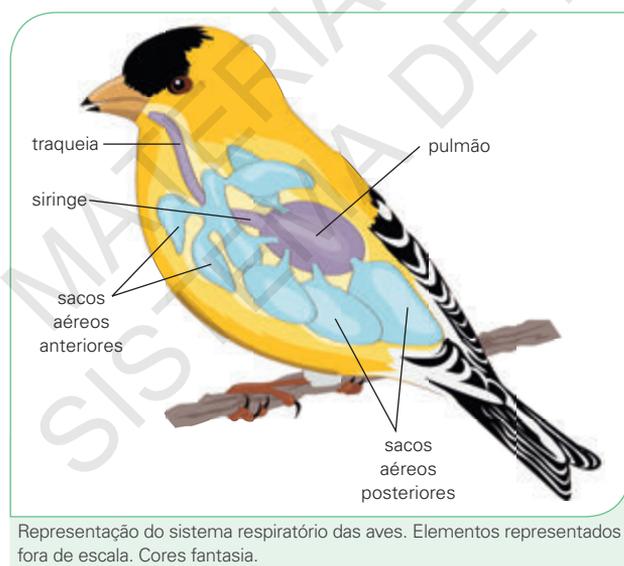
A língua, pequena e pontiaguda, tem revestimento córneo e não é extensível, exceto nos pica-paus, que a utilizam para capturar insetos na madeira, e nos beija-flores, que a usam para retirar néctar das flores.

O alimento é temporariamente armazenado e umedecido no **papo**, uma dilatação do esôfago. Em algumas espécies, o papo é utilizado para carregar alimento aos filhotes, que recebem o alimento regurgitado pelos pais ou introduzido pelo bico na garganta deles. O estômago compreende o **proventrículo** (ou estômago químico), responsável pela secreção de sucos digestivos, e a **moela** (ou estômago mecânico), câmara de paredes musculares e espessas em que ocorre a trituração do alimento e desempenha a função dos dentes, que estão ausentes. As aves têm também fígado e pâncreas. O sistema digestório termina em uma cloaca.

SISTEMA RESPIRATÓRIO

A respiração das aves é pulmonar e ocorre através de um par de narinas presente na parte superior do bico. Os pulmões têm **sacos aéreos** associados, que aumentam o aproveitamento do ar no processo respiratório. Os sacos aéreos são ramificações pulmonares que se estendem entre os órgãos do corpo e estão ligadas aos ossos pneumáticos. Essas ramificações se enchem de ar durante a inspiração, contribuindo para a redução do peso e facilitando o voo.

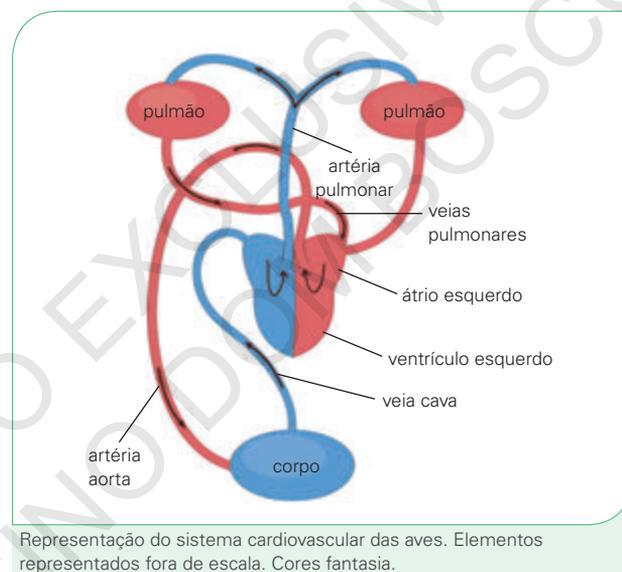
O órgão responsável pelo canto das aves é a **siringe**, situada na base da traqueia. Ela é composta de músculos e membranas que vibram quando o ar passa, produzindo os sons – urubus e avestruzes não possuem essa estrutura vocal.



SISTEMA CIRCULATÓRIO

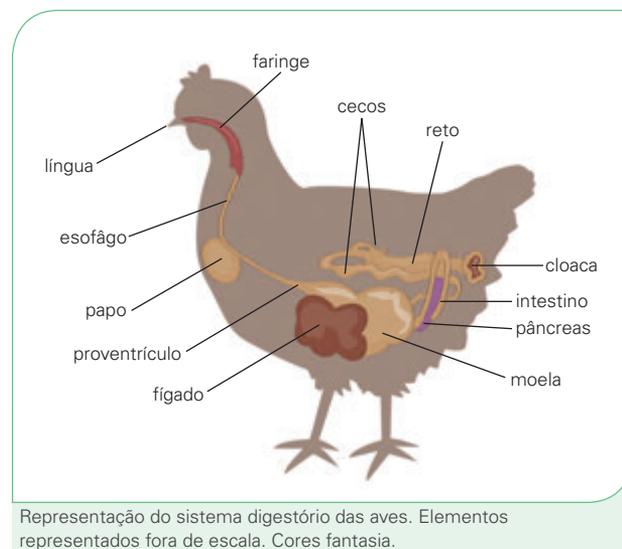
O coração das aves apresenta quatro câmaras totalmente separadas: dois átrios e dois ventrículos. O san-

gue venoso passa apenas pelo lado direito, e o sangue arterial circula apenas pelo lado esquerdo. A circulação é fechada, o sangue passa apenas por vasos; completa, de forma que não há mistura de sangue arterial com venoso; e dupla, com um circuito sistêmico e um circuito pulmonar. Dessa maneira, o sangue com alto teor de oxigênio enviado aos tecidos do corpo permite uma atividade metabólica de intensidade suficiente para manter a temperatura corporal constante. Nas aves, a curvatura do arco aórtico é pelo lado direito, enquanto nos mamíferos é pelo lado esquerdo. As hemácias das aves são nucleadas e ovais.



SISTEMA EXCRETOR

A estrutura de excreção das aves é o rim metanéfrico. O produto nitrogenado que excretam é o **ácido úrico**, eliminado na forma de urina com as fezes pela cloaca. Essa forma de excreção é essencial para a economia de água, representando uma importante adaptação para a sobrevivência no ambiente terrestre.



SISTEMA NERVOSO E ÓRGÃOS DO SENTIDO

Os olhos das aves são grandes em relação ao tamanho do corpo e são recobertos por pálpebras (superior e inferior) e por membranas nictitantes transparentes, que mantêm a proteção e a lubrificação da superfície deles. Atrás dos olhos, notam-se os condutos auditivos, que levam até as membranas timpânicas. Não há pavilhão auditivo, estrutura presente nos mamíferos. O paladar e o olfato são pouco sensíveis.

A acomodação visual é muito rápida, permitindo o ajustamento do foco em diferentes distâncias, o que se torna necessário nas repentinas mudanças visuais durante o voo e na focalização de objetos dentro da água por aves mergulhadoras, por exemplo.

O giro rápido da cabeça durante o movimento para frente e para trás em aves como as galinhas relaciona-se com a rápida observação dos arredores, determinando distâncias e a percepção de movimentos. Águias, falcões e urubus apresentam grande capacidade de enxergar objetos distantes. Em corujas, a audição aguçada permite localizar pequenos mamíferos na total escuridão.

O sistema nervoso é bastante desenvolvido, com o encéfalo proporcionalmente maior que nos demais répteis. Estruturas relacionadas com o equilíbrio e com a orientação espacial, como o cerebelo, são particularmente desenvolvidas.

REPRODUÇÃO

As estratégias reprodutivas das aves são muito diversificadas. Cada espécie tem um período específico para se reproduzir. Rituais de corte elaborados realizados pelos machos às fêmeas são bastante comuns durante a reprodução, envolvendo comportamentos complexos como exibições e cantos.

As vias reprodutoras abrem-se na cloaca junto com as vias digestórias e urinárias. A fecundação é interna,

e a cópula é realizada pela sobreposição da cloaca do macho sobre a da fêmea, permitindo a penetração dos espermatozoides no interior do sistema reprodutor feminino. São ovíparas e, após a fecundação, ocorrem a postura dos ovos e a incubação, período de **cuidados parentais** intensivos com os ovos, os quais são mantidos aquecidos pelo calor do corpo da mãe, do pai ou de ambos em períodos alternados.



Albatroz (*Diomedea* sp.), ave marinha, cuidando de seu filhote no ninho.

Os ovos das aves apresentam casca calcária resistente e porosa e têm muito vitelo. Os anexos embrionários também estão presentes: âmnio, cório, alantoide e saco vitelínico, que constituem a gema do ovo. O albúmen, também conhecido como a clara do ovo, é acrescido durante a passagem do ovo pelo oviduto, via de saída do sistema genital feminino. O cuidado parental das aves é bastante importante para assegurar a sobrevivência e o desenvolvimento da prole. Os filhotes de algumas espécies, como galinhas e patos, eclodem do ovo bem formados e ativos. Já os filhotes de pássaros e pombos necessitam de cuidados parentais mais intensos.

ROTEIRO DE AULA

Aves

Adaptações associadas ao voo

Corpo revestido por penas

Endotermia

Esqueleto:

aerodinâmico

Peso corporal reduzido

Músculos peitorais desenvolvidos

Sistema visual desenvolvido

Ossos:

pneumáticos

Sacos:

aéreos

Bexiga urinária e parte do intestino grosso ausentes

Ossos:

reduzidos e fundidos

Características gerais

Tetrápodes

Amniotas

Pele:

sem glândulas

Sistema respiratório:

siringe

sacos aéreos

Sistema digestório completo:

bico sem dentes

papo,estômago (moela)

Excreção:

ácido úrico

ROTEIRO DE AULA

Sistema nervoso bastante desenvolvido

Coração:

quatro câmaras

Circulação:

dupla e completa

fecundação interna, ovíparos

Desenvolvimento:

direto

Reprodução:

cuidado parental intensivo

Ovos:

amnióticos com casca dura

MATERIAL DE USO EXCLUSIVO
SISTEMA DE ENSINO DOM BOSCO

EXERCÍCIOS DE APLICAÇÃO

1. Famerp-SP – As aves e os mamíferos podem habitar uma grande amplitude de áreas terrestres. São encontrados em regiões de altitudes muito elevadas, assim como em regiões de altas latitudes. As aves e os mamíferos são capazes de sobreviver nesses ambientes por possuírem

- a) pele queratinizada.
- b) anexos embrionários.
- c) esqueleto ósseo resistente.
- d) endotermia.
- e) circulação fechada.

Aves e mamíferos podem sobreviver em diferentes ambientes por serem animais endotérmicos, ou seja, sua temperatura corporal é constante em decorrência do calor produzido pelo próprio metabolismo.

2. Udesc – Assinale a alternativa que contém exemplos de animais com respiração exclusivamente pulmonar.

- a) sapo – crocodilo – lobo e cavalo
- b) sabiá – morcego – baleias e cobras
- c) lambari – minhoca – caracol e tigre
- d) pardal – rã – golfinho e ovelha
- e) polvo – canguru – gato e lombriga

Sabiá (ave), morcegos e baleias (mamíferos) e cobras (répteis) são animais com respiração exclusivamente pulmonar.

3. Uninove-SP – Gaivotas são muito comuns em ilhas, portos e píeres. *Larus hyperboreus*, *Larus schistisagus*, *Larus marinus* e *Larus californicus* são nomes científicos destas aves.

- a) Quantos gêneros de gaivotas estão listados no texto? Justifique sua resposta.

São mencionadas no texto quatro espécies de gaivotas, todas pertencentes ao gênero *Larus*.

- b) As gaivotas, assim como outras aves voadoras, apresentam sacos aéreos, que são importantes adaptações ao voo. Cite duas funções dos sacos aéreos que auxiliam o voo das aves.

Os sacos aéreos diminuem o peso corporal das aves, o que facilita o voo.

Adicionalmente, aumentam a eficiência da renovação do ar dos pulmões, garantindo uma oferta elevada de oxigênio, o que é fundamental por causa do alto gasto energético durante o voo.

4. UPF-RS



R. SARTORI/SHUTTERSTOCK

O papagaio-charão (*Amazona pretrei*) é uma das espécies da nossa fauna que está intimamente associada às florestas com araucárias, pois, durante o período de maturação dos pinhões, essas sementes constituem o seu principal item alimentar. Trata-se de uma espécie ameaçada de extinção. No dia 22 de maio de 2017, o projeto “Dois papagaios ameaçados da Floresta com Araucárias: um esforço de conservação comum”, desenvolvido em parceria entre a Universidade de Passo Fundo (UPF) e a Associação dos Amigos do Meio Ambiente (AMA), foi um dos vencedores do II Prêmio Nacional da Biodiversidade, em reconhecimento aos esforços para a conservação dessa bela ave.

Em relação às características gerais das aves, assinale a alternativa correta.

- a) Regulação da temperatura corporal ectotérmica.
- b) Circulação simples e incompleta, coração com três câmaras.
- c) Excreção por meio de rins metanéfricos e ausência de bexiga urinária.
- d) Pele elástica, rica em glândulas sebáceas presentes na base das penas.
- e) Estômago dividido em duas partes, denominadas papo e moela.

As aves são endotérmicas, mantendo sua temperatura corporal constante. A circulação das aves é fechada, dupla e completa; o coração está dividido em quatro câmaras. As aves possuem apenas a glândula uropigiana, importante para a impermeabilização das penas. O papo faz parte do sistema digestório e não é uma parte do estômago das aves.

5. Sistema Dom Bosco – Sobre o grupo das aves, as afirmativas a seguir estão corretas, **exceto**:

- a) São endotérmicos, assim como os mamíferos.
- b) Possuem o corpo revestido por penas, estruturas de origem mesodérmica que conferem proteção térmica e auxiliam no voo.
- c) Seu coração é formado por quatro câmaras, assim como o coração dos répteis crocodylianos e dos mamíferos.
- d) Excretam seus resíduos nitrogenados principalmente na forma de ácido úrico.

As aves possuem o corpo revestido por penas, estruturas que têm origem ectodérmica, conferem proteção térmica e auxiliam no voo.

6. URJF

C4-H14

Os vertebrados compreendem cerca de 50 mil espécies, com representantes aquáticos, terrestres e aéreos. Embora os componentes deste subfilos apresentem características morfológicas e fisiológicas comuns, cada grupo animal possui características próprias relacionadas ao seu modo de vida e a adaptações ao ambiente utilizado. Analise as afirmativas a seguir e assinale a **incorreta**.

- A bexiga natatória dos peixes ósseos auxilia na flutuação e permite que o animal mantenha o equilíbrio em diferentes profundidades sem muito esforço.
- A pele dos anfíbios é lisa e rica em glândulas mucosas e de veneno, pobre em queratina e bastante permeável.
- A independência da água para a reprodução dos répteis está relacionada com o surgimento do ovo amniótico.
- Aves apresentam bexigas, as quais auxiliam o voo e atuam como reserva de oxigênio para altitudes com ar rarefeito.

e) Mamíferos apresentam o corpo coberto de pelos, ausentes nas baleias adultas, o que representa uma adaptação à vida aquática.

Corrija a afirmativa incorreta, tornando-a verdadeira.

As aves não possuem bexiga urinária e perderam a maior parte do intestino grosso ao longo de sua evolução. Apresentam sacos aéreos

associados aos pulmões, os quais facilitam o voo por diminuir o peso

do animal e assegurarem uma reserva de oxigênio importante para uma

atividade energética tão dispendiosa quanto o voo.

Competência: Compreender interações entre organismos e ambiente, em particular aquelas relacionadas à saúde humana, relacionando conhecimentos científicos, aspectos culturais e características individuais.

Habilidade: Identificar padrões em fenômenos e processos vitais dos organismos, como manutenção do equilíbrio interno, defesa, relações com o ambiente, sexualidade, entre outros.

EXERCÍCIOS PROPOSTOS

7. **Sistema Dom Bosco** – As características mencionadas nas alternativas abaixo são encontradas nas aves, com exceção de

- cloaca, penas e asas.
- ossos pneumáticos, pigóstilo e arco aórtico curvado pelo lado esquerdo.
- endotermia, moela e papo.
- âmnio, fúrcula e ausência de bexiga urinária.
- glândula uropigiana, carena e fúrcula.

8. **Sistema Dom Bosco** – Em relação aos vertebrados, assinale a alternativa que contém características encontradas exclusivamente nas aves.

- Penas; âmnio.
- Coração com 4 câmaras; penas.
- Endotermia; siringe.
- Pigóstilo; fúrcula.
- Carena; válvula espiral.

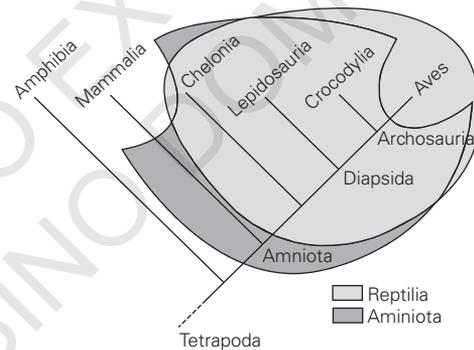
9. **PUC-RJ** – Aves são animais endotérmicos que mantêm a temperatura corporal em torno de 40 °C. Com relação a esse aspecto da fisiologia das aves, considere as afirmativas a seguir.

- O isolamento térmico do corpo, em função da cobertura de penas e da camada de gordura subcutânea, contribui para a manutenção da temperatura corporal.
- As aves não precisam aquecer-se ao sol para manter sua temperatura.
- As aves necessitam de mais alimento, proporcionalmente ao peso do corpo, do que animais ectotérmicos.
- Por serem endotérmicas, as aves são mais evoluídas que animais ectotérmicos como lagartos, serpentes e anfíbios.

É correto o que se afirma em

- somente I.
- somente I e III.
- somente II e III.
- somente I, II e III.
- I, II, III e IV.

10. **Cefet-MG (adaptado)** – Analise o cladograma de evolução dos Tetrapoda.



A irradiação adaptativa das aves ocorreu a partir de qual grupo ancestral mais recente representado no cladograma?

11. **Sistema Dom Bosco** – Em relação ao coração e ao sistema circulatório das aves, é correto afirmar que se trata de

- dois átrios e dois ventrículos, circulação fechada, simples e completa.
- dois átrios e um ventrículo, circulação fechada, dupla e completa.
- um átrio e dois ventrículos, circulação aberta, dupla e completa.
- dois átrios e dois ventrículos, circulação fechada, dupla e completa.
- dois átrios e dois ventrículos, circulação fechada, dupla e incompleta.

12. **UEM-PR (adaptada)** – O filo Chordata não é o filo com o maior número de espécies, porém seus integrantes apresentam variações anatômicas, fisiológicas e comportamentais bastante diferentes. Sobre esse assunto, assinale o que for correto.

- 01)** As pombas excretam o ácido úrico, que é bastante tóxico, mas pode ser eliminado com pouca água. É uma adaptação à vida terrestre e ao voo.
- 02)** O coração de um anfíbio adulto apresenta dois átrios e um ventrículo, e nele ocorre mistura do sangue venoso com o arterial.
- 04)** São elementos comuns a todos os cordados: notocorda, fendas faringianas e cauda pós-anal.
- 08)** A fosseta loreal permite que, durante a noite, as cascavéis sintam o calor emitido por um organismo endotérmico.

13. UPF-RS – A alternativa cujas características são todas de aves é:

- a)** Estrutura óssea na parte anterior da caixa torácica (quilha); ovo sem vitelo; ureia como substância nitrogenada de excreção.
- b)** Sistema excretor formado por um par de rins; presença da glândula uropigiana que produz secreção utilizada para a impermeabilização corporal; ciclo reprodutivo com fase larval intermediária.
- c)** Coração com dois átrios e um ventrículo; órgão olfativo no teto da boca (órgão de Jacobson); revestimento do corpo com pele elástica.
- d)** Ácido úrico como substância nitrogenada de excreção; ovíparos com desenvolvimento direto; presença da glândula uropigiana que produz secreção utilizada para a impermeabilização corporal.
- e)** Circulação sanguínea aberta; sistema excretor formado por um par de rins; temperatura corporal oscilante.

14. Sistema Dom Bosco – Cite algumas das principais características encontradas nas aves que são importantes adaptações à vida em ambientes terrestres secos ou com oferta limitada de água.

15. UEPG-PR – As aves distribuem-se por praticamente todas as regiões do planeta e suas características mais marcantes estão relacionadas ao voo. Com relação à classificação e às características morfoanatômicas, fisiológicas e adaptativas das aves, assinale o que for correto.

- 01)** A glândula uropigiana localizada na parte superior da cauda tem uma secreção gordurosa, essencial para a lubrificação das penas e importante para a impermeabilidade do corpo.
- 02)** O coração das aves tem quatro câmaras, dois átrios e dois ventrículos completamente separados. A circulação é dupla e não há mistura entre sangue arterial e sangue venoso.
- 04)** As aves não possuem bexiga urinária, e os rins eliminam ácido úrico em forma de uma pasta branca, que sai com as fezes. A eliminação contínua de urina e fezes é mais uma adaptação ao voo, pois evita o acúmulo de peso.

- 08)** As aves são animais ectotérmicos. Devido a essa característica precisam se movimentar e ficar expostos ao sol para a manutenção da temperatura corpórea.
- 16)** Os pequenos dentes das aves implantam-se na derme do bico, sobre a estrutura cartilaginosa do arco maxilar e da mandíbula.

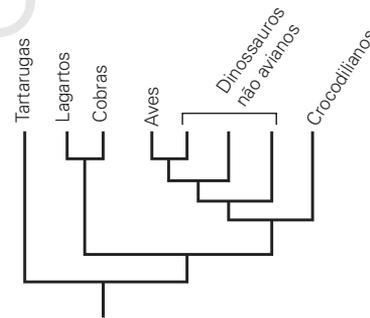
16. Unesp (adaptada) – Considerando-se o sistema respiratório das aves:

- I.** O órgão responsável pela produção de sons é a siringe, situada na extremidade inferior da traqueia.
- II.** Os pulmões são pequenos, pouco elásticos e unidos às costelas e vértebras torácicas.
- III.** Quando em repouso, a circulação do ar deve-se à ação de músculos que movimentam as costelas e o esterno.
- IV.** Os sacos aéreos são intensamente vascularizados, de paredes pregueadas, e constituem uma importante superfície para as trocas gasosas.

Assinale

- a)** se todas as afirmativas estiverem corretas.
- b)** se as afirmativas I, II e IV estiverem corretas.
- c)** se as afirmativas II, III e IV estiverem corretas.
- d)** se as afirmativas I, III e IV estiverem corretas.
- e)** se as afirmativas I, II e III estiverem corretas.

17. Sistema Dom Bosco – Com base na hipótese filogenética representada abaixo, analise os itens a seguir.



- I.** Para a classe Reptilia ser considerada monofilética, é preciso incluir as aves no grupo.
- II.** Aves e dinossauros possuem um ancestral comum compartilhado com os crocodilianos.
- III.** Tartarugas, lagartos e cobras formam um grupo monofilético.
- IV.** Os crocodilos são filogeneticamente mais próximos das aves que dos lagartos.

Identifique a(s) afirmativa(s) correta(s) e corrija a(s) afirmativa(s) falsa(s), tornando-a(s) verdadeira(s).

ESTUDO PARA O ENEM

18. Enem

C4-H16

Em 1861 foi anunciada a existência de um fóssil denominado *Archeopteryx*, que revolucionou o debate acerca da evolução dos animais. Tratava-se de um dinossauro que possuía penas em seu corpo. A partir dessa descoberta, a árvore filogenética dos animais acabou sofrendo transformações quanto ao ancestral direto das aves. Nessa nova árvore filogenética, de qual grupo as aves se originaram?

- a) Peixes ósseos. d) Peixes cartilaginosos.
 b) Répteis. e) Anfíbios.
 c) Mamíferos.

19. UFPEL-RS

C4-H14

É comum vermos aves de ambientes aquáticos como patos, marrecões, marrecos, biguás e cisnes ficarem algum tempo pressionando com o bico a região caudal do uropígio. Assim, com a extremidade do bico extraem e distribuem sobre as penas uma substância oleosa produzida por um par de glândulas denominadas uropigianas. A secreção proveniente dessas glândulas exerce diversas funções no mecanismo de vida das aves. Com base no texto e em seus conhecimentos, é correto afirmar que são funções dos óleos produzidos pelas glândulas uropigianas

- a) impermeabilizar as penas, dificultar o acesso de ectoparasitos e propiciar melhor deslocamento durante o voo.

- b) evitar o encharcamento das penas, aumentar a perda de calor quando em atividade de voo e facilitar a transpiração.

- c) estabelecer maior união entre as penas evitando a passagem de ar, facilitar a flutuação durante o nado e impedir a penetração de ectoparasitos.

- d) fornecer flexibilidade e impermeabilidade às penas, por armazenar ar entre elas e diminuir o peso corpóreo.

- e) facilitar a flutuação, impermeabilizar as penas e diminuir as perdas de calor corpóreo.

20. UFRGS (adaptada)

C4-H14

A expressão popular "estômago de avestruz" é utilizada para definir pessoas que comem de tudo e não enfrentam problemas digestivos com isso.

Sobre o processo alimentar das aves, assinale a afirmação correta.

- a) O alimento ingerido chega primeiro ao compartimento mecânico do estômago.

- b) As enzimas digestivas começam a agir no papo.

- c) A moela tem uma ação mecânica que tritura o alimento ingerido.

- d) Algumas espécies regurgitam o conteúdo da moela para alimentar os filhotes.

- e) A dieta alimentar inclui somente animais como insetos e vertebrados.

MAMÍFEROS

28

Os mamíferos compreendem os animais mais conhecidos pela maioria das pessoas. Incluem a maior parte dos animais domésticos, criados com a finalidade de alimentação (bovinos, suínos e caprinos), animais de estimação (gatos e cachorros), além do próprio ser humano. Entre as características mais evidentes (exclusivas do grupo), estão as glândulas mamárias e os pelos recobrimdo o corpo.

Os mamíferos descendem de um grupo de tetrápodes amniotas conhecidos como sinapsídeos, ou sinápsidas, nome que deriva da característica do crânio dos animais desse grupo, que tem um par de aberturas (fenestras) na região temporal (lateral), atrás das órbitas oculares, uma de cada lado, local onde se prendem os músculos da mandíbula. No Período Jurássico, há cerca de 150 milhões de anos, os primeiros mamíferos já haviam evoluído de um grupo de sinápsidos e, em um curto período, diversificaram-se nas três grandes linhagens de mamíferos existentes: os monotremados, que põem ovos e possuem cloaca; os marsupiais, que têm uma bolsa ou marsúpio onde o embrião completa seu desenvolvimento; e os placentários, grupo com placenta que compreende cerca de 5 mil espécies.

Neste módulo conheceremos as características exclusivas dos mamíferos, aspectos gerais de sua biologia e seus principais representantes.



Família de gambás (*Didelphis* sp.), mamífero do grupo dos marsupiais.

AGNIESZKA BACAL/SHUTTERSTOCK

- Características gerais
- Aspectos evolutivos
- Anatomia e fisiologia
- Classificação

HABILIDADES

- Reconhecer as características morfológicas e fisiológicas dos mamíferos.
- Comparar as características gerais dos grandes grupos de mamíferos.
- Identificar padrões em fenômenos e processos vitais dos mamíferos.

CARACTERÍSTICAS GERAIS

A classe dos mamíferos compreende cerca de 5 600 espécies conhecidas, ocupando os mais variados ambientes. Entre os menores representantes, estão os musaranhos e os camundongos, que têm menos de cinco centímetros de comprimento e pesam poucos gramas. Entre os maiores estão os elefantes e as baleias. A baleia-azul (*Balaenoptera musculus*) é o maior mamífero conhecido, alcançando 30 metros de comprimento e pesando até cerca de 170 toneladas.

ERNI/SHUTTERSTOCK



ATOMIC RODERICK/SHUTTERSTOCK

À esquerda, musaranho (*Sorex araneus*), um dos menores mamíferos conhecidos. À direita, baleia-azul (*Balaenoptera musculus*), maior mamífero vivente.

ASPECTOS EVOLUTIVOS

Ao longo da história evolutiva dos vertebrados, as aves e os mamíferos originaram-se de linhagens diferentes de tetrápodes amniotas. Os mamíferos evoluíram da linhagem dos sinápsidos e as aves evoluíram da linhagem dos répteis (diápsidos).

No entanto, os mamíferos e as aves apresentam algumas características comuns, surgidas independentemente, fenômeno conhecido como **convergência evolutiva**. São elas: endotermia, circulação completa sem mistura de sangue arterial e venoso e pulmões com grande eficiência nas trocas gasosas e na renovação do ar.

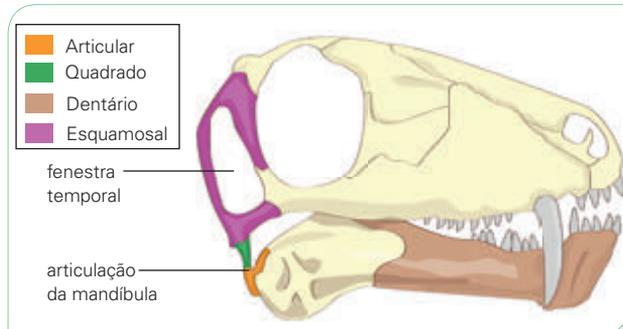


Ilustração do crânio de um sinápsideo extinto (*Biarmosuchus* sp.) que mostra a abertura temporal característica dessa linhagem de animais que originou os mamíferos. Elementos representados fora da escala de tamanho. Cores fantasia.

Há registros fósseis de mamíferos que datam de 225 milhões de anos, antes das primeiras aves. O período de grande diversificação e expansão da distribuição geográfica dos mamíferos ocorreu há cerca de 65 milhões de anos, no final da Era Mesozoica, quando houve a extinção em massa dos dinossauros não avianos. Assim, os mamíferos substituíram os grandes répteis no domínio das cadeias alimentares dos ecossistemas terrestres.

Algumas características dos mamíferos provavelmente lhes conferiram vantagens adaptativas em relação aos répteis nesse período, como sistema circulatório mais eficiente, que assegurava maior agilidade na locomoção para a fuga; endotermia, que permitia hábitos noturnos, quando o encontro com os répteis era menos provável, uma vez que estes têm hábitos principalmente diurnos; e habitats arborícolas, relativamente protegidos dos ataques de predadores carnívoros.

A seguir estão destacadas algumas das principais características responsáveis pelo sucesso adaptativo dos mamíferos.

- Eficiente controle da temperatura corporal, facilitado pelo revestimento isolante do corpo, composto de **pelos e camada de gordura** no tecido subcutâneo (camada inferior da pele).
- Separação completa de sangue venoso e arterial, o que permite melhor controle da pressão arterial e circulação mais eficiente, garantindo melhor oxigenação dos tecidos e chegada dos nutrientes às células com maior rapidez, fator importante para a manutenção de metabolismo elevado.

- Encéfalo proporcionalmente maior que o de outros grupos de vertebrados, relacionado à grande capacidade de coordenação de movimentos, aprendizagem e memória.
- Órgãos sensoriais bastante desenvolvidos, como visão, audição e, sobretudo, olfato, possibilitando a obtenção e o processamento de informações do ambiente ao redor.
- Desenvolvimento dos filhotes no aparelho reprodutor da fêmea (com exceção dos monotremados), aumentando a proteção e a segurança ao embrião. Se por um lado nasce um número menor de filhotes a cada gestação, por outro, a taxa de sobrevivência da prole torna-se maior.

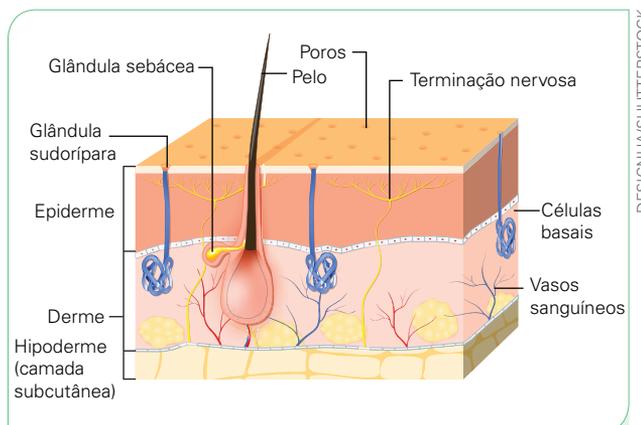
CARACTERÍSTICAS EXCLUSIVAS: NOVIDADES EVOLUTIVAS

Os mamíferos são os únicos animais a exibir o corpo total ou parcialmente coberto por **pelos**, importante fator de proteção térmica; **glândulas mamárias** que secretam leite, líquido nutritivo com o qual alimentam seus filhotes; **diafragma**, músculo plano que separa o tórax do abdome e é fundamental na respiração; **dentes diferenciados** (incisivos, caninos, pré-molares e molares) com funções específicas, como prender, cortar e triturar; **hemácias anucleadas**; **glândulas sebáceas** produtoras de secreção oleosa, que lubrifica a pele e os pelos; e **glândulas sudoríparas**, responsáveis pela produção de suor, desempenham importante função na regulação da temperatura corporal.

ANATOMIA E FISIOLOGIA

SISTEMA DÉRMICO

O corpo dos mamíferos é revestido por um **teguimento espesso**, cuja camada mais superficial é a córnea, formada por células mortas impregnadas de queratina. Sob essa camada está a derme e, abaixo dela, a hipoderme, que contém o tecido adiposo, composto de gordura.



Estrutura da pele dos mamíferos (exemplificados pela pele humana) que destaca a epiderme, a derme e a hipoderme, mostrando também pelos e glândulas. Elementos representados fora da escala de tamanho. Cores fantasia.

O tegumento possui uma série de anexos, como pelos, espinhos, cascos, garras, unhas, chifres e cornos. Os pelos formam uma densa pelagem nos animais que habitam áreas frias, mas são finos e curtos em espécies tropicais. As baleias praticamente não têm pelos, apenas poucas cerdas sobre os lábios. Diferenças na pigmentação dos pelos produzem os vários padrões de cores dos mamíferos. Os cornos são estruturas permanentes que crescem continuamente para compensar o desgaste; já as galhadas ou os chifres são formações ósseas trocadas a cada estação reprodutiva.

Além das glândulas sudoríparas, sebáceas e mamárias, outros tipos de glândula abrem-se na pele: glândulas lacrimais, cuja secreção, chamada lágrima, limpa, lubrifica e umidifica a superfície dos olhos; glândulas odoríferas, cujas secreções servem de atrativo sexual e como repelente de inimigos naturais.

SUSTENTAÇÃO E LOCOMOÇÃO

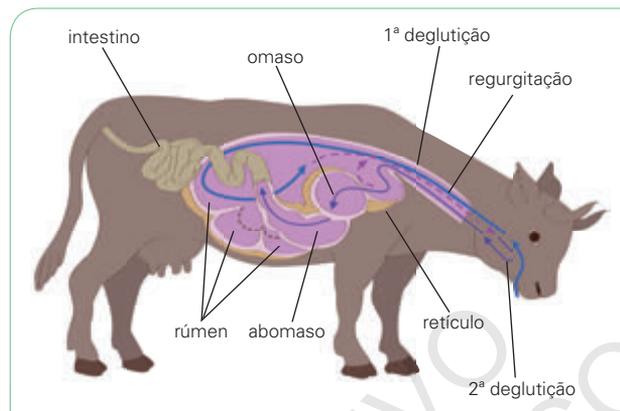
O esqueleto é principalmente ósseo. As cartilagens estão presentes sobre as superfícies articulares e formam os discos intervertebrais. Os ossos cranianos são menos numerosos e maiores que os dos répteis e dos peixes. Um palato ósseo separa a passagem nasal da bucal até a garganta, permitindo ao animal respirar enquanto come. Os ossos maxilares são fundidos em uma única mandíbula, maior e mais forte que a dos répteis.

O esqueleto ósseo constitui as vértebras cervicais, torácicas, lombares, sacrais e caudais. Há espécies com membros adaptados ao nado, como a baleia, o golfinho e a foca; ao voo, como os morcegos; e à escavação, como as toupeiras. Todos os mamíferos dispõem de dois côndilos occipitais, estruturas que articulam o crânio com a primeira vértebra cervical, e três ossículos da audição na orelha média: estribo, bigorna e martelo.

SISTEMA DIGESTÓRIO

O sistema digestório completo termina no ânus, exceto nos monotremados (ornitorrinco, equidna), que possuem cloaca. Os hábitos alimentares variam basicamente em insetívoros, carnívoros, herbívoros onívoros (dieta carnívora + herbívora).

Nos placentários **ruminantes** (vaca, veado, cabra, girafa), o estômago tem quatro cavidades: **rúmen** (ou pança), **retículo** (ou barrete), **omaso** (ou folhoso) e **abomaso** (ou coagulador). Nos ruminantes, o alimento, ao ser ingerido, passa para o esôfago, chega ao rúmen e depois ao retículo. No rúmen, ele é digerido por microrganismos que quebram a celulose (fermentação); já o retículo, além de auxiliar na ruminação, é responsável pela contração que conduz a regurgitação do alimento de volta à boca para ser mastigado mais uma vez. O alimento é, então, deglutido novamente, passando direto ao omaso, em que há reabsorção do excesso de água. No abomaso ocorre a digestão química, por ação do suco gástrico, e o alimento passa para o intestino, completando-se a digestão.



Representação do sistema digestório dos ruminantes com indicação do trajeto dos alimentos. Elementos representados fora da escala de tamanho. Cores fantasia.

SISTEMA RESPIRATÓRIO

Com respiração exclusivamente pulmonar, mesmo nas formas aquáticas, os mamíferos têm **pulmões** de grande superfície, com alvéolos. São os únicos animais dotados de **diafragma**. Na laringe, há **pregas vocais**, responsáveis pela produção de sons, que podem ter a funções de alerta, intimidação de inimigos, atração de parceiros, localização (busca entre pais e filhotes) e interações sociais complexas.

Os primatas estão entre os mamíferos com linguagem mais variada e complexa, sendo articulada na espécie humana. Os morcegos emitem pequenos pulsos de frequência ultrassônica que, ecoando em objetos próximos (sistema de ecolocação), são usados para orientá-los no voo e na captura de presas. Os sons produzidos por algumas baleias podem ser detectados a quilômetros de distância.

SISTEMA CARDIOVASCULAR

O coração dos mamíferos possui quatro cavidades: dois átrios e dois ventrículos. A circulação é **fechada, dupla e completa**. Não há mistura de sangue venoso (lado direito) com sangue arterial (lado esquerdo). O arco aórtico dos mamíferos, ao contrário do das aves, fica do lado esquerdo. As hemácias adultas são **anucleadas** e bicôncavas.

SISTEMA EXCRETOR

A estrutura de excreção dos mamíferos é o **rim** e existe uma bexiga para armazenamento da urina. O produto nitrogenado excretado é a **ureia**, uma substância bastante solúvel em água. Dessa forma, os mamíferos eliminam urina com perda considerável de água. Na grande maioria dos mamíferos não há cloaca (exceção dos monotremados), ou seja, as aberturas dos sistemas digestório, urinário e genital são separadas.

SISTEMA NERVOSO E SENSORIAL

Os mamíferos têm sistema nervoso bem desenvolvido, com 12 pares de nervos cranianos; apresentam o maior cérebro entre os vertebrados terrestres, com

numerosas circunvoluções. O córtex cerebral dos mamíferos confere alta capacidade cognitiva, de memória e aprendizagem. A audição é desenvolvida, com orelhas externa, média e interna, assim como a visão e os epitélios olfativos e gustativos.

REPRODUÇÃO E DESENVOLVIMENTO

A reprodução dos mamíferos é sexuada, com fecundação interna e desenvolvimento direto. Os sexos são separados e existem órgãos reprodutores masculino (testículos e pênis) e feminino (ovário, ovidutos e vagina). Há espécies **ovíparas**, como o ornitorrinco (monotremados), cujas fêmeas botam ovos semelhantes aos de aves e répteis. Os mamíferos placentários são **vivíparos**, ou seja, os filhotes se desenvolvem no interior do corpo da fêmea.

As fêmeas passam por um ciclo menstrual periódico, quando ocorrem modificações celulares no útero e na vagina, além de alterações comportamentais. Esse período é conhecido como cio. O número de filhotes por gestação costuma ser inversamente proporcional ao tamanho do animal. Os grandes mamíferos geralmente produzem um único filhote a cada ciclo reprodutivo, mas espécies menores têm gestações curtas e geram muitos descendentes, podendo se reproduzir várias vezes no mesmo ano. Os filhotes de todos os mamíferos recebem cuidados parentais antes de se tornarem independentes.

CLASSIFICAÇÃO

Os mamíferos são classificados em três grupos (subclasses): Prototheria (monotremados), Metatheria (marsupiais) e Eutheria (placentários).

PROTOTHERIA (MONOTREMATA)

Os prototérios ou monotremados são **ovíparos**, assim como os amniotas ancestrais e os répteis. São encontrados na Austrália e na Nova Guiné, representados pelo ornitorrinco e pela equidna. As fêmeas não têm útero e suas glândulas mamárias não apresentam mamilos. Para se alimentar, os filhotes lambem o leite que escorre dos pelos da região ventral da mãe, no entorno das glândulas mamárias. Os ornitorrincos adultos apresentam cloaca e bico córneo, semelhante ao do pato.



Uma das quatro espécies de equidna (*Tachyglossus aculeatus*); note os pelos modificados em espinhos.



Ornitorrinco (*Platypus* sp.) nadando.

METATHERIA (MARSUPIALIA)

Os metatérios ou marsupiais são vivíparos, e seus embriões iniciam o desenvolvimento no útero materno. Após curto período de gestação, nascem precocemente, semelhantes a embriões anatômica e fisiologicamente. Depois, agarrando-se aos pelos maternos, instalam-se no **marsúpio**, bolsa que as fêmeas possuem na região abdominal. No marsúpio, os filhotes sugam o leite materno através dos mamilos, até completarem seu desenvolvimento.

Na história evolutiva dos mamíferos, é provável que os marsupiais já tenham estado presentes em todos os continentes. Entretanto, com o surgimento dos mamíferos placentários, que apresentam formas mais eficientes de nutrição dos embriões, os marsupiais perderam espaço para esse novo grupo de mamíferos. Atualmente, sua distribuição geográfica é restrita principalmente à Austrália e à América do Sul. São representados pelo gambá (sul-americano), canguru, coala e lobo-da-tasmânia (australianos).



Canguru (*Macropus* sp.), uma mãe com seu filhote no marsúpio, Austrália.

EUTHERIA (PLACENTÁRIOS)

Os eutérios ou placentários são vivíparos e passam por longo período de gestação, suficiente para seus filhotes nascerem completamente formados. Durante o desenvolvimento embrionário, forma-se a

placenta no útero da fêmea, estrutura com múltiplas funções. São elas: **realizar trocas gasosas** entre o sangue materno e o sangue do embrião; **levar nutrientes** para o embrião; **retirar as excretas** nitrogenadas e **produzir hormônios**.

Os placentários são o grupo mais diversificado de mamíferos, representados pelos roedores (capivara, cutia, ratos), felinos (gato, onça, leão), canídeos (cachorro, lobo, chacal), cetáceos (baleia, golfinho), morcego, cavalo, boi, ovelha, cabra, elefante, girafa, hipopótamo, tamanduá, urso; e pelos primatas, como os chimpanzés e os humanos. Em virtude da grande capacidade de adaptação, os mamíferos placentários são encontrados nos mais variados tipos de ecossistema. Atualmente, são classificados em cerca de 20 ordens, das quais serão apresentadas apenas as mais conhecidas.

- **Pholidota:** possuem placas córneas na pele, como o pangolim, que vive em ambientes tropicais da África e da Ásia.

2630BEN/SHUTTERSTOCK



Pangolim alimentando-se de formigas.

- **Eulipotyphla:** "insetívoros"; carnívoros. Pequenos, com focinho longo, fino e dentes afiados, como algumas toupeiras e alguns musaranhos.

VLADIMIR SOLITYS/SHUTTERSTOCK



Toupeira (*Condylura* sp.).

- **Chiroptera:** com membros anteriores modificados em asas, representam os únicos mamíferos voadores. Em sua maioria, insetívoros, carnívoros, frugívoros e nectarívoros; importantes na polinização de

plantas. Algumas poucas espécies são hematófagas.



Fêmea de morcego frugívoro voando com o filhote abraçado em seu ventre.

- **Xenarthra:** dentes reduzidos ou sem dentes; tamanduás usam a língua comprida na captura de alimentos. Tamanduás e tatus são carnívoros; bichos-preguiça são herbívoro.



Tamanduá-bandeira (*Myrmecophaga tridactyla*).

- **Lagomorpha:** um par de dentes na mandíbula e dois pares de dentes incisivos bem desenvolvidos na maxila, com crescimento contínuo. Membros posteriores mais longos que os membros anteriores, adaptados para o salto e a corrida. Todos são herbívoros, como o coelho e a lebre.



Tapiti (*Sylvilagus brasiliensis*), único coelho brasileiro.

VLADIMIR WRANGEL/SHUTTERSTOCK

LEONARDO MERCON/SHUTTERSTOCK

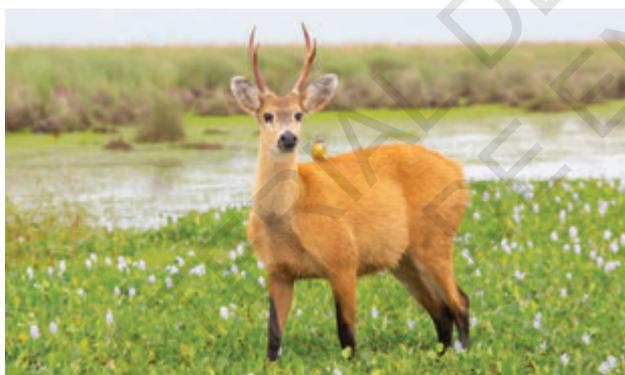
- **Rodentia**: um par de dentes incisivos grandes na maxila e um par na mandíbula. Os dentes incisivos crescem continuamente ao longo da vida. Exemplos: rato, esquilo, castor, preá, capivara, paca, porco-espinho.



REISEGRAFCHE/SHUTTERSTOCK

Capivara (*Hydrochoerus hydrochaeris*), roedor sul-americano, espécie de maior tamanho da ordem Rodentia.

- **Cetartiodactyla**: compreende os **artiodáctilos** (porco, hipopótamo, camelo, girafa, antilope, javali, carneiro, cabra, boi, búfalo, veado) e os **cetáceos** (baleia, golfinho, orca, boto). Os artiodáctilos possuem cascos com número par de dedos em cada pé. Os cetáceos estão entre os maiores mamíferos existentes; são aquáticos. Membros anteriores modificados em nadadeiras e membros posteriores ausentes. A hipoderme, onde a gordura fica armazenada, é espessa. Os cetáceos permanecem submersos por algum tempo sem respirar. Podem ter um ou mais espiráculos no alto da cabeça.



PABLO RODRIGUEZ MERKEL/SHUTTERSTOCK

Cervo-do-pantanal (*Blastocerus dichotomus*) macho com chifres desenvolvidos.



MINDEN / LATINSTOCK

Boto-cor-de-rosa (*Inia geoffrensis*).

- **Carnivora**: dentes caninos pontiagudos e afiados, molares cortantes e presença de garras. Exemplos: cão, lobo, gato, onça, leão, urso, foca, leão-marinho, lontra e ariranha.



PHOTOCEHCZ/SHUTTERSTOCK

Ariranha (*Pteronura brasiliensis*) predando um peixe no Pantanal.

- **Proboscidea**: lábio superior e nariz fundidos, formando a tromba grande e muscular. Dentes incisivos superiores alongados em forma de presas (marfins). Exemplo: elefante.



FOUR OAKS/SHUTTERSTOCK

Elefante africano (*Loxodonta* sp.).

- **Sirenia**: mamíferos aquáticos, herbívoros, com membros anteriores modificados em nadadeiras e membros posteriores ausentes. Exemplo: peixe-boi.



PHOTORESEARCHERS / LATINSTOCK

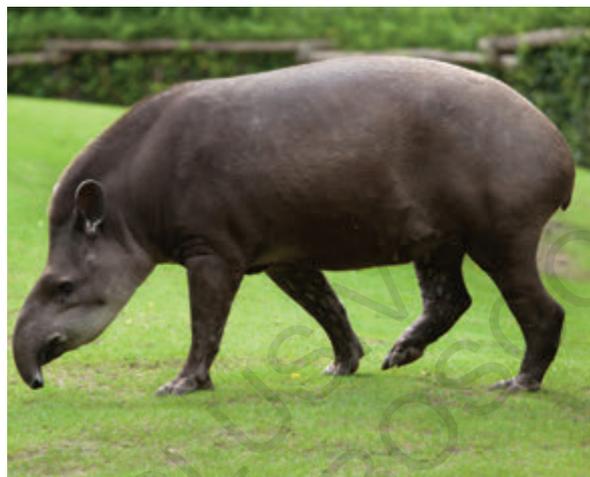
Peixe-boi (*Trichechus manatus*).

- **Primates:** onívoros, olhos frontais, mão com polegares opositores (preênsis, capazes de segurar), córtex cerebral bem desenvolvido. Exemplos: macaco, gorila, chimpanzé e humanos.
- **Perissodactyla:** número ímpar de dedos modificados (casco) em cada pé; herbívoros. Exemplos: cavalo, anta, rinoceronte e zebra.

SERGEY URYADNIKOV/SHUTTERSTOCK



Chimpanzé-pigmeu (*Pan paniscus*), fêmea com filhote, também conhecido como bonobo.



Anta sul-americana (*Tapirus terrestris*), maior mamífero terrestre do continente.

VLADIMIR WRANGEL/SHUTTERSTOCK

MATERIAL DE USO EXCLUSIVO DO
SISTEMA DE ENSINO DOMESTICO

ROTEIRO DE AULA

MAMÍFEROS

Características exclusivas

Corpo total ou parcialmente coberto por pelos

Glândulas:

mamárias

sebáceas

sudoríparas

odoríferas

Diafragma

Dentes especializados

incisivos

caninos

pré-molares

molares

Hemácias:

anucleadas

Características gerais

endotérmicos

Dois côndilos occipitais

Respiração:

pulmonar

Coração:

quatro câmaras

Circulação:

dupla e completa

Sistema digestório completo

encéfalo

Sistema nervoso:

12 nervos cranianos

órgãos sensoriais

desenvolvidos

Excreção:

ureia

Fecundação:

interna

Reprodução:

Desenvolvimento:

direto

Há espécies ovíparas e vivíparas

ROTEIRO DE AULA

Classificação (subclasses)

Protheria

monotremados

ornitorrinco, equidna

possuem cloaca e botam ovos

Methatheria

marsupiais

gambás, cangurus, coalas

vivíparos; o filhote completa o desenvolvimento no marsúpio

Eutheria

placentários

cerca de 20 ordens

vivíparos; o filhote já nasce formado

MATERIAL DE USO EXCLUSIVO DO SISTEMA DE ENSINO DOM BOSCO

EXERCÍCIOS DE APLICAÇÃO

1. Unicamp-SP (adaptada) – Na vida real não existem animais que são agentes secretos, mas o ornitorrinco, representado na figura do desenho *Phineas e Ferb*, guarda muitos segredos e curiosidades. Esse animal de aproximadamente 60 cm, que parece uma mistura de lontra, pato e castor, resultou em um ser único em vários sentidos.



WALT DISNEY TELEVISION ANIMATION / ALBUM / ALBUM / FOTARENA

Assinale a alternativa correta.

- a) À semelhança dos mamíferos placentários, a fêmea do ornitorrinco alimenta os filhotes com seu leite, mas coloca ovos.
- b) Diferentemente dos mamíferos placentários, os ornitorrincos não produzem leite para a alimentação dos filhotes.
- c) À semelhança dos mamíferos placentários, os embriões dos ornitorrincos alimentam-se exclusivamente de vitelo acumulado no ovo.
- d) Diferentemente dos mamíferos placentários, os ornitorrincos apresentam autofecundação e produzem ovos.

O ornitorrinco é um mamífero monotremado, ovíparo (põe ovos) e alimenta os filhotes com seu leite produzido pelas glândulas mamárias (porém, não possui mamilos).

2. UCS-RS (adaptada) – Todos os mamíferos têm fecundação interna, mas o tipo de desenvolvimento embrionário varia entre os diversos grupos. Relacione as subclasses de mamíferos apresentadas na coluna A às características embrionárias que as identificam, listadas na coluna B.

COLUNA A

I. Methatheria

II. Prototheria

III. Eutheria

COLUNA B

() Placentários

() Ovo megalécito

() Possuem marsúpio

Assinale a alternativa que preenche correta e respectivamente os parênteses, de cima para baixo.

a) II, I, III

b) III, I, II

c) III, II, I

d) II, I, III

e) I, I, II

Os monotremados ou Prototheria são o único grupo (subclasse) de mamíferos ovíparos; os marsupiais ou Methatheria possuem o marsúpio; e os Eutheria são os mamíferos placentários.

3. UEL-PR – Leia o texto a seguir.

Até que um dia decidi arrumar-se melhor. Perguntaria aos sábios do bairro, àquele branco, o sr. Almeida, e ao outro, preto, que dava pelo nome de Agostinho. Começou por consultar o preto. Falou rápido, a questão que se colocava.

– Em primeiro lugar – disse o professor Agostinho –, a baleia não é o que à primeira vista parece. Engana muito a baleia. Sentiu um nó na garganta, a esperança a desmoronar.

– Já me disseram, sr. Agostinho. Mas acredito na baleia, tenho que acreditar.

– Não é isso, meu caro. Quero dizer que a baleia parece aquilo que não é. Parece peixe, mas não é. É um mamífero. Como eu e como você, somos mamíferos.

COUTO, M. As baleias de Quissico. In: *Vozes anoitecidas*. São Paulo: Companhia das Letras, 2013. p. 97.

Com base no texto, responda aos itens a seguir.

- a) Supondo que você estivesse nessa conversa, apresente a Quissico três características morfológicas dos mamíferos em geral que possam confirmar o que o sr. Agostinho está falando a respeito das baleias.

O clado (ou classe) Mammalia compreende animais que compartilham

as seguintes características: glândulas mamárias; corpo total ou parcial-

mente coberto por pelos; dentes diferenciados em incisivos, caninos,

pré-molares e molares; diafragma.

- b) Sabendo que os mamíferos são divididos em três grandes grupos: Prototheria (monotremados), Metatheria (marsupiais) e Eutheria (placentários), cite um exemplo de mamífero de cada um desses grupos.

O grupo dos monotremados compreende o ornitorrinco e a equidna

(animais ovíparos). O grupo dos marsupiais reúne o gambá, o canguru,

o coala, entre outros. O grupo dos placentários compreende a maior

diversidade dos mamíferos, divididos em cerca de 20 ordens (aproxima-

damente 5 mil espécies), como Carnivora (cachorro, lobo, gato, onça),

Rodentia (roedores como capivaras e cutias) e Chiroptera (morcegos).

4. Sistema Dom Bosco – A respeito dos mamíferos, assinale a alternativa que contém uma característica que não é encontrada no grupo.

- a) Dentes diferenciados (incisivos, caninos, pré-molares e molares)

b) Cloaca

c) Pelos

d) Carena A carena é uma modificação do osso esterno em forma de quilha encontrada apenas no grupo das aves.

e) Diafragma

5. UFRGS – Assinale com **V** (verdadeiro) ou **F** (falso) as afirmações abaixo, relativas às características dos organismos da classe Mammalia.

() Um único osso na mandíbula inferior.

() Membrana muscular que separa o tórax do abdome.

() Epiderme espessa e queratinizada.

() Ácido úrico como principal produto de excreção.

A sequência correta de preenchimento dos parênteses, de cima para baixo, é

a) V – V – F – V.

b) F – F – V – V.

c) V – V – F – F.

d) F – V – F – F.

e) F – F – V – F.

Os mamíferos (classe Mammalia) não apresentam epiderme espessa e apenas a camada superficial (córnea) de células mortas é queratinizada; a ureia é eliminada como principal produto nitrogenado na excreção.

6. UFG-GO

C4-H14

Os mamíferos surgiram a partir da evolução de um grupo de répteis primitivos entre 245 e 208 milhões de anos atrás. Atualmente, ocupam os mais diversos ambientes e estão distribuídos em três grupos: prototérios, metatérios e eutérios. Com base no desenvolvimento embrionário, explique a diferença entre esses três grupos, citando exemplos de cada grupo.

Os mamíferos monotremados (ornitorrinco, equidna) se caracterizam pelo desenvolvimento embrionário fora do corpo materno e por serem ovíparos (que põem ovos). Os marsupiais (cangurus, gambás) apresentam o início do desenvolvimento embrionário no interior do útero materno e o estágio final ocorre no marsúpio ou nas pregas da pele das mães. Os eutérios ou placentários (golfinho, ser humano) apresentam todo o desenvolvimento embrionário no útero materno e estão ligados à parede uterina por meio da placenta, dando origem a um filhote totalmente formado.

Competência: Compreender interações entre organismos e ambiente, em particular aquelas relacionadas à saúde humana, relacionando conhecimentos científicos, aspectos culturais e características individuais.

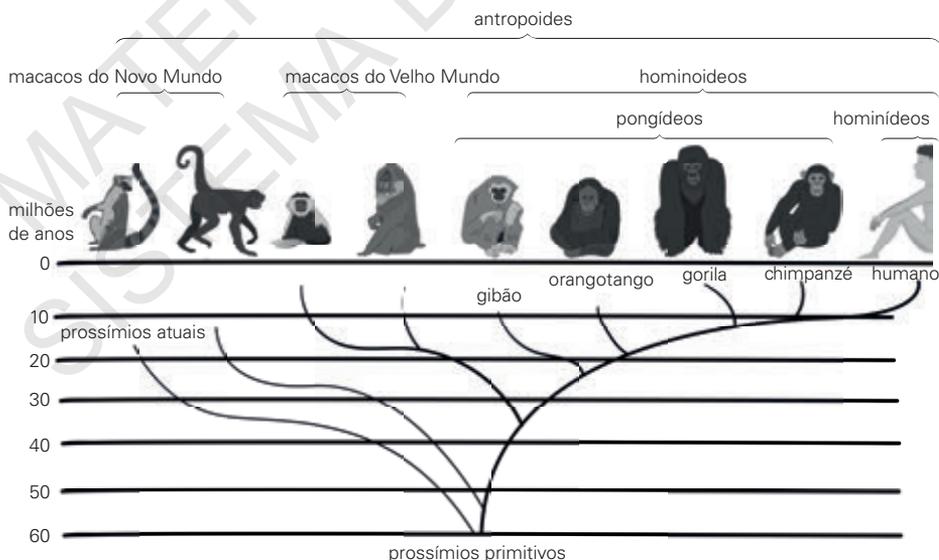
Habilidade: Identificar padrões em fenômenos e processos vitais dos organismos, como manutenção do equilíbrio interno, defesa, relações com o ambiente, sexualidade, entre outros.

EXERCÍCIOS PROPOSTOS

7. UEM-PR (adaptada) – Um pequeno jardim zoológico contém os seguintes mamíferos: anta, capivara, preguiça, bugio e coala. Sobre a classificação e a morfologia destes e de outros mamíferos, assinale a(s) alternativa(s) correta(s).

- 01)** Perissodáctilos apoiam-se sobre um número par de dedos revestidos por um casco córneo e fendido.
- 02)** Os animais relacionados no enunciado são, respectivamente, perissodáctilo, roedor, edentado, primata e marsupial.
- 04)** Também são edentados o tamanduá e o tatu.
- 08)** A subclasse do coala inclui representantes sul-americanos como os esquilos e castores.
- 16)** A anta e a capivara têm, respectivamente, casco com dedos pares e casco com dedos ímpares.

8. PUCCamp-SP (adaptada) – Por suas características, a taxonomia zoológica classifica o *ser humano* entre os primatas. Considere o esquema abaixo, que representa uma das hipóteses sobre a filogenia desse grupo durante os últimos 60 milhões de anos.



Analisando-se o cladograma, é correto afirmar que

- a) os pongídeos não são um grupo monofilético.
- b) o ser humano surgiu aproximadamente há 50 milhões de anos.
- c) o gibão e o orangotango são parentes próximos dos próximos atuais.
- d) os macacos do Novo Mundo são mais evoluídos do que os do Velho Mundo.
- e) o gorila é o parente mais próximo do ser humano.

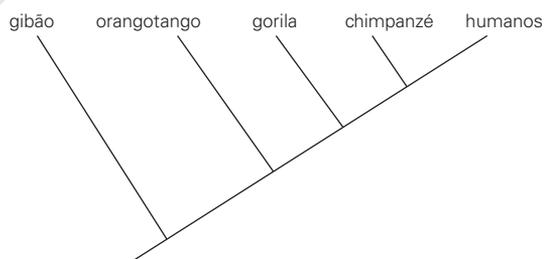
9. UEPG-PR – Com relação a algumas das adaptações dos diferentes tipos de vertebrado, assinale o que for correto.

- 01) O surgimento das maxilas foi uma importante adaptação das lampreias, pois, com sua parte móvel, permitiram a captura de presas maiores, aumentando a variedade de alimento disponível.
- 02) Uma das principais adaptações ao voo dos morcegos são os chamados ossos pneumáticos, os quais possuem no seu interior os sacos aéreos.
- 04) Nas aves, embora leve, o esqueleto adaptado ao voo fornece boa sustentação ao corpo, graças a várias soldaduras entre os ossos, fenômeno chamado ancilose.
- 08) Nos répteis, o ovo amniótico foi uma adaptação importante no sucesso de colonização ao ambiente terrestre.
- 16) O diafragma surgiu nas aves e é uma adaptação importante no bombeamento do ar nos pulmões.

10. FMJ-SP (adaptada) – Os mamíferos ruminantes apresentam um estômago com quatro compartimentos: rúmen (pança), retículo (barrete), omaso (folhoso) e abomaso (coagulador).

Qual compartimento do estômago dos ruminantes tem o papel análogo ao do estômago humano? Como ocorre a digestão química nesse compartimento do estômago dos ruminantes?

11. UFG-GO (adaptada) – Analise o cladograma a seguir.



Com base no cladograma, é correto afirmar que o

- a) chimpanzé pertence à família dos humanos.
- b) gorila evoluiu a partir do orangotango.
- c) gibão convergiu evolutivamente com o gorila.
- d) ser humano compartilha o mesmo ancestral do gibão.
- e) orangotango é ancestral do chimpanzé.

12. Uepa – Leia o texto para responder à questão.

A biodiversidade é definida pela variedade de seres vivos existentes em determinada região. Quanto maior o número de espécies de seres vivos, maior é a biodiversidade nessa região. Pesquisas recentes apontam o número de espécies descobertas cada vez maior, sobretudo

no Brasil, embora nem todas já estejam catalogadas. No geral, o maior número de espécies de vertebrados conhecidos é de peixes (1), seguida de anfíbios (2), de aves (3), de répteis (4) e de mamíferos (5).

Adaptado de: <http://meioambiente.culturamix.com/natureza/biodiversidade-dos-animais>.

Quanto aos grupos de animais em destaque no texto, relacione seus números correspondentes com as afirmativas abaixo.

- (a) Esqueleto cartilaginoso ou esqueleto ósseo com escamas do tipo placoides ou dérmicas.
- (b) Pele impermeável e seca revestida por uma camada de queratina.
- (c) Estrutura denominada quilha ou carena onde se prendem músculos.
- (d) Pele lisa, sem escamas, úmida e com glândulas mucosas.
- (e) Dentes diferenciados em incisivos, caninos, pré-molares e molares.
- (f) Apresentam estruturas como glândulas uropigianas, sacos aéreos e ossos pneumáticos.
- (g) Corpo recoberto por pelos e com glândulas sudoríparas e sebáceas.

A sequência correta, de cima para baixo, é:

- a) 5a; 3c; 3d; 2f; 1g; 4b; 3c
- b) 2b; 3a; 1c; 5g; 4c; 3b; 5d
- c) 1a; 4b; 3c; 2d; 5e; 3f; 5g
- d) 2g; 4f; 2e; 3d; 4c; 5b; 1a
- e) 1a; 3b; 1g; 5b; 2g; 4c; 4f

13. UPE-PE – Observe a tirinha a seguir.



QUINO

© JOAQUÍN SALVADOR LAVADO
(QUINO) TODA MAFALDA / FOTOREVISTA

Nela Mafalda informa ao seu colega Miguelito que fará uma redação sobre a vaca. Para isso, ela fez uma pesquisa e solicitou à professora de Biologia que corrigisse a sua produção textual antes de entregar à professora de redação. A pesquisa, além de conter as informações fornecidas por Miguelito, continha também a classificação zoológica desse animal, segundo o sistema de classificação proposto por Carl Woese e colaboradores (1990).

Sobre a classificação taxonômica da vaca, assinale a alternativa correta.

- a) Domínio: Eukarya; Reino: Mammalia; Filo: Animalia; Classe: Chordata; Ordem: Perissodactyla; Família: Artiodactylidae; Gênero: *Bos*; Espécie: *Bos taurus*.
- b) Domínio: Eukarya; Reino: Mammalia; Filo: Animalia; Classe: Chordata; Ordem: Bovidactyla; Família: Artiodactylidae; Gênero: *Bos*; Espécie: *Bos taurus*.
- c) Domínio: Archaea; Reino: Chordata; Filo: Animalia; Classe: Mammalia; Ordem: Artiodactyla; Família: Bovidae; Gênero: *Bos*; Espécie: *Bos taurus*.
- d) Domínio: Eukarya; Reino: Animalia; Filo: Chordata; Classe: Mammalia; Ordem: Artiodactyla; Família: Bovidae; Gênero: *Bos*; Espécie: *Bos taurus*.
- e) Domínio: Archaea; Reino: Animalia; Filo: Mammalia; Classe: Chordata; Ordem: Perissodactyla; Família: Perissodactylidae; Gênero: *Bos*; Espécie: *Bos taurus*.

14. UEPG-PR (adaptada) – Os mamíferos distribuem-se por todos os ambientes terrestres. Com relação às características gerais, anatomia, fisiologia e evolução desse grupo, analise as afirmativas abaixo.

- 01) Um par de rins ocorre no sistema urinário dos mamíferos, os quais removem do sangue a ureia. A urina contendo a ureia é conduzida por um par de ureteres até a bexiga urinária, onde permanece até sua eliminação pela uretra.

02) Nos mamíferos mais primitivos, os monotremados, os condutos dos sistemas urinário e reprodutor desembocam em um único canal, a cloaca, onde também se abre o intestino.

04) O conjunto de pelos que constituem a pelagem dos mamíferos atua como isolante térmico, contribuindo para manter constante a temperatura corporal.

08) Os Metatheria são essencialmente ovíparos.

a) Identifique a(s) afirmativa(s) correta(s).

b) Corrija a(s) afirmativa(s) incorreta(s), tornando-a(s) verdadeira(s).

15. Uneb-BA

Atualmente, a comunidade científica admite que certos animais detectam e respondem a campos magnéticos, e que para muitos deles essa capacidade é útil para a sobrevivência. Um sentido magnético tem sido, de fato, bem documentado em muitas espécies – desde migrantes sazonais, como tordos e borboletas-monarcas, até mestres navegadores, como pombos-correios e tartarugas marinhas; de invertebrados, como lagostas, abelhas e formigas, a mamíferos, como toupeiras e focas-elefante; e de minúsculas bactérias a corpulentas baleias.

Nos anos 70, pesquisadores demonstraram que certas bactérias contêm filamentos de partículas microscópicas de magnetitas – uma forma fortemente magnética de óxido de ferro que orienta o organismo inteiro.

(CASTELVECCHI. 2012. p. 29-33).

Considerando-se as características presentes nos grupos animais mencionados no texto, analise as afirmativas e marque **V** para as verdadeiras e **F**, para as falsas.

- Pombos-correios e tartarugas marinhas apresentam semelhanças adaptativas básicas em relação ao ambiente terrestre, como a presença de fecundação interna, ovo de casca dura e anexos embrionários.
- A capacidade de voo dos tordos e das borboletas é considerada uma adaptação por analogia, já que é fruto de uma convergência evolutiva.
- Lagostas, abelhas e formigas apresentam um exoesqueleto quitinoso que acompanha o crescimento desses animais sem a necessidade de ecdises.
- Toupeiras e focas-elefante, apesar de serem mamíferos, se diferenciam em relação ao tipo de estrutura respiratória, já que a toupeira, que é terrestre, possui pulmões, e a foca, que é aquática, possui brânquias.

Tanto as bactérias quanto as baleias apresentam determinadas propriedades que estão presentes em todos os seres celulares, tais como reprodução, evolução, metabolismo e nutrição.

A alternativa que indica a sequência correta, de cima para baixo, é a:

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

16. PUC-RJ – Entre as características compartilhadas pelos seres humanos com os demais mamíferos, podemos citar:

- a)** glândulas sudoríparas, sebáceas e mamárias; dentes incisivos, caninos, pré-molares e molares; respiração diafragmática; cuidado parental.
- b)** pelos; ouvido médio com dois ossículos (martelo e bigorna); coração com três câmaras; esterno com quilha.
- c)** dentes incisivos, caninos, pré-molares e molares; endotermia; respiração diafragmática; amônia como principal excreta.
- d)** pelos; glândulas sudoríparas, sebáceas e mamárias; ectotermia; ouvido médio com três ossículos (martelo, bigorna e estribo).
- e)** ouvido médio com três ossículos (martelo, bigorna e estribo); amônia como principal excreta; ectotermia; cuidado parental.

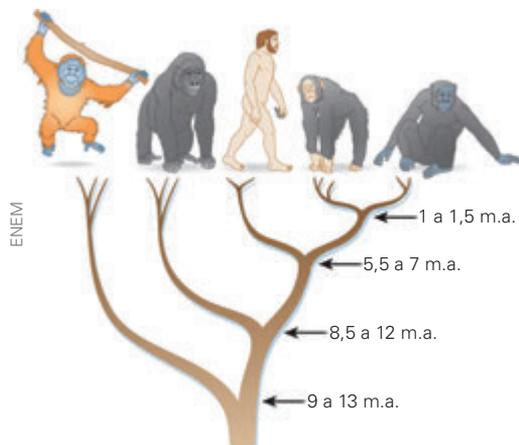
17. FMJ-SP (adaptada) – Os mamíferos ruminantes apresentam um estômago com quatro compartimentos: rúmen (pança), retículo (barrete), omaso (folhoso) e abomaso (coagulador).

Sabe-se que existem microrganismos nas regiões do rúmen e retículo. Qual o principal papel desses microrganismos na digestão dos vegetais ingeridos pelos ruminantes? Explique por que o fornecimento excessivo de antibióticos aos ruminantes pode fazê-los emagrecer.

ESTUDO PARA O ENEM

18. Enem

C4-H16



A árvore filogenética representa uma hipótese evolutiva para a família Hominidae, na qual a sigla "m.a." significa "milhões de anos atrás". As ilustrações representam, da esquerda para a direita, o orangotango, o gorila, o ser humano, o chimpanzé e o bonobo.

Disponível em: <www.nature.com>. Acesso em: 6 dez. 2012 (adaptado).

Considerando a filogenia representada, a maior similaridade genética será encontrada entre os seres humanos e

- gorila e bonobo.
- gorila e chimpanzé.
- gorila e orangotango.
- chimpanzé e bonobo.
- bonobo e orangotango.

19. UFRGS

C8-H28

Em agosto de 2013, foi divulgada a descoberta de um mamífero, o olinguito, que parece uma mistura de gato

doméstico e urso de pelúcia, nativo das florestas da Colômbia e do Equador.

Disponível em: <http://exame.abril.com.br/ciencia/noticias/americano-olinguito-e-o-mais-novo-mamifero-descoberto>. Acesso em: 20 ago. 2013.

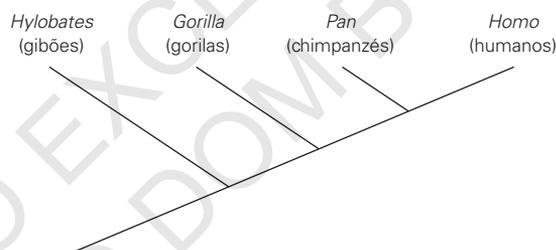
Sobre esse mamífero, pode-se afirmar que deve necessariamente apresentar

- sistema circulatório duplo.
- glândulas uropigianas.
- pecilotermia.
- glândulas mamárias com origem endodérmica.
- notocorda como principal estrutura de sustentação.

20. Fatec-SP

C4-H16

A afirmação "os humanos descendem dos chimpanzés" é contrariada pelo cladograma apresentado, segundo o qual



- os chimpanzés são humanos menos evoluídos.
- os gorilas, os chimpanzés e os humanos descendem, sequencialmente, dos gibões.
- os gibões, os gorilas e os chimpanzés descendem da linha evolutiva dos humanos.
- os humanos e os chimpanzés descendem de um ancestral comum exclusivo.
- os chimpanzés são mais aparentados aos gorilas que aos humanos.

EXERCÍCIO INTERDISCIPLINAR

21. Sistema Dom Bosco – De acordo com as mudanças na temperatura no ambiente, muitos animais alteram a quantidade de sangue que flui entre o centro do corpo e a pele. Com base nesse mecanismo, a quantidade de calor perdida ou ganha do ambiente pode ser parcialmente controlada. Enquanto a vasodilatação aumenta o diâmetro dos vasos sanguíneos periféricos (próximos à superfície do corpo), a vasoconstrição diminui o diâmetro dos vasos periféricos.

Com base no enunciado do texto, e em seus conhecimentos básicos de termodinâmica e sobre a regulação da temperatura corporal dos tetrápodes, assinale

a alternativa que permite completar corretamente a frase abaixo.

O iguana-marinho das Ilhas Galápagos, como todos os répteis não avianos, são organismos _____. Quando nadam nas águas marinhas frias, através da _____, são capazes de alterar o fluxo sanguíneo periférico, reduzindo a perda de calor corporal.

- endotérmicos; vasodilatação.
- ectotérmicos; vasodilatação.
- endotérmicos; vasoconstrição.
- ectotérmicos; vasoconstrição.

MATERIAL DE USO EXCLUSIVO
SISTEMA DE ENSINO DOM BOSCO



MATERIAL DE USO EDUCACIONAL DO SISTEMA DE ENSINO DE CIÊNCIAS DA NATUREZA E SUAS TECNOLOGIAS

BIOLOGIA 3A

CIÊNCIAS DA NATUREZA E SUAS TECNOLOGIAS

23

RECOMPOSIÇÃO HISTÓRICA DA EVOLUÇÃO

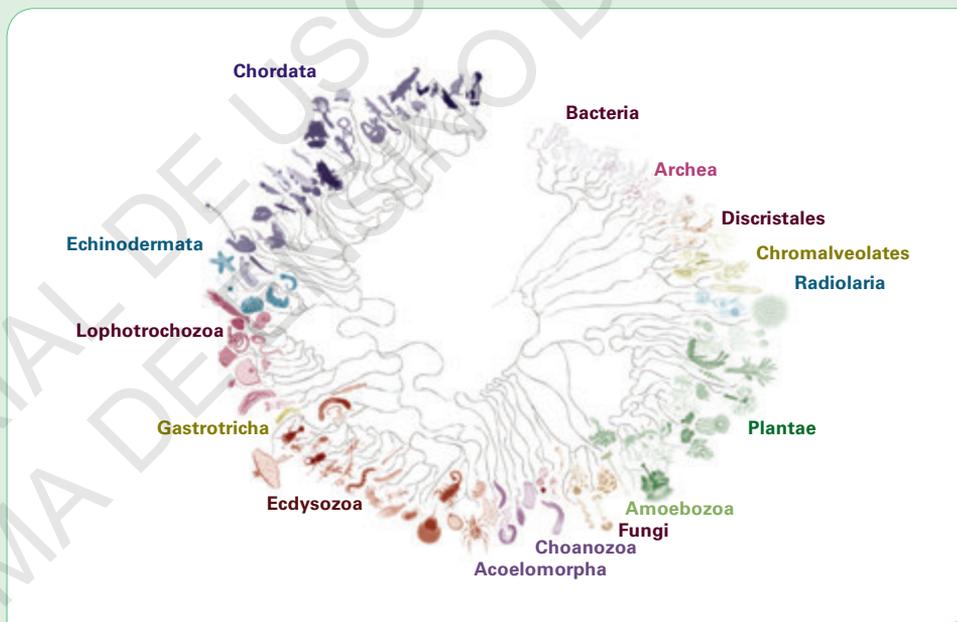
- As ideias fixistas
- As ideias transformistas
- A vida em evolução

HABILIDADES

- Compreender que os pilares dos conhecimentos na Antiguidade grega eram pautados no essencialismo, *scala naturae* e na teleologia.
- Compreender que os povos primitivos tiveram mitos de criação e que estes foram absorvidos pelas diferentes religiões.
- Associar o histórico de pensadores e cientistas para entender como concluíram as teorias de evolução biológica mais aceitas nos dias atuais.

Alguns dos fatos científicos que hoje estão bem consolidados, no passado foram considerados absurdos. Durante a Antiguidade, dizer que o planeta Terra tem o formato geoide poderia ser o suficiente para ser julgado em um tribunal, visto que o pensamento predominante era a Terra ser plana, em decorrência da linha do horizonte. Com o advento das grandes navegações, foi constatado que a linha do horizonte não era o “fim do mundo” e, com o aumento dos conhecimentos nas áreas de Geografia, Geologia e Astronomia, esse fato ficou claro.

Por muitos séculos, a ideia de que as espécies poderiam se transformar ao longo do tempo foi também considerada absurda. Contudo, esse conceito mudou quando a observação da diversidade das espécies nos diferentes continentes, relacionada aos conhecimentos nas áreas de Paleontologia, Geologia, Biologia, entre outras ciências, confirmou que os seres vivos de hoje foram originados por meio das influências ambientais e reprodutivas, até chegar às espécies que conhecemos atualmente.



Representação da árvore da vida na qual é possível ver a origem evolutiva dos seres vivos com base em um ancestral comum e a grande diversidade dos organismos atuais.

AS IDEIAS FIXISTAS

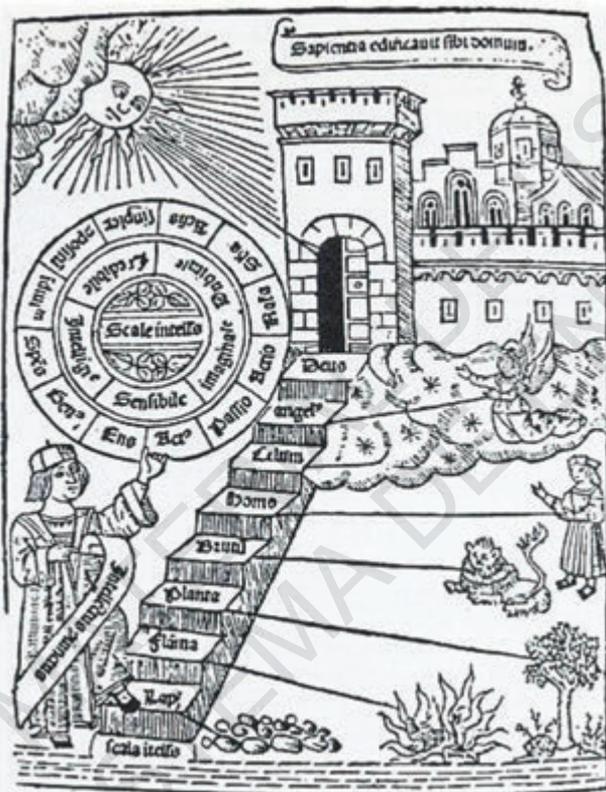
Os mitos da criação dos diferentes povos serviram como um arcabouço teórico para as diversas religiões explicarem a criação da Terra e de todos os seres vivos. O **criacionismo** é a crença de que o Universo é criação de um agente sobrenatural, que é representado em diversas versões de acordo com a cultura e a religião dos povos.

Os registros mais antigos de mitos gregos datam do século IX ao VIII a.C. Aos poucos, o pensamento mítico foi sendo substituído pelo pensamento filosófico e racional, especialmente entre gregos e indianos.

Entre os séculos VI e III a.C., os filósofos gregos passaram a buscar no mundo material as explicações para a origem de todas as coisas. O filósofo grego Platão, que viveu há aproximadamente 400 a.C., acreditava no **essencialismo**, ideia de que todos os seres foram criados por um Deus perfeito. Assim, seriam seres essenciais, perfeitos e originais. Platão entendia que cada ser vivo teria uma forma fixa, sem capacidade de sofrer transformações, ideia chamada de **fixista**. Com base nessa ideia, ele defendia a eugenia, na qual a reprodução deveria ser controlada, para que apenas os mais fortes, inteligentes e belos sobrevivessem, e assim garantiria a qualidade biológica das próximas gerações.

Aristóteles (384-322 a.C.), discípulo de Platão, é considerado um dos primeiros naturalistas pela pesquisa que realizou com inúmeros animais e plantas de diversas origens. Esse contato fez com que ele propusesse a ideia de vitalismo, na qual cada ser vivo apresenta teores diferentes de **vitalidade**, passíveis de serem colocados em uma escala linear, a *scala naturae*, baseada no essencialismo. Aristóteles também acreditava que todos os seres vivos existiam por um propósito (teleologia).

FLHC 7 / ALAMY STOCK PHOTO



Escada de ascensão e descida da mente de Ramon Llull (c. 1232-1315), que retrata a possibilidade de progresso dos seres vivos representada por uma escada – a *scala naturae*, de Aristóteles, 1305. Observe que os minerais e seres mitológicos, como anjos, também estão representados.

Com base nas ideias de Aristóteles, aos poucos a observação direta dos fenômenos passou a ocupar lugar de destaque na explicação do mundo. Modernamente, a observação e a descrição de fenômenos, o pensamento racional, a experimentação e a formulação de teorias formam a base das Ciências Naturais.

AS IDEIAS TRANSFORMISTAS

Na segunda metade do século XVIII, ideias iluministas começaram a influenciar os cientistas, levando-os ao questionamento dos ideais fixistas. As ideias de **transmutação das espécies** envolvendo a compreensão de que elas poderiam sofrer transformações, fato que explicaria a existência de fósseis diferentes dos seres vivos viventes, começaram a ser pesquisadas por cientistas da época.

James Hutton (1726-1797), geólogo escocês, afirmava em seus trabalhos que as mudanças nas espécies podiam ser explicadas por mecanismos graduais; Erasmus Darwin (1731-1802), médico e avô de Charles Darwin (1809-1882), escreveu um tratado sobre as transformações ocorridas em plantas e animais domésticos. Thomas Malthus (1766-1834), economista inglês, constatou que o crescimento populacional aconteceu em progressão geométrica (P.G.) e ultrapassa sua habilidade de produção de alimento, que cresce em progressão aritmética (P.A.). Todos tinham, em seus trabalhos, ideias transformistas que contrapunham as ideias fixistas.

A VIDA EM EVOLUÇÃO

No século XIX, além dos estudos dos fósseis, a Geologia começava a se desenvolver e a concluir que a Terra teria passado por diversas transformações. Esses fatores em conjunto fizeram com que muitos cientistas da época acreditassem na evolução da vida na Terra.

A EVOLUÇÃO PARA LAMARCK

O naturalista francês Jean-Baptiste Lamarck (1744-1829) foi um dos principais defensores da ideia de evolução biológica, sendo o primeiro a elucidar uma teoria consistente para explicá-la.

Em 1809, publicou o livro *Philosophie zoologique*, no qual defendia que os organismos atuais teriam surgido de outros mais simples com tendências de se transformarem gradualmente ao longo do tempo em seres de maior complexidade. A evolução ocorreria de acordo com necessidades internas do organismo em uma sequência linear, que respeitaria duas leis básicas.

- **Lei do uso e desuso:** os órgãos mais usados desenvolver-se-iam mais, enquanto aqueles pouco utilizados seriam atrofiados e tenderiam a desaparecer com o tempo.
- **Lei da transmissão dos caracteres adquiridos:** as modificações desenvolvidas por um organismo (caracteres adquiridos) seriam transmitidas aos descendentes.

As ideias de Lamarck revolucionaram a Ciência; no entanto, existem diversas evidências contrárias à sua teoria. Por exemplo, filhos de um halterofilista não nascem musculosos, o que contraria a lei da transmissão dos caracteres adquiridos.

A EVOLUÇÃO PARA DARWIN E WALLACE

Em 1831, o naturalista inglês Charles Darwin embarcava no navio *HMS Beagle* para fazer a volta ao mundo em uma viagem exploratória com a missão de estudar a fauna, a flora e a Geologia dos locais visitados.

Durante os cinco anos dessa viagem, Darwin pôde observar a biodiversidade dos diferentes continentes visitados e coletar evidências para embasar seus estudos. Com esses estudos e com a leitura dos trabalhos de Malthus, Darwin concluiu que os indivíduos de uma população não são idênticos entre si e apresentam diversas variações para as mesmas características, assim como em determinadas situações nascem mais organismos do que o ambiente pode suportar, o que faz com que os poucos sobreviventes precisem disputar pelos recursos ambientais disponíveis, sobrevivendo somente os mais adaptados. Com base nesses preceitos, criou o conceito-chave da teoria evolucionista, a ideia de **seleção natural**.

Em 1858, o naturalista Alfred Russel Wallace (1823-1913) enviou a Darwin seu manuscrito, por meio do qual, após suas observações, chegou às mesmas ideias por ele propostas. Os dois publicaram juntos um ensaio por uma instituição científica, a Linnean Society of London, defendendo suas ideias.

Finalmente, em 1859, Darwin publicou o livro *A origem das espécies por meio da seleção natural*. Nesse histórico livro, que revolucionaria a Biologia, foi proposta a teoria evolutiva, que constitui a base de todas as modernas teorias evolutivas.

A evolução por seleção natural

A seleção natural proposta por Darwin baseia-se nas seguintes características fundamentais de uma população:

- **variabilidade** – existem pequenas variações entre os indivíduos, que os tornam únicos;
- **crescimento** – com a reprodução dos indivíduos, uma população tende a crescer;
- **competição** – conforme a população cresce, os recursos diminuem (alimento, abrigo, espaço, parceiros reprodutivos etc.); com a falta de recursos, os indivíduos competem entre si, garantindo a própria sobrevivência e a reprodução.

Pela variabilidade, alguns indivíduos podem apresentar características que os favoreçam na competição por recursos. Por exemplo: em uma população de morcegos em determinado contexto ambiental, indivíduos com asas mais desenvolvidas e melhor voo podem ter mais chances de sobreviver e se reproduzir. Se os descendentes herdarem essas características favoráveis dos pais, ao longo das gerações elas tenderão a se perpetuar na maioria dos descendentes.

No entanto, nessa mesma população podem existir indivíduos com características desfavoráveis, que não contribuem para a sobrevivência em determinado contexto ambiental, por exemplo, morcegos com asas menores que voam lentamente. Por ter menos aces-

so aos recursos, a tendência é que esses indivíduos não consigam se reproduzir e deixarão menos descendentes, fazendo com que a característica desfavorável desapareça da população.

Um dos exemplos mais importantes na fundamentação teórica de Darwin foram os tentilhões do arquipélago de Galápagos. Ele observou que cada ilha apresentava tentilhões diferentes dos que existiam no continente. Ao voltar à Inglaterra e comparar as diferentes espécies, concluiu que, no passado, existiu um único tipo dessa ave, que posteriormente colonizou as ilhas.

O ambiente de cada ilha selecionou, ao longo das gerações, indivíduos com os bicos mais favoráveis à sobrevivência nesses locais de acordo com os alimentos disponíveis. Portanto, de um único tipo de tentilhão que viveu no continente, vários outros tipos (espécies) surgiram.

A árvore da vida

Darwin rompeu com a ideia de evolução linear proposta por Lamarck ao elucidar a árvore da vida, na qual várias espécies poderiam se originar de um **ancestral comum** (quebrando com o conceito de *scala naturae*).

Nesse modelo, a história da vida no planeta Terra é representada como uma árvore ramificada, na qual a base é o ancestral comum de todos os seres vivos. Com o passar do tempo, as mudanças no ambiente e a seleção natural teriam originado os ramos dessa árvore, ou seja, novos grupos de seres vivos.



Primeira árvore filogenética da vida proposta por Darwin em 1837.

Na árvore dos seres vivos, há ramos com representantes atuais e outros que só podem ser reconhecidos na forma de fósseis, já que não existem mais na atualidade. Isso reflete a capacidade de as espécies serem bem-sucedidas e deixarem descendentes ou extinguirem-se.

Uma das evidências dessa ancestralidade única comprovadas hoje pela genética é a expressão gênica por meio da síntese proteica, comum a todos os seres vivos.

A obra de Darwin causou um gigantesco alvoroço por não ser apenas uma divulgação científica mas também de domínio público. Pessoas fora do meio científico pela primeira vez tiveram contato com teorias que iam contra os pilares religiosos da época. O termo “evolução” começou a circular no meio científico e se popularizar apenas na 6ª edição do livro. Depois da divulgação da obra, diversos outros cientistas começaram a publicar seus estudos relacionados, entre eles: Wallace e Alfred Wegener (1880-1930) corroboraram com o livro de Darwin ao publicar a distribuição de uma espécie como resultado de sua história evolutiva; Wegener propôs a **teoria da deriva continental**, com a separação lenta dos continentes pelo movimento das placas tectônicas; Huxley (1825-1895) e Dubois (1858-1940), por meio do primeiro fóssil humano encontrado por Dubois, afirmaram que os seres humanos eram diferentes no passado e questionaram como teria sido a evolução humana.

Darwin entendia que a variabilidade genética dos indivíduos, provocada principalmente pela reprodução sexuada e pelas mutações gênicas, era extremamente importante para a transmissão dos caracteres adquiridos, mas, assim como todos os seus contemporâneos do século XIX, não conseguia explicar como funcionavam os mecanismos de hereditariedade responsáveis pela passagem das novas características para as novas gerações. Mendel, em 1855, já conseguia, mas tinha seus trabalhos publicados sobre hereditariedade em revistas de pouca expressão científica, não chegando ao conhecimento desses cientistas.

DO DARWINISMO À TEORIA SINTÉTICA (NEODARWINISMO)

No século XX, com os avanços nos conhecimentos sobre genética, cientistas começaram a questionar os pontos falhos da teoria de Darwin e incluir os conceitos de hereditariedade na teoria evolutiva.

Em 1900, as leis de Mendel foram redescobertas por De Vries (1848-1935) e explicadas mais claramente, provando que os fatores responsáveis pela hereditariedade se separam de forma independente na produção de gametas. De Vries afirmava que apenas as grandes mudanças surgidas repentinamente nos organismos poderiam explicar a evolução. Atribuía pouquíssima importância à seleção natural darwiniana. Ainda em 1900, Dobzhansky (1900-1975) inicia a **teoria sintética moderna**, em 1909, Thomas Morgan (1856-1945) foi responsável por inserir o termo “alteração genética” no meio científico. Ao trabalhar com Dobzhansky, uniram conceitos de genética com a história natural. Para os autores a criação de novas espécies é resultado de isolamento geográfico com a variabilidade genética.

Ronald Fisher (1890-1962), J. B. S. Haldane (1892-1964) e Sewall Wright (1889-1988) mostraram como a seleção natural operaria dentro das teorias mendelianas, trabalharam conceitos de genética de populações e foram os primeiros a usar inúmeras ferramentas matemáticas para medir mudanças evolutivas na natureza.

Em 1942, Huxley publica o livro *Evolução: síntese moderna*, em que reúne a teoria de Darwin com a genética e suas contribuições da sistemática e da paleontologia. Nele, finalmente se quebra a ideia em vigor de eugenia, afirmando-se que todos os seres vivos atuais são igualmente evoluídos, ao apresentar apenas complexidades distintas. Também, em 1942, Ernest Mayr (1904-2005) desenvolveu profundamente o conceito de especiação e da biogeografia evolutiva, o conceito de espécie, a especiação com isolamento geográfico.

Watson (1928-) e Crick (1916-2004) descobrem a estrutura do DNA com base nas imagens de Rosalind Franklin (1920-1958) e afirmam que mutações conduzem à evolução. Em 1956, Patterson (1922-1995) apresenta o conceito de datação radiométrica, que possibilitou calcular que a Terra tem aproximadamente 4,5 bilhões de anos, provando que teria havido tempo suficiente para a evolução por seleção natural ter produzido a diversidade atual. Wilson (1934-1991), Sarich Subley (1934-2012) e Ahlquist (1917-1998) basearam seus estudos na busca de similaridades genéticas ao afirmarem que sequências genéticas são importantes ferramentas na determinação das relações evolutivas. Com base em seus estudos, foi possível provar que sequenciamento do DNA aproximaria seres humanos de outros primatas.

LEITURA COMPLEMENTAR

Qual é a diferença entre teoria e lei? Por que a seleção natural de Darwin é teoria?

Quando estamos em uma conversa informal, não é raro presenciar um diálogo no qual alguém fala: “tenho uma teoria” para tentar explicar algum fato ou algum acontecimento. O uso popular do termo não envolve comprovação dos fatos, é apenas um comentário pessoal sobre um acontecimento qualquer. Para a ciência, uma teoria é amplamente embasada por diversas pesquisas realizadas ao longo do tempo, e não é menos confiável que uma lei, sendo apenas coisas distintas. As teorias visam explicar fenômenos naturais, enquanto as leis são descrições generalistas desse fenômeno. Portanto, quando falamos na evolução como uma teoria, não diminui sua importância, e sim confirma seu embasamento científico.

Adaptado de: <http://cienciahoje.org.br/artigo/qual-a-diferenca-entre-teoria-e-lei-por-que-a-selecao-natural-de-darwin-e-teoria/>. Acesso em: fev. 2019.

ROTEIRO DE AULA

RECOMPOSIÇÃO HISTÓRICA DA EVOLUÇÃO

Antiguidade Clássica

Platão

Essencialismo

Fixismo

Aristóteles

Vitalismo

Scala naturae

Teleologia

transmissão dos caracteres adquiridos

Século XIX

Lamarck

Postulou as leis:

uso e desuso

variabilidade

Seleção natural

crecimento

Darwin e Wallace

Árvore da vida

competição

Ancestral comum

De Vries

redescobre

lei de Mendel

Dobzhansky

Teoria sintética moderna

Séculos XX e XXI

Thomas Morgan

Especiação

Fisher e Write

Seleção natural

Teorias mendelianas

Huxley

Evolução: síntese moderna

EXERCÍCIOS DE APLICAÇÃO

1. UEM-PR (adaptada) – 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, analise as afirmativas.

- I. Lamarck foi um dos primeiros a divulgar as ideias evolucionistas, baseadas na lei do uso e desuso, na lei da transmissão dos caracteres adquiridos e na seleção natural.
- II. 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.
- III. Os fósseis são formados em condições especiais, sendo suas substâncias orgânicas substituídas por minerais. Esse processo é chamado de contramolde.
- IV. 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.

Estão corretas

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

(I) Incorreta. Lamarck foi o naturalista que propôs as ideias evolucionistas baseadas nas transformações pelo uso e desuso de órgãos e pela transmissão hereditária de caracteres adquiridos, mas o conceito da seleção natural é darwinista.

(III) Incorreta. Os fósseis são moldes, e os contramolde são usados para estudar os fósseis.

2. Uece – O fixismo e o evolucionismo foram correntes de pensamento utilizadas para explicar a diversidade das espécies. Sobre essas correntes, é correto afirmar que

- a) o fixismo considera que as diferentes espécies são permanentes, perfeitas e mutáveis e que foram originadas independentemente umas das outras.
- b) para o evolucionismo, as espécies atuais são o resultado de lentas e sucessivas transformações sofridas pelas espécies do passado, ao longo dos tempos.**
- c) a geração espontânea, ou abiogênese, é uma corrente do evolucionismo que acredita na criação dos seres vivos a partir da matéria inanimada.
- d) o criacionismo considera que os seres vivos foram criados por ação divina, portanto, são perfeitos e instáveis ao longo do tempo.

Do ponto de vista evolucionista, os seres vivos atuais são o resultado de lentas e contínuas transformações das espécies ao longo do tempo.

3. Unicamp-SP (adaptada) – Os fósseis são uma evidência de que nosso planeta foi habitado por organismos que já não existem atualmente, mas que apresentam semelhanças com organismos que o habitam hoje. Por que espécies diferentes apresentam semelhanças anatômicas, fisiológicas e bioquímicas?

Segundo evidências evolutivas com base em estudos em fósseis, espécies diferentes podem apresentar semelhanças tanto anatômicas quanto fisiológicas e bioquímicas porque compartilham o mesmo ancestral.

4. UFSCar-SP – “O meio ambiente cria a necessidade de uma determinada estrutura em um organismo. Este se esforça para responder a essa necessidade. Como resposta a esse esforço, há uma modificação na estrutura do organismo. Tal modificação é transmitida aos descendentes.”

O texto sintetiza as principais idéias relacionadas ao

- a) fixismo.
- b) darwinismo.
- c) mendelismo.
- d) criacionismo.
- e) lamarckismo.**

O texto apresenta as ideias fundamentais da teoria de evolução de Lamarck, que se fundamenta na lei do uso e desuso e na transmissão dos caracteres adquiridos.

5. IFCE – A origem da vida, especificamente do planeta Terra, é um assunto que provoca discussões no mundo todo. O início de tudo ainda é um mistério não desvelado em sua totalidade por nenhuma teoria, sendo tema atual de diversas pesquisas científicas no mundo. As teorias mais aceitas e adotadas para fins de estudo na Biologia atual são aquelas que têm como base o evolucionismo. A teoria que tem como um dos princípios norteadores a Lei da Seleção Natural é o(a)

- a) criacionismo.
- b) lamarckismo.
- c) abiogênese.
- d) darwinismo.**
- e) panspermia.

O darwinismo é o modelo evolucionista mais aceito atualmente e propõe que a seleção natural de características vantajosas em determinado ambiente orienta as espécies para a adaptação ao meio.

6. UEL-PR

C4-H16

Em relação à evolução biológica, considere os fatores abaixo.

- I. Seleção natural.
- II. Adaptação ao meio.
- III. Lei do uso e desuso.
- IV. Herança dos caracteres adquiridos.
- V. Recombinação gênica e mutação.

Quais desses fatores Darwin considerou quando elaborou a teoria da evolução das espécies?

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

Segundo Lamarck, o princípio evolutivo estaria baseado em duas leis fundamentais: a lei do uso e desuso e a da herança de caracteres adquiridos. Darwin não sabia explicar como indivíduos com novas características poderiam surgir, visto que os genes, a mutação e a recombinação genética não eram conhecidos na época.

Competência: Compreender interações entre organismos e ambiente, em particular aquelas relacionadas à saúde humana, relacionando conhecimentos científicos, aspectos culturais e características individuais.

Habilidade: Compreender o papel da evolução na produção de padrões, processos biológicos ou na organização taxonômica dos seres vivos.

EXERCÍCIOS PROPOSTOS

7. Acafe-SC (adaptada)

Nova espécie de Hominídeos é descoberta próxima ao fóssil da Lucy

Lucy, o fóssil mais famoso do mundo, que revelou aos cientistas a espécie *Australopithecus afarensis*, tem um vizinho. Próximo ao local onde fóssil foi desenterrado, uma equipe de pesquisadores encontrou outro fóssil. Mandíbulas e dentes fossilizados foram encontrados no norte da Etiópia e demonstram uma antiga relação humana. Os pesquisadores dizem que este fóssil vivera na mesma época que Lucy, mas que é uma espécie distinta. A nova espécie, que foi apelidada de *Australopithecus deyiremeda*, viveu entre 3,5 milhões e 3,3 milhões de anos atrás.

Disponível em: <<http://biologianaweb.com.br>>. Acesso em: mar. 2019.

Sobre o tema, analise as afirmações a seguir.

- I. Em oposição ao criacionismo, a teoria evolucionista parte do princípio de que o homem é o resultado de um lento processo de alterações (mudanças). Evidências como fósseis, armas, vestimentas, entre outras, indicam como ocorreu a evolução humana, culminando no *Homo sapiens* atual.
- II. O sistema de nomenclatura científica atual identifica cada espécie por dois nomes em latim: o primeiro em maiúscula, é o gênero; o segundo, em minúscula, é a espécie.
- III. A ocorrência e o acúmulo de mutações na sequência genética de um organismo podem ser fatores evolutivos.

Está(ão) correta(s)

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

8. PUCCamp-SP – Sobre o tema evolução fizeram-se as afirmações abaixo.

- I. As espécies dos seres vivos são passíveis de modificação, podendo sofrer alterações morfofisiológicas ao longo do tempo.
- II. Prova de que nosso planeta foi habitado por seres diferentes dos que existem atualmente é a existência de fósseis.
- III. Os que admitem que as espécies não se alteram no decorrer do tempo são adeptos da teoria do fixismo.

Está correto o que se afirma em

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

9. UEPG-PR (adaptada) – Em 1735, o botânico sueco Lineu publicou o trabalho *Systema naturae*, no qual propôs a classificação dos seres vivos em grupos, hoje chamados táxons, que constituem uma hierarquia. As categorias por ele propostas ainda são mantidas até os dias atuais, com algumas poucas modificações. Sobre seu trabalho e a taxonomia atual assinale o que for correto.

- 01) A sequência correta para as categorias taxonômicas atualmente é: reino-classe-filo-ordem-gênero-família-espécie.
- 02) O critério básico da classificação de Lineu, quando ainda não havia surgido a teoria da evolução biológica, era a semelhança anatômica entre os organismos, pois as espécies eram consideradas tipos padrões e imutáveis, conceito este chamado de fixismo.
- 04) Em vez de serem “tipos” imutáveis, caracterizados apenas pela anatomia, as espécies são hoje classificadas segundo critérios fisiológicos, embriológicos, bioquímicos, genéticos e ecológicos, que podem revelar mais corretamente seus parentescos naturais e evolutivos.

10. UFU-MG (adaptada) – De acordo com a teoria darwinista, proposta por Charles Darwin, todos os seres vivos descendem de ancestrais comuns e teriam evoluído por meio da seleção natural. Explique por que a análise de fósseis contribui com evidências sobre a evolução das espécies.

11. Uerj

Lucy caiu da árvore

Conta a lenda que, na noite de 24 de novembro de 1974, as estrelas brilhavam na beira do rio Awash, no interior da Etiópia. Um gravador K7 repetia a música dos Beatles “Lucy in the Sky with Diamonds”. Inspirados, os paleontólogos decidiram que a fêmea AL 288-1, cujo esqueleto havia sido escavado naquela tarde, seria apelidada carinhosamente de Lucy.

Lucy tinha 1,10 m e pesava 30 kg. Altura e peso de um chimpanzé. Mas não se iluda, Lucy não pertence à linhagem que deu origem aos macacos modernos. Ela já andava ereta sobre os membros inferiores. Lucy pertence à linhagem que deu origem ao animal que escreve esta crônica e ao animal que a está lendo, eu e você.

Os ossos foram datados. Lucy morreu 3,2 milhões de anos atrás. Ela viveu 2 milhões de anos antes do aparecimento dos primeiros animais do nosso gênero, o *Homo habilis*. A enormidade de 3 milhões de anos separa Lucy dos mais antigos esqueletos de nossa espécie, o *Homo sapiens*, que surgiu no planeta faz meros 200 mil anos. Lucy, da espécie *Australopithecus afarensis*, é uma representante das muitas espécies que existiam na época em que a linhagem que deu o ponto de bifurcação nos separou dos nossos parentes mais próximos.

Uma das principais dúvidas sobre a vida de Lucy é a seguinte: ela já era um animal terrestre, como nós, ou ainda subia em árvores?

Muitos ossos de Lucy foram encontrados quebrados, seus fragmentos espalhados pelo chão. Até agora se acreditava que isso se devia ao processo de fossilização e às diversas forças às quais esses ossos haviam sido submetidos. Mas os cientistas resolveram estudar em detalhes as fraturas.

As fraturas, principalmente no braço, são de compressão, aquela que ocorre quando caímos de um local alto e apoiamos os membros para amortecer a queda. Nesse caso, a força é exercida ao longo do eixo maior do osso, causando um tipo de fratura que é exatamente o encontrado em Lucy. Usando raciocínios como esse, os cientistas foram capazes de explicar todas as fraturas a partir da hipótese de que Lucy caiu do alto de uma árvore de pé, se inclinou para a frente e amortizou a queda com o braço.

Uma queda de 20 a 30 metros e Lucy atingiria o solo a 60 km/h, o suficiente para matar uma pessoa e causar esse tipo de fratura. Como existiam árvores dessa altura onde Lucy vivia e muitos chimpanzés sobem até 150 metros para comer, uma queda como essa é fácil de imaginar.

A conclusão é que Lucy morreu ao cair da árvore. E se caiu era porque estava lá em cima. E se estava lá em cima era porque sabia subir. Enfim, sugere que Lucy habitava árvores. Mas na minha mente ficou uma dúvida. Quando criança, eu subia em árvores. E era por não sermos grandes escaladores de árvores que eu e meus amigos vivíamos caindo, alguns quebrando braços e pernas. Será que Lucy morreu exatamente por tentar fazer algo que já não era natural para sua espécie?

O livro *A origem das espécies* foi publicado na Inglaterra, em 1859. Seu autor, Charles Darwin, defendia que organismos vivos evoluem através de um processo que chamou de "seleção natural". A primeira edição do livro se esgotou rapidamente. Muitos abraçam de imediato sua teoria, visto que resolvia inúmeros quebra-cabeças da Biologia. Contudo, os cristãos ortodoxos condenaram o trabalho como uma heresia.

Adaptado de: <www.revistahcsm.coc.fiocruz.br>. Acesso em: abr. 2019.

A partir do texto, uma contestação à teoria de Darwin fundamentava-se na formulação conhecida como

- a) determinismo.
- b) cientificismo.
- c) naturalismo.
- d) criacionismo.

- 12. Unesp** – Aristóteles procurou explicar os fenômenos naturais a partir de argumentos teleológicos. A palavra teleologia provém de dois termos gregos, *telos* (fim, meta, propósito) e *logos* (razão, explicação), ou seja, uma "razão de algo em função de seus fins" ou uma "explicação que se serve de propósito 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.

Fonte: Matheus de M. Silveira et al. *Argumentos-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 a 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.

13. Unesp

Se me mostrarem um único ser vivo que não tenha ancestral, minha teoria poderá ser enterrada.

(Charles Darwin)

Sobre essa frase, afirmou-se que

- I. contrapõe-se ao criacionismo religioso.
- II. contrapõe-se ao essencialismo de Platão, segundo o qual todas as espécies têm uma essência fixa e eterna.
- III. sugere uma possibilidade que, se comprovada, poderia refutar a hipótese evolutiva darwiniana.
- IV. propõe que as espécies atuais evoluíram a partir da modificação de espécies ancestrais, não aparentadas entre si.
- V. nega a existência de espécies extintas, que não deixaram descendentes.

É correto o que se afirma em

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

- 14. PUC-RJ** – Nosso planeta vive uma diversidade de organismos, cada qual com particularidades genéticas, que são específicas de cada indivíduo. Em uma dada população (por exemplo, uma população de papagaio-verdadeiro) existem diferenças genéticas entre os indivíduos, o que chamamos de variabilidade genética.

Disponível em: <<http://www.portaleducacao.com.br/biologia/artigos>>. Acesso em: abr. 2019.

Explique por que a variabilidade genética em uma população é pré-requisito para a evolução.

- 15. UFPE** – O processo de surgimento de novas espécies que se adaptam a ambientes diversos está na base do aumento da biodiversidade e é influenciado por fatores bióticos e abióticos. Darwin soube observar esse processo, associá-lo ao trabalho de outros pesquisadores e propôs leis que o descrevem. Nesse sentido, podemos afirmar o que segue.

- () As ideias de Malthus sobre crescimento populacional e produção de alimentos foram fundamentais para as conclusões de Darwin.
- () A variação nas características foi assumida por Darwin como a base sobre a qual atua a seleção natural.
- () O isolamento de parte de uma população pode contribuir para a formação de uma nova espécie.

- () A transmissão das características dos organismos bem-sucedidos aos descendentes é essencial para a evolução, mas Darwin não conseguiu explicá-la.
- () “Síntese moderna” se refere à releitura das ideias de Darwin sob a luz da Genética.

16. UEPG-PR – A teoria da evolução biológica proposta por Darwin quebrou os paradigmas de espécies fixas e imutáveis. Com relação à evolução biológica, assinale o que for correto.

- 01)** Darwin demonstrou que os indivíduos de uma mesma espécie mostram muitas variações na forma e na fisiologia.
- 02)** Darwin leu o livro do inglês Thomas Malthus sobre populações e postulou também para a teoria de evolução biológica que, se todos os indivíduos de uma espécie se reproduzissem, as populações cresceriam aceleradamente, em progressão geométrica.
- 04)** Foi postulado por Darwin que os indivíduos de uma população lutam por sua sobrevivência e pela sobrevivência de sua prole.
- 08)** Darwin escreveu que somente alguns indivíduos – chamados por ele de mais aptos – sobrevivem e deixam filhos. A sobrevivência e a possibilidade de reprodução dependem das características desses indivíduos que, por serem hereditárias, serão transmitidas aos seus filhos.
- 16)** Darwin postulou que, através da seleção natural, as espécies serão representadas por indivíduos cada vez mais adaptados ao ambiente em que vivem.

17. Famerp-SP – Observe a imagem, que mostra dois cavalos-marinhos (*Hippocampus bargibanti*) apoiados a um coral.



SCUBAZOO / ALAMY STOCK PHOTO

O macho do cavalo-marinho retém os ovos durante a reprodução. A espécie desenvolveu essa característica, que foi transmitida aos descendentes, para aumentar a proteção dos filhotes. Esta afirmação está de acordo com qual evolucionista? Justifique sua resposta.

ESTUDO PARA O ENEM

18. Enem

C4-H16

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.

19. Enem

C4-H16

Embora seja um conceito fundamental para a Biologia, o termo “evolução” pode adquirir significados diferentes no senso comum. A ideia de que a espécie humana é o ápice do processo é amplamente difundida, mas não é compartilhada por muitos cientistas.

Para esses cientistas, a compreensão do processo citado baseia-se na ideia de que os seres vivos, ao longo do tempo, passam por

- a)** modificação de características.
- b)** incremento no tamanho corporal.
- c)** complexificação de seus sistemas.
- d)** melhoria de processos e estruturas.
- e)** especialização para uma determinada finalidade.

20. Enem

C4-H16

Apesar da grande diversidade biológica, a hipótese de que a vida na Terra tenha tido uma única origem comum é aceita pela comunidade científica. Uma evidência que apoia essa hipótese é a observação de processos biológicos comuns a todos os seres vivos atualmente existentes.

Um exemplo de tal processo é o(a)

- a)** desenvolvimento embrionário.
- b)** reprodução sexuada.
- c)** respiração aeróbica.
- d)** excreção urinária.
- e)** síntese proteica.

EVIDÊNCIAS EVOLUTIVAS

24

Qual é a relação entre os seres humanos e os outros animais? Como os seres vivos evoluíram de um ancestral comum? Com base nas evidências evolutivas, a história filogenética dos seres vivos pode ser recomposta e os detalhes do passado de sua biologia revelados.

Nas últimas décadas, o estudo de registros fósseis associados às técnicas de análises morfológicas e moleculares em plantas têm possibilitado compreender melhor a evolução da vida desde a proposição da teoria da seleção natural por Darwin. Com base nesses estudos podemos conhecer como era a paisagem da Terra nas diferentes eras e como as plantas “prepararam” o ambiente terrestre para a colonização dos animais e as adaptações que sofreram ao longo da evolução.

Os estudos sobre evolução nos mostram que, apesar de todas as mudanças que os seres vivos ancestrais sofreram e transmitiram aos seus descendentes, os organismos apresentam relações entre si e a evolução continua a acontecer o tempo todo.

- Evolução biológica
- Restrições evolutivas

HABILIDADES

- Reconhecer o processo de evolução biológica para compreender as evidências derivadas desse processo.
- Assimilar as diferentes evidências evolutivas.
- Conhecer e compreender algumas das principais evidências da evolução biológica, como os fósseis, e as semelhanças anatômicas, fisiológicas e bioquímicas entre os seres vivos.

MR. SUWIT GAEWSEE-NGAM/SHUTTERSTOCK



Fóssil de vegetal desconhecido. Com base na análise morfológica e molecular dos fósseis, os cientistas podem reconstituir a história evolutiva dos seres vivos.

EVOLUÇÃO BIOLÓGICA

A **evolução biológica** é um processo de descendência com modificação no qual as características de um indivíduo são alteradas pela seleção natural, à medida que passam por diferentes condições ambientais, e são transmitidas para seus descendentes ao longo do tempo. Chamamos de **biodiversidade** a multiplicidade de seres vivos do nosso planeta, levando em conta seus diversos aspectos: anatômicos, fisiológicos, moleculares etc. Estudar essa complexidade da vida é necessário para compreender os mecanismos evolutivos que moldaram a diversidade de seres vivos na Terra.

É comum ouvir que todas as espécies do planeta estão adaptadas a seus ambientes. Os seres vivos desenvolveram, ao longo da evolução, características tanto na forma como no funcionamento do corpo, que lhes permitem explorar o ambiente e perpetuar-se nele. Um exemplo é o revestimento do corpo dos seres vivos, que jamais teriam conquistado o ambiente terrestre sem “pele” apropriada.

O conceito de **adaptação** pode ser definido como a capacidade de sobrevivência e reprodução da espécie no ambiente em que vive a evolução adaptativa.

EVIDÊNCIAS DA EVOLUÇÃO BIOLÓGICA

Com base em estudos de ancestrais comuns, vários fatos da natureza podem ser explicados pela evolução. O estudo dos fósseis, a existência de formas intermediárias entre organismos, a presença dos mesmos tipos de estruturas moleculares em todos os seres vivos, a síntese proteica, as árvores filogenéticas, todos esses fatos são evidências moleculares e paleontológicas. E são indicações consistentes, mesmo considerando individualmente o padrão de ancestralidade comum dos seres vivos.

Em conjunto, essas evidências são prova clara da evolução biológica. Em síntese, elas resultam da ideia de que, quanto maiores são as semelhanças anatômicas, embrionárias e bioquímicas entre as espécies, maiores são a proximidade e o parentesco evolutivo entre elas.

A unidade da vida

Se todas as espécies tivessem surgido simultânea e independentemente, elas poderiam ter encontrado soluções semelhantes para os mesmos problemas, mas não deveriam apresentar uma homogeneidade estrutural, bioquímica e fisiológica.

Da mesma forma, a menos que descendam de um ancestral comum, não existe razão para explicar por que organismos tão diferentes, como bactérias, fungos, bananeiras, ostras, macacos e peixes, têm, todos, o DNA como molécula carregadora da informação genética. Nem seria o código genético responsável pela tradução dos genes em proteínas praticamente idêntico em todos esses organismos.

A cada ano são descobertas cerca de 4 000 novas espécies de seres vivos. Se, em uma delas, os ácidos nucleicos não forem a base da hereditariedade, ou seu código genético for diferente dos outros seres vivos, ou, de alguma maneira, apresentar seu ciclo completamente diferente dos outros seres vivos, ou, ainda, se o ciclo de Krebs for substituído por outra via de produção aeróbica de energia, teremos uma boa evidência para falsear a teoria evolutiva.

Evidências moleculares

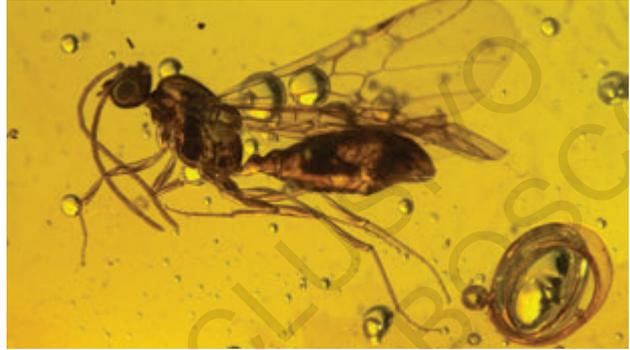
Uma das grandes evidências moleculares é que todos os seres vivos apresentam os mesmos 20 aminoácidos constituintes de suas proteínas, fator que corrobora o indício de que o sistema de codificação para a produção dessas moléculas foi herdado de um ancestral comum.

Em termos bioquímicos, quanto maior é a diferença na sequência de nucleotídeos e nas proteínas de duas espécies, maior é a distância evolutiva entre elas e, em contrapartida, quanto mais semelhanças existem na sequência dos aminoácidos de uma proteína ou de nucleotídeos do DNA, mais chances há de indicarem o grau de parentesco entre duas espécies.

A diferença entre o genoma humano e o de um chimpanzé é de menos de 1%, demonstrando, assim, grande proximidade evolutiva. Esses estudos só foram possíveis com o avanço de técnicas da Biologia Molecular e com os estudos avançados em genótipos.

Fósseis

O termo "fóssil" (do latim *fossile* = tirado da terra) refere-se a restos de seres vivos que viveram em épocas remotas ou qualquer vestígio deixado por eles. Entende-se por restos quaisquer estruturas que sobraram dos organismos mortos, como escamas, cascos, ossos, conchas. Há casos mais raros de preservação de organismos inteiros, como de mamutes no gelo e insetos em âmbar.



Inseto fossilizado em âmbar.

Vestígios são lembranças ou impressões de que um ser vivo esteve presente no local, como as pegadas de animais preservadas em cinzas vulcânicas endurecidas, por exemplo. Apesar da ausência de restos de animais, constitui exemplo de fóssil por ser um resquício da existência desses animais. O ramo das geociências que se ocupa do estudo dos fósseis é a **paleontologia**. Sua contribuição para compreender a evolução é extensa, permitindo documentar como foi a vida no passado e as mudanças que ocorreram. A reconstituição da história não pode ser feita de maneira integral, uma vez que o documentário fóssil normalmente é escasso, mas constitui forte evidência de como a vida se modifica ao longo do tempo e propicia a reconstrução de antigos ambientes facilitando o entendimento das atividades desses animais. Foi por meio da descoberta de fósseis que foi comprovada a ocorrência da extinção.



Um vestígio de fóssil sendo estudado por uma paleontóloga.

Fossilização é o termo utilizado para descrever o processo natural de formação de um fóssil. É extremamente complexo e lento, podendo durar milhões de anos. Por se tratar de um processo longo, os fósseis, na maioria das vezes, constituem-se de partes rígidas dos organismos, já que partes moles estão mais sujei-

tas a processos de decomposição. Os fósseis podem se formar com mais facilidade quando um animal é soterrado por sedimentos (areia ou argila) no fundo de lagos ou mares, ou nos leitos dos rios. Com o tempo, o sedimento se compacta e forma rochas.

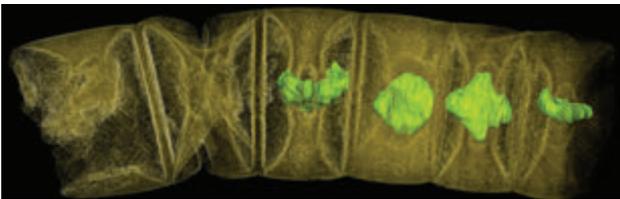
JOHN SIBBICK / SCIENCE
PHOTO LIBRARY / SCIENCE
PHOTO LIBRARY /
FOTOARENA



Ilustração simplificando o processo de fossilização e da descoberta do fóssil.

O **registro fóssil** documenta a história da vida, evidenciando o apogeu e o declínio de diferentes grupos de organismos ao longo do tempo. A idade de um fóssil corresponde aproximadamente à do terreno em que ele se encontra. Em geral, quanto mais profundo é o terreno, mais antigo é o fóssil. A idade absoluta das rochas e a dos fósseis são calculadas por meio da desintegração de elementos radioativos, como o urânio e o carbono 14, que funcionam como relógios naturais.

REUTERS / LATINSTOCK



Processo de datação radiométrica de fósseis de algas vermelhas datadas de 1,6 bilhão de anos.

Padrões similares são observados em fósseis que documentam as origens de outros novos grupos principais de organismos, incluindo os mamíferos, as plantas com flores e os tetrápodes. Em cada um desses casos, o registro fóssil mostra que, com o tempo, descendentes com modificações produziram diferenças cada vez maiores entre os grupos de organismos relacionados, resultando na diversidade da vida atualmente.

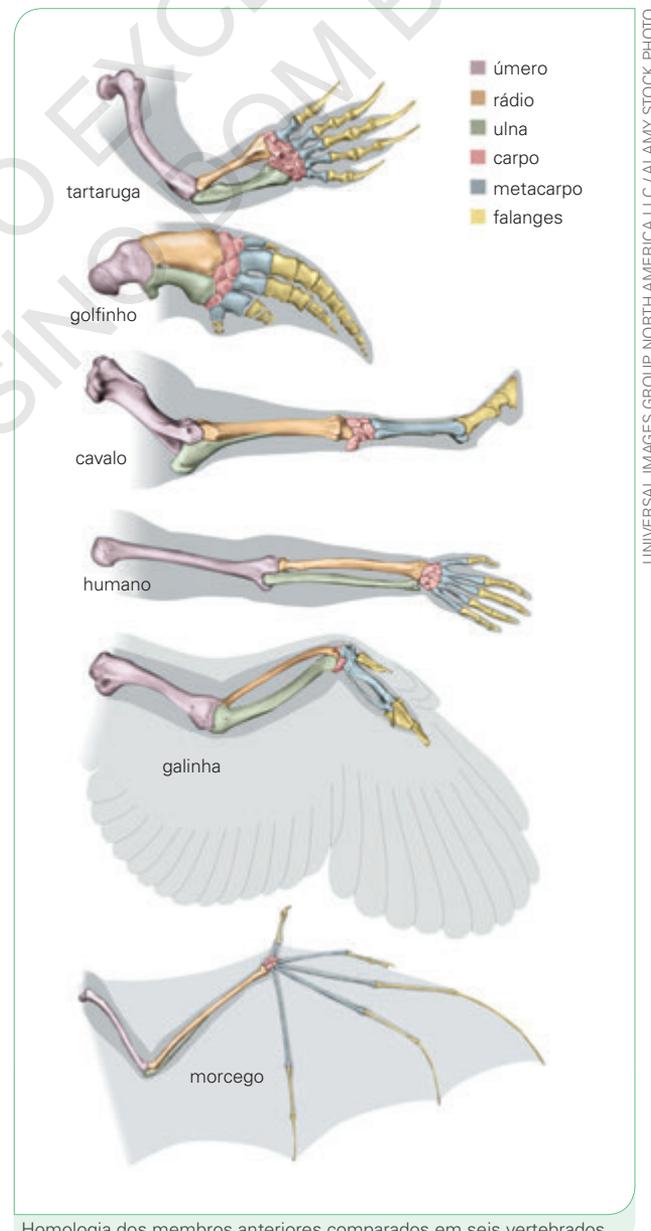
Anatomia comparada

Com base em estudos de anatomia comparada, os cientistas perceberam que muitos animais compartilham estruturas semelhantes. As semelhanças ocorrem porque esses animais descendem, em algum momento da evolução, de um mesmo ancestral, do qual herdam o modelo de estrutura óssea. À medida que colonizavam ambientes diversos e adaptavam-se a eles, os ossos foram sendo selecionados a cada nova geração, mas conservando o padrão ancestral.

Os órgãos de mesma origem embrionária, mas de funções distintas, são chamados de **homólogos**. Observa-se como exemplo a homologia nos membros anteriores dos vertebrados: braços humanos, pernas/patas dianteiras de outros vertebrados, nadadeiras de golfinho, asas de morcegos e aves. Esses membros têm semelhanças esqueléticas estruturais, sendo pos-

sível até apontar ossos correspondentes na comparação. Essas semelhanças anatômicas são evidências evolutivas porque corroboram com a ideia de que todos os seres vivos são provenientes de um ancestral comum, sendo muito improvável o surgimento de todas essas estruturas em cada espécie.

O fenômeno pelo qual órgãos homólogos se adaptaram a funções biológicas diversificadas em grupos de animais chama-se **divergência evolutiva ou irradiação adaptativa**. Quanto ao número e ao comprimento dos dedos ou outra característica, as diferenças se devem à adaptação às funções específicas. Exemplos: perda e fusão de ossos no golfinho e no cavalo; alongamento dos dedos e da pele do morcego para formar a estrutura da asa; extensão das penas para todo o comprimento do braço de aves. Essas diferenças sugerem que as asas de morcegos e pássaros não foram herdadas do mesmo ancestral comum, com asas.



Homologia dos membros anteriores comparados em seis vertebrados.

UNIVERSAL IMAGES GROUP NORTH AMERICA LLC / ALAMY STOCK PHOTO

Algumas espécies de animais compartilham órgãos que desempenham a mesma função e, embora tenham origens embriológicas diferentes, são conhecidos como **análogos**. São exemplos de órgãos análogos as asas dos insetos e das aves, ambas adaptadas ao voo, mas de origens embrionárias diferentes. Denomina-se **convergência evolutiva ou adaptativa** o fenômeno pelo qual órgãos análogos se tornaram adaptados à mesma função biológica em diferentes grupos animais.



Asas de insetos (como a libélula) e de aves (como o beija-flor) têm a função de propiciar o voo, mas apresentam origens embrionárias distintas.

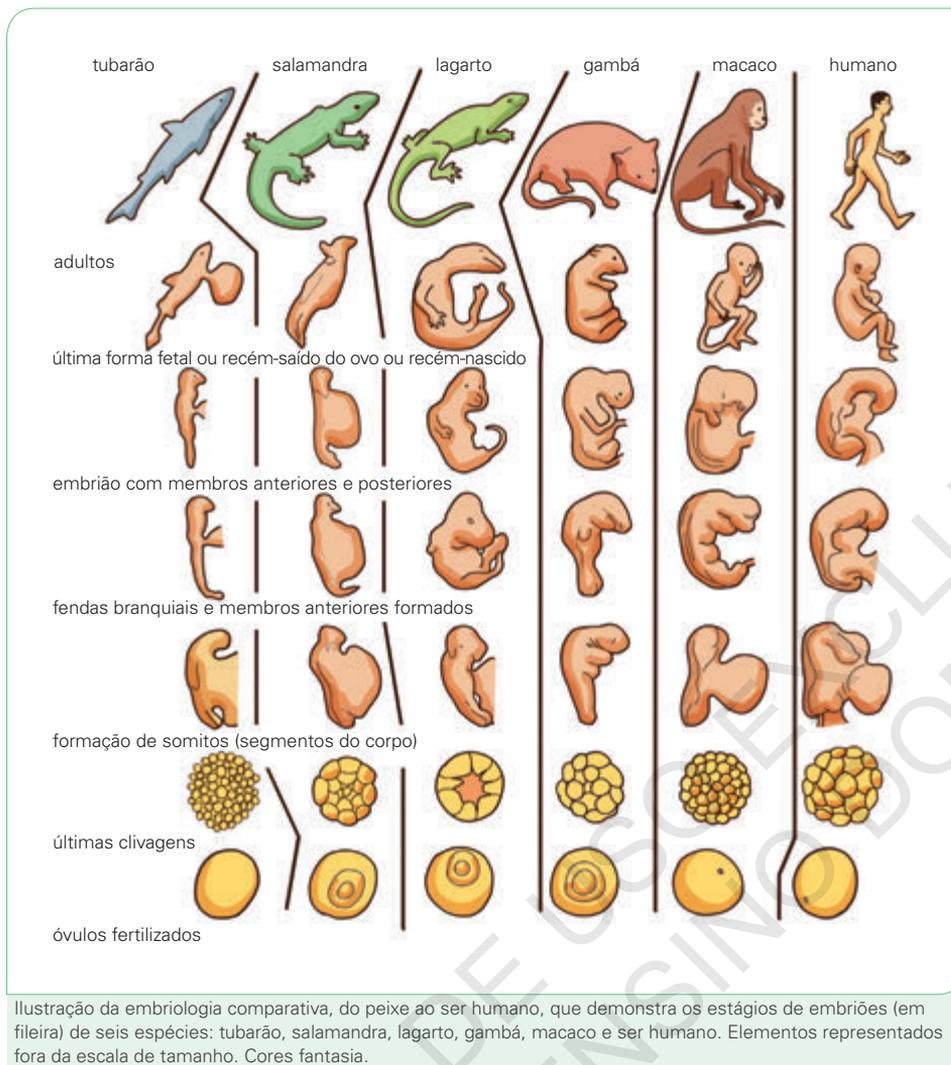
As **estruturas vestigiais** são remanescentes de estruturas que apresentavam funções nos organismos ancestrais. Em geral, têm tamanho reduzido e perderam sua função ou passaram a desempenhar funções distintas e importantes em determinada espécie. Existem casos de órgãos que se manifestam no estado embrionário e desaparecem durante o desenvolvimento ou na fase adulta. A presença dessas estruturas pode servir como indicativo de evidência do grau de parentesco evolutivo.

São exemplos de órgãos vestigiais: o apêndice cecal ou vermiforme reduzido e aparentemente sem função nos humanos e nos animais carnívoros, mas bem desenvolvido nos animais herbívoros, nos quais atuam no processo de digestão da celulose, realizada por microrganismos (bactérias e protozoários) que vivem nesse apêndice; ossos de quadril sem função nas baleias são vestígios de sua provável descendência de mamíferos terrestres. Em humanos: dentes do siso ou terceiros molares, que os ancestrais humanos herbívoros utilizavam para triturar tecido vegetal; músculos que movimentam as orelhas reduzidos e compensados pelo movimento da cabeça, em comparação com os dos macacos; vértebras no final da coluna fundem-se para formar o cóccix, cuja função inicial seria auxiliar no equilíbrio e na mobilidade, como em outros animais.

Embriologia comparada

Embriões de diversas espécies de vertebrados apresentam muitas estruturas comuns. Geralmente, quanto mais precoce é a fase embrionária, mais parecidos são os embriões, até mesmo os de grupos diferentes de animais. Os embriões de todos os cordados, aquáticos e terrestres, exibem bolsas, sulcos e fendas (arcos) na faringe, os quais originam brânquias funcionais nos protocordados, peixes e anfíbios, não acontecendo o mesmo nos cordados terrestres. Nos seres humanos, essas estruturas formaram órgãos como tonsilas, timo, ossículos da orelha média, palatinas, glândulas paratireoides, meato acústico externo, entre outros.

Essas e outras estruturas constituem mais um indicativo de que os cordados compartilham um mesmo ancestral evolutivo, que teriam transmitido esses caracteres a todas as demais espécies do grupo.



RESTRIÇÕES EVOLUTIVAS

Uma das consequências da evolução é que as espécies, ao se adaptarem a novas condições, necessariamente sofrem modificações de estruturas preexistentes. Se todas as espécies houvessem aparecido simultaneamente, suas estruturas estariam adaptadas aos seus ambientes de maneira perfeita e independente. Por exemplo, não seria muito mais vantajoso ter asas além das quatro patas do que ter de escolher entre ter os membros superiores funcionando como braços ou como asas? E não seria muito mais conveniente para as baleias e os golfinhos se eles tivessem brânquias, em vez de necessitarem de todas as adaptações complexas para otimizar o uso do oxigênio do ar, mesmo vivendo no mar?

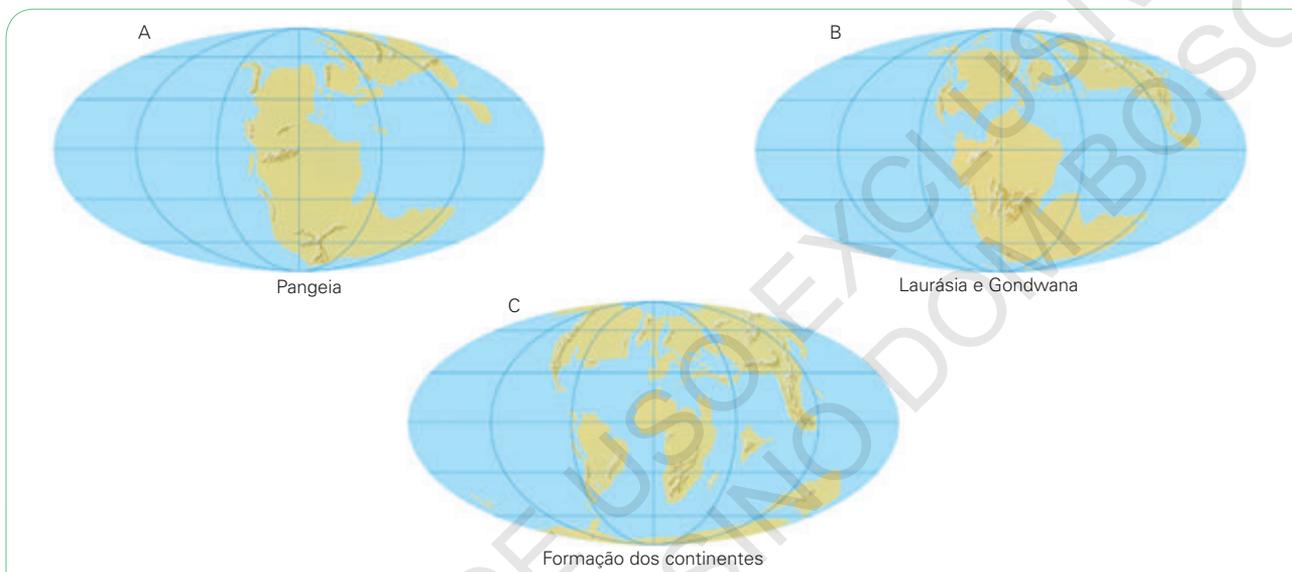
No entanto, o que observamos na natureza é o uso surpreendente de adaptações de estruturas preexistentes, para novas funções. Essas estruturas (como asas dos pinguins adaptadas à natação ou as membranas entre os dedos das mãos dos morcegos adaptados ao voo) são sempre restritas pelas contingências evolutivas dos seus ancestrais e demonstram a frequente conservatividade morfológica da natureza (ou, como Linnaeus dizia, *Natura non facit saltum*: "Natureza não faz saltos"). Se a evolução não existisse e criaturas na natureza tivessem aparecido ao mesmo tempo, desenhadas perfeitamente para suas funções, poderíamos ver mamíferos com asas verdadeiras ou com penas (que são melhores isolantes térmicos do que os pelos), aves aquáticas com nadadeiras, golfinhos com brânquias e aves corredoras (como o avestruz) com quatro patas, em vez de asas vestigiais.

BIOGEOGRAFIA

A biogeografia é o estudo das distribuições geográficas das espécies. Vários são os fatores que influenciam na distribuição dos organismos ao longo do globo terrestre, entre eles a **deriva continental** – movimento lento dos continentes ao longo do tempo. Há aproximadamente 250 milhões de anos os continentes eram unidos formando um único continente chamado Pangeia. Há 200 milhões de anos, os movimentos começaram a dividir a **Pangeia** em dois grandes continentes, a Laurásia e Gondwana. A Laurásia deu origem aos continentes da América do Norte e da Eurásia, e a Gondwana deu origem à África, à América do Sul e à Oceania.

Os conhecimentos biogeográficos são extremamente importantes para explicar a distribuição das espécies no planeta e também para explicar como duas ilhas, por exemplo, com ambientes semelhantes em lugares distintos do mundo não são colonizadas por espécies semelhantes, mas sim parecidas com as do continente mais próximo.

GARY HINCKS / SCIENCE PHOTO LIBRARY / FOTOARENA



Mapa da ruptura da Pangeia do longo do tempo. (A) A Terra era formada por um grande continente chamado Pangeia há 200 milhões de anos. (B) Pela movimentação dos continentes, a Pangeia é dividida em dois grandes continentes, Laurásia e Gondwana, há aproximadamente 155 milhões de anos. (C) Há aproximadamente 66 milhões de anos, os continentes atuais começaram a ser formados e foram divididos em América do Norte, Europa, Ásia, América do Sul, África e Oceania.

ÁRVORES FILOGENÉTICAS

A diversidade do planeta foi produzida por especiações e mudanças, desde as espécies primitivas até as atuais, por isso é possível fazer uma árvore de classificação que não represente apenas as semelhanças e diferenças entre grupos, mas também reflita o padrão filogenético do grupo.

Se os caracteres dos seres vivos estão evoluindo continuamente, então esperamos que classificações construídas com vários caracteres independentes (morfologia, química, genética) sejam, de maneira geral, concordantes, e que as discordâncias eventuais possam ser explicadas dentro do próprio processo evolutivo.

A corroboração das **árvores filogenéticas** (árvores de classificação que refletem relações de parentesco entre as espécies) através de vários caracteres independentes é, talvez, a demonstração mais forte da realidade da evolução. Uma das coisas que tornaram uma árvore filogenética diferente de outras árvores de classificação é que as linhas que ligam os grupos representam verdadeiros elos de ancestralidade. Os nós, nos quais as linhas se encontram, representam ancestrais, e a profundidade da árvore pode ser vista como representação do tempo.



Exemplo da estrutura de uma árvore filogenética.

MIKKEL JUUL-JENSEN / SCIENCE PHOTO LIBRARY /
SCIENCE PHOTO LIBRARY / FOTOARENA

LEITURA COMPLEMENTAR

As grandes extinções e os dinossauros

Os registros fósseis são a comprovação de que a maioria das espécies existentes no nosso planeta está extinta. Embora a extinção ocorra regularmente, em certos períodos, mudanças ambientais globais e abruptas causaram um significativo aumento na taxa de extinção. Quando esses fenômenos ambientais acontecem, o resultado é a extinção em massa de inúmeras espécies.

A documentação realizada por registros fósseis data cinco eventos de extinções em massa nos últimos 500 milhões de anos. Mas duas teriam sido as mais significativas, as que ocorreram no Permiano e no Cretáceo.

A do **Permiano**, que define a divisão entre as eras Paleozoica e Mesozoica (251 milhões de anos), aconteceu durante um episódio de extremo vulcanismo que exterminou mais de 90% das espécies de animais marinhos, afetando também a vida dos animais terrestre, e transcorreu em

poucos milhares de anos, espaço de tempo pequeno quando comparado ao tempo geológico.

A extinção em massa do **Cretáceo** ocorreu há cerca de 65 milhões de anos e foi responsável pelo desaparecimento de mais da metade de todas as espécies marinhas e várias espécies de plantas e animais terrestres, incluindo a maioria dos dinossauros. A hipótese mais aceita pelos cientistas é que um asteroide ou cometa contendo irídio teria caído na Terra e causado uma nuvem que teria bloqueado a luz do Sol, causando grandes mudanças no clima global por muitos meses. As pesquisas atuais têm se concentrado em uma cratera de 65 milhões de anos localizada no México, na cidade de Yucatán. O tamanho da cratera mexicana indica que pode ter sido causada por um objeto de 10 km de diâmetro.

Adaptado de: <<https://super.abril.com.br/ciencia/como-os-dinossauros-foram-extintos/>> e REECE, J. B. et al. *Biologia de Campbell*. 10. ed. Porto Alegre: Artmed, 2015. p. 534. Acesso em: fev. 2019.

MATERIAL DE USO EXCLUSIVO DO
SISTEMA DE ENSINO DOMINUS

ROTEIRO DE AULA

EVIDÊNCIAS EVOLUTIVAS

Evidências moleculares

célula

material genético

síntese proteica

Fósseis

comprovam a existência de espécies extintas

Anatomia comparada

Órgãos homólogos

mesma origem

funções distintas

Divergência evolutiva

Órgãos análogos

origem distinta

mesma função

Convergência evolutiva

Estruturas vestigiais

remanescentes dos ancestrais

Restrições evolutivas

estruturas preexistentes

Biogeografia

deriva continental

EXERCÍCIOS DE APLICAÇÃO

1. **Ufes** – As figuras mostram uma tartaruga marinha e um jabuti, répteis que apresentam características semelhantes e vivem em ambientes diferentes.



As características do formato do casco e das patas da tartaruga marinha e do jabuti confirmam a ocorrência de

- mutações que modificaram estruturas e direcionaram esses animais para um ambiente específico.
- adaptações às mudanças ambientais por meio do uso frequente dessas estruturas.
- evolução divergente entre animais que são filogeneticamente muito próximos.
- analogia anatômica entre estruturas de espécies diferentes que pertencem ao mesmo filo.
- evolução convergente entre animais de espécies diferentes oriundos de um ancestral comum.

As características citadas confirmam a ocorrência de evolução divergente ou homologia, em que a origem embrionária entre as espécies é semelhante, filogeneticamente próximas, com origem evolutiva comum, mas certas estruturas podem desempenhar funções diferentes, como nadar e caminhar.

2. **Uepa** – Leia o texto para responder à questão.

Os seres vivos são fruto do processo evolutivo que ocorre desde o aparecimento da vida na Terra. Cada espécie tem suas peculiaridades, suas adaptações ao meio, que lhe conferem maiores chances de sobrevivência e de deixar descendentes. Os cientistas atualmente recompõem a evolução a partir das **evidências evolutivas**.

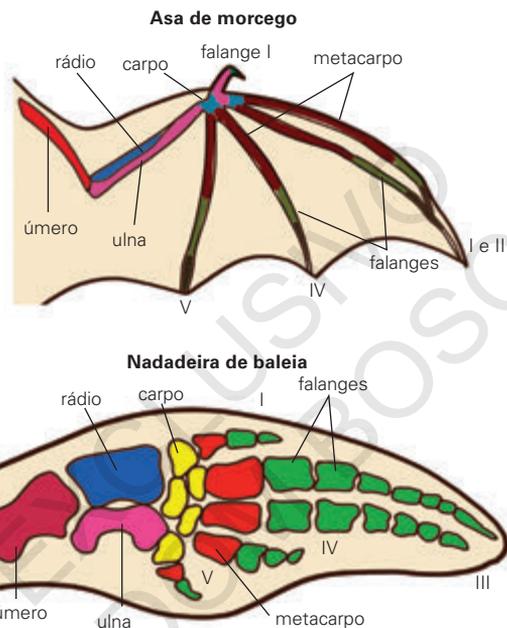
Texto modificado: Bio, Sônia Lopes, 2008.

Com relação às palavras em destaque no texto, é correto afirmar que

- a asa do morcego e a nadadeira anterior da baleia são estruturas análogas.
- o apêndice vermiforme é um órgão vestigial em humanos.
- os fósseis são restos de seres vivos ou seus vestígios de épocas recentes.
- a asa dos insetos e a asa das aves são estruturas homólogas.
- a embriologia comparada determina o grau de parentesco de organismos que possuem ancestrais diferentes.

O apêndice vermiforme situado na extremidade cecal do intestino grosso humano é um órgão vestigial, pois não apresenta atividade digestória ou absorviva evidente.

3. **Fac. Santa Marcelina-SP** – As figuras ilustram órgãos homólogos: uma asa de morcego e uma nadadeira de baleia.



- a) O que são órgãos homólogos?

Órgãos homólogos são aqueles de animais que apresentam ancestral comum, podendo ou não desempenhar a mesma função.

- b) Por que os órgãos homólogos são considerados evidências da evolução biológica? Cite outra evidência evolutiva que não seja homologia entre órgãos.

Os órgãos homólogos são considerados evidências da evolução biológica, pois algumas características de animais estão ligadas a um ancestral comum, que se adaptaram ao longo do tempo, apresentando a mesma função ou não. Outra evidência evolutiva são os órgãos análogos, que apresentam origens ancestrais diferentes, mas têm a mesma função.

4. Sistema Dom Bosco – Existem várias evidências que sustentam o fato de que a evolução aconteceu e acontece nos dias atuais. Dentre elas, podemos citar os fósseis, que são restos ou vestígios preservados da existência de organismos que viveram no passado. A respeito dos fósseis, marque a alternativa **incorreta**.

- a) Os fósseis evidenciam que, há milhares de anos, as espécies existentes eram diferentes das atuais.
- b) Através dos fósseis, é possível observar claramente a evolução de cada espécie, pois não há falhas no registro fóssil.
- c) Com o uso dos fósseis, é possível até mesmo entender as condições climáticas da época em que aquele organismo viveu.
- d) Nem todos os seres que morrem tornam-se fósseis, uma vez que uma série de condições especiais é necessária para que a fossilização aconteça.

O registro fóssil é bastante incompleto e apresenta diversas falhas. Assim, não é possível encontrar vários indivíduos de uma espécie fossilizados.

5. UPF-RS – A teoria da evolução biológica é considerada a base da Biologia moderna e existem várias evidências para corroborá-la. Em relação a esse assunto, analise as afirmativas a seguir.

- I. As evidências da evolução biológica estão baseadas no estudo comparado dos organismos, tanto fósseis quanto atuais.
- II. A presença de estruturas análogas em diferentes organismos evoluiu a partir de um ancestral comum.
- III. A presença de órgãos vestigiais em alguns organismos, como, por exemplo, o apêndice cecal (vermiforme) em humanos – considerando que em outros organismos esses mesmos órgãos são funcionais –, é uma evidência evolutiva.
- IV. Há grande semelhança no padrão de desenvolvimento embrionário inicial em diversos vertebrados. Quanto mais próximos evolutivamente são os organismos, maior é a semelhança no desenvolvimento embrionário.
- V. Espécies com maior proximidade evolutiva apresentam menor grau de similaridade nas sequências de bases nitrogenadas dos seus ácidos nucleicos.

Está correto apenas o que se afirma em

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

A presença de estruturas análogas em diferentes organismos é uma evidência de evolução convergente. Espécies com maior proximidade evolutiva apresentam maior grau de similaridade nas sequências de bases nitrogenadas dos seus ácidos nucleicos.

6. Mack-SP

C4-H16

O emprego maciço dos inseticidas sintéticos tem provocado o aparecimento de indivíduos resistentes ao veneno. Em 1964, havia pelo menos 140 espécies que tinham adquirido resistência aos vários inseticidas, das quais 80 eram vetores de doenças, como os anófeles. Essa resistência ocorre porque os inseticidas

- a) provocam mutações nas células somáticas, quando incorporados pelo ser vivo.
- b) selecionam os indivíduos, preservando os mais resistentes, que irão originar outras gerações resistentes.
- c) provocam uma adaptação dos indivíduos, por meio do desenvolvimento de defesa imunológica contra o inseticida.
- d) somente são absorvidos por indivíduos geneticamente modificados em laboratório.
- e) provocam a morte apenas dos machos, favorecendo o desenvolvimento de resistência nas fêmeas.

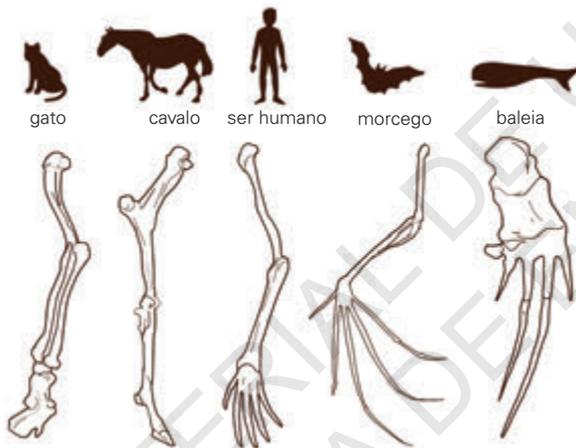
Os inseticidas em questão funcionariam como fatores de seleção. Selecionaram os indivíduos mais resistentes, os quais se multiplicariam e produziram gerações resistentes.

Competência: Compreender interações entre organismos e ambiente, em particular aquelas relacionadas à saúde humana, relacionando conhecimentos científicos, aspectos culturais e características individuais.

Habilidade: Compreender o papel da evolução na produção de padrões, processos biológicos ou na organização taxonômica dos seres vivos.

10. UFU-MG – A ideia de evolução proposta por Charles Darwin é considerada uma das mais importantes revoluções intelectuais do século XIX. De acordo com a teoria darwinista, todos os seres vivos descendem de ancestrais comuns e teriam evoluído por meio da seleção natural. Explique por que os órgãos vestigiais como o apêndice no ser humano e as estruturas homólogas em diferentes animais podem ser considerados evidências da evolução.

11. UEPG-PR – A figura abaixo mostra o membro anterior de diferentes mamíferos. Com base em seus conhecimentos sobre evidências da evolução, assinale o que for correto.



Fonte: LINHARES, S.; GEWANDAZNAJDER, F. *Biologia hoje*. 15. ed., v. 3, São Paulo: Editora Ática, 2010.

- 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.

12. UFG – Leia o texto a seguir.

Os animais não podem digerir a celulose sem a ajuda de bactérias, e muitos vertebrados reservam um beco sem saída no intestino, o ceco, que abriga esses microrganismos. O apêndice humano é um resquício do ceco mais avançado dos nossos ancestrais vegetarianos.

Fonte: DAWKINS, R. *O maior espetáculo da Terra: as evidências da evolução*. São Paulo: Companhia das Letras, 2009. p. 113.

Esse texto exemplifica a

- a)** presença de órgãos vestigiais.
b) presença de estruturas análogas.
c) ocorrência de adaptação ao meio.
d) ocorrência de convergência adaptativa.
e) transmissão de caracteres adquiridos.

13. UPE – Imagine que você precisou entreter algumas crianças com a visualização de um vídeo sobre dinossauros. O trecho a seguir despertou perguntas.

...Dinossauro

Veio muito antes do meu tata taravô...

...Não é fácil de achar um fóssil

Ainda mais haver um ovo intacto

Imagina ver um desses vivo

Eu corria logo pro meu quarto...

Disponível em: <<http://www.mundobita.com.br/>>.

Acesso em: mar. 2019.

As crianças querem saber:

- 1)** Por que não é fácil achar um fóssil?
2) Por que dinossauros deixaram de existir?
3) Por que é importante conhecê-los?

Assinale a alternativa que responde, de forma correta, a uma das curiosidades das crianças.

- a)** Preservar restos de animais é difícil por causa da decomposição por bactérias e fungos; em geral, partes moles são mais fáceis de conservar. Os dinossauros foram extintos há milhões de anos, pela erupção de um vulcão.
- b)** Partes duras e moles dos seres apresentam igual probabilidade de se fossilizarem, como é possível ver nos museus. Os dinossauros foram extensivamente caçados pelos Neandertais, o que os levou à extinção.
- c)** Fósseis de dinossauros são provas concretas da existência de vida na Terra, sendo uma importante ferramenta de estudo da evolução, que ocorreu nos seres vivos e no próprio planeta.
- d)** Se os fósseis dos dinossauros não fossem estudados, nunca saberíamos que essas aves gigantes viveram no planeta, na mesma época da espécie humana.
- e)** A Terra passou por vários períodos de extinção dos seres vivos. No Cretáceo, 90% das espécies vivas do planeta desapareceram e durante o Permiano os dinossauros foram extintos juntamente com os mamutes.

17. Uema – Várias pesquisas, em diferentes áreas da Biologia, mostram que a evolução ocorreu e continua ocorrendo em nosso meio. Estruturas corporais que se desenvolvem de modo semelhante em embriões de determinadas espécies podem desempenhar funções diferentes. Da mesma forma, órgãos ou estruturas que desempenham funções semelhantes em determinadas espécies podem ter origens embrionárias completamente diferentes. Portanto, as comparações embriológicas anatômicas de órgãos são chamadas de homologia e de analogia.

A partir do exposto, justifique a relação entre as asas das mariposas e as asas dos pássaros.

ESTUDO PARA O ENEM

18. Enem

C4-H16

Paleontólogos estudam fósseis e esqueletos de dinossauros para tentar explicar o desaparecimento desses animais. Esses estudos permitem afirmar que esses animais foram extintos há cerca de 65 milhões de anos. Uma teoria aceita atualmente é a de que um asteroide colidiu com a Terra, formando uma densa nuvem de poeira na atmosfera. De acordo com essa teoria, a extinção ocorreu em função de modificações no planeta que

- desestabilizam o relógio biológico dos animais, causando alterações no código genético.
- reduziriam a penetração da luz solar até a superfície da Terra, interferindo no fluxo energético das teias tróficas.
- causaram uma série de intoxicações nos animais, provocando a bioacumulação de partículas de poeira nos organismos.
- resultaram na sedimentação das partículas de poeira levantada com o impacto do meteoro, provocando o desaparecimento de rios e lagos.
- evitaram a precipitação de água até a superfície da Terra, causando uma grande seca que impediu a reatualimentação do ciclo hidrológico.

19. Enem

C4-H16

A maior parte dos mamíferos – especialmente os grandes – não pode viver sem água doce. Para os mamíferos marinhos, água doce é ainda mais difícil de ser obtida. Focas e leões-marinhos captam água dos peixes que consomem e alguns comem neve para obtê-la. Os peixes-boi procuram regularmente água doce nos rios. As baleias e outros cetáceos obtêm água de seu alimento e de goladas de água do mar. Para tanto, os cetáceos desenvolveram um sistema capaz de lidar com o excesso de sal associado à ingestão de água marinha. A grande quantidade de sal na água do mar

- torna impossível a vida de animais vertebrados nos oceanos.
- faz com que a diversidade biológica no ambiente marinho seja muito reduzida.
- faz com que apenas os mamíferos adaptados à ingestão direta de água salgada possam viver nos oceanos.
- faz com que seja inapropriado seu consumo direto como fonte de água doce por mamíferos marinhos, por exemplo, as baleias.
- exige de mamíferos que habitam o ambiente marinho adaptações fisiológicas, morfológicas ou comportamentais que lhes permitam obter água doce.

20. Unicamp-SP

C4-H16

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 (a seta 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.



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

- 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.
- 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.
- 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.
- 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.

LAMARCKISMO E DARWINISMO

25

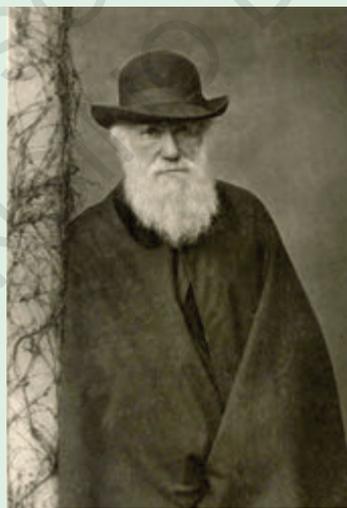
O termo *darwinismo* não é exclusividade da Biologia, já que costuma ser empregado na Medicina, na Psicologia, na História, na Sociologia e até na Economia. Esse termo refere-se à teoria da seleção natural, formulada no século XIX pelo inglês Charles Robert Darwin (1809-1882) e usada para explicar desde a origem do Universo até a competição entre empresas de internet.

Apesar de amplamente aceito na comunidade científica, Darwin enfrentou muita resistência em sua época e continua gerando controvérsia até os dias de hoje.

Biólogos ou pessoas que defendem abertamente ideias evolucionistas sofrem ameaças de morte de grupos religiosos radicais islâmicos na Turquia, chegando a propor leis para banir o conceito de seleção natural nas escolas. Uma situação parecida acontece no estado do Kansas, nos Estados Unidos, que, no ano de 1999, retirou do currículo escolar obrigatório as ideias darwinistas. Em 2001, essa decisão foi revogada, mas a vitória temporária do fundamentalismo religioso serviu para impulsionar a discussão sobre o ensino das ideias científicas sobre a origem e a evolução da vida.

Embora o criacionismo seja forte em algumas regiões dos Estados Unidos nas quais a *Bíblia* é interpretada de maneira literal, é curioso que os ataques religiosos aconteçam em um período histórico no qual a Igreja Católica fez as pazes com Darwin. Em 1996, o Papa João Paulo II afirmou que “novas evidências levam ao reconhecimento de que a teoria de Darwin é mais do que uma hipótese”.

Ao que tudo indica, a polêmica em torno do darwinismo está longe de acabar. Para a ciência, isso é muito bom, já que discussões e questionamentos são úteis para estimular o avanço do conhecimento e tornar as pesquisas mais rigorosas. Afinal, são as perguntas que movem a ciência.



Retrato de Charles R. Darwin (1809-1882).

LIBRARY OF CONGRESS, WASHINGTON DCB

- Teoria evolutiva de Lamarck
- Teoria evolutiva de Darwin
- Comparando Darwin e Lamarck

HABILIDADES

- Compreender a construção das teorias lamarckistas e darwinistas.
- Identificar as características e as diferenças entre as teorias do lamarckismo e do darwinismo.
- Relacionar a resistência a antibióticos e o surgimento de superbactérias com a seleção natural.

TEORIA EVOLUTIVA DE LAMARCK

Em 1778, Jean Baptiste de Lamarck (1744-1829) estudou as diferentes espécies de plantas encontradas em suas viagens como militar e publicou o livro *Flora francesa* naquele mesmo ano. Depois desse feito, foi convidado para trabalhar no Museu Nacional de História Natural de Paris. Em 1802, publicou o livro *Investigações sobre a organização dos seres vivos* e, com base na observação da diversidade entre os organismos, começou a questionar a crença deísta da criação divina do Universo dentro de suas teorias transformistas.

Durante a Revolução Francesa desenvolveu sua teoria transformista em diversas obras, como: *Pesquisa sobre a organização dos corpos vivos* (1800); *Filosofia zoológica* (1809); *História natural de animais sem vértebras* (1815).

O principal objetivo de Lamarck era relacionar suas crenças deístas à extinção dos seres vivos comprovada pela Paleontologia, ou seja, dentro das suas crenças de criação

divina fixista, como ele explicaria o fim de uma espécie. Vários outros naturalistas já compartilhavam a crença na possibilidade e também na necessidade de os seres vivos se “transformarem”. Lamarck propôs então a ideia de que os seres vivos apenas se transformariam, não se extinguiriam, porque o fim de uma espécie não seria condizente com a ideia de um criador perfeito e bondoso.

O essencialismo de Platão e a *Scala Naturae* de Aristóteles serviram como alicerce para o desenvolvimento de suas teorias. Lamarck propunha que cada indivíduo continha uma essência, um potencial inato de vida, com tendência para o aumento de sua complexidade, dos invertebrados ao humano.

Em 1809, Lamarck publicou a obra *Filosofia zoológica*, considerada pioneira no estudo da evolução biológica. Para Lamarck, o ambiente, qualquer que seja, não causa diretamente nenhuma modificação na forma ou na organização dos indivíduos. Apenas transformações ambientais intensas alterariam as necessidades dos seres vivos, promovendo diferentes demandas que, a longo prazo, fariam com que os indivíduos adquirissem novos hábitos e desenvolvessem órgãos e estruturas novas para atendê-las. Segundo o lamarckismo, os seres vivos devem adaptar-se ao meio para sobreviver. Se isso não acontece, morrem sem deixar descendentes. Lamarck fundamentou sua teoria em dois princípios: **lei do uso e desuso** e **lei da herança dos caracteres adquiridos**, como visto no módulo 23.

STANISLAVBELOGLAZOV/SHUTTERSTOCK



Para Lamarck, as girafas teriam pescoço comprido pelo uso contínuo dele para buscar alimento em árvores altas.

Segundo Lamarck, tudo aquilo que os indivíduos adquiriram ou perderam, por influência do ambiente ou do uso ou desuso predominante de um órgão, a natureza conservaria pela transmissão hereditária aos indivíduos que nascem, desde que essas modificações adquiridas fossem comuns a ambos os sexos. Assim, características adquiridas em função de uso ou desuso seriam hereditárias. Um exemplo dessa lei é a de coelhos de orelhas curtas, cuja necessidade de ouvir melhor fez crescer as orelhas e, assim, a característica foi transmitida aos descendentes.

A proposta lamarckista não explicou adequadamente a adaptação dos seres vivos ao ambiente. Seu grande mérito foi propor a teoria da evolução, contrariando as ideias fixistas vigentes e propondo um mecanismo para explicar como espécies criadas por um ser divino teriam uma tendência a se transformar gradualmente em seres mais complexos.

TEORIA EVOLUTIVA DE DARWIN

Charles Robert Darwin (1809-1882) foi convidado aos 22 anos pelo capitão Robert FitzRoy para uma expedição da marinha inglesa ao redor do mundo a bordo do navio *Beagle*. A expedição se iniciou no ano de 1831 com a missão inicial de catalogar tre-

chos pouco conhecidos da América do Sul. Além de um observador muito interessado, Darwin era um excelente desenhista e registrou em desenhos as características e a diversidade de animais e plantas. Tanta diversidade começou a fazer Darwin se questionar sobre o que tornava esses animais e plantas adaptados a ambientes tão distintos.



Rotas da expedição do navio Beagle, no qual Darwin fez sua viagem exploratória nos diferentes continentes.

Na América do Sul, mais precisamente na Argentina, Darwin encontrou fósseis de animais semelhantes a tatus. Posteriormente, no Arquipélago de Galápagos, a aproximadamente mil quilômetros do Equador, onde a expedição passou algumas semanas, o cientista ficou intrigado com certas espécies, como a iguanas marinhas, os jabutis gigantes e diferentes pássaros da família Fringillidae, os tentilhões, que não ocorriam em outro lugar.

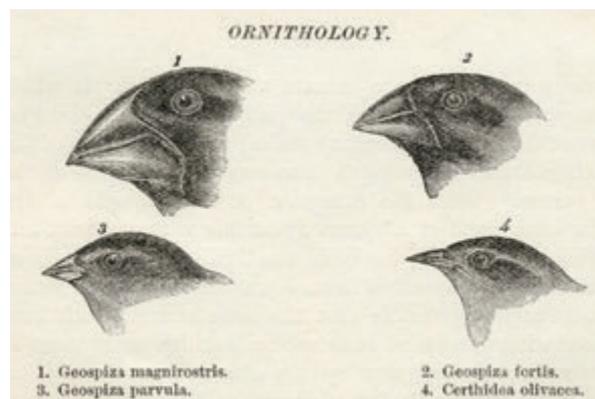
Darwin observou os aspectos das patas e o comprimento do pescoço de jabutis e notou que havia diferença nessas características nos indivíduos de ilhas diferentes. Além disso, observando os tentilhões do arquipélago, ele reparou que diferiam quanto ao formato do bico e eram parecidos com outra espécie do continente próximo, de condições ambientais diferentes das ilhas. Ele buscou então uma explicação para isso que divergia do pensamento fixista: as espécies do arquipélago evoluíram de espécies provenientes do continente de origem, adaptando-se às condições ambientais de cada ilha, apesar de mesmo clima e solo, flora e fauna semelhantes às do continente vizinho, não entre si.

Durante a viagem, também dedicou muito tempo estudando Geologia, principalmente na região Andina, e observou de perto as mudanças geológicas causadas por terremotos, além de ter acesso a diferentes fósseis.

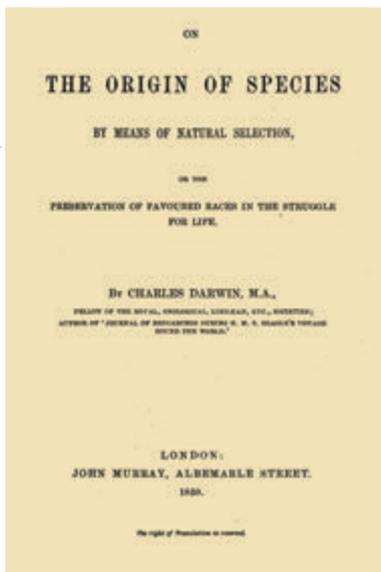
Quando retornou à Inglaterra, Darwin passou a trabalhar com o material recolhido durante a expedição. Por mais de 20 anos, analisou e recolheu provas da transformação das espécies, existência de fósseis e semelhança dos organismos das ilhas com os dos continentes.

Em 1858, ele conheceu o manuscrito intitulado *A tendência das variedades de se afastar indefinidamente do tipo original*, escrito pelo cientista inglês Alfred Russel Wallace (1823-1913), que lhe fornecia exemplares de pássaros para estudo e que chegara às mesmas conclusões.

Em 1859, Darwin publicou o livro *A origem das espécies*, sobre sua teoria da evolução biológica. Relatou que foi decisiva a leitura do trabalho *Um ensaio sobre populações*, de Malthus, mostrando uma discrepância entre o conhecimento da população humana (em progressão geométrica) e a produção alimentar (em progressão aritmética). Segundo Malthus, haveria intensa luta pela sobrevivência diante da produção insuficiente de alimento.



Os diferentes bicos dos tentilhões observados por Charles Darwin nas Ilhas Galápagos durante a viagem do Beagle.



Página de rosto da obra *A origem das espécies*, Londres, 1859, cópia de propriedade do Museu Zoológico de Berlim.

Darwin e Wallace leram a teoria de Malthus e perceberam que animais e plantas poderiam sofrer essa pressão populacional e, em muito pouco tempo, o mundo estaria coberto de besouros ou minhocas. Mas o mundo não estava infestado de insetos ou outras espécies. Isso provavelmente porque as espécies não eram capazes de reproduzir com potencial completo, além de morrerem antes de reproduzir, pois estavam vulneráveis às agressões ambientais – seca, frio intenso, insuficiência de alimento. Os indivíduos precisam competir, mesmo inconscientemente, pela pouca comida existente, provocando a manutenção do número de integrantes do grupo.

Na elaboração das ideias transformistas, Darwin baseou-se em duas observações: os organismos vivos produzem grande quantidade de unidades reprodutivas, mas o número de adultos se mantém mais ou menos constante, provavelmente em virtude da alta competição dos recursos disponíveis, como alimento, espaço e luminosidade; e os organismos de uma população apresentam variações de forma e comportamento que podem ser transmitidos às gerações futuras.

A teoria evolutiva de Darwin está fundamentada nas seguintes ideias: **variabilidade**, **adaptação** e **seleção natural** e tem como principal objetivo negar o fixismo e as ideias de criação individual dos organismos.

VARIABILIDADE E ADAPTAÇÃO

Darwin observou que os seres vivos geralmente não são idênticos entre si. As diferenças de altura, peso, forma dos membros, sistema imunológico, capacidade de aprendizagem etc. caracterizam a **variabilidade** existente entre indivíduos da mesma espécie. Além disso, ele postula que alguns traços conferem a um indivíduo em particular maior eficiência na disputa pela vida, ou seja, melhor adaptação às condições ambientais.

Na luta pela sobrevivência, indivíduos portadores de variações (características) mais bem adaptadas às condições ambientais levam vantagem competitiva, o que lhes possibilita procriar e transmitir características vantajosas

aos descendentes. **Adaptação** é, portanto, a capacidade de sobrevivência e reprodução de determinada espécie no ambiente. Ela se manifesta de várias formas: comportamento que ajuda na fuga de predadores; anatomia que facilita o acesso a determinado recurso alimentar, o que proporciona maior resistência a um ambiente adverso; ou produção de substância que elimina competidores.

SELEÇÃO NATURAL

Para Darwin, indivíduos de uma população não seriam idênticos, de modo que variações morfológicas, fisiológicas e comportamentais conferem aos indivíduos maior chance de sobrevivência e de reprodução, dando origem a descendentes igualmente adaptados. Darwin admitiu que, existindo **variação de características**, **reprodução** diferenciada e **hereditariedade** em uma população mais bem adaptada, haveria evolução por **seleção natural**. Dessa maneira, a seleção natural seria um meio pelo qual a evolução ocorre.

Em Galápagos, Darwin observou 13 espécies de tentilhões ou fringilídeos, aves muito semelhantes entre si, diferindo principalmente na forma do bico. Ele inferiu que essa diversidade de formas havia resultado de seleções naturais aos diferentes tipos de alimentos nas diversas ilhas: insetos, cactos, sementes, brotos de plantas e frutas carnosas. Havia diferentes formas do casco nas tartarugas-das-galápagos: casco arredondando na forma de domo (convexa) em espécimes habitantes de floresta densa em ilhas mais altas, onde ocorrem chuvas fortes; casco em arco na forma de sela que lhes permite levantar o pescoço para alcançar arbustos e plantas mais altas nas espécies das ilhas mais baixas, com pouca chuva e pouca vegetação rasteira.

Comparativamente aos exemplos do lamarckismo, as orelhas longas do coelho são produto da seleção natural, segundo o darwinismo. No passado, existiam coelhos de orelhas curtas e de orelhas longas. Os de orelhas longas tinham a percepção auditiva mais desenvolvida, percebendo mais rápido a presença de predadores, conseqüentemente se tornaram mais frequentes na população, reproduzindo mais que os coelhos de orelhas curtas, que eram mais suscetíveis à predação.

O clássico exemplo do pescoço comprido da girafa pela seleção natural é justificado pela ideia de que, em períodos de seca, os animais de pescoço comprido teriam maior sucesso em alcançar as folhas das plantas mais altas e, com mais acesso a alimento, teriam maiores chances de sobrevivência. Pesquisas recentes sugerem que a seleção do tamanho do pescoço da girafa resultou de disputas por fêmeas. Nesta competição, os machos das girafas batem a cabeça no corpo do oponente, usando o pescoço como alavanca. Girafas de pescoço maior teriam mais sucesso reprodutivo, contribuindo para o desaparecimento de populações com indivíduos de pescoço curto.

SELEÇÃO ARTIFICIAL

Os seres humanos têm direcionado alterações em espécies ao longo de gerações por meio da seleção e do cruzamento de indivíduos com características desejadas, produzindo variedades de espécies mais produtivas, como plantas resistentes à seca e às pragas; reprodutores mais potentes para maior produção de leite, por exemplo. Como resultado da seleção artificial, esses animais e plantas apresentam pouca semelhança com os seus ancestrais selvagens.

COMPARANDO DARWIN E LAMARCK

Cinquenta anos separam as teorias de Lamarck e Darwin. Apesar das explicações diferentes para a evolução das espécies, observam-se semelhanças entre as duas teorias, pois ambos os cientistas aceitam como fundamentais a adaptação das espécies ao meio e a importância do ambiente na sua evolução. Segundo Lamarck, o ambiente apresenta as necessidades e o organismo se esforça para adaptar-se. De acordo com Darwin, o ambiente seleciona os indivíduos mais aptos ao meio.

Darwin aceitou as hipóteses de Lamarck sobre a herança dos caracteres adquiridos por desconhecer a origem genética das variações. Atualmente, se sabe que o fenômeno da mutação responde pela produção das variações. As pesquisas de Mendel, fundador da genética e contemporâneo de Darwin, não tiveram muito impacto. Os princípios mendelianos só foram redescobertos no século XX. No processo evolutivo, os dois cientistas atribuíam participação diferente ao ambiente. Típica frase lamarckista: “pássaros têm asas para voar”. A mesma situação ao modo darwinista: “pássaros podem voar porque têm asas”.

Segundo Lamarck, o ambiente gera necessidades que exigem mudanças de hábitos e o esforço gera mudanças adaptativas de formas do corpo pelo uso ou desuso. As características adquiridas pelo esforço são transmitidas aos descendentes. Para Darwin, no entanto, o ambiente seleciona os mais aptos – favorece indivíduos com características apropriadas às condições do ambiente em determinado tempo. Populações de mesma espécie apresentam variações individuais. Os mais aptos vivem e se reproduzem mais, transmitindo características favoráveis aos descendentes.

LEITURA COMPLEMENTAR

Superbactérias? Entenda o problema da resistência aos antibióticos

Tecnicamente o uso do termo “superbactéria” não é o ideal, mas define muito bem o que pode acontecer quando os antibióticos são usados de maneira irresponsável. Quem já precisou de antibióticos para tratar uma infecção bacteriana teve as seguintes recomendações: tomar no mesmo horário, evitar consumo de bebida alcoólica e não interromper o tratamento antes de sua conclusão. Essas recomendações são muito mais do que meros protocolos médicos, pois, além de combater a bactéria em questão, o uso adequado de antibióticos visa evitar a resistência bacteriana.

A ideia é bem simples: em resumo as bactérias que sobrevivem aos antibióticos usados de maneira inadequada podem gerar outras bactérias que também são resistentes, chamadas de multirresistentes, por resistirem a vários tipos de medicamentos.

As principais causas da resistência microbiana provêm do uso indevido sem necessidade ou por um período diferente do recomendado, falhas no controle de infecções hospitalares, falta de higiene, ausência de novos tratamentos menos generalistas e excesso de antibióticos em animais destinados à alimentação humana.

As superbactérias representam, hoje, uma das principais ameaças à saúde pública mundial, já que a velocidade com que os cientistas descobrem novos antibióticos é infinitamente menor do que a incidência de infecções por esses tipos de bactérias. A OMS – Organização Mundial de Saúde – estima que se não forem controladas até 2050, causarão mais de 10 milhões de mortes por ano.

Adaptado de: <http://portal.anvisa.gov.br/noticias/-/asset_publisher/FXrpx9qY7FbU/content/abuso-de-antibiotico-estimula-superbacterias/219201/pop_up?inheritRedirect=false e <http://www.comciencia.br/resistencia-antibioticos-e-as-superbacterias/>>.
Acessos em: fev. 2019.

ROTEIRO DE AULA

TEORIAS EVOLUTIVAS DE LAMARCK E DARWIN

Jean-Baptiste Antoine de Monet, Chevalier de Lamarck, criou a teoria denominada:

Lamarckismo

Principal obra

Fisiologia zoológica (1809)

Princípios

lei do uso e desuso

herança dos caracteres adquiridos

Charles Darwin e Wallace Russel, criaram a teoria denominada:

Darwinismo

Principal obra

A origem das espécies (1859)

Princípios

adaptação

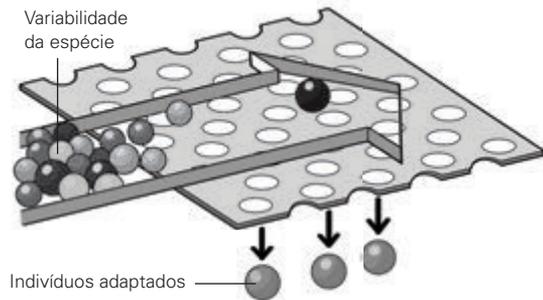
seleção natural

variabilidade

MATERIAL DE USO EXCLUSIVO DO SISTEMA DE ENSINO DOM BOSCO

EXERCÍCIOS DE APLICAÇÃO

1. UFSC – 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, é correto afirmar que

- 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 reputação 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 do vírus da dengue, chicungunha e zika.
- 64)** a seleção artificial pode ser explicada através do modelo didático, no qual a tela representa os critérios estabelecidos pelo ser humano com o objetivo de selecionar indivíduos com características de interesse.

01 + 02 + 32 = 35

(04) Incorreta. Os fenótipos necessários para a sobrevivência e a reprodução das espécies se modificam por eventos genéticos, como mutações e recombinações gênicas.

(08) Incorreta. A teoria da evolução proposta por Darwin e Wallace foi apresentada antes da descrição dos mecanismos genéticos que promovem a variabilidade das espécies.

(16) Incorreta. A produção de variabilidade ocorre em todos os indivíduos.

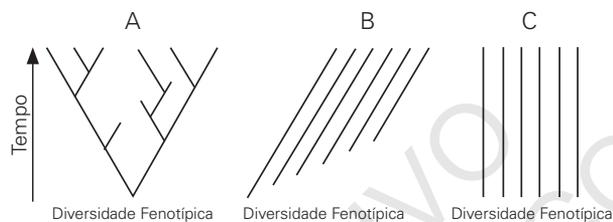
(64) Incorreta. A seleção natural é explicada pelo modelo didático.

2. Fuvest-SP – Uma ideia comum às teorias da evolução propostas por Darwin e por Lamarck é que a adaptação resulta

- a) do sucesso reprodutivo diferencial.
- b) de uso e desuso de estruturas anatômicas.
- c)** da interação entre os organismos e seus ambientes.
- d) da manutenção das melhores combinações gênicas.
- e) de mutações gênicas induzidas pelo ambiente.

A interação entre os organismos e o meio ambiente resulta em modificações nos organismos e, consequentemente, na evolução. Tanto Lamarck quanto Darwin acreditavam nessa influência do meio. Entretanto, apresentaram ideias diferentes de como as modificações ocorriam e eram repassadas.

3. UFRJ (adaptada) – As figuras a seguir representam três diferentes explicações para a diversidade da vida: o criacionismo, o lamarckismo (transformismo) e o darwinismo.



Associe cada figura a uma dessas explicações. Justifique sua resposta.

A – Darwinismo: ao longo do tempo, a diversificação das espécies

ocorreu por meio de um ancestral comum.

B – Lamarckismo: a vida surge sistematicamente e se transforma com o

passar do tempo. A diversidade de espécies atual é o resultado de várias

linhagens que surgiram em momentos diferentes e tiveram tempos

diferentes para sofrer transformações.

C – Criacionismo: as espécies são criadas em determinado momento

e não se transformam ao longo do tempo.

4. EBMSP-BA – Como nós, seres humanos, somos grandes e inteligentes o bastante para produzir e utilizar antibióticos e desinfetantes, convencemo-nos, facilmente, de que banimos as bactérias para a periferia da existência. Não acredite nisso. As bactérias podem não construir cidades nem ter vidas sociais interessantes, mas elas estarão presentes quando o Sol explodir. Este é o planeta delas, e só vivemos nele porque elas permitem.

BRYSON, Bill. *Breve história de quase tudo*. São Paulo: Companhia das Letras, 2005. p. 309.

A afirmativa que melhor esclarece os motivos científicos pelos quais a humanidade realmente não teria banido “as bactérias com o uso de antibióticos para a periferia da existência” é:

- a) O uso moderado dos antibióticos induziu o surgimento de novas características de resistência em superbactérias em relação aos medicamentos normalmente utilizados pela medicina.
- b) Os desinfetantes foram capazes de eliminar apenas a porção bacteriana mais sensível e incapazes de trazer informações herdáveis contidas no seu material genético, entretanto, mantiveram aquelas bactérias naturalmente ativas.

c) Os antibióticos orientam caminhos evolutivos mais adaptativos para as bactérias que já apresentavam estratégias de resistência a eles, alterando, assim, o conjunto gênico das populações que se apresentavam sob esse tipo de pressão seletiva.

- d) A população bacteriana se mostrou imune aos diversos esforços da humanidade em limitar a sua existência devido à sua alta capacidade mutacional, que é consequência da estrutura simplificada e acelular.
- e) As bactérias são consideradas os seres dominantes no planeta, visto que estão presentes em todos os tipos de nichos ecológicos existentes, como consequência do desenvolvimento de um novo tipo de código que se mostrou mais eficiente, quando comparado aos outros organismos.

Os antibióticos selecionam as variedades de bactérias naturalmente resistentes, eliminando as sensíveis, de maneira que os indivíduos resistentes se tornam mais frequentes na população.

5. UEPG-PR – Darwin, em sua teoria, considerou a existência de um parentesco generalizado entre as espécies, fato que obteve pouca aceitação em sua época. Para ele, as espécies estavam relacionadas evolutivamente, ou seja, compartilhavam um ancestral em algum ponto da sua história evolutiva. Assinale o que for correto em relação à teoria da seleção natural, os maiores problemas enfrentados por Darwin em sua época ou fatos que não soube explicar.

- 01) Darwin errou ao descrever que os indivíduos de uma população diferem quanto a diversas características, inclusive aquelas que influem na capacidade de explorar com sucesso os recursos naturais e de deixar descendentes. Atualmente, é conhecido que todos os indivíduos das populações biológicas têm a mesma chance de sobrevivência e reprodução.
- 02) A teoria da herança por mistura, teoria de herança genética aceita na época, apresentava forte argumento contra o chamado darwinismo. De acordo com a teoria da herança por mistura, uma nova característica, mesmo vantajosa, tenderia a se misturar com a característica antiga ao longo das gerações.
- 04) Os principais argumentos contra a teoria da seleção natural de Darwin era o pleno conhecimento da comunidade científica da época das leis de Mendel, da mutação e da recombinação genética.
- 08) O principal problema das propostas de Darwin era a falta de teorias que explicassem a origem e a transmissão das variações para dar um embasamento à teoria da seleção natural.
- 16) Em sua teoria, Darwin afirmou que a seleção natural é um processo aleatório, sem o favorecimento de uma variante fenotípica. Darwin também descreveu em sua teoria que a variabilidade genética de uma população é resultado dos processos de mutação e recombinação.

$$02 + 08 = 10$$

- (01) Incorreta. Darwin acertou ao descrever que os indivíduos de uma população diferem quanto a diversas características.
- (04) Incorreta. Na época de Darwin não eram conhecidas as causas da variabilidade observada entre os seres vivos.
- (16) Incorreta. Em sua teoria, Darwin afirmou que a seleção natural orienta as variações por canais adaptativos, além de não conhecer os processos de mutação e recombinação de genes.

6. Fac. Santa Marcelina-SP

C4-H16

Lamarck, Darwin e Wallace foram importantes evolucionistas que contribuíram para esclarecer a transformação dos seres vivos ao longo do tempo.

- a) Cite as duas leis que norteavam o princípio evolutivo de Lamarck.

Segundo Lamarck, as transformações evolutivas ocorriam por modificações de órgãos devidas à lei de uso e desuso. Essas modificações adquiridas passariam para as próximas gerações hereditariamente.

- b) O meio ambiente desempenha um papel preponderante na adaptação dos seres vivos. Entretanto, para os evolucionistas citados, o meio exerce papéis diferentes. Como o meio atua sobre os seres vivos de acordo com o lamarckismo e de acordo com a teoria de Darwin-Wallace, respectivamente?

Para Lamarck, o meio impõe a necessidade da mudança de órgãos.

Segundo a teoria de Darwin e de Wallace, o meio seleciona as variações mais vantajosas, que permitem melhor capacidade de sobrevivência e reprodução.

Competência: Compreender interações entre organismos e ambiente, em particular aquelas relacionadas à saúde humana, relacionando conhecimentos científicos, aspectos culturais e características individuais.

Habilidade: Compreender o papel da evolução na produção de padrões, processos biológicos ou na organização taxonômica dos seres vivos.

EXERCÍCIOS PROPOSTOS

7. PUCCamp-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 estruturas das plantas.
- III. Insetos camuflados no ambiente.

A seleção natural explica o que está exemplificado em

- a) I, apenas.

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

8. Famerp-SP – Após uma aula sobre a teoria evolutiva de Darwin-Wallace, cinco estudantes discutiram sobre o tema e cada um chegou a uma conclusão sobre as adaptações encontradas em algumas espécies de animais.

- I. Lucas: “As espécies animais tiveram que se adequar ao meio ambiente para sobreviver e foi assim que as características adaptativas favoráveis foram surgindo”.

- II. Bernardo: "O meio ambiente escolheu os seres vivos mais aptos e, assim, muitas espécies, como insetos, formaram as asas para atender a essa escolha".
- III. Camila: "A seleção natural impôs às espécies de animais que se modificassem e, dessa forma, elas sobreviveram, caso contrário, teriam sido eliminadas".
- IV. Karen: "Os animais com características favoráveis tinham mais chance de sobrevivência e de reprodução e essas características foram transmitidas aos descendentes".
- V. Tatiana: "Animais, como os peixes, possuem adaptações semelhantes, uma vez que tinham as mesmas necessidades de sobrevivência na água e, por seleção natural, geraram filhotes semelhantes".

O conceito da teoria de Darwin-Wallace foi corretamente apresentado por

- Tatiana.
- Karen.
- Camila.
- Lucas.
- Bernardo.

9. UEL-PR – Leia o texto a seguir e responda à questão.

O tempo nada mais é que a forma da nossa intuição interna. Se a condição particular da nossa sensibilidade lhe for suprimida, desaparece também o conceito de tempo, que não adere aos próprios objetos, mas apenas ao sujeito que os intui.

KANT, I. *Crítica da razão pura*. Trad. Valério Rohden e Udo Baldur Moosburger. São Paulo: Abril Cultural, 1980. p. 47. Coleção Os Pensadores.

No início do século XIX, alguns naturalistas passaram a adotar ideias evolucionistas para explicar a diversidade do mundo vivo. Embora os teólogos naturais tivessem reconhecido a importância do meio ambiente e as adaptações dos organismos a ele, Jean-Baptiste Lamarck foi o primeiro a reconhecer a importância crucial do tempo para explicar a diversidade da vida.

Assinale a alternativa que apresenta, corretamente, uma contribuição de Lamarck para o pensamento evolucionista da época, além do fator tempo.

- Uma vez que, a cada geração, sobrevivem os mais aptos, eles tendem a transmitir aos descendentes as características relacionadas a essa maior aptidão para sobreviver.
- Os indivíduos que sobrevivem e se reproduzem, a cada geração, são os que apresentam determinadas características relacionadas com a adaptação às condições ambientais.
- Algumas características conferem a seus portadores vantagens para explorar o meio ambiente de forma a tornar a sobrevivência e a reprodução mais eficientes.
- A variação casual apresenta-se em primeiro lugar e a atividade ordenada do meio ambiente vem posteriormente, ou seja, a variação independente do meio.
- A adaptação é o inevitável produto final de processos fisiológicos requeridos pelas necessidades dos organismos de fazer face às mudanças de seu ambiente.

10. Unesp – Em uma ilha isolada, havia uma população de roedores cuja cor da pelagem era determinada pelos alelos A e a. O alelo dominante determinava pelagem escura e o alelo recessivo determinava pelagem clara. A

proporção genotípica para cada 100 indivíduos era de 50 homocigotos recessivos, 30 homocigotos dominantes e 20 heterocigotos. Um terremoto local separou a ilha em duas porções de terra, uma maior e outra menor, e cada uma ficou com a metade da população inicial de roedores, sem que houvesse fluxo de animais entre as porções. Casualmente, na porção menor, não havia roedores de pelagem clara e as condições ambientais mudaram drasticamente. Uma geração depois, nasceram inúmeros roedores de pelagem clara nessa ilha. Após décadas, biólogos constataram que a população da ilha menor constituía uma nova espécie.

Por que, uma geração depois, nasceram inúmeros roedores de pelagem clara na ilha menor? Explique como a seleção natural contribuiu para a formação da nova espécie de roedores na ilha menor.

11. 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 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.

- Carlos Lineu
- Charles Darwin
- Gregor Mendel
- Alexander Oparin
- Jean-Baptiste Lamarck

12. UFTM-MG – Um estudante do ensino médio, ao ler sobre o tegumento humano, fez a seguinte afirmação ao seu professor: "o ser humano moderno não apresenta tantos pelos como os seus ancestrais, pois deixou de usar esses anexos como isolante térmico. Isso só foi possível porque o ser humano adquiriu uma inteligência que permitiu a confecção de roupas, protegendo-o do frio". Diante dessa informação dada pelo aluno, o professor explicou que isso

- não ocorreu e a informação está de acordo com a teoria evolutiva de Lamarck, que pressupõe que estruturas do corpo que não são solicitadas desaparecem

e essas características adquiridas são transmitidas aos descendentes.

- b) não ocorreu e a informação está de acordo com a teoria evolutiva de Lamarck, que pressupõe que existe variação genotípica entre indivíduos, sendo que aqueles portadores de características adaptativas conseguem sobreviver e deixar descendentes.
- c) ocorreu de fato e a informação está de acordo com a teoria evolutiva de Darwin, que pressupõe que os seres vivos com características adaptativas favoráveis têm maiores chances de viver.
- d) ocorreu de fato e a informação está de acordo com a teoria evolutiva de Darwin, que pressupõe que os seres vivos por necessidade vão se modificando ao longo do tempo.

13. IFSP – Sapos e rãs são anfíbios, apresentam dependência de ambientes terrestres úmidos ou aquáticos, apresentam na sua pele as glândulas de muco para conservá-la úmida e favorecer trocas gasosas, além de poder exibir glândulas de veneno que eliminam substâncias para combater microrganismos e afugentar animais predadores. A explicação para essas características nos anfíbios, fornecida pela Teoria da Evolução de Charles Darwin é apresentada em:

- a) Seleção de adaptações positivas devido à ação do meio ambiente.
- b) Lei do uso e desuso.
- c) A existência de pulmão atrofiado devido à respiração cutânea.
- d) A transmissão de características adquiridas para os descendentes.
- e) A destruição dessas espécies porque estão mal adaptadas.

14. UFJF-MG – As modificações acarretadas pela evolução podem levar milhares de anos para que possam ser notadas em alguns macrorganismos, mas, por outro lado, pode ser um processo mais rapidamente notado, como o verificado em bactérias e vírus, devido ao ciclo de vida curto desses microrganismos.

- a) Cite uma das três principais observações feitas por Darwin que o levou a criar a Teoria da Seleção Natural.

- b) Com base na Teoria da Seleção Natural, explique por que certo antibiótico deixou de ser eficiente para uma determinada bactéria que causa uma doença no ser humano e que, no início do tratamento, essa bactéria era sensível ao antibiótico.

15. UFJF-MG – Um nome importante na origem do pensamento evolucionista é do francês Jean-Baptiste Lamarck, que publicou uma série de obras sobre sua teoria evolutiva, sendo as mais conhecidas a de 1809 no seu livro *Filosofia zoológica*. Dentre as suas ideias, uma relaciona o ambiente à mudança de hábitos de um ser vivo, levando à alteração de certas estruturas em seu organismo. Essa ideia é conhecida como a lei de

- a) uso e desuso.
- b) transmissão das características adquiridas.
- c) fixismo.
- d) seleção natural.
- e) divergência adaptativa.

16. Fac. Albert Einstein-SP – A tira de quadrinhos abaixo mostra, de maneira espirituosa, o aumento de acuidade auditiva em uma das duas figuras que ali aparecem. Em seguida, há uma descrição de passos hipotéticos, enumerados de 1 a 3, que tentam explicar a evolução do comprimento das orelhas em coelhos.



- 1) Em algum ponto no passado, os coelhos possuíam orelhas relativamente curtas. Como a sua sobrevivência dependia fortemente da sua capacidade de ouvir um predador que se aproximava, eles distendiam suas orelhas continuamente a fim de ouvir com o máximo de eficiência.
- 2) A contínua distensão das orelhas afetou as células reprodutivas, com o resultado de que os coelhos vieram gradualmente a ter orelhas mais longas. Esses coelhos, por sua vez, distenderam suas orelhas e passaram o aumento para seus descendentes.
- 3) Eventualmente, um ponto foi atingido no qual o comprimento da orelha era suficiente para possibilitar aos coelhos sobreviverem sem distensão ulterior. Nesse ponto, o comprimento das orelhas estabilizou-se.

BUFFALOE, N. D. *Diversidade de plantas e animais*. São Paulo: Edgar Blücher, p. 20.

A descrição em questão está em desacordo com

- a) a lei do uso e desuso e a herança dos caracteres adquiridos, relativos à teoria proposta por Lamarck.
- b) a lei do uso e desuso e a herança dos caracteres adquiridos, relativos à teoria proposta por Darwin.
- c) o conceito de seleção natural, relativo à teoria proposta por Lamarck.
- d) o conceito de seleção natural, relativo à teoria proposta por Darwin.

17. UFRN – A restrição à venda de antibióticos no Brasil foi uma medida tomada em função do aparecimento de bactérias super-resistentes. Atualmente, com os avanços na área da Genética e da Biologia Molecular, uma das explicações aceitas para o surgimento dessas bactérias é a ocorrência de mutações, a partir das quais haveria uma mudança aleatória em um determinado gene, e, dessa forma, as bactérias passariam a apresentar resistência ao antibiótico.

No passado, sem o conhecimento da Genética e da Biologia Molecular, Lamarck e Darwin elaboraram explicações para o surgimento de novas variedades de seres vivos.

Nesse contexto, como pode ser explicado o surgimento de bactérias super-resistentes

a) com base na teoria da evolução de Lamarck?

b) com base na teoria da evolução de Darwin?

ESTUDO PARA O ENEM

18. Enem

C4-H16

Darwin, em viagem às Ilhas Galápagos, observou que os tentilhões apresentavam bicos com formatos diferentes em cada ilha, de acordo com o tipo de alimentação disponível. Lamarck, ao explicar que o pescoço da girafa teria esticado para colher folhas e frutos no alto das árvores, elaborou ideias importantes sobre a evolução dos seres vivos.

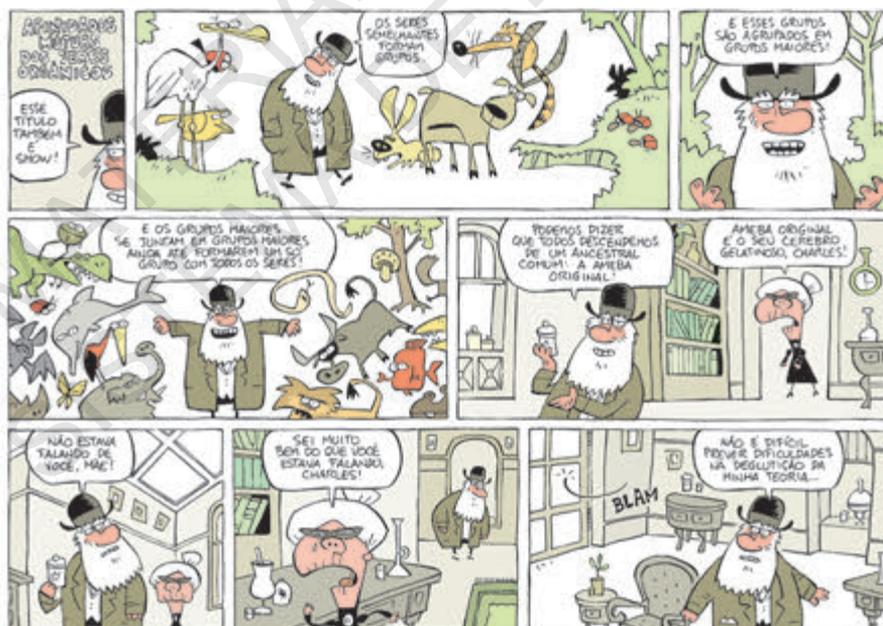
O texto aponta que uma ideia comum às teorias da evolução, propostas por Darwin e por Lamarck, refere-se à interação entre os organismos e seus ambientes, que é denominada de

- a)** mutação.
- b)** adaptação.
- c)** seleção natural.
- d)** recombinação gênica.
- e)** variabilidade genética.

19. Sistema Dom Bosco

C5-H17

Leia a charge a seguir.



FERNANDO GONSALES

A história em quadrinhos é de autoria do biólogo cartunista Fernando Gonsales e ilustra os apontamentos sobre todos os seres vivos terem como origem um ancestral comum.

Dentre as alternativas abaixo, qual **não** se enquadra com o darwinismo?

- a) Darwin deu a volta ao mundo no navio *Beagle* em 1831, expedição que propiciou ao cientista contato com uma imensa diversidade de animais e plantas.
- b) Darwin explica o mecanismo de evolução através da preservação de variações favoráveis pela seleção natural.
- c) Darwin defendia a ideia de que as populações se diferenciaram gradualmente ao longo de muitas gerações.
- d) A teoria da Evolução por alguns cientistas é considerada como Darwin-Wallace, pela influência e participação do cientista Alfred Russel Wallace.
- e) O livro *A origem das espécies* é de imensa importância científica porque descreve detalhadamente os mecanismos de hereditariedade das variações favoráveis selecionadas naturalmente pelo processo evolutivo.

20. Enem

C4-H16

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 criadas no texto foram originadas pela seleção natural.
- b) a ausência de olhos teria sido causada pela falta de uso deles, 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.



MATERIAL DE USO EDUCACIONAL DO SISTEMA DE ENSINO DE CIÊNCIAS DA NATUREZA E SUAS TECNOLOGIAS

BIOLOGIA 3B

CIÊNCIAS DA NATUREZA E SUAS TECNOLOGIAS

26

TEORIA SINTÉTICA DA EVOLUÇÃO

- Mecanismos de evolução
- Processos evolutivos
- Tipos de especiação
- Irradiação e convergência adaptativa

HABILIDADES

- Compreender a teoria sintética da evolução, enfatizando o conceito de mutação.
- Compreender o conceito de especiação e os mecanismos que direcionam o processo.
- Reconhecer o desenvolvimento dos eventos de irradiação e convergência adaptativa.

O processo evolutivo envolve diversos mecanismos que garantem a transmissão das características selecionadas naturalmente aos descendentes ao longo do tempo. Diversos desses mecanismos são garantidos pela reprodução sexuada e pela variabilidade genética. Um deles é a mutação, caracterizada pela alteração da sequência de nucleotídeos do DNA que pode provocar mudanças no fenótipo dos organismos.

As mutações são aleatórias e podem ser neutras, benéficas ou prejudiciais. Algumas se tornam essenciais para a sobrevivência e o processo evolutivo. Um exemplo disso são os insetos resistentes ao DDT (inseticida diclorodifeniltricloroetano), cujos genes responsáveis pela resistência estão associados à baixa taxa de reprodução. Assim, em ambientes sem DDT, ter o gene resistente ao inseticida é uma grande desvantagem, uma vez que os insetos sem o gene se reproduzem com maior facilidade.

O conceito de seleção natural estudado por Darwin serviu de base para a formulação da nova teoria sintética associada aos mecanismos de hereditariedade e mutações: a variabilidade genética observada na população é decorrente dos processos de recombinação e mutação ao longo das gerações, o que favorece que os indivíduos mais aptos sejam selecionados e transmitam tais características aos seus descendentes.



O uso frequente e contínuo do DDT na agricultura fez com que parte da população desenvolvesse um gene resistente ao princípio ativo desse inseticida.

ENVIRONMENTAL IMAGES / UIG / FOTOARENA

MECANISMOS DE EVOLUÇÃO

Em 1927, o entomólogo russo Yuri Filipchenko definiu dois termos usualmente citados em diversas fontes de pesquisa para a melhor compreensão dos processos evolutivos.

A **microevolução** é um processo em menor escala, dentro de uma única população, por exemplo, e está associada a mudanças na frequência gênica, na mutação, na migração, na deriva genética e na seleção natural. A **macroevolução** é caracterizada por ocorrer em larga escala e estar associada à história global da vida – estabilidade, mudança, surgimento de linhagens e extinção. Existem diversos mecanismos de pressão seletiva que atuam na evolução das espécies.

MUTAÇÃO GÊNICA

O holandês Hugo de Vries (1848-1935), autor do livro *A teoria das mutações*, observou em seus estudos que as variações gênicas surgiam aleatoriamente, sem indicação de que estivessem presentes em gerações passadas. Em alguns padrões de herança genética, essas mutações não poderiam ser explicadas pela teoria mendeliana. Dessa maneira, ele concluiu que as modificações bruscas do material genético ocorreriam ao acaso, podendo ser transmitidas hereditariamente, e denominou esse processo de **mutação**.



STEVE GSCHMEISSNER / SCIENCE PHOTO LIBRARY / FOTOARENA

Micrografia de mosca-das-frutas (*Drosophila melanogaster*). O indivíduo à direita é selvagem (natural) e o outro é mutante, praticamente sem asas. *Drosófilas* são amplamente usadas em pesquisas genéticas por conta do seu rápido ciclo de vida.

As mutações são fontes primárias de variabilidade dos seres vivos, nas quais atua a seleção natural. A maior parte das mutações é prejudicial ou deletéria, pelo fato de agentes mutagênicos constituírem perigo para os seres vivos. Uma vez que mutações acontecem ao acaso, novas formas aparecem sem qualquer relação com as necessidades do organismo. Genes originados por mutação conferem aos organismos características diferentes em relação aos ancestrais e demais membros da espécie. As mutações podem ocorrer em células **germinativas** formadoras de gametas ou em células **somáticas**, não relacionadas à reprodução.

Mutações gênicas são aquelas em que há modificação da molécula de DNA, o que pode levar à alteração da proteína sintetizada. Mutações **cromossômicas** afetam a estrutura ou o número de cromossomos da célula. Por fim, as **mutações espontâneas** ocorrem em taxas baixas por causas naturais, ou **induzidas**, quando utilizado algum fator mutagênico, como os raios X ou raios UV.

A teoria sintética da evolução admite que variações hereditárias presentes nos indivíduos têm relação direta com os genes e cromossomos. Os genes podem sofrer ocasionalmente modificações espontâneas, sem qualquer relação adaptativa intencional do organismo com o ambiente. Novos genes e combinações originadas desses dois fenômenos garantem que indivíduos de uma espécie sejam geneticamente diferentes a cada geração.

A **recombinação gênica** é inerente à reprodução sexuada e promove o aparecimento de novos genóti-

pos, novos genes sobre os quais atua a seleção natural. Os principais mecanismos que promovem a recombinação são a fecundação, o *crossing over* e a segregação na meiose. Nesse processo são segregados os pares de gametas, o que aumenta a variabilidade genética dos gametas formados. No *crossing over* ocorrem permutas aleatórias e naturais entre os cromossomos durante a meiose, aumentando ainda mais a variabilidade.

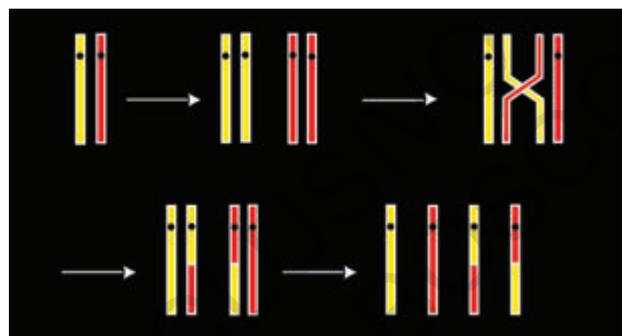


Ilustração do processo aleatório de *crossing over*, no qual há troca de material genético entre dois cromossomos durante a meiose. Elementos representados fora da escala de tamanho. Cores fantasia.

SCIENCE PHOTO LIBRARY / ALAMY
STOCK PHOTO

MIGRAÇÃO

É o padrão de distribuição e dispersão das populações. Qualquer movimento de uma população para a outra é um movimento migratório. Inclui eventos como o pólen levado pelo vento para um novo local, onde originará um novo indivíduo e mudanças de pessoas para outras cidades ou países, ou seja, não é preciso haver fluxo gênico. Na reprodução, genes são transportados a uma nova população, na qual não existiam previamente, caracterizando o **fluxo gênico**.

DERIVA GENÉTICA

Corresponde a alterações nas frequências alélicas causadas por fenômenos aleatórios entre gerações. Esse processo provoca variações nas frequências gênicas de uma população com o tempo. Em populações pequenas, o efeito das flutuações da deriva genética sobre a variabilidade genética é mais evidente. A deriva reduz a variabilidade genética, fazendo com que determinada frequência alélica seja fixada na população, possivelmente reduzindo a habilidade da população de responder às pressões seletivas.



PAUL TESSIER/SHUTTERSTOCK

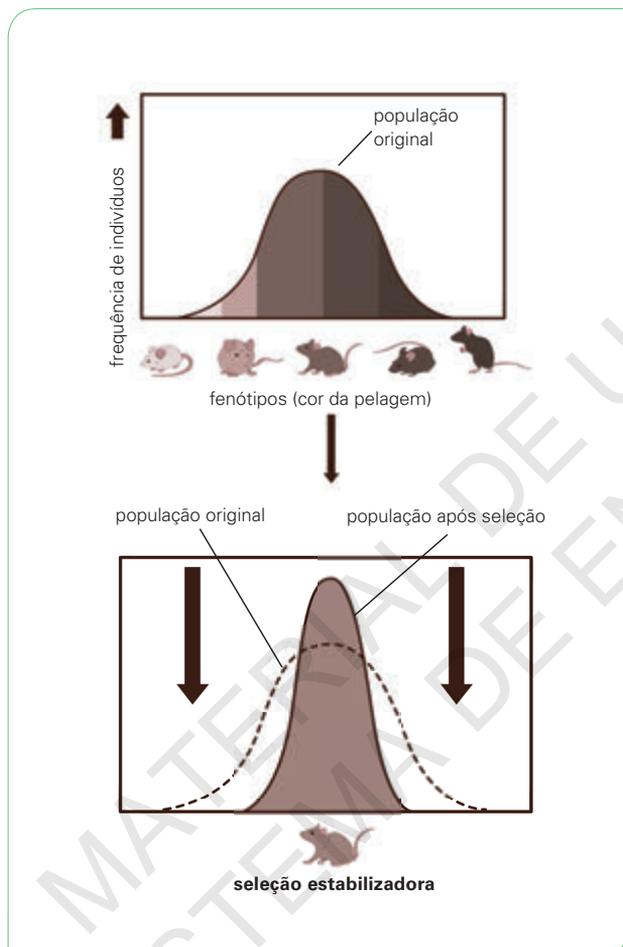
A população de leão-marinho-do-norte (*Mirounga Angustirostris*) apresenta baixa variação genética, provocada pela caça predatória, que reduziu a população para cerca de 20 indivíduos até o final do século XIX.

RESULTADOS DA SELEÇÃO NATURAL

A seleção natural atua sobre as características variáveis com diferentes valores adaptativos em uma população. Assim, como resultado de uma pressão seletiva, diferentes padrões de seleção podem surgir.

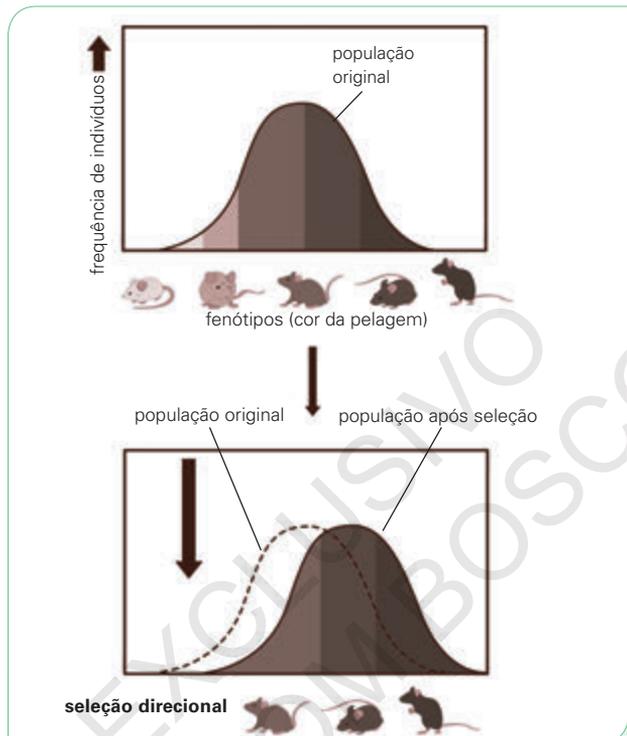
Suponha que uma população de camundongos apresente diferentes fenótipos de cor de pelagem e que haja uma pressão seletiva no ambiente que favorece determinados tipos de pelagem. A seleção natural pode atuar de três formas, gerando três resultados diferentes nessa população.

A **seleção estabilizadora** atua reduzindo a diversidade, favorece a forma intermediária de uma característica e reduz os caracteres extremos. Não modifica a média populacional, em tamanho, por exemplo.



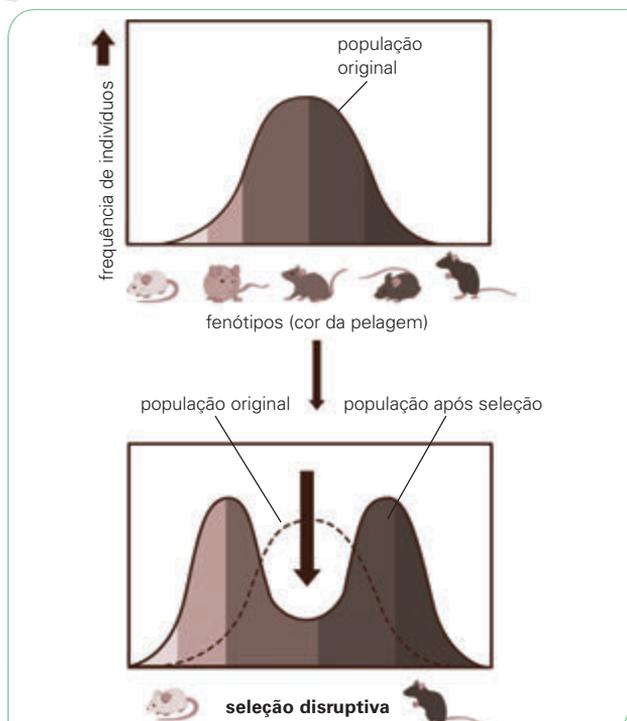
Na seleção estabilizadora, os camundongos com cor de pelagem intermediária foram favorecidos, de modo que foram eliminados os indivíduos com pelagens clara e escura.

A **seleção direcional** opera ao longo de gerações, selecionando os indivíduos no extremo do espectro de um fenótipo. No caso dos camundongos, são selecionados apenas os indivíduos com pelagem mais clara ou mais escura, de modo que, passadas muitas gerações, a população apresenta fenótipos muito parecidos.



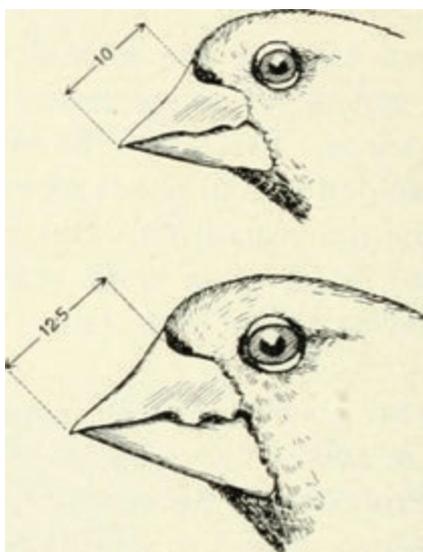
Na seleção direcional, o fenótipo de um dos extremos é favorecido, de modo que se estabelece na população ao longo de muitas gerações.

A **seleção disruptiva** modifica as características da população, favorecendo indivíduos cujas características se encontram nos extremos da distribuição normal da população – os quais contribuem com maior prole –, de modo que as formas intermediárias são eliminadas. A seleção disruptiva produz dois picos na curva de distribuição do tamanho populacional, conhecida por distribuição bimodal.



Na seleção disruptiva, os fenótipos intermediários são favorecidos e os extremos são eliminados da população.

A população de tentilhão-de-peito-preto (*Pyrenestes ostrinus*), do oeste da África, é um exemplo de seleção disruptiva. Essas aves mantêm dois tamanhos de bico (pequeno e grande), de acordo com as sementes (macias ou duras) produzidas pelos juncos disponíveis. As formas com bico intermediário não sobrevivem.



BOOK WORM / ALAMY STOCK PHOTO

Ilustração do acervo do Museu Americano de História Natural que demonstra a diferença de comprimento do bico do tentilhão-de-peito-preto (*Pyrenestes ostrinus*).

RESISTÊNCIA

Resistência é o desenvolvimento de habilidade de uma linhagem para tolerar substâncias tóxicas que seriam letais à maioria da população normal (suscetível) da espécie. O processo determinante é a pressão contínua de seleção, como o uso frequente de um inseticida específico ou de um antibiótico.

No caso da resistência a inseticidas, o inseticida organoclorado – DDT (diclorodifeniltricloroetano) e derivados – alcançou êxito na luta contra insetos. Sua ação, no entanto, diminuiu progressivamente. Após aniquilar o piolho-do-homem (*Pediculus humanus humanus*), vetor do tifo, em Nápoles (1944), Japão e Coreia (1945-1946), mostrou-se incapaz de deter a epidemia da doença na Espanha (1950). Em 1951, soldados coreanos pulverizados com DDT tiveram os piolhos multiplicados em vez de exterminados. Tal fenômeno também foi observado com o *Anopheles* sp., mosquito vetor da malária, e com moscas. Uma explicação é que haveria um variante mutante do inseto resistente ao inseticida, que antes do DDT estava em baixa frequência na população. Após a aplicação do inseticida, foram favorecidos os insetos mutantes, que foram selecionados positivamente com a sua frequência na população aumentada. O alto potencial reprodutivo dos insetos favorece o aparecimento de variantes mutantes. Ao se aplicar um novo inseticida, há uma provável geração de indivíduos resistentes ao novo produto na população, o que favorece a ocorrência de uma nova seleção natural, proliferando formas ainda mais imunes ao inseticida.

COEVOLUÇÃO

Processo evolutivo que ocorre simultaneamente entre duas ou mais espécies, que se afetam reciprocamente. Pode acontecer quando espécies diferentes têm interações ecológicas próximas, causando mudança na morfologia para suas adaptações.

Possíveis casos de interação ecológica podem ocorrer entre predador e presa, parasitismo, mutualismo, comensalismo, competição por ambiente ou alimento. Assim, mediante pressões seletivas, a evolução de uma espécie torna-se parcialmente dependente da evolução da outra. Observa-se coevolução entre plantas e insetos. Algumas espécies de acácia formam espinhos ocos, com poros na base das folhas, que secretam néctar. Este, por sua vez, atrai formigas, que se alimentam e formam ninhos nos espinhos ocos. Nessa relação, as formigas recebem alimento e abrigo, enquanto as plantas são protegidas do ataque de predadores pelas formigas.



MSHIELDSPHOTOS / ALAMY STOCK PHOTO

Relação simbiótica entre acácia e formigas.

APOSEMATISMO, CAMUFLAGEM E MIMETISMO

Aposematismo é a adaptação de alguns animais ou plantas que servem como alerta a predadores em potencial. Compreende sinais representados por cores fortes (vermelho, laranja, azul, preto), indicadores de seu potencial de toxicidade ou impalatabilidade. Consiste em mecanismo de defesa preliminar à captura, evitando a perseguição. Comum em insetos, pode ocorrer em anfíbios, répteis, pássaros, peixes e mamíferos. Exemplos: sapo-boi-azul (*Dendrobates tinctorius*), e polvo-de-anéis-azuis (*Hapalochlaena maculosa*), de coloração azul metálica e manchas negras, que advertem os possíveis predadores de seu potente veneno neurotóxico.



IMAGEBROKER / ALAMY STOCK PHOTO

Aposematismo do polvo-de-anéis-azuis (*Hapalochlaena maculosa*).

Camuflagem e mimetismo são características que tornam os indivíduos semelhantes a um componente ambiental (camuflagem) ou a outro organismo (mimetismo), dificultando sua visualização pelos predadores. No caso do mimetismo, uma espécie assemelha-se a outra não palatável ou venenosa. Exemplos: borboleta-tigre, *Danaus genutia*, mimetizada em borboleta-monarca (*Danaus plexippus*), e cobra-coral-falsa (*Erythrolamprus aesculapii*), que mimetiza a cobra-coral-verdadeira (*Micrurus lemniscatus*).



Cobra-coral-falsa (*Erythrolamprus aesculapii*).

PROCESSOS EVOLUTIVOS

No estudo da evolução, observou-se que espécies que apresentam muitas semelhanças anatômicas, embrionárias e bioquímicas têm ancestral comum. Como é possível uma espécie evoluir e originar duas outras diferentes? Que mecanismos levam à formação de novas categorias? A resposta está na **espeiação**. Trata-se de um evento de separação da linhagem que produz duas ou mais espécies distintas por meio de mecanismos que geram biodiversidade.

O conjunto de organismos semelhantes, com potencial de se reproduzir em condições naturais, gerando descendentes férteis, é o que chamamos de **conceito biológico de espécie**, ou seja, é um grupo com capacidade potencial de trocar genes. O **conceito filogenético** de espécie é definido como o menor grupo de indivíduos que compartilham um ancestral comum mais exclusivo.

Se duas populações em condições naturais não conseguem mais trocar genes, diz-se que houve **isolamento reprodutivo** entre elas, ou seja, o fluxo gênico foi interrompido, indicando a formação de novas espécies. As barreiras que impedem o cruzamento de populações são diversas, como rios, cadeias de montanhas, oceanos. Essas barreiras são chamadas de **isolamento geográfico**.

Os processos evolutivos constituem-se de um conjunto de anagêneses (evoluções contínuas de uma espécie) intercaladas por conjunto de cladogêneses (quebra de fluxo gênico, gerando espeiação e aumento da biodiversidade), ocorrendo em diferentes velocidades.

Os processos de **anagêneses**, também chamados de **evolução sequencial**, são transformações progressivas de uma espécie ao longo do tempo, com mudanças graduais nas características das populações

em virtude de mutações, recombinações gênicas e seleções naturais. Uma população que se separa em razão de uma barreira física intransponível, por exemplo, gera partes impossibilitadas de trocar genes entre si. Permanecendo nessa condição, sofrem mecanismos evolutivos por anagênese.

Uma população, quando isolada geograficamente, torna-se diferente da original e atinge um isolamento reprodutivo; ocorre o processo de espeiação, evento de quebra de uma espécie ancestral em duas descendentes, gerando aumento na diversidade. Esse mecanismo é chamado de **cladogênese**.

MECANISMOS DE ISOLAMENTO REPRODUTIVO

O isolamento reprodutivo pré-zigótico ocorre antes da fecundação e da formação do zigoto. Entre as possibilidades desse isolamento reprodutivo destacam-se o **isolamento ecológico** ou **de hábitat**, em que espécies ocupam diferentes áreas geográficas e não se encontram naturalmente para a reprodução. É o que ocorre entre tigres e leões. Apesar de existirem descendentes em cativeiro, não se reproduzem em condições naturais, já que o leão asiático vive em savanas e o tigre em florestas.

O **isolamento estacional** ou **sazonal** ocorre quando espécies apresentam diferentes épocas reprodutivas. Muitas vezes, os gametas de uma espécie não estão maduros na mesma época que os gametas de outra.

O **isolamento etológico** ou **comportamental** ocorre quando espécies apresentam padrões de comportamento tão distintos que os machos de uma espécie não atraem as fêmeas de outra. Ocorre em razão de mudanças significativas na corte: canto, dança, liberação de feromônios etc. É observado em vertebrados, como aves e sapos (diferentes coaxar), e em insetos, como vaga-lumes, com diferentes padrões de cores nos sinais luminosos.

O **isolamento mecânico** ocorre quando os órgãos reprodutores das espécies se tornam incompatíveis, impedindo a cópula. Ocorre em artrópodes, gastrópodes e alguns anelídeos hermafroditas.

Por fim, o **isolamento por mortalidade gamética** acontece quando gametas de uma espécie morrem dentro do organismo de outra espécie em virtude de diferenças fisiológicas entre aparelhos reprodutores e reações imunitárias.

ISOLAMENTO REPRODUTIVO PÓS-ZIGÓTICO

Ocorre após a fecundação e consequente formação do zigoto. Entre as possibilidades desse tipo de isolamento reprodutivo, destacam-se a **morte do zigoto** ou **embrião**, sendo o desenvolvimento incompleto em virtude de diferenças genéticas entre as espécies. Ocorre em peixes com fecundação externa em decorrência da mistura de gametas de diferentes espécies

na água; a **esterilidade do descendente**, quando ocorrem desenvolvimento embrionário e nascimento dos descendentes, na maioria, estéreis. É o que acontece no cruzamento do jumento com a égua, originando o burro ou a mula, ou do cavalo com a zebra, gerando um zebroide.

PETER CHADWICK / SCIENCE PHOTO LIBRARY / FOTOARENA



O zebroide é um híbrido infértil proveniente do cruzamento entre cavalo e zebra.

VELOCIDADES DO PROCESSO DE EVOLUÇÃO

O evento resultante do acúmulo de pequenas diferenças genéticas durante um longo período sob influência de seleção natural é chamado de **gradualismo**. O **equilíbrio pontuado**, contudo, é o conjunto de poucas mudanças rápidas ao longo da evolução das populações que se dão de maneira rara e pontual. Exemplo: catástrofe com extinção em massa.

TIPOS DE ESPECIAÇÃO

Se o fluxo genético entre conjuntos de indivíduos for interrompido, por barreiras físicas ou não, essas subpopulações acumularão lentamente diferenças genéticas. As diferenças acumuladas podem levar a uma situação que não permita o cruzamento entre indivíduos dessas populações. Nesse momento, obtêm-se duas espécies diferentes, por isolamento reprodutivo. Os tipos de especiação são frequentemente classificados de acordo com o quanto a separação geográfica pode contribuir para a redução de fluxo gênico.

ESPECIAÇÃO ALOPÁTRICA

É o modo mais conhecido e aceito de especiação. Possui fluxo gênico entre grupos de uma população igual ou próximo a zero por causa da separação geográfica que impede o contato direto entre esses grupos e a reprodução sexuada. Cada subpopulação passa por processos independentes de evolução, até se tornarem incapazes de cruzar e deixar descendentes férteis. Pode ocorrer de diversas maneiras, entre elas, por isolamento geográfico e por **isolamento ecológico**, quando na área ocupada por dada espécie podem ocorrer

alterações ambientais (florestações, períodos de seca), originando habitats com diferentes condições.

A intensificação das diferenças pode contribuir para a formação de raças ou subespécies – variações de uma mesma espécie, com diferenças morfológicas, que ainda podem cruzar, originando descendentes férteis. Mesmo quando o processo de especiação é iniciado com isolamento geográfico, isso não significa que haverá obrigatoriamente formação de novas raças ou subespécies. O que indica a formação de novas espécies é o isolamento reprodutivo.

Diferentes espécies de cães, por exemplo, são consideradas raças ou subespécies, porque não ocorreu ainda a interrupção completa do fluxo gênico entre elas. Raças de tamanhos intermediários podem servir de pontes gênicas, transferindo genes entre raças de tamanhos extremos.

ESPECIAÇÃO SIMPÁTRICA

Mecanismo que ocorre sem isolamento geográfico entre populações, as quais evoluem no mesmo ambiente. A exploração de novo nicho pode automaticamente reduzir o fluxo gênico com indivíduos que exploram outros nichos. Apesar de o fluxo gênico entre indivíduos ser total, as interações ecológicas levam a essa forma de especiação. Isso ocasionalmente pode acontecer quando, por exemplo, insetos herbívoros experimentarem uma nova planta hospedeira.

ESPECIAÇÃO PERIPÁTRICA

Versão especial do modo de especiação alopátrica. Acontece quando espécies novas são formadas em populações periféricas isoladas, em que não há transferência de genes. No entanto, propõe que uma das populações seja muito menor do que a outra. O conceito foi apresentado por Ernst Mayr e relaciona-se à deriva genética.

ESPECIAÇÃO PARAPÁTRICA

Ocorre numa área geográfica contínua na qual as espécies divergentes apresentam distribuições adjacentes. Não há barreira externa ao fluxo gênico, mas os acasalamentos não são completamente aleatórios. No processo de parapátrica, as subpopulações mantêm-se ligadas periféricamente.

IRRADIAÇÃO E CONVERGÊNCIA ADAPTATIVA

IRRADIAÇÃO ADAPTATIVA

Mecanismo de especiação baseado na separação por barreira física de uma população inicial (grupo ancestral) em dois grupos. A passagem do tempo pode formar duas espécies adaptadas a ambientes diferentes.

Com base nesse modelo de especiação, uma questão pode ser levantada: novas espécies são geradas somente aos pares, ou seja, as duas simultaneamente, ou é

TEORIA SINTÉTICA DA EVOLUÇÃO

ROTEIRO DE AULA

Mecanismos

Variabilidade gênica

mutação

Recombinação genética

fecundação

crossing over

segregação

Fluxo gênico

deriva genética

Seleção natural:

estabilizadora

direcional

disruptiva

Coevolução

Processos

Anagênese

evolução sequencial

Cladogênese

especiação

peripátrica

parapátrica

simpátrica

Isolamento reprodutivo

pré-zigótico

pós-zigótico

Mecanismos de especiação

Ecológico

Morte do zigoto

convergência adaptativa

Sazonal

Esterilidade dos descendentes

irradiação adaptativa

Mecânico

Etológico

Mortalidade gamética

MATERIAL EXCLUSIVO DO SISTEMA DE ENSINO DOM BOSCO

9. UEMG – A *Euphorbia obesa* se assemelha a muitos cactos, mas não pertence a essa família de plantas. Porém, assim como os cactos, são encontradas em regiões secas e com insolação abundante. A semelhança entre essas plantas e os cactos deve-se ao fato de a *Euphorbia* ter

- adquirido esse formato por seleção artificial.
- perdido suas folhas devido à predação por herbívoros.
- sido submetida às mesmas pressões seletivas que os cactos.
- mudado sua aparência para sobreviver a ambientes inóspitos.

10. PUC-RJ – Uma espécie de roedores apresenta uma característica determinada por um único *locus* gênico. Em uma população dessa espécie, há indivíduos com a característica dominante e recessiva numa proporção de 10:1, respectivamente. Entretanto, ocorreu um desastre ambiental que levou à morte todos os indivíduos com a característica recessiva, alterando bruscamente a frequência do alelo recessivo na população.

- Qual força evolutiva é responsável por essa alteração na frequência alélica?

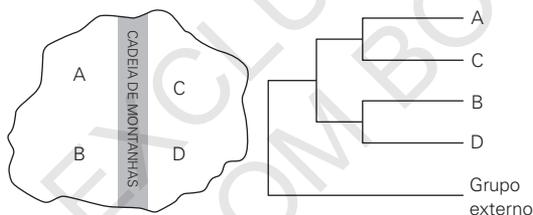
- Pode-se afirmar que a frequência do alelo recessivo será zero após o desastre? Justifique.

11. Unesp – 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.

Os gafanhotos cor-de-rosa são raros porque

- a mutação reduz a variabilidade genética na população de gafanhotos, prejudicando a seleção natural de indivíduos cor-de-rosa.
- concorrem por alimento com os gafanhotos verdes, que são mais eficientes por terem a mesma coloração das folhagens.
- destacam-se visualmente e são facilmente encontrados e predados, enquanto os gafanhotos verdes se camuflam na natureza.
- os gafanhotos verdes são mais numerosos na natureza e, portanto, se reproduzem e deixam muito mais descendentes.
- são muito menos evoluídos que os gafanhotos verdes e por isso sobrevivem por pouco tempo na natureza.

12. PUC-RJ – A figura abaixo representa a distribuição geográfica atual de quatro espécies de um gênero de lagartos (A, B, C e D) e sua relação filogenética.



Que tipo de especiação é o mais provável de ter ocorrido?

- Simpátrica.
- Alopátrica.
- Parapátrica.
- Peripátrica.
- Coespeciação.

13. UFPR – Considere duas populações de uma espécie de mamífero. Na população I os animais têm coloração da pelagem clara e habitam ambientes de campo aberto. Na população II eles têm coloração escura e habitam ambientes de floresta densa. O gene F é responsável pela coloração da pelagem nessa espécie de mamífero. O alelo F (completamente dominante) confere coloração escura, e o alelo f (recessivo), coloração clara. Nesse sentido, a seleção natural sobre essas populações é do tipo

- direcional a favor da pelagem escura, o que pode levar à extinção da população I.
- disruptiva, desfavorecendo os heterozigotos, o que pode levar à especiação.
- direcional, favorecendo apenas os homozigotos FF nas duas populações.
- estabilizadora, com os heterozigotos (Ff) igualmente adaptados aos dois ambientes.
- disruptiva, o que pode levar à extinção de ambas as populações.

14. UFJF-MG – A borboleta-lua-azul, *Hypolimnas bolina*, habita as ilhas Samoa e estava sendo atacada por um parasita que destruía apenas embriões do sexo masculino, o que causou um sério desequilíbrio entre os sexos. Os machos chegaram a representar apenas 1% da população de borboletas. No entanto, após dez gerações, o sexo masculino voltou a representar 40% da população de borboletas. O aumento da proporção de machos não se deve ao desaparecimento do parasita, pois ele ainda estava presente, mas não era mais letal aos embriões do sexo masculino.

- a) Com base na teoria sintética da evolução, quais fatores evolutivos permitiram que a população de machos se restabelecesse?

- b) Se essa população resistente ao parasita fosse isolada geograficamente, por um longo período de tempo, de outras populações da mesma espécie que não sofrem o ataque deste parasita, o que iria acontecer? Qual o processo evolutivo responsável?

- c) Como no exemplo da borboleta-lua-azul, indivíduos de uma mesma população apresentam características diferentes. Quais os mecanismos responsáveis por gerar essa variação entre indivíduos?

15. UFJF-MG – Recentemente, uma nova espécie de caramujo aquático foi descrita para a América do Norte. Os pesquisadores estavam estudando o que acreditam se tratar de duas populações de uma espécie bem conhecida, quando observaram que os indivíduos da população "A" apresentam características morfológicas diferentes daquelas observadas nos indivíduos da população "B". Para confirmar que a população "A" representava uma nova espécie, os pesquisadores analisaram e compararam o DNA dos indivíduos provenientes das duas populações e provaram, através de experimentos de laboratório, que esses indivíduos não são capazes de se acasalar. As diferenças observadas no DNA e o fato de os indivíduos das duas populações não terem acasalado e, portanto, não gerarem descendentes férteis foram interpretados pelos cientistas como provas de que essas duas populações correspondem a duas espécies diferentes.

- I. Os mecanismos de isolamento reprodutivo entre as populações de caramujos poderiam ser do tipo

pré-zigótico, já que os indivíduos não foram capazes de se acasalar.

- II. Duas populações que se encontram em alopatria podem se tornar espécies diferentes ao longo do tempo devido à manutenção do fluxo gênico.
- III. Através de mutações no DNA e ausência de fluxo gênico, alelos diferentes vão sendo fixados nas duas populações, levando à formação de duas espécies diferentes.
- IV. O isolamento geográfico pode resultar em mudanças no fenótipo que tornam os indivíduos incompatíveis para a reprodução.
- V. O isolamento reprodutivo pode ocorrer em consequência do isolamento geográfico e ausência de fluxo gênico entre populações alopátricas.

Assinale a opção com as afirmativas corretas

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

16. FGV – Especiação é o processo evolutivo que, no decorrer de milhares de anos, resulta na formação de novas espécies biológicas. O processo de especiação simpátrica é diferente do processo de especiação alopátrica, pois

- a) o primeiro depende da introdução ou migração de novos indivíduos para a população original.
- b) o segundo ocorre por meio de rápidas mutações genéticas seletivas em apenas alguns indivíduos da população original.
- c) o primeiro ocorre por meio da ação da deriva genética característica da redução significativa na população original.
- d) o segundo depende da separação e isolamento, por meio de uma barreira geográfica, dos indivíduos da população original.
- e) o primeiro ocorre posteriormente ao isolamento reprodutivo em função da baixa diversidade genética da população original.

17. UFPR – A hemoglobina falciforme (HbS) é uma variante estrutural da hemoglobina normal, gerada pelo alelo "s". Quando o alelo "s" é herdado de apenas um dos genitores, a criança heterozigota (Ss) é uma portadora assintomática. Quando é herdado dos dois genitores, a criança sofre de anemia falciforme, uma doença grave que comumente leva à morte nos primeiros anos de vida. Portadores do alelo "s" são resistentes à malária, que frequentemente é letal, especialmente nos primeiros anos de vida.

Que tipo de seleção natural atua em locais da África com alta incidência de malária e qual genótipo é favorecido?

ESTUDO PARA O ENEM

18. Enem

C4-H16

Atualmente, o medicamento de escolha para o tratamento da esquistossomose causada por todas as espécies do verme *Schistosoma* é o praziquantel (PZQ). 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> Acesso em: 17 dez. 2012 (Adaptado).

Qual é o mecanismo de seleção dos vermes resistentes citados?

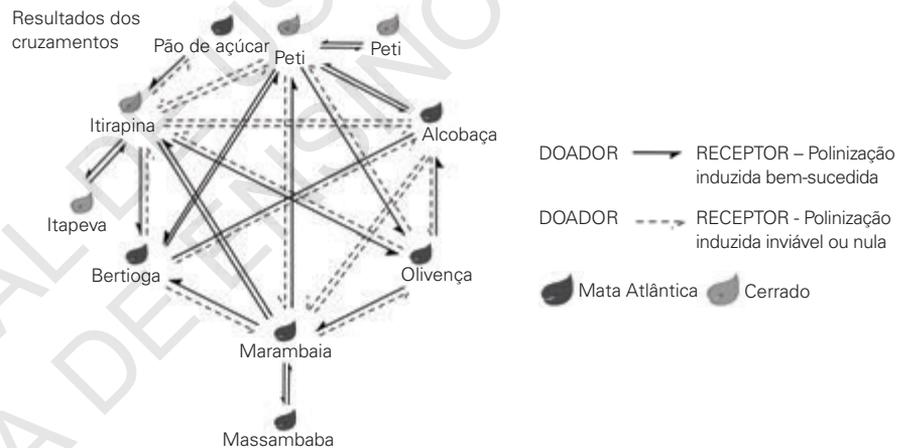
- Os vermes tornam-se resistentes ao entrarem em contato com o medicamento quando invadem muitos hospedeiros.
- Os vermes resistentes absorvem o medicamento, passando-o para seus descendentes, que também se tornam resistentes.
- Os vermes resistentes transmitem resistência ao medicamento quando entram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

19. Enem

C5-H17

O processo de formação de novas espécies é lento e repleto de nuances e estágios intermediários, havendo uma diminuição da viabilidade entre cruzamentos. Assim, plantas originalmente de uma mesma espécie que cruzam mais entre si podem ser consideradas como uma espécie se diferenciando. Um pesquisador realizou cruzamentos entre nove populações – denominadas de acordo com a localização onde são encontradas – de uma espécie de orquídea (*Epidendrum denticulatum*). No diagrama estão os resultados dos cruzamentos entre as populações.

Considere que o doador fornece o pólen para o receptor.



FIORAVANTI, C. Os primeiros passos de novas espécies: plantas e animais se diferenciam por meio de mecanismos surpreendentes. Pesquisa Fapesp, out. 2013. (Adaptado).

Em populações de quais localidades se observa um processo de especiação evidente?

- Bertioiga e Marambaia; Alcobaça e Olivenga.
- Itirapina e Itapeva; Marambaia e Massambaba.
- Itirapina e Marambaia; Alcobaça e Itirapina.
- Itirapina e Peti; Alcobaça e Marambaia.
- Itirapina e Olivenga; Marambaia e Peti.

20. Enem

C4-H16

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, o surgimento dessa superbactéria ocorreu por

- aumento da especiação.
- crescimento populacional.
- variações no material gênico.
- ampliação da irradiação adaptativa.
- potencialização da convergência evolutiva.

EVOLUÇÃO DE POPULAÇÕES

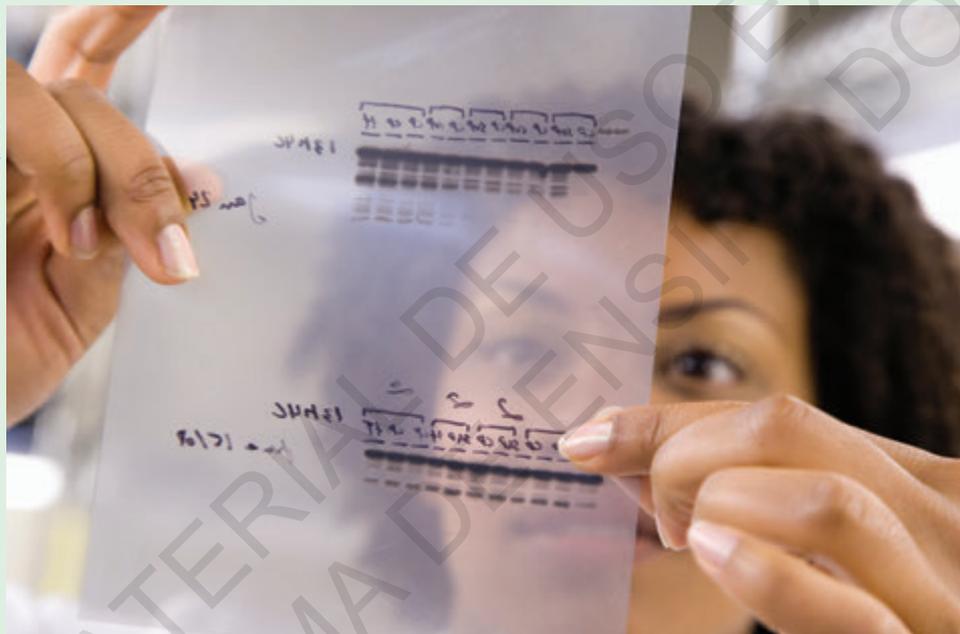
27

Quando tratamos de biodiversidade, normalmente pensamos em seres macroscópicos, florestas, savanas e oceanos. No entanto, o que vem à mente quando nos referimos à biodiversidade genética?

De maneira geral, quanto mais uma população é geneticamente diversa, maiores são as chances de sucesso evolutivo em situações de mudanças ambientais ou em casos de propagação de doenças letais. Esse fato ocorre porque a presença de determinado alelo é capaz de garantir a sobrevivência de uma população.

A perda da variabilidade genética afeta negativamente a habilidade de uma população se adaptar às mudanças no ambiente, o que pode levar à extinção da população ou da espécie, dependendo do tipo e da intensidade da transformação ambiental.

FANGXIANUO/ISTOCKPHOTO.COM



Cientista examinando um sequenciamento de DNA.

Genética de populações

A evolução de uma espécie depende da variação da frequência de certos genes na população. Diversos são os fatores que possibilitam essa variação, como: seleção natural, mutação, deriva genética, isolamento geográfico e isolamento reprodutivo.

A genética de populações estuda modelos matemáticos para estimar a frequência dos alelos e as alterações causadas por pressões evolutivas diversas. Esse ramo da Biologia divide-se em:

- **genética descritiva** – avalia a frequência dos caracteres genéticos em populações naturais ou experimentais, sob ação dos mais diversos fatores;
- **genética teórica** – elabora modelos matemáticos e estatísticos para explicar fenômenos genéticos nas populações.

- Genética de populações
- Equilíbrio de Hardy-Weinberg
- Origem e evolução dos grandes grupos

HABILIDADES

- Compreender o conceito de genética de populações.
- Explicar o equilíbrio de Hardy-Weinberg e as frequências esperadas para uma população em razão dessa predição.
- Identificar a história evolutiva dos grandes grupos de seres vivos.

Equilíbrio de Hardy-Weinberg

O matemático inglês Godfrey Harold Hardy (1877-1947) e o médico alemão Wilhelm Weinberg (1862-1937) analisaram de maneira independente o comportamento dos genes. Eles verificaram que as frequências gênicas são constantes por muitas gerações em uma população bastante numerosa, isenta de fatores evolutivos, cujos cruzamentos ocorrem ao acaso.

As condições estabelecidas para tal população são:

- grande quantidade de indivíduos que permita todos os tipos de cruzamento possíveis, de modo que não haja deriva genética;
- panmixia (do grego *pan* = todos; e do latim *miscere* = misturar), isto é, cruzamentos ao acaso, sem haver preferência por indivíduos portadores de determinado genótipo – situação em que a frequência de alelos se mantém inalterada. No entanto, isso geralmente não acontece, pois implica a não ocorrência de evolução;
- isenção de qualquer fator evolutivo, como seleção natural, mutação, migração e deriva genética.

Esse estudo deu origem ao **equilíbrio de Hardy-Weinberg**. Segundo ele, somente a população com essas três condições permanece em equilíbrio gênico, ou seja, a frequência de seus alelos se mantém constante ao longo das gerações.

O postulado de Hardy-Weinberg tem grande importância para a genética de populações, pois estabelece um padrão teórico para se compreender o padrão gênico de uma população ao longo das gerações: os fatores evolutivos alteram a frequência gênica da população, mutações incrementam nela novos genes, a seleção natural promove maior sucesso reprodutivo de genótipos selecionados e a migração altera a frequência por promover o fluxo de alelos de uma população para outra.

FREQUÊNCIA GÊNICA

Vamos considerar uma população em equilíbrio gênico, na qual existam, para dado caráter, os alelos **A** e **a**, e para a qual suas frequências somadas são sempre 100%. Se a frequência do alelo **A** é dada por **p** e a frequência do alelo **a** é expressa por **q**, temos:

$$A = p \text{ e } a = q$$

Logo:

$$A + a = 100\% \rightarrow$$

$$\rightarrow P + q = 100\%$$

$$P + q = 1$$

Como os cruzamentos são ao acaso, os indivíduos podem apresentar os seguintes genótipos: AA, Aa e aa. A frequência dos genótipos é dada pela probabilidade de um alelo, somada à probabilidade do seu par. Ou seja:

$$AA: p \times p = p^2$$

$$\left. \begin{array}{l} Aa: p \times q \\ Aa: q \times p \end{array} \right\} 2pq$$

$$Aa: q \times q = q^2$$

Todos os indivíduos da população são representados por 100% e resultam da soma dos homozigotos dominantes (AA), recessivos (aa) e heterozigotos (Aa) da seguinte maneira:

$$AA + Aa + aa = 100\%$$

Logo:

$$p^2 + 2pq + q^2 = 100\%$$

Assim, tem-se a fórmula que expressa as probabilidades dos genótipos para determinado par de alelos na população:

$$p^2 + 2pq + q^2 = 1$$

APLICABILIDADE DO EQUILÍBRIO DE HARDY-WEINBERG

Aplicar o equilíbrio de Hardy-Weinberg ajuda a determinar se uma população hipotética está ou não em equilíbrio, a fim de destacar a presença de processos evolutivos que provocaram desvios ou estimar se um alelo está submetido à ação da seleção natural ou se apresenta um efeito neutro.

Se a frequência dos alelos autossômicos **A** e **a** é, respectivamente, 60% e 40% (0,6 e 0,4), cada gameta tem apenas um alelo de cada gene. Conclui-se, então, que 60% dos gametas produzidos por essa população têm o alelo **A** e que os outros 40% apresentam o alelo **a**.

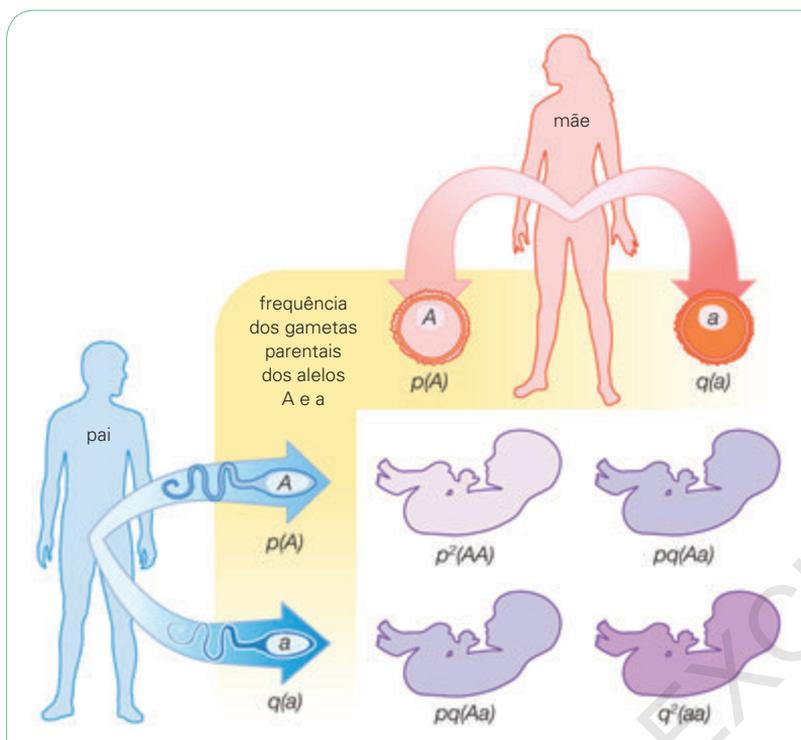
Um indivíduo homozigoto (**AA** ou **aa**) origina-se quando o gameta portador de um alelo **A** ou **a** fecunda um gameta portador do mesmo alelo, **A** ou **a**. A probabilidade de esse evento acontecer é igual ao produto das frequências com que esses tipos de gametas ocorrem.

$$f(A) \times f(A) = 0,6 \times 0,6 = 0,36 \text{ ou } 36\%$$

$$f(a) \times f(a) = 0,4 \times 0,4 = 0,16 \text{ ou } 16\%$$

A probabilidade de ocorrência de um indivíduo heterozigoto **Aa** é dada por:

$$f(A) \times f(a) + f(a) \times f(A) = 0,6 \times 0,4 + 0,4 \times 0,6 = 0,24 + 0,24 = 0,48 \text{ ou } 48\%$$



Equilíbrio de Hardy-Weinberg aplicado em dois alelos humanos. Elementos representados fora da escala de tamanho. Cores fantasia.

ORIGEM E EVOLUÇÃO DOS GRANDES GRUPOS

A origem do planeta Terra é explicada pela fusão de partículas oriundas de uma grande explosão cósmica, o *Big Bang*. As condições ambientais daquela Terra recém-formada não eram adequadas para as formas de vida conhecidas atualmente. Havia diversos elementos que impossibilitavam a existência de vida, como forte radiação ultravioleta, ausência da camada de ozônio, constantes erupções vulcânicas e violentos choques com asteroides.

Com a presença de fortes descargas elétricas, a atmosfera primitiva (rica em metano, amônia, gás hidrogênio e água) se rearranjou após o abrandamento da situação do planeta. Deu-se então a formação dos coacervados, que provavelmente se aperfeiçoaram a ponto de adquirir composição orgânica.

A análise da idade das rochas por paleontólogos revelou que a Terra se tornou um corpo sólido no espaço há cerca de 4,5 bilhões de anos, período no qual decorreu toda a história do planeta, como o aparecimento da vida (há cerca de 4 bilhões de anos) e a evolução das espécies.

Em 1953, o cientista Stanley Miller (1930-2007) reproduziu em laboratório o ambiente atmosférico da Terra primitiva e o surgimento de diversas substâncias orgânicas.

Por meio de seus experimentos, Miller concluiu que a primeira forma de vida – marinha, unicelular, heterotrófica e procariota – teria se originado de um coacervado e que a evolução haveria atuado desde o surgimento desse primeiro organismo vivo.

ERAS GEOLÓGICAS

Para se estudar a idade referente ao surgimento dos seres vivos, a história da Terra é dividida em eras, períodos e épocas, que compreendem espaços de tempo da ordem de milhões de anos.

Essa divisão dos períodos é chamada **tempo geológico** e confere um retrato temporal evolutivo da história do nosso planeta e do surgimento dos diversos tipos de seres vivos.

As eras geológicas são divididas em quatro grandes intervalos: Proterozoica, Paleozoica, Mesozoica e Cenozoica. Estes, por sua vez, estão divididos em etapas menores: os períodos.

Na tabela a seguir, constam as eras e os períodos geológicos do planeta, além de um resumo do surgimento dos principais animais e vegetais ao longo do tempo.

Quadro-resumo das eras geológicas			
Eras	Períodos (milhões de anos - M.a.)	Animais	Vegetais
Azoica (sem vida)	4 600	ausência de vida	ausência de vida
Proterozoica	Pré-Cambriano: 2 500	invertebrados aquáticos com esqueletos moles	algas
Paleozoica	Cambriano: 543	dominância dos trilobitas; ágnatos; primeiros cordados	algas
	Ordoviciano: 510	diversificação dos invertebrados	algas
	Siluriano: 439	artrópodes terrestres; abundância de invertebrados	primeiras plantas vasculares terrestres (psilófitas)
	Devoniano: 409	primeiros anfíbios; muitos tipos de peixes; animais terrestres (artrópodes)	desenvolvimento de musgos, samambaias e pteridófitas
	Carbonífero: 354	idade dos anfíbios; primeiros répteis	vegetação luxuriante; florestas de musgos e samambaias
	Permiano: 300	expansão dos répteis; últimos trilobitas	proliferação das coníferas
Mesozoica	Triássico: 250	primeiros dinossauros; mamíferos; répteis semelhantes a mamíferos (<i>Therapsida</i>)	domínio das coníferas
	Jurássico: 206	domínio dos dinossauros primeiras aves (<i>Archaeopteryx</i>); prototérios	domínio das coníferas
	Cretáceo: 144	extinção dos dinossauros; primeiros primatas; insetos sociais	primeiras plantas com flores (angiospermas)
Cenozoica	Terciário (Paleolítico): 65	hominídeos; diversificação de mamíferos e aves	domínio de plantas com flores
	Quaternário (Neolítico): 0,01	evolução da espécie humana; gêneros e espécies atuais; homens pré-históricos	plantas atuais

Durante os períodos Cambriano e Ordoviciano, a vida nos oceanos passou por grande evolução. Surgiram diversos invertebrados marinhos, como cnidários, moluscos e equinodermos. Os artrópodes, como os trilobitas, distribuíram-se mundialmente em grande número e tiveram sucesso evolutivo em virtude do desenvolvimento de carapaça e da origem de animais com notocorda (estrutura que futuramente originou a coluna vertebral). O final do Período Cambriano foi marcado pela primeira extinção em massa, provocada principalmente por grandes erupções vulcânicas.

EVOLUÇÃO DOS VERTEBRADOS

Esses animais caracterizam-se pela presença de coluna vertebral segmentada e contam com uma estrutura protetora do cérebro, o crânio, conforme estudado anteriormente.

Os fósseis de vertebrados mais antigos foram encontrados na China e datam do início do Cambriano. Pertenciam a animais pequenos, alongados, com vértebras rudimentares e provavelmente aquáticos.

Por mais que os fósseis de animais do Ordoviciano (há cerca de 450 milhões) sejam escassos, os cientistas acreditam que nesse período ocorreram as grandes mudanças dos vertebrados. Os fósseis só começam a ser abundantes no Período Silúrico, há cerca de 400 milhões de anos.

Apesar da grande variedade desse subfilo, todos os vertebrados têm ancestral comum, o **ostracodermo**, um pequeno peixe que viveu há aproximadamente 400 milhões de anos. De sua evolução, surgiram os agnatos atuais e o placodermo – primeiro peixe com mandíbula, considerado ancestral de todos os vertebrados atuais (peixes cartilagosos, peixes ósseos, anfíbios, répteis, aves e mamíferos).

EVOLUÇÃO DAS PLANTAS

A origem dos organismos autótrofos data de 2,1 bilhões de anos atrás. Esses seres promoveram a liberação de oxigênio, o que transformou a atmosfera do planeta.

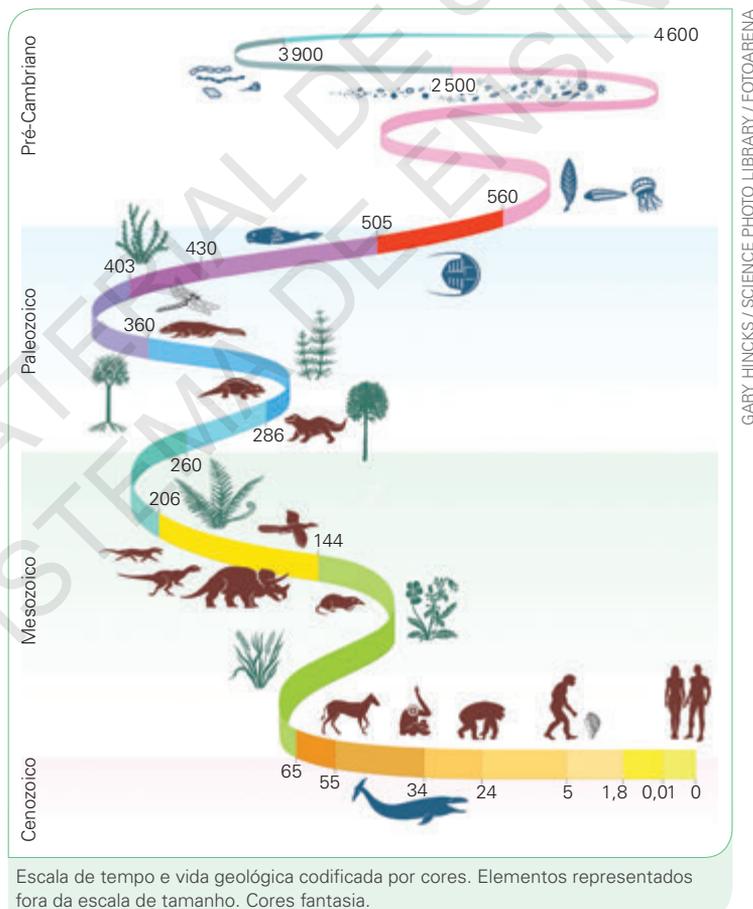
Os primeiros seres autótrofos provavelmente teriam sido aquáticos costeiros, já que essas localidades eram ricas em nitratos e minerais, elementos que se tornaram escassos com o aumento dos organismos aquáticos.

Os organismos vegetais aos poucos evoluíram e ficaram mais complexos. O talo das macroalgas, por exemplo, passou a apresentar estruturas de fixação e de transporte de nutrientes.

O primeiro grupo de plantas terrestres foi o das **psilófitas**, no Período Silúrico. Elas não tinham folhas e raízes verdadeiras, apenas um sistema vascular dentro de um caule com ramificação cilíndrica.

Em seguida, no Devoniano, apareceram musgos e samambaias (**pteridófitas**) com tecido condutor de seiva – xilema e floema. As samambaias em formato de árvores (**pteridospermas**) predominaram no Carbonífero. É provável que destas tenham surgido plantas vasculares, com pólen, tubo polínico, óvulo e sementes sem frutos (**gimnospermas**), as quais dominaram a Era Mesozoica.

No Cretáceo, surgiram plantas com flores e frutos (**angiospermas**), também originadas das pteridospermas.



Escala de tempo e vida geológica codificada por cores. Elementos representados fora da escala de tamanho. Cores fantasia.

LEITURA COMPLEMENTAR

Dinos entre nós

Estudos recentes demonstram que a relação de parentesco entre as aves e os dinossauros é bem mais próxima do que se pensava. Atualmente existem cerca de 10 000 espécies de aves, e todas elas são descendentes diretas dos dinossauros.

O pescoço longo em forma de “S” que surgiu nos dinossauros provavelmente para ampliar o campo de visão e aumentar o acesso a alimentos é característica dos cisnes atuais. Alguns pesquisadores acreditam que até mesmo grandes carnívoros, como o tiranossauro, apresentavam algum tipo de bico dentado. O mesmo tipo de dedo virado para trás é usado pelos pombos para se manterem empoleirados nos fios elétricos. Os maniraptores apresentavam o mesmo tipo de articulação no punho (para deixar as mãos mais ágeis) que as aves possuem nas asas para ampliar a movimentação. Ossos pneumáticos responsáveis por facilitar o voo nas aves atuais deixavam os gigantes terópodes mais leves e ágeis. Os sacos aéreos nos dinossauros auxiliavam na captação de oxigênio em grandes corridas de fuga.

As semelhanças são tantas que pensar em aves como dinossauros evoluídos se torna plausível.

Adaptado de: <<https://super.abril.com.br/ciencia/dinos-entre-nos/>>. Acesso em: fev. 2019.

MIKKEL JUUL JENSEN / SCIENCE PHOTO LIBRARY / SCIENCE PHOTO LIBRARY / FOTOARENA



Evolução da adaptação dos dinossauros ao voo.

MATERIAL DE USO EXCLUSIVO DO
SISTEMA DE ENSINO DOM BOSCO

EVOLUÇÃO DE POPULAÇÕES

ROTEIRO DE AULA

Genéticas de populações

Equilíbrio de Hardy-Weinberg

Condições

muitos indivíduos

panmixia

evolução ausente

Equilíbrio gênico

fórmula geral

$$p^2 + 2pq + q^2 = 1$$

Evolução de grandes grupos

Características:

marinho

unicelular

procarioto

heterótrofo

origem

primeiro ser vivo

coacervadosancestral comum

Eras geológicas

evolução

Azoica

espécies atuais

Proterozica

psilófitas

Paleozoica

pteridófitas

anfíbios

répteisMesozoica

dinossauros

angiospermas

Cenozoica

homem pré-históricoplantas atuais

MATERIAL DE USO EXCLUSIVO DO SISTEMA DE ENSINO DOM BOSCO

EXERCÍCIOS DE APLICAÇÃO

1. Unioeste-PR (adaptada) – Em 1908, dois matemáticos, G. H. Hardy e W. Weinberg – comprovaram, teoricamente, o que aconteceria com a frequência de dois alelos "A" e "a", na ausência de fatores evolutivos. A partir desta afirmativa, assinale a alternativa correta.

- a) Esta comprovação foi calculada em uma população pequena para que não houvesse erros de amostragem, os cruzamentos eram ao acaso, e não havia mutações nem migrações.
- b) Na comprovação matemática dos dois pesquisadores, eles atribuíram ao alelo "A" a frequência inicial p^2 e ao seu alelo "a", a frequência inicial q^2 .
- c) A população hipotética panmítica não existe na realidade, pois sempre há fatores evolutivos ocorrendo em uma população, tais como mutação e seleção natural, mantendo-se assim a frequência dos alelos.
- d)** A partir da população hipotética, foi possível caracterizar matematicamente que a evolução ocorre quando a frequência dos alelos de uma população se altera ao longo das gerações.

O equilíbrio de Hardy-Weinberg postula que a evolução das espécies ocorre por meio de alterações nas frequências dos alelos dos genes.

2. PUC-RJ – A análise genética dos bisões europeus (*Bison bonasus*) revelou uma diversidade genética muito baixa em suas populações, que foi atribuída a uma drástica redução de tamanho populacional, chegando muito próxima à extinção da espécie, no início de século XX. A força evolutiva que melhor explica a redução da diversidade genética nesta espécie é

- a) seleção natural.
- b) migração.
- c)** deriva genética.
- d) mutação.
- e) seleção sexual.

A deriva genética é o efeito do acaso na evolução e tem maior efeito em populações pequenas. Ela leva à fixação aleatória de alelos na população, reduzindo sua diversidade genética.

3. EBMSP-BA – A captação de doadores de sangue é uma atividade voltada ao desenvolvimento de programas que objetivem conscientizar a população quanto à importância da doação voluntária. O trabalho deve voltar-se não apenas para assegurar a quantidade necessária de doadores, mas também para aprimorar o perfil das doações, garantindo a elevação do padrão de qualidade do sangue coletado e transfundido.

Disponível em: <<http://www.scielo.br>>. Acesso em: set. 2017.

Sabe-se que a distribuição da frequência dos tipos sanguíneos em uma população não é homogênea, variando conforme a etnia e/ou localização geográfica.

Considere uma determinada população de 120 000 indivíduos, em equilíbrio gênico, em que, no sistema ABO, a frequência do gene I^B , responsável pela expressão do tipo sanguíneo B, é de 0,23, e a frequência do gene I^A , que determina o tipo sanguíneo A, é de 0,32.

Com base nesses dados e nos conhecimentos sobre genética de população, determine o número estimado de indivíduo que apresentam, ao mesmo tempo, no plasma, os dois tipos de aglutininas para esse sistema sanguíneo.

Os indivíduos que apresentam os dois tipos de aglutinina no plasma

são do grupo O (genótipo ii). Assim, $I^A + I^B + i = 1 \rightarrow 0,32 + 0,23 + i = 1$.

Logo, $i = 0,45$. Tipo O = $i^2 \rightarrow (0,45)^2 = 0,20 \cdot 120\ 000 = 24\ 000$.

O número estimado é de 24 000 indivíduos portadores do sangue tipo O.

4. Uece – Relacione, corretamente, as eras geológicas aos acontecimentos, numerando a Coluna II de acordo com a Coluna I.

Coluna I

1. Pré-Cambriana
2. Paleozoica
3. Mesozoica
4. Cenozoica

Coluna II

- diferenciação dos seres multicelulares e provável origem da vida na Terra e da fotossíntese.
- diversificação dos mamíferos e das plantas angiospermas e dispersão do *Homo sapiens*.
- aparecimento dos primeiros animais com esqueleto e das plantas com sementes.
- aparecimento e extinção dos dinossauros; aparecimento dos mamíferos placentários e das plantas angiospermas.

A sequência correta, de cima para baixo, é:

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

O Pré-Cambriano foi marcado pela diferenciação dos seres multicelulares, o que sugere que a vida tenha se originado desses organismos e da fotossíntese. A Era Paleozoica foi marcada pelo aparecimento dos animais com sustentação óssea e das plantas com sementes. Na Era Mesozoica surgiram os dinossauros, os mamíferos placentários e as plantas angiospermas. A extinção dos dinossauros também ocorreu na Era Mesozoica. Finalmente, na Era Cenozoica, mais recente, ocorreu a diversificação dos grupos de mamíferos e plantas e a dispersão da espécie humana.

5. UFRGS – Assinale com **V** (verdadeiro) ou **F** (falso) as afirmações abaixo, referentes aos mecanismos de mudança evolutiva.

- O equilíbrio de Hardy-Weinberg descreve uma situação modelo na qual as frequências alélicas mudam ao longo das gerações.
- As mutações são fonte de variabilidade, pois ocorrem em taxas elevadas para a maioria dos loci estudados.
- O movimento de gametas entre populações, referido como fluxo gênico, pode alterar as frequências alélicas de uma população.
- Quando uma população passa por um evento de gargalo populacional, a variação genética pode ser reduzida por deriva genética.

A sequência correta de preenchimento dos parênteses, de cima para baixo, é:

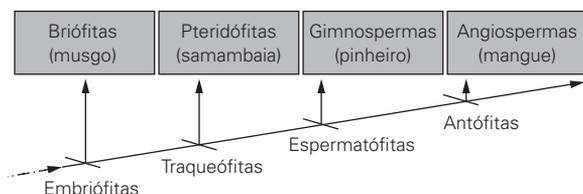
- a) V - V - F - V **d) F - F - V - V**
 b) V - F - V - F e) V - F - F - V
 c) F - V - V - F

O equilíbrio de Hardy-Weinberg descreve uma situação-modelo na qual estão ausentes os fatores evolutivos. Portanto, esses fatores não modificam as frequências alélicas ao longo das gerações. As mutações gênicas são alterações raras e espontâneas no número e/ou na ordem dos nucleotídeos da porção codificante do DNA.

6. Uema

C4-H16

O Reino Plantae é representado por mais de 300 000 espécies, cuja história evolutiva foi marcada pela grande capacidade adaptativa na conquista gradual e extensa do ambiente terrestre, durante a qual as plantas desenvolveram estruturas e mecanismos especiais capazes de superar problemas como a perda de água para o ar e a garantia da fecundação. A árvore abaixo representa o surgimento de algumas dessas características, mostrando que a longa história evolutiva das plantas envolveu vários passos.



Após analisar a árvore, explique cada passo evolutivo característico das embriófitas, traqueófitas, espermatófitas e antófitas.

O processo evolutivo demonstra uma sequência de características adaptativas, sendo que as plantas embriófitas apresentam embriões, e as traqueófitas, vasos condutores de seiva. As espermatófitas formam sementes, com ou sem frutos, e as antófitas produzem flores.

Competência: Compreender interações entre organismos e ambiente, em particular aquelas relacionadas à saúde humana, relacionando conhecimentos científicos, aspectos culturais e características individuais.

Habilidade: Compreender o papel da evolução na produção de padrões, processos biológicos ou na organização taxonômica dos seres vivos.

EXERCÍCIOS PROPOSTOS

- 7. FGV** – Uma determinada característica genética de um grupo de animais invertebrados é condicionada por apenas um par de alelos autossômicos. Estudos de genética de populações, nestes animais, mostraram que a frequência do alelo recessivo é três vezes maior que a frequência do alelo dominante, para a característica analisada em questão. A quantidade esperada de animais com genótipo heterozigoto, em uma população com 4 800 indivíduos, em equilíbrio gênico, será igual a
- a) 900.
 b) 1 200.
 c) 1 800.
 d) 2 400.
 e) 3 600.

- 8. Fuvest-SP (adaptada)** – Caminhando por uma floresta, um estudante se deparou com diversidade de habitats e grupos de plantas: árvores altas, como a araucária (ou pinheiro-do-paraná), e árvores frutíferas menores, como a pitangueira, ambas crescendo sob pleno sol. Também encontrou muitas samambaias nas partes mais sombreadas da floresta. Nos locais permanentemente úmidos do solo, haviam musgos.

Preencha a tabela abaixo com as novidades evolutivas dos grupos de plantas encontradas pelo estudante.

Grupo de plantas	Novidade evolutiva
psilófitas	
pteridófitas	
gimnospermas	
angiospermas	

- 9. Sistema Dom Bosco** – Em uma população caracterizada pelo equilíbrio gênico de Hardy-Weinberg, com todos os pressupostos que o tornam válido, a frequência de homozigotos recessivos para um par de alelos autossômicos é 0,49. Com base nessa informação, estima-se que, nessa mesma população, a frequência de heterozigotos seja

- a) 0,03.
 b) 0,07.
 c) 0,21.
 d) 0,42.
 e) 0,51.

- 10. PUC-RJ (adaptada)** – O daltonismo em humanos é uma característica recessiva ligada ao X. Aproximadamente 10% dos homens em determinada população são daltônicos.

- a) Assumindo-se que a população está em equilíbrio, qual a frequência do alelo de daltonismo nessa população?

- b) Qual a proporção esperada de mulheres heterozigotas portadoras do alelo de daltonismo?

11. UFPA – Estudos sobre genética de populações mostram que o risco de extinção de espécie aumenta com a diminuição de heterozigotos na população. Essa informação é importante quando se deseja avaliar os resultados dos programas de reintrodução, na natureza, de indivíduos nascidos em cativeiro, como forma de diminuir a perda de diversidade biológica em consequência do desmatamento em grandes áreas. O quadro a seguir mostra os resultados hipotéticos das frequências alélicas em uma população acompanhada antes e após um programa de reintrodução de indivíduos nascidos em cativeiro:

ANOS	FREQUÊNCIA ALÉLICA	
	A	a
1970	40%	60%
1990	15%	85%
Reintrodução de indivíduos nascidos em cativeiro		
2000	60%	40%

Considerando as informações apresentadas, julgue as afirmativas a seguir.

- () A população não aumentou seu risco de extinção entre 1970 e 1990.
- () A reintrodução de indivíduos diminuiu o risco de extinção dessa população.
- () A reintrodução de indivíduos resistiu as condições de heterozigose existentes em 1970.
- () A frequência de heterozigotos na população diminuiu de 48% em 1970 para 25% em 1990.
- () A frequência de heterozigotos na população, após a reintrodução de indivíduos, passou a ser de 45,5%.

12. UFU-MG – Em livros didáticos, é muito comum observarem-se representações artísticas de eras geológicas, com caracterizações do ambiente de um dado período, para melhor compreensão da evolução da vida na Terra. Observe, a seguir, as descrições de algumas dessas representações artísticas.

- I. Uma planície com gimnospermas, riachos com peixes e inúmeros dinossauros.
- II. Um terreno montanhoso com muitas angiospermas, aves no céu e mamíferos, como a preguiça e o tatu gigantes.
- III. Diversas montanhas rochosas, mares e lagos com abundância de invertebrados, e planícies sem vegetação terrestre.

Os períodos representados são, respectivamente,

- a) I – Terciário; II – Cambriano; III – Terciário.
- b) I – Terciário; II – Terciário; III – Jurássico.
- c) I – Jurássico; II – Terciário; III – Cambriano.
- d) I – Jurássico; II – Jurássico; III – Terciário.

13. IFPE – A anemia falciforme é uma doença hereditária, que, diante de certas condições, altera a forma dos glóbulos vermelhos os quais se tornam parecidos com uma foice. A doença originou-se na África e foi trazida às Américas pela imigração forçada de escravos. No Brasil, distribui-se heterogeneamente, sendo mais frequente onde a proporção de antepassados negros é maior. Além de estar presente na África e na América, é hoje encontrada em toda Europa e em grandes regiões da Ásia. No Brasil, a doença é predominante entre negros e pardos, também ocorrendo entre os brancos. No sudeste do Brasil, a equivalência média

de heterozigoto (portadores) é de 2%, valor que sobe cerca de 6 a 10% entre negros. Estima-se o nascimento de 700-1.000 novos casos anuais de Doença Falciforme, sendo um problema de saúde pública no Brasil.

Com relação à genética da anemia falciforme na população do Brasil, podemos afirmar que

- a) a emigração é o único fator evolutivo que pode alterar o equilíbrio gênico.
- b) a mutação sempre mantém constante o equilíbrio gênico, sem anemia falciforme.
- c) casais heterozigotos nunca poderiam ter uma prole homozigota recessiva.
- d) a imigração não representa um fator evolutivo e mantém o equilíbrio gênico.
- e) a migração, mutação e seleção natural afetam o equilíbrio gênico.

14. UEL-PR (adaptada) – Em um pequeno brejo, existe uma população de sapos de coloração marrom e verde. Um pesquisador analisou diferentes cruzamentos entre esses anfíbios e descobriu que a coloração é controlada por um único gene com dois alelos. O pesquisador também descobriu que a frequência de sapos marrons é de 4%. Se for considerado que essa população segue o modelo de equilíbrio Hardy-Weinberg, qual será a porcentagem de sapos heterozigotos? Justifique sua resposta apresentando os cálculos realizados.

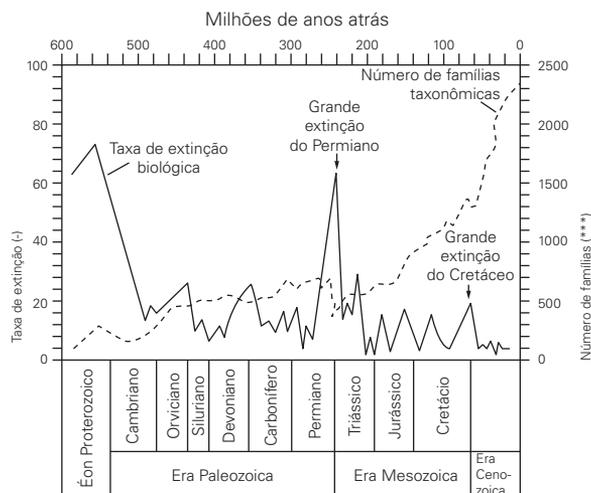
15. PUC-RJ – O Equilíbrio de Hardy-Weinberg é um modelo matemático que estabelece que as frequências alélicas e genotípicas sejam mantidas ao longo das gerações. Para isso, alguns pressupostos devem ser atendidos:

- I. A população deve ser infinitamente grande.
- II. A reprodução deve ser sexuada e aleatória.
- III. Não pode haver seleção natural.
- IV. Não pode ocorrer formação de novos alelos por mutação.
- V. Não pode ocorrer migração.

Dos pressupostos apresentados, são necessários para esse modelo

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

- 16. UFSC** – A figura abaixo representa a relação entre os períodos de extinção biológica em massa e o número de famílias taxonômicas com base nos registros fósseis.



Sobre a evolução e com base na figura, é correto afirmar que

- 01)** a grande extinção do Permiano foi fundamental para a sobrevivência do *Homo sapiens* na Era Mesozoica.
- 02)** muitas formas de vida desapareceram nas grandes extinções, porém, em termos geológicos, observam-se posteriormente, novas formas com aumento da biodiversidade.
- 04)** as primeiras plantas vasculares surgiram na Era Cenozoica, evento primordial para o aumento do número de famílias geológicas.
- 08)** as duas grandes extinções em massa, no Permiano e no Cretáceo, correspondem às fronteiras entre as eras geológicas.
- 16)** de acordo com o gráfico, o número de famílias taxonômicas sempre foi o mesmo em todos os períodos geológicos.
- 32)** os registros fósseis revelam os diferentes organismos que dominaram a vida na Terra ao longo dos períodos geológicos.

- 17. UFJF-MG** – Sabe-se que a Fibrose Cística (CF) é uma doença autossômica recessiva causada por mutações no gene *CFTR*, e que os pacientes apresentam, principalmente, insuficiência pancreática e infecções pulmonares recorrentes. As pessoas brancas constituem o grupo étnico mais frequentemente acometido pela CF na proporção de 1 para cada 2.500 nativos e que o gene se encontra em equilíbrio de Hardy e Weinberg.

Joana, portadora de uma mutação no gene *CFTR*, pretende se casar com Antônio, 28 anos. Sabendo-se que ambos os indivíduos não são consanguíneos, responda:

- a)** Qual a probabilidade de Antônio não ser portador de mutações no gene *CFTR* e seu risco ser igual a qualquer outro homem da população?

- b)** Qual será a probabilidade de Antônio ser portador de uma mutação em qualquer alelo do gene *CFTR*?

- c)** Qual a probabilidade de Joana e Antônio virem a ter uma criança afetada por Fibrose Cística por essa mesma condição?

ESTUDO PARA O ENEM

18. Sistema Dom Bosco

C4-H16

Leia o trecho abaixo.

Diversas características presentes nos ovos de répteis permitiram que eles não dependessem de água para se reproduzir. O ovo desses animais possui uma casca grossa que impede o dessecamento do embrião. No entanto, a casca é porosa, permitindo a troca entre o embrião e o meio externo. Existe também, internamente, membranas e bolsas, chamadas de anexos embrionários, que participam de funções como proteção, a nutrição, as trocas gasosas e a excreção dos embriões.

Disponível em: <<https://educacao.uol.com.br/disciplinas/ciencias/repteis-primeiros-vertebrados-a-conquistar-o-ambiente-terrestre.htm>>. Acesso em: abr. 2019.

O surgimento de ovos com cascas calcárias nos répteis foi essencial para a conquista do ambiente terrestre pelos répteis. Esse tipo de ovo, chamado de

amniota, é presente em vários outros animais, como as galinhas e os ornitorrincos. Todo mundo já ouviu o questionamento: “quem nasceu primeiro, o ovo ou a galinha?” Do ponto de vista evolutivo, com base nos seus conhecimentos e no texto acima, assinale a alternativa correta.

- a)** Os ovos amniotas surgiram antes das galinhas, com a conquista do ambiente terrestre pelos répteis.
- b)** Os ovos amniotas surgiram com os dinossauros, antes das galinhas.
- c)** As galinhas surgiram antes dos répteis, portanto antes dos ovos amniotas.
- d)** As aves e os répteis surgiram no mesmo período geológico, portanto o ovo amniota e a galinha surgiram ao mesmo tempo.
- e)** Os ovos amniotas surgiram antes das galinhas, com os primeiros seres vivos.

19. Sistema Dom Bosco

C5-H17

O princípio de Hardy-Weinberg diz que, caso fatores evolutivos não atuem sobre uma população, as frequências gênicas não se alterarão. Entretanto, esse princípio só se aplica em populações teóricas, uma vez que muitas premissas exigidas não ocorrem na natureza. Analise as alternativas abaixo e marque a única que não indica uma premissa para a demonstração do princípio de Hardy-Weinberg.

- a) População pequena.
- b) População com mesmo número de machos e fêmeas.
- c) Populações com casais igualmente férteis.
- d) Cruzamentos ocorrendo de forma aleatória.
- e) Ausência de mutações.

20. Sistema Dom Bosco

C5-H17

O planeta Terra tem cerca de 4,5 bilhões de anos. Para o melhor entendimento dos acontecimentos geológicos e evolutivos durante toda essa existência, esse tempo é dividido no que chamamos de eras geológicas. Observe a tabela abaixo com os principais acontecimentos das eras Mesozoica e Cenozoica.

Eras	Períodos (milhões de anos – m.a.)	Animais
Mesozoica	Triássico: 250	primeiros dinossauros mamíferos répteis semelhantes a mamíferos: <i>Therapsida</i>
	Jurássico: 206	domínio dos dinossauros primeiras aves: <i>Archaepteryx prototérios</i>
	Cretáceo: 144	extinção dos dinossauros primeiros primatas insetos sociais
Cenozoica	Terciário (Paleolítico): 65	primeiros homínídeos diversificação de mamíferos e aves
	Quaternário (Neolítico): 0,01	evolução do homem gêneros e espécies atuais homens pré-históricos

Com base nas informações fornecidas pela tabela e seus conhecimentos sobre evolução dos grandes grupos animais, marque a alternativa correta.

- a) A extinção dos dinossauros marca o final do Período Paleolítico.
- b) Os mamíferos surgiram antes das aves, no Período Triássico.
- c) Os mamíferos surgiram no mesmo período do surgimento dos dinossauros, ambos no início da Era Mesozoica.
- d) As aves não conviveram com os dinossauros.
- e) Os homens pré-históricos conviveram com os dinossauros.

EVOLUÇÃO HUMANA

28

Entender a evolução humana é bastante complexo. Atualmente, estão catalogadas cerca de 600 espécies e subespécies de primatas. Não é possível explicar todas as características humanas em termos evolutivos porque estamos sujeitos não somente à evolução biológica mas também à evolução cultural que cada sociedade estabelece com o passar dos anos. Com o desenvolvimento de um cérebro complexo, que nos dá grande capacidade de aprendizagem, houve também o aprimoramento da linguagem, da cultura e da consciência. Mais do que as outras espécies, somos capazes de prever consequências de nossos atos, o que significa que podemos, conscientemente, escolher como vamos viver.

Este módulo tem como objetivo principal elucidar a origem da espécie humana moderna, os *Homo sapiens sapiens*, e as relações evolutivas dela com os outros primatas.

EVOLUÇÃO DOS PRIMATAS

Acredita-se que os primeiros mamíferos surgiram na era Mesozoica, por volta de 200 milhões de anos atrás, e somente há 66 milhões de anos que se tem notícias dos **pró-símios**, os primeiros ancestrais dos primatas. Assim como os pró-símios atuais (lêmures e társios, comuns na Ilha de Madagascar), os primeiros pró-símios provavelmente eram de hábitos arborícolas, com características basais, como o focinho molhado, mucosa do nariz ainda não internalizada como nos demais primatas (inclusive os humanos).

Na análise de uma árvore evolutiva, é preciso observar que o tempo é interpretado de baixo para cima, ou seja, em cima temos os animais recentes e, abaixo, as linhagens antigas. Os pontos de encontro entre os traços são os ancestrais comuns, aqueles a partir dos quais as linhagens se ramificam. Os traços pretos representam as linhagens de todas as gerações até chegar aos grupos atuais.

DEAGOSTINI/GETTY IMAGES

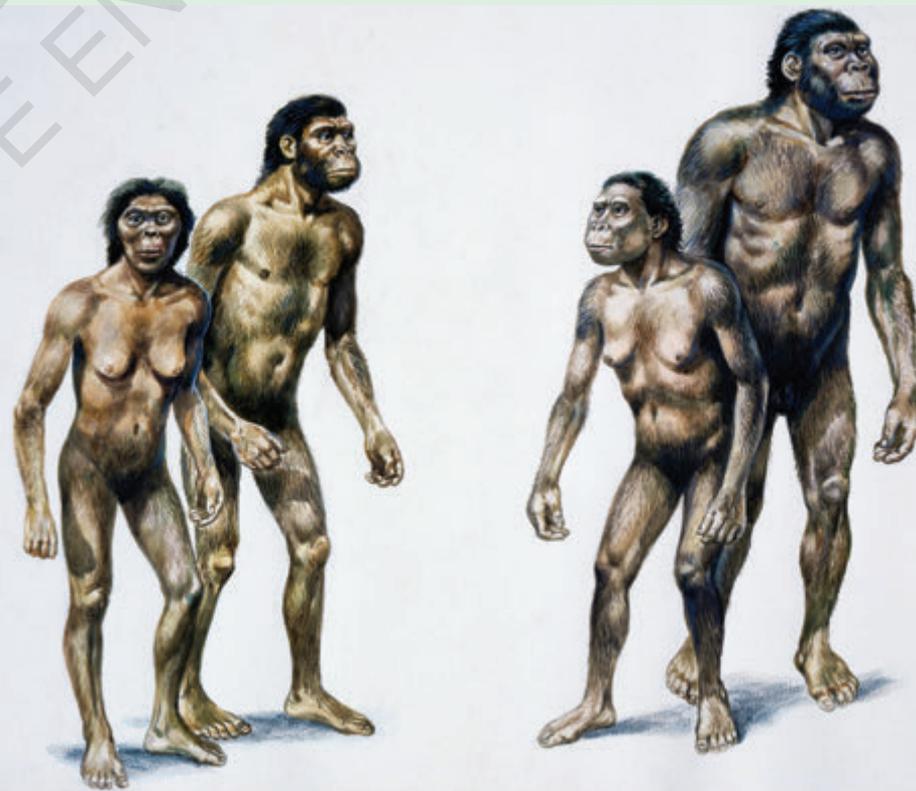
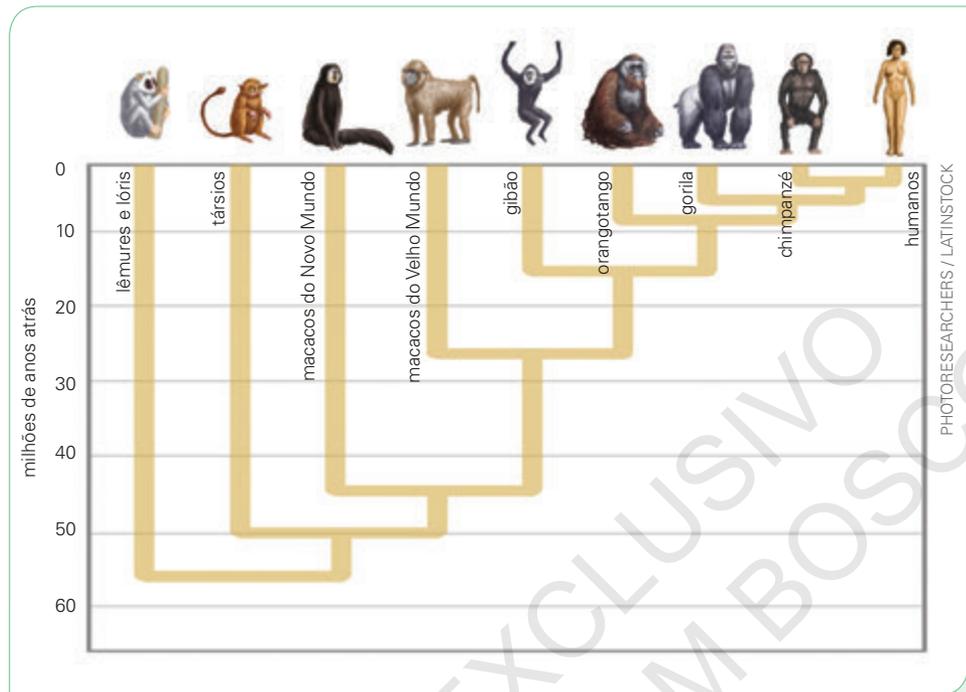


Ilustração de hominídeos.
À esquerda, *Paranthropus robustus*, e, à direita, *Australopithecus robustus*.

- Evolução dos primatas
- Evolução humana

HABILIDADES

- Compreender o processo evolutivo dos primatas.
- Identificar a evolução humana por meio da história evolutiva.
- Entender o processo evolutivo como não linear e processual.



Árvore evolutiva dos primatas. Elementos representados fora da escala de tamanho. Cores fantasia.

O grupo mais basal da árvore evolutiva é o dos lêmures, seguido do grupo dos *Haplorrhini*, os tárnsios, animais notívagos e insetívoros da África e da Ásia; dos *Anthropoidea* com os *Platyrrhini*, que são os macacos do Novo Mundo, ou seja, todos os macacos da América do Sul, como o macaco-prego, o mico-leão-dourado, o macaco-barrigudo e tantos outros. Os macacos do Novo Mundo apresentam, por exemplo, rabos bem desenvolvidos, usados como forma de locomoção.

Os *Catarrhini* representam os primeiros grupos dos macacos do Velho Mundo, que exibem rabos pouco desenvolvidos sem função específica. São representados também pelos macacos dos outros continentes, como o *Macaca mulatta*, o macaco-de-gibraltar, entre outros.

PHOTORESEARCHERS / LATINSTOCK



Mãe e filhote de macaco-aranha (*Ateles belzebuth*), representantes dos macacos do Novo Mundo, utilizando seu rabo para se locomover nos troncos de árvores.



Macho e fêmea, de mandril (*Papio sphinx*) acasalando, representantes dos macacos do Velho Mundo.

PHOTORESEARCHERS / LATINSTOCK

O grupo dos *Hominoidea* são os primatas sem rabo. Tem como seus representantes mais basais os *Hylobatidae*, indicados pelos gibões (macacos que vivem na Ásia), e os *Hominidae*, encarnados pelos orangotangos asiáticos e pelos africanos: gorilas, chimpanzés, bonobos e os seres humanos. Chama-se *Homininae* a linhagem que dá origem aos seres humanos.

PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS DOS PRIMATAS

Todos os primatas (incluindo os humanos) dividem características em comum: são mamíferos placentários de características dentárias muito semelhantes; apresentam órbitas saltadas com visão estereoscópica bem desenvolvida; cérebro aumentado muito desenvolvido; mobilidade dos ossos ao redor da clavícula; movimentação rotacional do punho; membros com cinco dedos, entre eles, polegar opositor, e impressões digitais; almofadas táteis nas pontas dos dedos; presença de unhas no lugar de garras; apenas duas glândulas mamárias; gravidez prolongada e cuidado parental; frequentemente sociáveis, com divisão social definida.

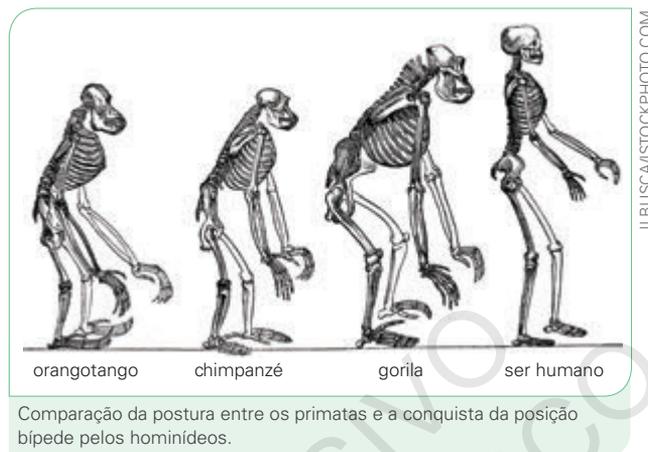


Mãos com polegares opositores é uma característica que contribuiu para a capacidade de agarrar e manipular objetos presente nos australopitecos e chimpanzés.

Observa-se nos primatas uma tendência para a mudança na posição dos olhos: em vez de eles estarem localizados nos lados da cabeça, como nos outros mamíferos, ficam em posição frontal, o que permite uma visão em três dimensões, com percepção de profundidade. Quase todos os primatas apresentam, também, cones na retina, que possibilitam a visão das cores e tornam ainda mais eficiente esse sentido.

Os macacos do Novo Mundo são capazes de manter a postura ereta, parados ou caminhando, por um curto tempo, precisando usar as quatro patas para a locomoção.

Na evolução dos hominídeos, a posição bípede foi uma característica extremamente vantajosa por deixar os membros superiores livres. Esse fato permitiu, por exemplo, que as fêmeas conseguissem carregar seus filhotes e também facilitou a corrida nas savanas, a observação de presas e predadores a distâncias maiores, economizando energia no deslocamento.



Comparação da postura entre os primatas e a conquista da posição bípede pelos hominídeos.

Ainda não se sabe ao certo quais foram as causas que favoreceram a postura ereta do ser humano. Uma hipótese aceita atualmente é a de que o grupo de primatas que originou a espécie humana teria abandonado a floresta e explorado os campos ou as savanas da África.

EVOLUÇÃO HUMANA

De acordo com os estudos da **Paleoantropologia**, nossos ancestrais mais próximos são conhecidos como **hominídeos** e englobam aproximadamente 20 espécies extintas. Há mais de 1 milhão de anos nasceu o *Australopithecus*, representante com muitos caracteres humanos, e depois dele surgiram o *Pithecantropus*, o *Sinanthropus*, o *Homo heidelbergensis*, o homem de Neandertal e o homem de Cro-Magnon – e finalmente a espécie *Homo sapiens*, há cerca de 200 mil anos.

OS PRIMEIROS HOMINÍDEOS

Os hominídeos mais antigos são coletivamente chamados de *australopitecíneos*, ou *Australopithecus*. Embora tivessem o crânio e os dentes semelhantes aos dos chimpanzés, apresentavam traços característicos dos hominídeos.

A espécie mais antiga viveu há 4,2 milhões de anos, a *Australopithecus anamensis*. Há cerca de 3,5 milhões de anos surgiu o *Australopithecus afarensis*, e seu fóssil mais conhecido é o de uma fêmea, que foi batizada de **Lucy**. Apesar de 40% completo, o seu estudo permitiu entender os hábitos e as características que esse ancestral apresentava, com cerca de 1,10 m de altura, 23 kg e volume craniano de 430 mL, em média – semelhante ao de um chimpanzé, com um cérebro do tamanho de uma bola de tênis. Pegadas fossilizadas na Tanzânia comprovam que os hominídeos que viveram na época dos *H. afarensis* eram bípedes. O *Australopithecus africanus* (o grande macaco do sul da África), por sua vez, viveu há pouco menos de 3 milhões de anos. De pequena estatura, pesava mais ou menos 30 kg, com volume craniano com aproximadamente 1/3 do tamanho do cérebro humano (450 mL), era bípede

e apresentava mãos e dentes muito similares aos dos seres humanos.



Reconstituição da Lucy, *Australopithecus afarensis* encontrado na Etiópia que data de 3,3 milhões de anos. Seu nome é uma homenagem à música *Lucy in the Sky with Diamonds*, dos Beatles.

S. ENTRESSANGLE/E. DAYNES/SCIENCE PHOTO LIBRARY

O *Australopithecus robustus*, chamado por alguns paleontologistas de *Paranthropus robustus*, tinha uma caixa craniana um pouco maior do que a do *A. africanus*, com mais ou menos 500 mL. Esses representantes exibiam crânios muito mais robustos e aparato para alimentação muito mais desenvolvido, composto de dentes molares grandes capazes de triturar alimentos duros e resistentes, o que permite supor que se alimentavam de material vegetal de constituição enrijecida, como raízes, nozes e frutos de casca grossa.

O *Australopithecus boisei* viveu desde 2,4 milhões até 1,2 milhão de anos atrás. Com capacidade craniana de 530 mL, tinha molares ainda maiores do que os do *A. robustus*.

O USO DE FERRAMENTAS

A origem do uso de ferramentas na complexa evolução humana é um dos maiores desafios da paleontologia pela dificuldade de associar seus fósseis a seus prováveis criadores.

Louis Leakey encontrou na Tanzânia fósseis hominídeos com volume de crânio de 700 mL, datados com 1,8 milhão de anos, e os batizou de *Homo habilis*, que significa "homem hábil", já que nas mesmas camadas em que os fósseis foram encontrados descobriram-se as ferramentas mais antigas de que se tem conhecimento. Esses instrumentos, feitos de pedra, provavelmente eram produzidos e utilizados pelo *H. habilis*.



Crânio do *Homo habilis*.

PASCAL GOETGHELUCK / SCIENCE PHOTO LIBRARY / LATINSTOCK

A habilidade de utilizar objetos para facilitar as atividades diárias é encontrada também nos outros grupos de primatas. Os chimpanzés, por exemplo, conseguem empregar rochas para esmagar e abrir alimentos, os orangotangos são capazes de moldar gravetos para conseguir capturar insetos de seus ninhos etc.



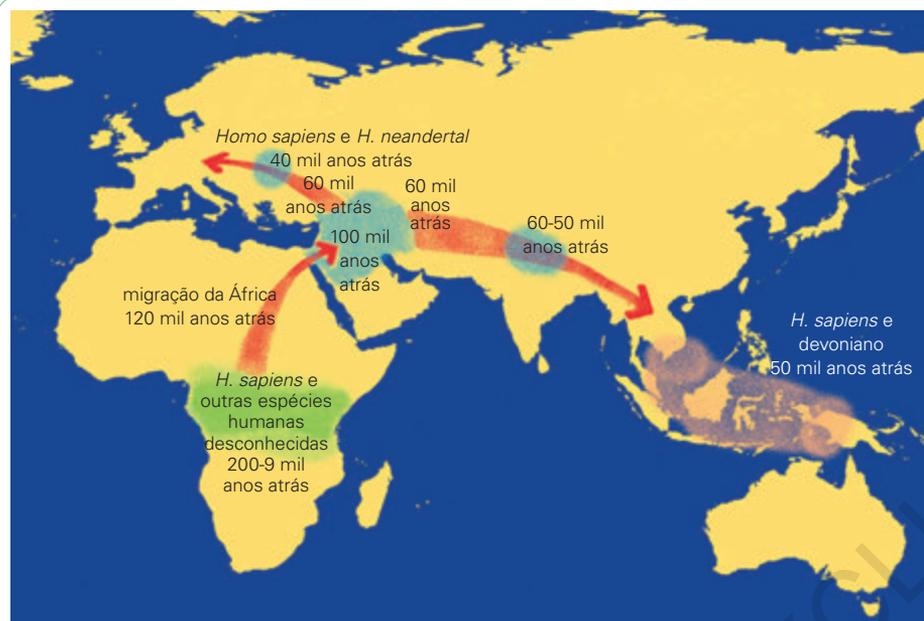
Homo habilis utilizando artefatos de pedra.

CHRISTIAN JEGOU PUBLIPHOTO DIFFUSION/SCIENCE PHOTO LIBRARY / SCIENCE PHOTO LIBRARY / LATINSTOCK

O USO DO FOGO

Foram descobertos, no final do século XIX, em Java, na Indonésia, e posteriormente na China, restos de carvão, cinzas e ossos queimados em cavernas com o primeiro fóssil de *Homo erectus*. Seu volume craniano era bem próximo ao do homem moderno adulto, variando entre 700 mL e 1 200 mL. A utilização e o controle do fogo propiciaram ao *H. erectus* aumento de seu repertório alimentar, possibilitando o cozimento de alimentos duros quando crus, como partes rígidas dos vegetais, melhor conforto térmico em dias frios e mecanismos de defesa contra predadores.

Atualmente, os *Homo erectus* com habilidades para controlar o fogo são reconhecidos como *Homo ergaster*. Para grande parte dos paleontólogos em atividade hoje, o *H. erectus* se originou na África e foi o primeiro hominídeo a migrar para lugares distantes em outros continentes – seus fósseis já foram encontrados na Indonésia. As evidências fósseis indicam que os *H. erectus* foram extintos há cerca de 200 mil anos, enquanto o *Homo ergaster* data de 1,9 a 1,5 milhão de anos.



PHOTORESEARCHERS / LATINSTOCK

Mapa que mostra a migração dos hominídeos da África para os demais continentes.

O homem de Neandertal (*Homo neanderthalensis*)

O *Homo neanderthalensis* viveu, aproximadamente, de 150 mil a 30 mil anos atrás e recebe esse nome por seus fósseis terem sido encontrados em 1856 no vale do Neander, na Alemanha. Essa espécie se espalhou por toda a Europa, pelo Oriente Médio e pelas partes central e ocidental da Ásia.

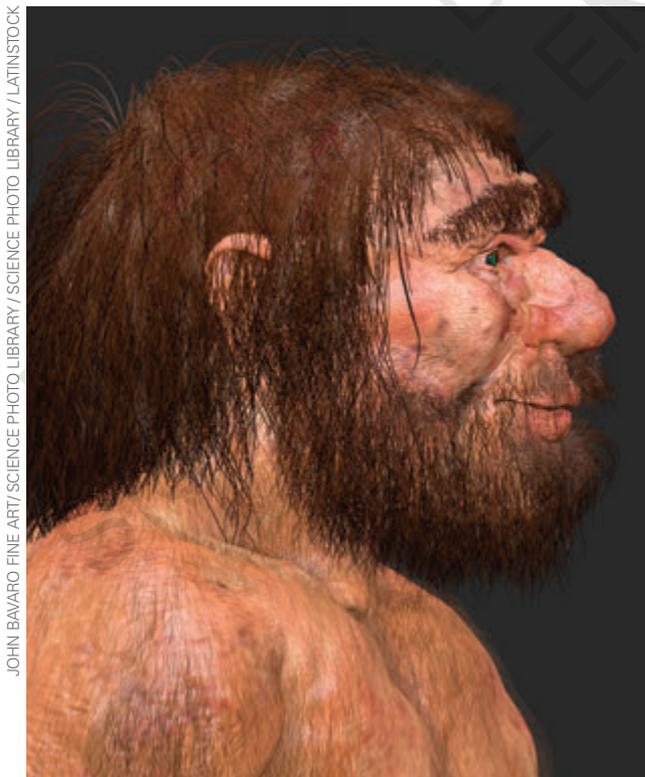
Mais encorpado do que o ser humano moderno, tinha um volume craniano pouco maior que o nosso (1 200 mL a 1 750 mL) e usava ferramentas tão sofisticadas que provavelmente conseguia manipular peles de animais, as quais usava para se proteger do frio. Os homens de Neandertal provavelmente tinham algum tipo de comunicação verbal rudimentar. Há vários indícios de que eles tinham certo grau de organização social. Além disso, enterravam seus mortos, muitas vezes com alimentos, armas e até flores. Todas essas habilidades evolutivas, entretanto, não evitaram sua extinção há cerca de 30 mil anos.

Homens de Cro-Magnon

Pesquisas com as relações evolutivas dos neandertais e dos *Homo sapiens* indicam que elas divergiram há cerca de 400 mil anos, sinalizando que ambas as espécies evoluíram de um ancestral comum, e não diretamente uma da outra.

O *Homo sapiens* é a única espécie de hominídeo sobrevivente nos dias atuais. Os fósseis mais antigos têm pouco mais de 100 mil anos. Humanos primitivos dessa espécie são comumente chamados de **Homens de Cro-Magnon**, por causa da região em que foram descobertos, na França. Fabricavam ferramentas muito sofisticadas e bastante variadas, nem todas de pedra: utilizavam também ossos e marfim para confeccionar pontas de projéteis e de lanças, arpões, anzóis e agulhas.

O homem de Cro-Magnon é, inclusive, responsável por uma série de trabalhos artísticos, como esculturas em marfim e pinturas nas paredes das cavernas, que retratam com maior frequência temas como caça e fertilidade. As cores das obras eram obtidas com pigmentos minerais misturados à gordura animal.

Representação artística de *Homo neanderthalensis*.

JOHN BAVARO FINE ART/SCIENCE PHOTO LIBRARY/SCIENCE PHOTO LIBRARY/LATINSTOCK



Na foto acima, amostras de ocre, argila e calcita utilizadas para reproduzir pinturas rupestres realizadas pelos Cro-Magnon. Na foto abaixo, réplica das pinturas rupestres de Lascaux, na França.

Análises fósseis sugerem que os seres humanos deixaram a África e se espalharam em levas, primeiramente para a Ásia e depois para a Europa e a Austrália. A chegada dos hominídeos ao Novo Mundo é ainda bem incerta; as teorias mais aceitas datam a chegada em 15 mil anos.

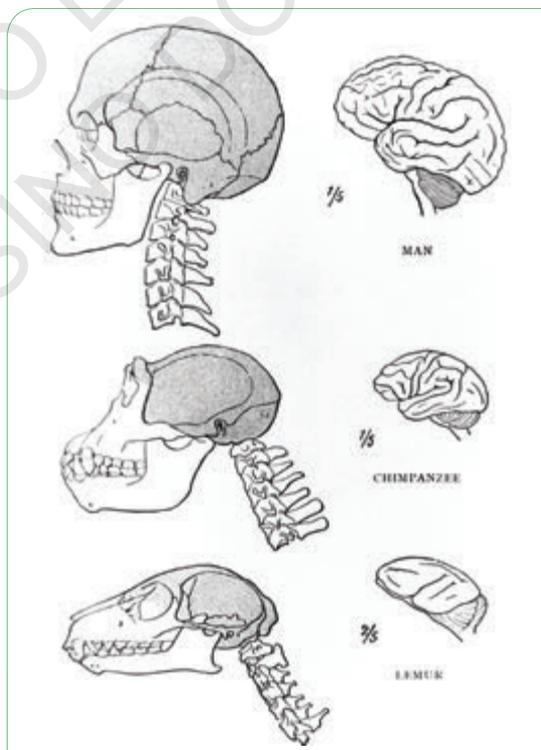
O humano moderno

O humano moderno, pertencente à subespécie *Homo sapiens sapiens*, apresenta diversas características que o diferenciam de seus ancestrais. A principal é a presença de um cérebro bem desenvolvido, com $1\,350\text{ cm}^3$, e um sistema nervoso extremamente complexo, o que possibilitou o aprimoramento da capacidade de raciocínio, inteligência e linguagem simbólica, inerentes ao pensamento humano.

Diversas são as características que nos distinguem dos demais macacos. Caminhamos sobre duas pernas (bípedes), apresentamos cérebro muito maior, con-

seguimos utilizar diversas formas de linguagem, expressamos artisticamente os sentimentos, produzimos manufaturas, usamos ferramentas complexas, temos ossos mandibulares menores, trato digestório mais curto, capacidade de raciocínio lógico mais apurado e noção das consequências das ações, entre tantas outras ações que nos fazem ter tanto sucesso evolutivo.

A evolução rápida dos seres humanos pode ser, inclusive, relacionada com esses avanços cognitivos ao longo da evolução. É importante lembrarmos que essas habilidades não surgiram do nada em nossa espécie; nossos ancestrais, aos poucos, foram desenvolvendo e aprimorando habilidades incríveis, com cada vez mais complexidade cognitiva. Por exemplo, marcações geométricas com alto grau de precisão em superfície de ocre foram achadas em 2002 e datam de 77 mil anos; há 30 mil anos os hominídeos já produzem pinturas incríveis nas cavernas etc. Outra característica importante aprimorada pelo *H. sapiens sapiens* foi a vida em sociedade, e o que atualmente chamamos de cultura, englobando seus sistemas de comunicação, tradições, hábitos alimentares e de vida.



Evolução do volume craniano e do tamanho do cérebro dos lêmures até os seres humanos modernos.

LEITURA COMPLEMENTAR

Lucy teve um bebê?

O fóssil de um esqueleto preservado de um bebê australopiteco com a mesma idade de Lucy, cerca de 3,3 milhões de anos, foi encontrado no nordeste da Etiópia, em um sítio arqueológico muito próximo do local da Lucy. Segundo o paleontólogo etíope Zerese-nay Alemseged, o bebê encontrado também seria um *Australopithecus afarensis*, que teria morrido por volta dos três anos de idade.

Os fósseis de crianças e jovens são encontrados raramente, por serem muito frágeis, fazendo que o fóssil do bebê australopiteco seja de extrema importância. Além de estar extremamente conservado e completo, promoveu elucidações sobre partes anatômicas ainda desconhecidas da espécie, como a presença de omoplatas parecidas com as dos gorilas e as falanges das mãos bem alongadas, típicas dos símios arborícolas.

O estudo paleontológico do bebê fóssil encontrado revela que, na verdade, é cerca de 200.000 anos mais antigo que sua suposta mãe, e que essa criança vivia em uma savana arborizada, cercada por deltas de pequenos rios.

Disponível em: <<https://noticias.uol.com.br/ultnot/afp/2006/09/20/ult1806u4564.jhtm>>. Acesso em: abr. 2019. (Adaptado)



Reconstrução do filhote de *Australopithecus afarensis* encontrado na Etiópia.

S. ENTRESSANGLE/E. DAYNES/SCIENCE PHOTO LIBRARY / SCIENCE PHOTO LIBRARY / LATINSTOCK

MATERIAL DE USO EXCLUSIVO
SISTEMA DE ENSINO DOM BOSCO

ROTEIRO DE AULA

EVOLUÇÃO HUMANA

Mamíferos

200 milhões de anos

Primatas

66 milhões de anos

pró-símios

lêmures

társios

macacos do Novo Mundo

macacos do Velho Mundo

gibões

hominídeos

A. anamensis

A. afarensis

A. africanus

A. robustus

A. boisei

Australopithecus

Homo

H. habilis

H. erectus

H. ergaster

H. neanderthalensis

H. sapiens

Homem de Cro-Magnon

H. sapiens sapiens

EXERCÍCIOS DE APLICAÇÃO

1. PUC-RS



Considerando o processo evolutivo que deu origem ao *Homo sapiens* como espécie, a ordem correta de aparecimento dos grupos ancestrais, do mais antigo ao mais recente, foi

- a) *Australopithecus afarensis*, *Homo habilis* e *Homo erectus*.
- b) *Australopithecus afarensis*, *Homo erectus* e *Homo habilis*.
- c) *Australopithecus anamensis*, *Homo erectus* e *Homo habilis*.
- d) *Australopithecus anamensis*, *Homo neanderthalensis* e *Homo habilis*.
- e) *Australopithecus anamensis*, *Homo neanderthalensis* e *Homo erectus*.

As evidências fósseis revelam que, durante a evolução humana, a espécie *Australopithecus afarensis* pode ter dado origem à espécie *Homo habilis*, que, por sua vez, originou o *Homo erectus*.

2. PUC-RJ – O movimento de pessoas na Terra tem aumentado constantemente. Isso 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

O fluxo gênico é a transferência de alelos de uma população para outra. A movimentação de pessoas por diferentes continentes possibilita o acasalamento entre indivíduos de diferentes populações que por muito tempo estiveram praticamente isoladas, aumentando o fluxo gênico e a frequência dos indivíduos.

3. Sistema Dom Bosco – Uma mutação é uma alteração em um gene que pode ocorrer de maneira espontânea ou pode ser induzida por fatores externos, como agentes químicos e radiações, os chamados agentes mutagênicos. As mutações nem sempre são benéficas, podem ser neutras e também prejudiciais, causando doenças genéticas como a doença de Huntington, doença neurodegenerativa que se manifesta a partir dos 35 anos e conduz a uma perda progressiva nas capacidades neurológicas.

Considerando o exposto, explique como a mutação contribui beneficemente para a evolução humana.

O conjunto de mutações gênicas possibilita o surgimento de novos genes favoráveis a uma melhor adaptação

dos ancestrais humanos quanto ao desenvolvimento de características como: bipedismo, fala, raciocínio, ca-

pacidade de fabricação de instrumentos, entre outras.

4. UFG

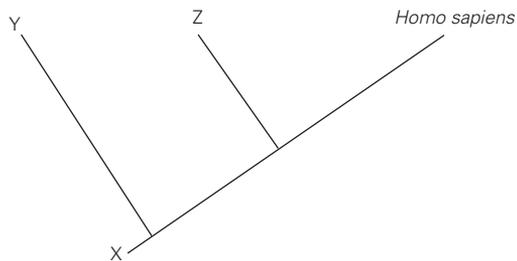
Risco de diabetes tipo 2 associado a gene dos neandertais

Uma variante do gene SLC16A11 aumenta o risco de diabetes entre os latino-americanos. As análises indicaram que a versão de maior risco dessa variante foi herdada dos neandertais. As pessoas que apresentam a variação SLC16A11 em um dos alelos são 25% mais propensas a desenvolver o diabetes; já para aquelas que o herdaram de ambos os pais essa probabilidade sobe para 50%.

Disponível em: <https://www.bbc.com/portuguese/noticias/2013/12/131225_neandertal_1k.shhtm>.

Acesso em: 26 mar. 2014. (Adaptado).

Analise o cladograma que representa uma parte da evolução humana apresentado a seguir.



Nesse cladograma, o elemento que indica a espécie citada no texto que transmitiu a variante do gene SLC16A11 para o *Homo sapiens* e a característica evolutiva compartilhada por ambos são, respectivamente,

- X e capacidade de elaborar ferramentas de caça.
- Y e capacidade de elaborar ferramentas de caça.
- Z e capacidade de realizar cerimônia de funeral.
- X e capacidade de realizar cerimônia de funeral.
- Y e capacidade de desenvolver a postura ereta.

A população indicada em Z, no cladograma, corresponde ao homem de Neandertal. Esses homens e os humanos modernos compartilham a capacidade de realizar cerimônia de funeral.

5. UEL-PR – A árvore filogenética representada na figura a seguir foi construída com base nas comparações de DNA e proteínas.



Com base na análise dessa árvore filogenética, assinale a alternativa correta.

- O grupo formado pelos lêmures é o mais recente, porque divergiu há mais tempo de um ancestral comum.
- Os chimpanzés apresentam maior proximidade filogenética com os gorilas do que com os humanos.

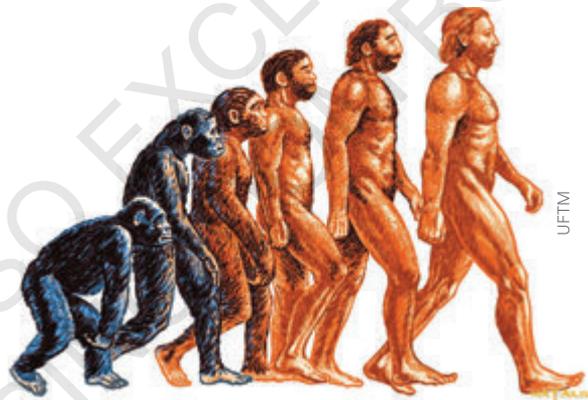
- Os gorilas compartilham um ancestral comum mais recente com os gibões do que com o grupo formado por chimpanzés e seres humanos.
- Os gorilas são os ancestrais comuns mais recentes do grupo formado por chimpanzés e seres humanos.
- Os macacos do Velho Mundo e os do Novo Mundo apresentam grande proximidade filogenética entre si.

O cladograma coloca os macacos do Velho Mundo e os macacos do Novo Mundo como próximos filogeneticamente por compartilharem o mesmo ancestral.

6. UFTM-MG (adaptada)

C4-H16

O desenho ilustra, em suas extremidades, o chimpanzé e o ser humano, ambos mamíferos primatas. Ele busca representar a evolução humana a partir da mudança de características morfológicas ao longo do tempo. Porém, tal representação é considerada incorreta, considerando as atuais premissas sobre evolução biológica e seus mecanismos.



- Explique por que o desenho é considerado incorreto do ponto de vista evolutivo.

Do ponto de vista evolutivo, a imagem sugere que ser humano foi originado diretamente dos macacos, o que é falso. Sabe-se que tanto os seres humanos quanto os demais primatas vivos, apresentam um ancestral comum.

- Cite duas características morfológicas compartilhadas por chimpanzés e seres humanos.

Seres humanos e chimpanzés apresentam sistema nervoso dorsal ecefalização, circulação dupla e completamente separada, visão estereoscópica, entre outras características.

Competência: Compreender interações entre organismos e ambiente,

em particular aquelas relacionadas à saúde humana, relacionando conhecimentos científicos, aspectos culturais e características individuais

Habilidade: Compreender o papel da evolução na produção de padrões, processos biológicos ou na organização taxonômica dos seres vivos.

EXERCÍCIOS PROPOSTOS

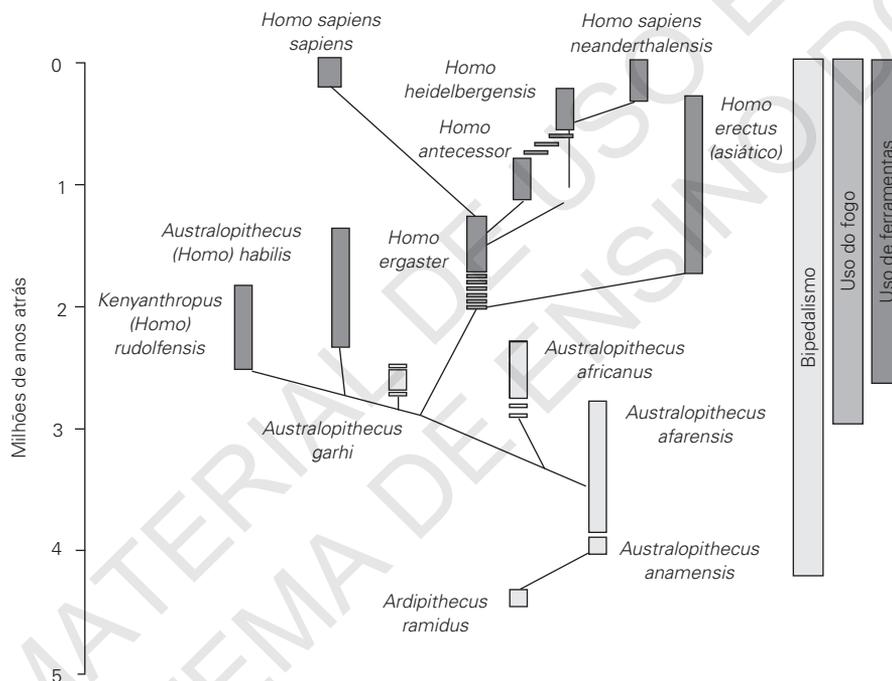
7. Unesp – Recentemente, uma marca de arroz colocou nos meios de comunicação uma campanha publicitária com o tema “Só os saudáveis sobrevivem”. Em um dos filmes da campanha, um homem pré-histórico, carregando um pacote de batatas fritas, é perseguido por um dinossauro, que despreza as batatas e devora o homem. Em outro filme, um homem comendo pizza não consegue fugir a tempo, enquanto seu companheiro de hábitos mais saudáveis sobrevive. Embora se trate de uma campanha publicitária, sem qualquer compromisso com o rigor científico, uma professora de Biologia resolveu usar esses filmes para promover com seus alunos uma discussão sobre alguns conceitos biológicos e alguns fatos da evolução humana.

Pedro afirmou que ambos os filmes traziam uma informação errada, pois homens e dinossauros não coexistiram. Alice afirmou que o tema da campanha publicitária, “Só os saudáveis sobrevivem”, remete ao conceito de seleção natural. Marcos afirmou que os tubérculos e as sementes, não necessariamente as batatas e o arroz, só vieram a fazer parte da dieta humana uma vez estabelecida a agricultura. Catarina observou que no primeiro filme o dinossauro desprezou as batatas, uma vez que esses animais, qualquer que fosse a espécie, eram predadores e, necessariamente, carnívoros.

Pode-se afirmar que estão corretos

- a) Pedro, Alice, Marcos e Catarina. d) Alice e Marcos, apenas.
b) Pedro e Alice, apenas. e) Marcos e Catarina, apenas.
c) Pedro e Marcos, apenas.

8. UFSC – A figura a seguir representa a idade geológica das principais espécies de hominídeos, com base na datação de fósseis.



Com base na figura e nos conhecimentos atuais sobre a evolução humana, é correto afirmar que

- 01) algumas espécies do gênero *Australopithecus* coexistiram com as primeiras espécies do gênero *Homo*.
02) o *Homo sapiens sapiens* não coexistiu com nenhuma outra espécie de hominídeos.
04) o *Homo erectus* foi a primeira espécie de hominídeos que adquiriu a postura bípede.
08) um evento aceito cientificamente sobre a evolução humana foi a dispersão do *Homo sapiens sapiens* a partir da África.
16) a espécie de hominídeos que existiu por maior período foi a *Australopithecus afarensis*.
32) o *Homo erectus* surgiu anteriormente ao *Australopithecus (Homo) habilis*.
64) a postura bípede possibilitou maior liberdade de locomoção e de exploração dos ambientes nas savanas africanas.

9. UEPG-PR – A respeito da evolução humana existem hipóteses sendo reformuladas constantemente, conforme as descobertas mais recentes. De acordo com os estudos mais modernos, assinale o que for correto.

- 01)** A evolução humana é representada como uma sucessão de espécies, uma atrás da outra, a começar pelo macaco, indo em direção ao homem. Em cada época somente existiu um tipo de hominídeo sobre a Terra, e cada espécie teria originado a seguinte, seguindo um progresso crescente em direção ao homem atual.
- 02)** A partir do segundo hominídeo, os *Australopithecus afarensis*, evoluíram os *Paranthropus*, que foram os *Australopithecus robustos* e originaram o homem moderno. Também do *Australopithecus afarensis* originaram-se os demais australopitecos menores, todos eles ainda na América.
- 04)** O primeiro hominídeo, o *Australopithecus ramidus*, viveu, estima-se, há quatro milhões de anos e pode ser interpretado como um elo entre os macacos e os seres humanos.
- 08)** Várias espécies de hominídeos habitaram o planeta ao mesmo tempo, e até os mesmos lugares. Sabe-se que cinco diferentes espécies, dos gêneros *Homo* e *Paranthropus*, conviveram na África. Nada se sabe sobre o tipo do relacionamento entre elas; mas o fato é que havia várias espécies competindo em um mesmo ambiente.
- 16)** A partir de linhagens do *Australopithecus afarensis*, apareceu o primeiro representante do gênero *Homo*. Trata-se do *Homo habilis*, que, embora com capacidade craniana pequena, provavelmente foi quem iniciou a fabricação de ferramentas.

10. UFMG (adaptada) – A paleontologia vem contribuindo para o entendimento da evolução dos seres vivos, inclusive do homem. Mais recentemente, técnicas de biologia molecular têm permitido o estudo de processos evolutivos a partir da análise de DNA de fósseis e de populações modernas.

Em 2010, cientistas anunciaram o sequenciamento parcial do genoma do homem de Neandertal, espécie humanoide que coexistiu com o moderno *Homo sapiens* na Pré-história durante milhares de anos. A partir desse estudo, revelou-se que as atuais populações humanas, exceto as da África, têm de 1% a 4% de DNA herdado do neandertal. Explique o que sugerem esses dados.

11. Uerj (adaptada)

Árvore genealógica: a linhagem dos homens modernos

TEMPO	você está aqui				
Hoje	<i>Homo sapiens</i>	<i>Homo floresiensis</i>	<i>Homo neanderthalensis</i>	<i>Homo heidelbergensis</i>	
1 milhão de anos atrás		<i>Homo erectus</i>	<i>Paranthropus robustus</i>		
2 milhões de anos atrás	<i>Homo naledi</i> <i>A. sediba</i>				
3 milhões de anos atrás	<i>Australopithecus africanus</i>	<i>Homo habilis</i>	<i>Homo rudolfensis</i> <i>P. boisei</i>		A altura das barras mostra o período de tempo em que cada espécie existiu
4 milhões de anos atrás	<i>A. afarensis</i> (Lucy)	<i>A. garhi</i>			
5 milhões de anos atrás	<i>A. anamensis</i>		<i>Ardipithecus ramidus</i>		
6 milhões de anos atrás			<i>Ardipithecus kadabba</i>		
7 milhões de anos atrás		<i>Orrorin tugenensis</i>	<i>Sahelanthropus tchadensis</i>		

Fonte: O Globo.

Na árvore genealógica, observam-se mudanças na linhagem que deu origem ao homem moderno. Todos os eventos evolutivos são caracterizados pelo seguinte aspecto

- alterações populacionais ao longo do tempo.
- aumento da eficácia dos processos metabólicos.
- manutenção da variabilidade do material genético.
- transformações estruturais durante a vida do indivíduo.

12. Uerj (adaptada) – Quando os primeiros humanos modernos (*Homo sapiens*) surgiram na África, há cerca de 200 mil anos, é provável que outras espécies de humanos ainda habitassem o continente. Até agora, porém, os registros fósseis não traziam evidências da convivência da nossa espécie com outras mais arcaicas na região. Mas análises dos restos de uma dessas espécies humanas antigas, encontrada na África do Sul, indicam pela primeira vez que isso teria acontecido de fato. Conhecida como *Homo naledi*, seus integrantes teriam vivido entre 236 mil e 335 mil anos atrás, na mesma época em que se acredita que o *Homo sapiens* evoluiu na África subsaariana. Segundo o pesquisador Lee Berger, “não podemos mais presumir que sabemos que espécies fizeram quais ferramentas, ou se foram os humanos modernos os inovadores responsáveis por avanços na tecnologia”.

O Globo, 10 maio 2017. (Adaptado).

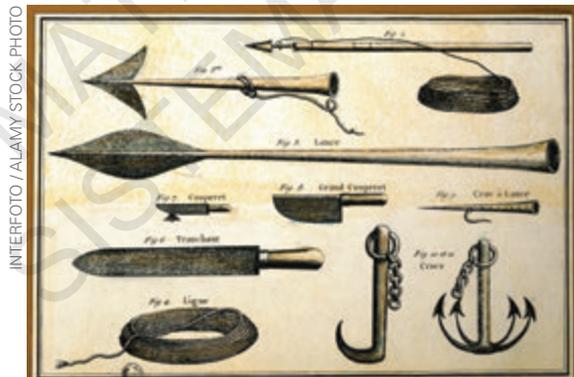
Com base nos conhecimentos científicos atuais sobre a evolução humana, identifica-se no texto o princípio de

- diversidade biológica.
- semelhança fisiológica.
- paralelismo etnográfico.
- condicionamento geográfico.

13. Uece – É admirável a variedade de habitats ocupados pelos primeiros humanos que possivelmente iniciaram o povoamento da América em seu ponto mais meridional, na Terra do Fogo, extremo sul do continente. A chegada à América comprova a engenhosidade, a adaptabilidade e a capacidade migratória excepcional insuperável do

- Homo habilis*.
- Homo neanderthalensis*.
- Homo de denisova*.
- Homo sapiens*.

14. Sistema Dom Bosco – Observe a imagem a seguir dos tipos de arpão utilizados para a pesca no século XIX.



A produção de ferramentas para facilitar a obtenção de alimentos é realizada há mais de 2 milhões de anos. Qual o hominídeo que desenvolveu essa habilidade, importantíssima do ponto de vista evolutivo?

15. Uece – Analise as seguintes afirmações a respeito do homem de Neandertal – *Homo sapiens neanderthalensis*.

- Representa uma forma humana que viveu há aproximadamente 100.000 anos e foi extinta há cerca de 35.000 anos.
- Pertencia ao maior grupo de antropoides que, apesar de terem cérebros menos volumosos, eram caçadores e coletores.
- Utilizava o fogo, construía cabanas e utensílios de pedra e sabia fazer roupas a partir das peles de animais mortos.
- Pertencia à mesma espécie do homem de Cro-Magnon e enquadrava-se perfeitamente na forma hominídea.

É correto o que se afirma apenas em

- I, II e IV.
- II, III e IV.
- III e IV.
- I e III.

16. UFSC (adaptada)



DAVE EINSEL/GETTY IMAGES

Foto da reprodução exposta no Museu de História Natural de Chicago do mais famoso fóssil do gênero *Australopithecus*, batizado de Lucy por seu descobridor, o paleontólogo Raymond Dart. Segundo artigo publicado na revista *Nature*, um grupo de cientistas descobriu a possível causa de sua morte: múltiplas fraturas decorrentes da queda de uma árvore.

Com base nos conhecimentos sobre a evolução humana, é correto afirmar que

- o gênero *Australopithecus* constitui um grupo ancestral dos grandes símios (gorilas, gibões e chimpanzés).
- segundo estudos recentes, seu habitat eram as florestas tropicais da América do Sul.
- acredita-se que esse gênero era capaz de se locomover de forma ereta ou semiereta, apoiando-se nos membros inferiores.
- estima-se que os primeiros representantes desse gênero surgiram há aproximadamente vinte mil anos.

17. Sistema Dom Bosco – Leia o texto.

Vivemos organizados em sociedade. Essa forma de existência pode parecer óbvia, mas jamais para um filósofo. [...] A explicação de Aristóteles aponta o fato de haver na natureza humana uma tendência a viver em sociedade e que ao realizar essa inclinação o homem realiza seu próprio bem. Quer dizer, se vivemos em sociedade é porque essa é a finalidade do ser humano. Isso é tão próprio do homem quanto é próprio da semente de pessegueiro tornar-se uma árvore e produzir pêssegos.

Disponível em: <<https://www.tribunapr.com.br/noticias/aristoteles-por-que-vivemos-coletivamente/>>. Acesso em: mar. 2019.

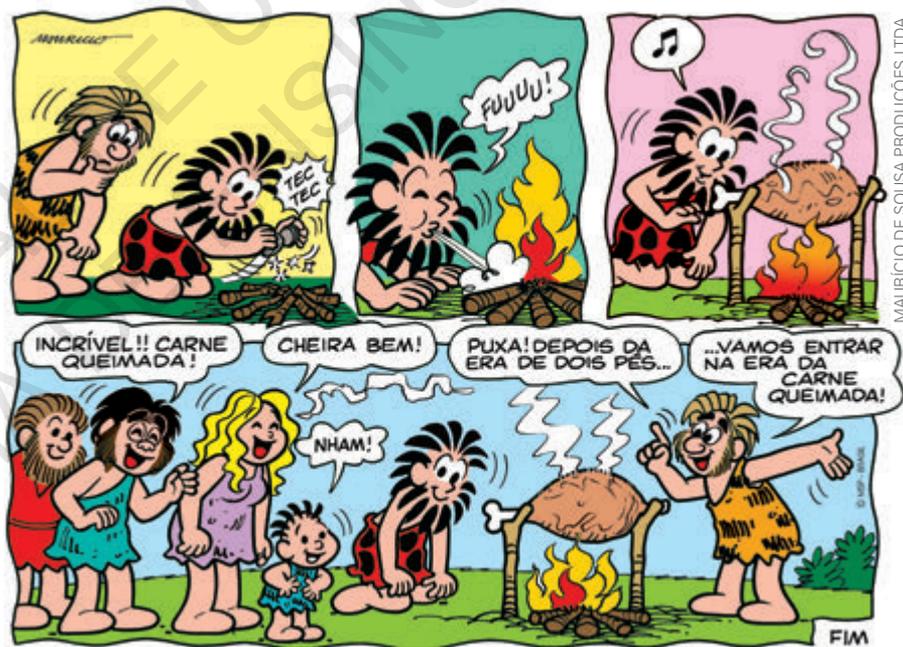
Aristóteles foi um pensador da Antiguidade grega que justificava a socialização humana pela teleologia, ou seja, acreditava que a socialização seria uma característica inerente e funcional da condição humana. Aristóteles acreditava também que os seres vivos teriam sido criados com uma essência perfeita por um Deus perfeito e, portanto, seriam imutáveis.

Com as teorias evolutivas atuais, explique por que na Pré-história viver em grupos aumentava as chances de sobrevivência dos hominídeos e cite algum tipo de registro que comprove essa vida em grupos cooperativos.

ESTUDO PARA O ENEM

18. Sistema Dom Bosco

C5-H17



A tirinha do cartunista Mauricio de Sousa retrata a importância do fogo para os hominídeos primitivos. Que ancestral do ser humano moderno desenvolveu a habilidade de lidar com o fogo?

- Australopithecus anamensis*.
- Homo sapiens*.
- Homo habilis*.
- Homo ergaster*.
- Homo robustus*.

19. Sistema Dom Bosco

C4-H16

Em 2014, o jogador de futebol negro e brasileiro Daniel Alves foi acertado por uma banana atirada em campo, durante partida do time Barcelona. Esse foi só mais um entre tantos outros atos racistas no ambiente futebolístico. O inusitado desse acontecimento foi a reação do jogador, que comeu a banana lançada durante o ato racista. Acompanhando a atitude do jogador, no mesmo dia, uma agência de publicidade lançou a campanha "somos todos macacos", que, mesmo sob duras críticas, viralizou na internet.

Do ponto de vista biológico, podemos dizer que

- a espécie humana descende diretamente dos macacos.
- os macacos e os humanos são integrantes da mesma espécie.
- os macacos e os seres humanos são primatas que apresentam um mesmo ancestral comum.
- os macacos são os ancestrais mais recentes dos seres humanos.
- somente os macacos fazem parte do grupo dos primatas.

20. Sistema Dom Bosco

C5-H17



FERNANDO GONSALES

Na tirinha o cartunista Fernando Gonsales compara a inteligência do chimpanzé com a de um ser humano. A evolução das características cognitivas da espécie humana torna nossa espécie mais complexa intelectualmente do que os chimpanzés e os demais primatas. Essas características envolvem

- redução no volume cerebral, refinamento das habilidades motoras finas e perda da capacidade cognitiva.
- aumento no volume cerebral, refinamento das habilidades motoras finas e diminuição das funções cognitivas.
- manutenção do volume cerebral e das habilidades motoras finas com refinamento das funções neurológicas.
- manutenção do volume cerebral e das funções cognitivas com o aprimoramento das habilidades motoras finas.
- aumento no volume cerebral, refinamento das habilidades motoras, aumento da capacidade cognitiva e das funções neurológicas.

EXERCÍCIO INTERDISCIPLINAR

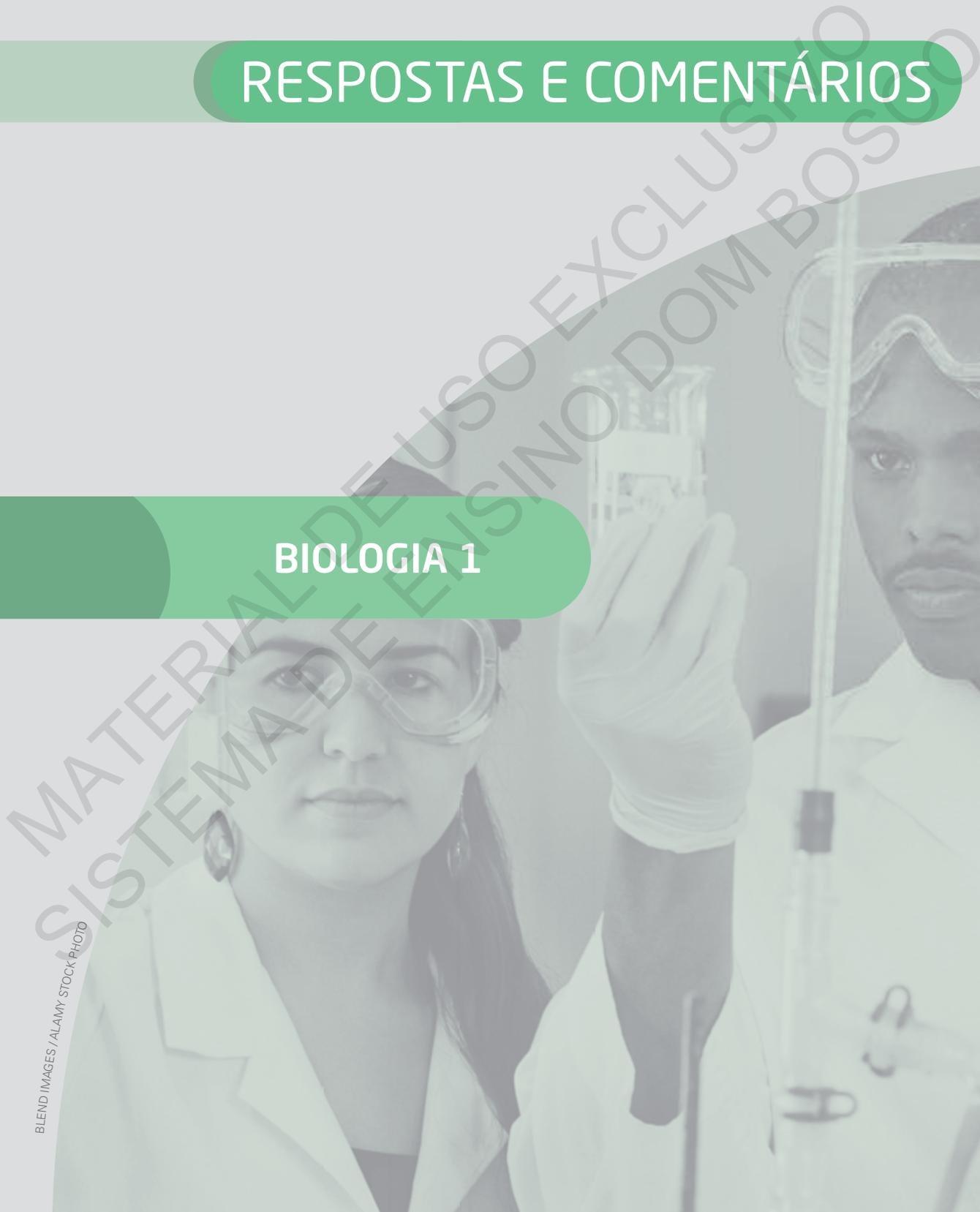
21. UPE (adaptada) – A cor das asas de um tipo de besouro é determinada por dois alelos codominantes. O alelo B forma o pigmento branco, e sua frequência alélica é de $p = 0,63$. Por sua vez, o alelo V forma o pigmento vermelho, e sua frequência alélica é de $q = 0,37$. Os besouros de asas brancas estão bem camuflados dos predadores, enquanto os de asas vermelhas e rosas estão razoavelmente camuflados. Apesar de as condições de equilíbrio de Hardy-Weinberg não serem alcançadas na natureza, considere que a população é numerosa, os cruzamentos são aleatórios e nenhum fator evolutivo está ocorrendo, o que permite aplicar a fórmula $p^2 + 2pq + q^2 = 1$. Sabendo que a frequência dos animais com coloração intermediária é determinada por $2pq$, qual a frequência esperada de heterozigotos para a população de besouros?

- 0,378
- 0,136
- 0,378
- 0,529
- 0,487

MATERIAL DE USO EXCLUSIVO
SISTEMA DE ENSINO DOM BOSCO

RESPOSTAS E COMENTÁRIOS

BIOLOGIA 1



APRESENTAÇÃO

BIOLOGIA

Em uma sociedade constantemente conectada e com acesso a informações sobre temas relacionados a ciência e tecnologia, o ensino de Biologia contemporâneo encontra o desafio de desenvolver a habilidade de interpretação dessas informações e aplicar o pensamento científico na resolução dos problemas.

A formação com base científica reconhece os fenômenos naturais do cotidiano descritos e apresentados nos meios de comunicação, bem como os temas referentes a aquecimento global, biodiversidade, poluição, clonagem, Biotecnologia, alimentos geneticamente modificados, epidemias resultantes da impotência da área de saúde diante da velocidade da globalização e, em contrapartida, dos avanços da Medicina.

A proposta do material de Biologia para o ensino pré-vestibular é gerar reflexão sobre as interações entre o saber sistematizado e os fatos do cotidiano, o que exige estímulo à leitura crítica das interferências científicas e tecnológicas na sociedade, sempre ressaltando a busca por melhor qualidade de vida, com base na relação entre saber adquirido, valores e atitudes. Além disso, a obra respeita a legislação vigente. A disposição das habilidades no início de cada unidade facilita a análise dos objetivos do conteúdo, propiciando ampla visão da abrangência dessa área científica ao aluno.

O material contém informações e análises sobre diversos temas relacionados às exigências do Exame Nacional do Ensino Médio (Enem) e dos principais exames de vestibular do país. O emprego de linguagem clara e precisa favorece a compreensão e a aproximação do tema. A estrutura e o projeto gráfico adequados aos objetivos pedagógicos contribuem para deixar a leitura mais agradável. A articulação entre os aspectos reais e culturais se faz presente em vários sentidos. Tudo converge para facilitar o ensino e a aprendizagem.

Os tópicos em sequência adequada, respeitando pré-requisitos para compreensão dos temas em estudo, iniciam com características particulares e aumentam gradativamente o enfoque, em benefício do aprendizado, enriquecido com análise de descobertas recentes, que desencadeiam o pensamento crítico direcionado ao desenvolvimento de autonomia. A adequação das atividades às competências e às habilidades norteia os objetivos e o trabalho do docente em cada atividade. O embasamento teórico-prático faz frente a qualquer vestibular e ao Enem.

Ao fim de cada segmento, a seção *Para ir além* indica sugestões de leituras/conteúdos extras.

CONTEÚDO

BIOLOGIA 1

Volume	Módulo	Conteúdo
1A	45	Biotecnologia e Bioética
	46	Fundamentos da Ecologia
	47	Fluxo de matéria e energia entre os seres vivos
	48	Ciclos biogeoquímicos da água e do carbono
	49	Ciclos biogeoquímicos do oxigênio, do cálcio e do fósforo
	50	Ciclos do nitrogênio
1B	51	Biomassas terrestres
	52	Relações ecológicas harmônicas
	53	Relações ecológicas desarmônicas
	54	Ecologia de populações: características e crescimento
	55	Controle populacional e sucessão ecológica
	56	Desequilíbrios ambientais

BIOLOGIA 2

Volume	Módulo	Conteúdo
2A	23	Cordados
	24	Peixes
	25	Anfíbios
2B	26	Répteis
	27	Aves
	28	Mamíferos

BIOLOGIA 3

Volume	Módulo	Conteúdo
3A	23	Recomposição da história evolutiva
	24	Evidências evolutivas
	25	Lamarckismo e Darwinismo
3B	26	Teoria sintética da evolução
	27	Evolução de populações
	28	Evolução humana

MATERIAL DE USO EXCLUSIVO
SISTEMA DE ENSINO DOM BOSCO

45 BIOTECNOLOGIA E BIOÉTICA

Comentário sobre o módulo

Neste módulo, foram apresentadas as técnicas de clonagem reprodutiva e terapêutica (como a terapia gênica) e a técnica de CRISPR na seção *Leitura complementar*, com ênfase ao modo de realização dos procedimentos. Também foram abordadas as vantagens e desvantagens desses métodos, assim como as relações com a Bioética.

Foram estudadas as principais técnicas utilizadas na identificação de pessoas (DNA *fingerprint*): marcadores moleculares (microssatélites, DNA mitocondrial e cromossomo Y), PCR e eletroforese.

Se achar adequado, proponha um debate sobre os temas estudados pela Bioética e considerados polêmicos, respeitando-se os princípios dessa área da Biologia.

Para ir além

Neste material da Universidade Federal de São Paulo, é possível aprofundar-se sobre os conhecimentos de Bioética. Disponível em:

<https://www.unasus.unifesp.br/biblioteca_virtual/esf/2/unidades_conteudos/unidade18/unidade18.pdf>.

Acesso em: mar. 2019.

O texto indicado trata dos testes feitos por pesquisadores da Unifesp para combater a mucopolissacaridose, doença que causa prejuízos cognitivos e lesões em diversos órgãos. Disponível em:

<<http://agencia.fapesp.br/grupo-da-unifesp-testa-terapia-genica-contra-mucopolissacaridose-22114/>>.

Acesso em: mar. 2019.

Por meio do texto a seguir, é possível conhecer um novo método de identificação de paternidade com base no sequenciamento genético desenvolvido pelo Departamento de Biologia Geral do Instituto de Ciências Biológicas da UFMG. A técnica ajuda a solucionar casos de tráfico de aves no país. Disponível em:

<<https://ufmg.br/comunicacao/noticias/teste-de-dna-desenvolvido-no-icb-combate-traffic-de-aves>>.

Acesso em: mar. 2019.

Exercícios propostos

7. A

O DNA mitocondrial é proveniente do ovócito anucleado, enquanto o DNA nuclear é oriundo da célula somática. Portanto, como o ovócito foi isolado de Fluffy, Dolly apresenta o mesmo DNA mitocondrial que aquela.

8. C

Basta lembrar que o perfil genético da criança deverá apresentar aproximadamente 50% do perfil paterno e 50% do materno. Logo, o filho do casal é o III.

9. A

Todas as afirmativas estão corretas.

10. Uma técnica capaz de solucionar a doença seria a terapia gênica, que consiste em substituir o alelo causador da patologia por um alelo normal. O processo pode ser realizado de duas maneiras: 1. *in vivo* (em que os alelos normais são clonados com uso de um vetor, que é inserido diretamente por injeção no indivíduo doente. Assim, os alelos se incorporam às células dele e produzem a proteína corretamente); 2. *ex vivo* (em que as células do indivíduo são retiradas, modificadas e reintroduzidas).

11. B

A alternativa A está incorreta, porque se trata de um processo *in vitro* de fusões entre um ovócito anucleado e uma célula somática. A alternativa C está incorreta, pois a clonagem é um procedimento de pouco sucesso. A ovelha Dolly, por exemplo, nasceu após 277 tentativas. A alternativa D está incorreta, porque transgênicos recebem fragmentos de DNA de outras espécies. A alternativa E está incorreta. Um organismo geneticamente modificado foi submetido a técnicas laboratoriais que, de alguma forma, modificaram seu genoma, enquanto um organismo transgênico foi submetido à técnica específica de inserção de um trecho de DNA de outra espécie.

12. a) A identificação de corpos por meio da análise de DNA é possível porque este contém regiões polimórficas em que há repetições únicas para cada pessoa. Enzimas de restrição (endonucleases) fragmentam o filamento de DNA, o que produz pequenas porções de tamanhos variáveis. Estas, após a análise por eletroforese, podem ser utilizadas na identificação de pessoas.

b) Sim. É necessário incluir parentes, porque as amostras de DNA da vítima precisam ser comparadas para a identificação do perfil familiar.

13. C

Os indivíduos do casal 3 são os possíveis pais biológicos do bebê, pois este apresenta 50% do perfil genético materno e 50% do paterno.

14. a) A probabilidade é zero, uma vez que o DNA mitocondrial é herança exclusivamente materna. Ou seja, as mitocôndrias do zigoto que originaram Louise provêm do ovócito da mãe, e não do espermatozoide do pai.

b) Sim. O genoma nuclear de Dolly era idêntico ao da ovelha doadora. Esta, por sua vez, tinha 50%

do genoma nuclear de origem paterna e 50%, de origem materna.

15. D

A clonagem não garante que os clones sejam aptos a se reproduzir. Além disso, os resultados não necessariamente são satisfatórios, uma vez que a maioria dos clones apresenta envelhecimento precoce e grande incidência de doenças degenerativas.

16. B

A alternativa A está incorreta, porque se trata de uma doença possível de ser editada pela técnica CRISPR. A alternativa C está incorreta. Ainda não foi descoberto nenhum procedimento que retarde o envelhecimento, apenas se sabe que este está relacionado à redução dos telômeros. A alternativa D está incorreta, porque a edição do genoma não promove estabilidade. A alternativa E está incorreta. Raramente ocorre superprodução de imunoglobulinas, que são proteínas altamente específicas.

17. Antes de realizar a eletroforese, é necessário extrair o DNA dos indivíduos e realizar a amplificação dos fragmentos por meio da PCR. Com eles, utiliza-se a eletroforese para separar fragmentos de DNA de diferentes tamanhos em um gel, de acordo com a massa e carga elétrica, ao serem submetidos a um campo magnético. Como o DNA é uma molécula de carga negativa, ele corre no gel do lado negativo para o lado positivo, de modo que, quanto menor o fragmento, maior é o deslocamento no gel. Ao final, é possível avaliar o perfil genético dos indivíduos e compará-los a fim de identificar os indivíduos.

Estudo para o Enem

18. D

De acordo com o enunciado, pelo fato de ter ocorrido a implantação de um clone no útero de mulheres, prática considerada antiética em diversos países, o pesquisador alega ser necessário realizar o procedimento de forma legalizada para se entender melhor a produção de indivíduos saudáveis, uma vez que o processo acontecerá em algum momento. As alternativas A, B e C estão incorretas. Em momento algum no enunciado a clonagem é justificada sob o argumento

de melhorar a compreensão sobre a vida ou para se realizar aperfeiçoamento em humanos, nem mesmo em relação ao custo do experimento. A alternativa C está incorreta, porque não se refere a ser um ato ruim ou bom, e sim antiético.

Competência: Associar intervenções que resultam em degradação ou conservação ambiental a processos produtivos e sociais e a instrumentos ou ações científico-tecnológicos.

Habilidade: Reconhecer benefícios, limitações e aspectos éticos da Biotecnologia, considerando estruturas e processos biológicos envolvidos em produtos biotecnológicos.

19. E

As vacinas gênicas são produzidas com base em genes dos vírus previamente amplificados em vetores e inseridos nas pessoas, a fim de que haja reconhecimento do sistema imune. Assim, é produzida memória imunológica contra aquela linhagem de vírus.

Competência: Apropriar-se de conhecimentos da Biologia para, em situações-problema, interpretar, avaliar ou planejar intervenções científico-tecnológicas.

Habilidade: Interpretar experimentos ou técnicas que utilizam seres vivos, analisando implicações para o ambiente, a saúde, a produção de alimentos, matérias-primas ou produtos industriais.

20. C

Como há duas ligações de hidrogênio entre A e T e três ligações entre C e G, a última é mais difícil de se desfazer que a primeira. Portanto, o segmento que se desnatura primeiro é aquele que apresenta maior quantidade de A e T em sua sequência.

Competência: Apropriar-se de conhecimentos da Biologia para, em situações-problema, interpretar, avaliar ou planejar intervenções científico-tecnológicas.

Habilidade: Interpretar experimentos ou técnicas que utilizam seres vivos, analisando implicações para o ambiente, a saúde, a produção de alimentos, matérias-primas ou produtos industriais.

46 FUNDAMENTOS DA ECOLOGIA

Comentário sobre o módulo

Neste módulo, os níveis de organização ecológicos foram trabalhados em paralelo a conceitos como hábitat, biótopo, ecótono, nicho ecológico e biodiversidade. Este último está relacionado à riqueza de espécies, à abundância e à distribuição delas na biosfera, bem como aos fatores abióticos e bióticos.

Para ir além

O vídeo “As cores do Cerrado e jardins urbanos” aborda a restauração do bioma por meio de jardins. Disponível em:

<<https://www.youtube.com/watch?v=05Oh8LFldwc&feature=youtu.be>>.

Acesso em: jun. 2019.

O texto a seguir aborda o uso de modelagem de nicho ecológico como técnica para conservação das espécies. Disponível em:

<<http://agencia.fapesp.br/prioridade-para-conservacao-com-olho-no-passado/27579/>>.

Acesso em: jun. 2019.

Exercícios propostos

7. C

A afirmativa II é falsa. O conceito apresentado na afirmativa é o de nicho ecológico. Hábitat é o local onde determinada espécie vive. A afirmativa III é falsa, porque se refere ao conceito de população, enquanto comunidade é o conjunto de populações.

8. B

A afirmativa I está incorreta. Nicho ecológico é a posição biológica ou funcional que uma espécie ocupa em determinado meio. A afirmativa II está incorreta. A zona de transição que faz limites entre dois ecossistemas é chamada ecótono. Biótopo é o local em que uma comunidade existe.

9. C

A alternativa A está incorreta. A emissão de gases poluentes colabora com a perda da biodiversidade. A alternativa B está incorreta. A diversidade diminui com o aumento da latitude. A alternativa D está incorreta. A biodiversidade aumenta em regiões equatoriais. A alternativa E está incorreta. A biodiversidade diminui com a urbanização.

10. O Cerrado, nesse caso, pode ser considerado um biótopo, uma vez que se trata da coexistência de duas espécies no mesmo ambiente, tornando-o, então, uma comunidade biótica (ou biocenose). Se a distribuição das espécies fosse tratada separadamente, então poderia ser chamado de hábitat.

11. A

As alternativas B, C e D estão incorretas, porque as espécies ocupam nichos diferentes e o mesmo hábitat. A alternativa E está incorreta. Biótopo é usado apenas para caracterizar espécies em nível de comunidade. Os organismos em questão são da mesma espécie e, portanto, da mesma população – sendo correto utilizar o conceito de hábitat.

12. B

A biodiversidade da Caatinga é medida com base na quantidade de espécies diferentes e de indivíduos da mesma espécie ali presentes.

13. E

Todas as afirmativas estão corretas.

14. a) Se considerarmos apenas o conjunto de populações, estamos nos referindo ao conceito de comunidade presente naquele ambiente.

b) Se considerarmos o conjunto das populações do ambiente associado aos fatores abióticos, estamos nos referindo ao conceito de ecossistema.

15. E

De acordo com as informações apresentadas pelo enunciado, podemos supor que não haverá competição territorial nem alimentar entre as quatro espécies. Isso porque as espécies I e II, que fazem teias, predam tipos diferentes de presas. Enquanto a espécie I espera os insetos em galhos, a espécie II espera os insetos que ficam suspensos, provavelmente insetos alados. As espécies III e IV, que não fazem teias, também predam tipos diferentes de presas. Enquanto a espécie III espera as presas em flores, a espécie IV ataca ativamente as presas que passam pelo barranco. Assim, as quatro espécies de aranhas apresentam nichos distintos uns dos outros.

16. E

Como ambos os locais apresentam seres vivos que interagem entre si e com os fatores abióticos do ambiente, podem ser considerados ecossistemas distintos.

17. Quantidade de oxigênio, densidade de ar e sustentação, regulação da temperatura, diversidade de hábitats e luminosidade.

Estudo para o Enem

18. E

As alternativas A e B estão incorretas, porque constituem uma comunidade por serem três espécies distintas. A alternativa C está incorreta, pois

se trata de um biótopo, onde há três espécies coexistindo. A alternativa D está incorreta, porque dependem de fatores abióticos para sobreviver, sendo, portanto, parte de um ecossistema.

Competência: Apropriar-se de conhecimentos da Biologia para, em situações-problema, interpretar, avaliar ou planejar intervenções científico-tecnológicas.

Habilidade: Associar características adaptativas dos organismos com seu modo de vida ou com seus limites de distribuição em diferentes ambientes, em especial em ambientes brasileiros.

19. A

A alternativa B está incorreta, porque uma única espécie não configura uma comunidade. A alternativa C está incorreta, pois esse ato descreve parte do seu nicho ecológico. A alternativa D está incorreta, porque o Pantanal apresenta diversas espécies. A alternativa E está incorreta, pois os tatus-canastas são heterótrofos.

Competência: Apropriar-se de conhecimentos da Biologia para, em situações-problema, interpretar, avaliar ou planejar intervenções científico-tecnológicas.

Habilidade: Associar características adaptativas dos organismos com seu modo de vida ou com seus limites de distribuição em diferentes ambientes, em especial em ambientes brasileiros.

20. B

O nicho ecológico é a função do animal em relação ao ambiente em que vive, o que inclui desde hábitos alimentares até as demais características específicas da espécie.

Competência: Apropriar-se de conhecimentos da Biologia para, em situações-problema, interpretar, avaliar ou planejar intervenções científico-tecnológicas.

Habilidade: Associar características adaptativas dos organismos com seu modo de vida ou com seus limites de distribuição em diferentes ambientes, em especial em ambientes brasileiros.

MATERIAL DE USO EXCLUSIVO DO
SISTEMA DE ENSINO DO

47 FLUXO DE MATÉRIA E ENERGIA ENTRE OS SERES VIVOS

Comentário sobre o módulo

Neste módulo foi apresentado o conceito de nível trófico entre os produtores, consumidores e decompositores e como estes se distribuem na cadeia e na teia alimentar. Os exemplos de pirâmides ecológicas (de número, biomassa e energia) procuram levar o aluno a compreender o fluxo de energia em um ecossistema. A leitura complementar aborda como os resíduos industriais impactam a cadeia alimentar marinha, podendo levar espécies mais afetadas, como as orcas, à extinção em poucos anos.

Para ir além

Leia a matéria sobre um estudo feito com base em simulações dos hábitos alimentares de alguns animais extintos. Essa pesquisa possibilitou a compreensão das relações ecológicas e do fluxo de energia entre os seres vivos de determinada época. Disponível em:

<<http://revistapesquisa.fapesp.br/2015/05/15/jardineiros-da-pesada/>>.

Acesso em: jun. 2019.

O texto da Agência Europeia do Ambiente aborda o lixo marinho e como ele afeta nossa saúde e todos os níveis tróficos nos oceanos, que correspondem a 70% da superfície do planeta. Disponível em:

<<https://www.eea.europa.eu/pt/sinais-da-aea/sinais-2014/em-analise/o-lixo-nos-nossos-mares>>.

Acesso em: jun. 2019.

Exercícios propostos

7. D

A alternativa A está incorreta, porque a pirâmide de energia não pode ser representada invertida, uma vez que a energia é produzida no primeiro nível trófico e é reduzida ao longo dos demais níveis. A alternativa B está incorreta, porque a pirâmide de energia representa a quantidade de energia em cada nível trófico em uma cadeia alimentar. A alternativa C está incorreta, porque a energia é calculada por unidade de área e em determinado período.

8. C

No ecossistema terrestre, a maior biomassa está nos vegetais, que ocupam o nível trófico dos produtores. No ecossistema marinho, a maior biomassa encontra-se no nível trófico ocupado pelos consumidores primários (zooplâncton).

9. E

A drósera é um organismo autótrofo, ocupando o nível trófico de produtor na cadeia alimentar.

A larva da mosca é heterotrófica, sendo uma consumidora secundária.

10. Existem quatro níveis tróficos e cinco cadeias. Todos se encontram na ordem crescente, sendo a planta a produtora, e os demais animais, consumidores primários, secundários ou terciários.

11. B

A alternativa A está incorreta, porque houve redução de biomassa no primeiro nível trófico. As demais estão incorretas, porque a população foi reduzida.

12. D

Metais pesados têm efeito bioacumulativo, assim são encontrados em maior concentração nos organismos do topo da cadeia alimentar.

13. B

A afirmativa II está incorreta, porque a produtividade primária líquida (PPL) é igual à energia total produzida pelo primeiro nível trófico menos a taxa de respiração daqueles organismos.

14. A relação entre os tipos de energia é $A = B + C$. A energia perdida pelos seres vivos somada à energia incorporada em cada nível trófico é igual à energia total captada pelos produtores.

15. D

Como a população de aves foi reduzida, a população de insetos aumentou em número, o que provocou a redução da população de grãos produzidos pela agricultura.

16. $01 + 02 = 03$

(04) Incorreta. Cutias e tucanos não são animais parasitas.

(08) Incorreta. A palmeira e as outras plantas não competem com os animais, mas precisam deles para dispersar suas sementes.

(16) Incorreta. Os animais podem ocupar o mesmo hábitat e ter nichos ecológicos distintos.

17. A pirâmide de biomassa e de energia é a II, e a barra que representa as joaninhas é a 3.

Estudo para o Enem

18. C

O pesticida se acumula no último nível trófico. Portanto, o valor da concentração deverá aumentar à medida que avançar um nível.

Competência: Compreender interações entre organismos e ambiente, em particular aquelas relacionadas à saúde humana, relacionando conhecimentos científicos, aspectos culturais e características individuais.

Habilidade: Identificar padrões em fenômenos e processos vitais dos organismos, como manutenção do equilíbrio interno, defesa, relações com o ambiente, sexualidade, entre outros.

19. B

A forma larval do parasitoide é um consumidor secundário, uma vez que se alimenta dos tecidos da lagarta, isto é, apresenta hábito carnívoro. Não é um decompositor por se alimentar do organismo ainda vivo. Além disso, não apresenta maior nível energético da cadeia, mas o menor, uma vez que a energia é reduzida à medida que passa pelos demais níveis tróficos.

Competência: Compreender interações entre organismos e ambiente, em particular aquelas relacionadas à saúde humana, relacionando conhecimentos científicos, aspectos culturais e características individuais.

Habilidade: Identificar padrões em fenômenos e processos vitais dos organismos, como manutenção do equilíbrio interno, defesa, relações com o ambiente, sexualidade, entre outros.

20. B

As algas são autótrofas e se encontram no primeiro nível trófico da cadeia, produzindo toda a energia que será distribuída ao longo dos demais níveis. A produtividade primária líquida é toda a energia produzida pelos produtores menos a taxa de respiração desses organismos, uma vez que parte da energia é utilizada nesse processo.

Competência: Compreender interações entre organismos e ambiente, em particular aquelas relacionadas à saúde humana, relacionando conhecimentos científicos, aspectos culturais e características individuais.

Habilidade: Identificar padrões em fenômenos e processos vitais dos organismos, como manutenção do equilíbrio interno, defesa, relações com o ambiente, sexualidade, entre outros.

MATERIAL DE USO EXCLUSIVO DO
SISTEMA DE ENSINO

48 CICLOS BIOGEOQUÍMICOS DA ÁGUA E DO CARBONO

Comentário sobre o módulo

Neste módulo, o ciclo da água é abordado com base nas duas mudanças de estado físico e nos diversos processos químicos envolvidos na sua restituição ao ambiente. Também se consideram a importância deste processo para a vida e como a integração com os outros organismos vivos participam do seu ciclo de renovação. O ciclo do carbono é abordado com base nas etapas que o compõem e como os organismos autotróficos e heterotróficos estão envolvidos e interligados em seus processos de renovação no ambiente.

Para ir além

O vídeo produzido pela Agência Nacional das Águas (ANA) aborda como as alterações climáticas podem influenciar na disponibilidade de água. Disponível em:

<<http://capacitacao.ana.gov.br/conhecerh/handle/ana/474>>.

Acesso em: jun. 2019.

A reportagem da Agência Fapesp aborda o mapeamento dos principais emissores de CO₂ no país. Disponível em:

<<http://agencia.fapesp.br/estudo-aponta-quem-e-o-dono-do-carbono-no-brasil/27812/>>.

Acesso em: jun. 2019.

Exercícios propostos

- 7. E**
Todas as afirmativas estão corretas.
- 8. A**
A alternativa B está incorreta, porque as nuvens são formadas de água em estado líquido. A alternativa C se refere à condensação. A alternativa D está incorreta, porque a neblina é formada pela condensação do ar quente e úmido quando entra em contato com o solo ou superfícies frias. O orvalho é um fenômeno físico no qual a umidade do ar precipita por condensação na forma de gotas pela diminuição brusca da temperatura ou pelo contato com superfícies frias.
- 9. C**
A água subterrânea é resultante da infiltração da água ao se precipitar no solo. As queimadas não influenciam no ciclo da água, mas, sim, no ciclo do carbono. A água incorporada aos tecidos animais retorna para a atmosfera por meio da transpiração, da excreção e da respiração. O desmatamento reduz os níveis de umidade da região.
- 10.** O processo I corresponde à fixação do CO₂ pelas plantas, equivalente a uma parte da fotossíntese. O processo II corresponde à respiração. O processo III corresponde à utilização de matéria orgânica da fotossíntese para a obtenção de energia.
- 11. C**
A alternativa A está incorreta, porque essa ação não impede que águas poluídas alcancem os aquíferos, uma vez que ela poderá infiltrar no solo. A alternativa B está incorreta, porque poços artesianos podem causar desperdício e não há como tratar todos os poços. A alternativa D está incorreta, porque a construção de fossas é prejudicial à saúde humana e ao meio ambiente. A alternativa E está incorreta, porque o transporte das águas diretamente das nascentes por canos até as represas prejudica as matas ciliares e toda a fauna da região, desequilibrando o ecossistema de modo geral.
- 12. D**
A afirmativa I está incorreta, porque o solo da Floresta Amazônica é rico em detritos e demais organismos em decomposição, o que possibilita que atue como fonte de estoque de carbono. Além do mais, toda a matéria orgânica encontrada no solo é formada por carbono. A afirmativa V está incorreta, porque a conversão das florestas reduzirá a polinização e, conseqüentemente, influenciará nas monoculturas.
- 13. A**
A devolução do carbono ao ambiente ocorre pela sua transformação em CO₂. A alternativa B está incorreta, porque a formação de glicose tira o carbono da atmosfera para que seja usado na obtenção de energia pelos animais. A alternativa C está incorreta, porque a combinação desse elemento com outro faria com que ele fosse retirado da atmosfera, e não devolvido. A alternativa D está incorreta, porque a formação de proteínas envolve o uso do carbono pelos organismos vivos, retirando-o do ambiente abiótico. A alternativa E está incorreta, porque a ligação com os átomos de oxigênio envolveria a retirada do carbono do ambiente para uso biótico.
- 14.** A planta retira a água do solo pela sucção das raízes e a devolve à atmosfera pela transpiração, por meio da qual os estômatos presentes nas folhas eliminam vapor de água.
- 15. E**
A afirmativa III está incorreta, porque o carbono passa de um nível trófico a outro como resultado da respiração e da decomposição. A afirmativa IV está incorreta, porque os átomos de carbono

presentes na atmosfera provenientes dos combustíveis fósseis estão constantemente em uso durante o ciclo do elemento carbono.

16. A

A alternativa B está incorreta, porque a radiação solar será a mesma. A alternativa C está incorreta, porque uma cidade urbanizada tende a ter um nível razoável de evaporação e escoamento. A alternativa D está incorreta, porque a intensidade solar será a mesma. A alternativa E está incorreta, porque estarão mais susceptíveis a enchentes.

17. Os fitoplânctons são os principais responsáveis pela reposição de O_2 na atmosfera. Trata-se de organismos fotossintetizantes que sequestram o CO_2 presente na atmosfera, balanceando não só sua concentração atmosférica como a de O_2 . A queda nas populações globais desses fitoplânctons implica diretamente no aumento de CO_2 na atmosfera.

Estudo para o Enem

18. A

Uma consequência do ciclo da água após a Revolução Industrial está atrelada à redução da flora em decorrência da chuva ácida, pois o aumento da emissão de poluentes pelas fábricas e pelos carros nos grandes centros urbanos faz com que as partículas de enxofre reajam com a água das chuvas, tornando-a ácida. A acidez precipita em rios, solos e montanhas, prejudicando o crescimento das vegetações e de animais marinhos dessas áreas.

Competência: Associar intervenções que resultam em degradação ou conservação ambiental a processos produtivos e sociais e a instrumentos ou ações científico-tecnológicos.

Habilidade: Compreender a importância dos ciclos biogeoquímicos ou do fluxo de energia para a vida, ou da ação de agentes ou fenômenos que podem causar alterações nesses processos.

19. D

A queima de combustíveis fósseis libera para a atmosfera uma grande quantidade de CO_2 . Esse CO_2 , segundo o texto, pertence à chamada reserva da terra, que está sendo liberada a uma velocidade muito maior do que é reposta, ocasionando um desequilíbrio entre as reservas da Terra, do mar e da atmosfera.

Competência: Associar intervenções que resultam em degradação ou conservação ambiental a processos produtivos e sociais e a instrumentos ou ações científico-tecnológicos.

Habilidade: Analisar perturbações ambientais, identificando fontes, transporte e(ou) destino dos poluentes ou prevendo efeitos em sistemas naturais, produtivos ou sociais.

20. B

A alternativa A está incorreta, porque o ciclo hidrológico é composto do vapor de água. A alternativa C está incorreta, porque queimadas e demais poluentes têm afetado negativamente o ciclo da água, dificultando ou impossibilitando a formação de nuvens. A alternativa D está incorreta, porque nuvens de maior altitude são formadas na floresta e precipitam em regiões distantes dela. A alternativa E está incorreta, porque a intervenção humana tem alterado a atmosfera da região negativamente.

Competência: Associar intervenções que resultam em degradação ou conservação ambiental a processos produtivos e sociais e a instrumentos ou ações científico-tecnológicos.

Habilidade: Compreender a importância dos ciclos biogeoquímicos ou do fluxo de energia para a vida, ou da ação de agentes ou fenômenos que podem causar alterações nesses processos.

49 CICLOS BIOGEOQUÍMICOS DO OXIGÊNIO, DO CÁLCIO E DO FÓSFORO

Comentário sobre o módulo

Neste módulo, foram apresentados os ciclos biogeoquímicos do oxigênio, do carbono e do fósforo, com ênfase à importância desses elementos para os seres vivos. Além disso, descreveu-se detalhadamente cada etapa dos ciclos, de maneira que o aluno consiga compreender semelhanças e diferenças entre eles.

Para ir além

Pesquisa inédita tenta recuperar de esgoto elemento químico crucial para produção de alimentos. Disponível em:

<<https://www.bbc.com/portuguese/geral-41387521>>.

Acesso em: jun. 2019.

O texto a seguir trata da liberação de nitrogênio e fósforo por excretas das aves marinhas e como esse fato influencia os ciclos biogeoquímicos. Disponível em:

<<http://revistapesquisa.fapesp.br/2018/03/20/fezes-de-aves-marinhas-influenciam-ciclo-global-de-nutrientes/>>.

Acesso em: jun. 2019.

Esta reportagem da BBC Brasil explica o que é a chamada “zona morta” do Golfo do México, região onde animais não sobrevivem. Disponível em:

<<https://www.bbc.com/portuguese/geral-40824337>>.

Acesso em: jun. 2019.

Exercícios propostos

7. A

A alternativa B está incorreta. Seres fotossintetizantes necessitam obrigatoriamente de luz solar. A alternativa C está incorreta. Fungos e bactérias são organismos decompositores; portanto, atuam decompondo matéria orgânica presente no aquário. A alternativa D está incorreta, pelo mesmo motivo descrito anteriormente. Além disso, fungos e bactérias forneceriam CO_2 ao ambiente, sem necessitar obrigatoriamente de luz solar. A alternativa E está incorreta. Zooplânctons atuam como predadores dos animais aquáticos herbívoros, consumindo O_2 e liberando CO_2 no ambiente, também sem necessitar obrigatoriamente de luz.

8. C

A alternativa A está incorreta. O fósforo participa da formação de ácidos nucleicos e de moléculas de ATP. A alternativa B está incorreta. O ciclo biogeoquímico do fósforo não apresenta fase gasosa, além de ser adicionado ao solo. A alternativa D está incorreta. A decomposição dos organismos faz o elemento retornar ao solo, e a

chuva o carrega para rios e oceanos. A alternativa E está incorreta. A forma mais importante biologicamente do fósforo é o fosfato.

9. C

A oxidação do ferro nas rochas, por meio do intemperismo, libera esse elemento em rios e mares.

10. A decomposição dos organismos marinhos causa a liberação de cálcio no ambiente aquático. Esse elemento, então, acumula-se no fundo do mar ao longo do tempo, dando origem às rochas sedimentares.

11. D

A alternativa A está incorreta. O carbono é incorporado pelos organismos terrestres principalmente pela alimentação, uma vez que toda matéria orgânica é composta de carbono. A alternativa B está incorreta. Os animais devolvem água para a atmosfera por meio da respiração, da transpiração e da excreção. A alternativa C está incorreta. O oxigênio é consumido pelos seres vivos pela respiração. A alternativa E está incorreta. O intemperismo das rochas devolve o cálcio para rios e mares.

12. E

A afirmativa I está incorreta. O oxigênio do qual os animais dependem provém do processo de fotossíntese, que consome CO_2 . A respiração celular, por outro lado, consome oxigênio e libera CO_2 .

13. E

A alternativa A está incorreta, porque I se refere ao intemperismo. As alternativas B e C estão incorretas, pois se referem ao ciclo do cálcio. A alternativa D está incorreta, porque se trata do ciclo do cálcio e pelo fato de II se referir à absorção do elemento pelos organismos.

14. Os animais consomem o O_2 produzido na fotossíntese que está disponível na atmosfera. Desse processo originam-se água e CO_2 . A água é utilizada no metabolismo e liberada pela transpiração, excreção e respiração. As plantas utilizam CO_2 na formação de moléculas orgânicas e devolvem o oxigênio à atmosfera novamente.

15. E

Todas as alternativas estão corretas.

16. C

A alternativa A está incorreta. A produção de oxigênio no mundo é realizada por todos os seres autótrofos, e não somente os que vivem na Amazônia. A alternativa B está incorreta. O oxigênio também pode ser liberado por meio da transpiração e respiração. A alternativa D está incorreta. As plantas realizam respiração, não apenas fotossíntese. A alternativa E está incorreta. Oxigênio e ozônio também estão presentes na atmosfera.

17. O ciclo do fósforo pode ser dividido em ciclo de tempo ecológico (em que o elemento é reciclado entre o solo, os produtores e os consumidores, numa escala de tempo relativamente curta) e em ciclo de tempo geológico (no qual parte do fósforo ambiental é sedimentado e incorporado às rochas, envolvendo um longo período de tempo).

Estudo para Enem

18. D

A queda das folhas aumenta a quantidade de matéria orgânica no solo, que é decomposta por fungos e bactérias aeróbios. Nesse processo, então, há consumo de O_2 .

Competência: Associar intervenções que resultam em degradação ou conservação ambiental a processos produtivos e sociais e a instrumentos ou ações científico-tecnológicos.

Habilidade: Compreender a importância dos ciclos biogeoquímicos ou do fluxo de energia para a vida, ou da ação de agentes ou fenômenos que podem causar alterações nesses processos.

19. A

As alternativas B e C estão incorretas, porque seriam ações caras. A alternativa D está incorreta. Não existe outro elemento capaz de exercer as mesmas funções que o fósforo. A alternativa E está incorreta, porque essa ação afetaria diretamente a economia.

Competência: Associar intervenções que resultam em degradação ou conservação ambiental a processos produtivos e sociais e a instrumentos ou ações científico-tecnológicos.

Habilidade: Identificar etapas em processos de obtenção, transformação, utilização ou reciclagem de recursos naturais, energéticos ou matérias-primas, considerando processos biológicos, químicos ou físicos neles envolvidos.

20. E

A molécula da água (H_2O) tem oxigênio em sua estrutura. A molécula de gás carbônico (CO_2), por sua vez, apresenta oxigênio em sua estrutura. Além disso, o átomo de oxigênio está presente na forma de carbonato (CO_3^{2-}) e fosfato (PO_4^{3-}) nos ciclos do carbono e do fósforo, respectivamente.

Competência: Associar intervenções que resultam em degradação ou conservação ambiental a processos produtivos e sociais e a instrumentos ou ações científico-tecnológicos.

Habilidade: Compreender a importância dos ciclos biogeoquímicos ou do fluxo de energia para a vida, ou da ação de agentes ou fenômenos que podem causar alterações nesses processos.

50 CICLO DO NITROGÊNIO

Comentário sobre o módulo

Neste módulo, foram apresentadas ao aluno todas as etapas do ciclo do nitrogênio, bem como os seres vivos nele envolvidos e as principais reações oxidativas ocorridas ao longo do processo. Na introdução, foram discutidos alguns problemas gerados pelo uso de fertilizantes nitrogenados, como a poluição dos lençóis freáticos na China. Além disso, foram apresentadas certas técnicas de cultivo, como a rotação de cultura (que facilita a disponibilidade de compostos nitrogenados no solo) e a hidroponia (técnica em que as plantas não necessitam estar diretamente no solo).

Para ir além

Esta reportagem da Agência SBPC alerta sobre a alteração do ciclo do nitrogênio em razão das queimadas para criação de pasto na Floresta Amazônica. Disponível em:

<http://www.sbpcnet.org.br/manaus/Newsletter16_2.php>.

Acesso em: jun. 2019.

Este vídeo elaborado pela Embrapa aborda os resultados da fixação do nitrogênio nas plantações de arroz, o que reduz custos e impactos na produção. Disponível em:

<<https://www.youtube.com/watch?v=jTywXCVFbc8>>.

Acesso em: jun. 2019.

Exercícios propostos

7. E

Todas as alternativas estão corretas.

8. D

Adubos ou fertilizantes são ricos em sais minerais, o que pode compensar a retirada de vegetais provenientes de plantações. A alternativa A está incorreta. Bactérias e fungos produzem hidróxido de amônio na decomposição. A alternativa B está incorreta. Herbicidas servem para controlar a população de ervas daninhas – plantas que consomem os recursos da planta cultivada. A alternativa C está incorreta. A amônia e o molibdênio são importantes na fixação apenas do nitrogênio.

9. C

A amônia é fixada pelas bactérias presentes no solo ou nas raízes de plantas leguminosas. A alternativa A está incorreta, porque não é assimilado por fungos. A alternativa B está incorreta. A respiração libera CO_2 e não está relacionada ao ciclo do nitrogênio. A alternativa D está incorreta. A fotossíntese produz matéria orgânica. A alternativa E está incorreta, porque são liberados CO_2 e hidróxido de amônio.

10. A amônia produzida pelas bactérias é transformada em nitrito (NO_2^-), por meio do processo de nitrosação

realizado pelas bactérias do gênero *Nitrosomonas*. Posteriormente, o nitrito é convertido em nitrato (NO_3^-), no processo de nitratação feito pelas bactérias do gênero *Nitrobacter*.

11. E

As alternativas A e B estão incorretas. A nitrificação consiste em disponibilizar nitrito e nitrato. A alternativa C está incorreta. A desnitrificação libera N_2 para o ambiente com base no nitrato. A alternativa D está incorreta. A amonificação disponibiliza NH_3 .

12. C

A alternativa C é a única incorreta. As bactérias do solo também podem obter nitrogênio por meio da decomposição de matéria orgânica.

13. D

A alternativa D é única incorreta. As bactérias do gênero *Nitrosomonas* são responsáveis por converter amônia em nitrito.

14. A técnica de rotação de cultura é benéfica porque as plantas leguminosas apresentam em suas raízes bactérias fixadoras de nitrogênio. Dessa forma, aumenta-se a concentração de nitrogênio disponível no solo, que será utilizado pelas plantas não leguminosas cultivadas posteriormente. Essa rotação melhora as condições químicas, físicas e biológicas do solo e melhora o controle de populações de plantas daninhas. Além disso, a técnica reduz doenças e pragas, protege o solo da ação de agentes climáticos e diminui gastos excessivos com adubo.

15. a) Os vegetais necessitam de nutrientes minerais (N, P, K etc.) para sintetizar compostos orgânicos.

b) O nitrogênio é constituinte de proteínas e de aminoácidos presentes no DNA e no RNA, além de formar a molécula de ATP.

16. E

A desnitrificação é o processo pelo qual o nitrato sofre oxidação e origina o gás nitrogênio (N_2), o qual é liberado na atmosfera.

17. A produtividade deveria ser maior na área intacta, por apresentar maior drenagem de nitratos em razão da chuva. De acordo com o gráfico, a área desmatada é uma região mais pobre em nutrientes que a área intacta.

Estudo para o Enem

18. D

Os animais não são capazes de absorver nitrogênio diretamente da atmosfera pela respiração,

sendo que isso só ocorre por meio da alimentação. No entanto, nem todo alimento é fonte de nitrogênio. Os animais obtêm esse elemento pela transferência de matéria orgânica ao longo da cadeia trófica.

Competência: Associar intervenções que resultam em degradação ou conservação ambiental a processos produtivos e sociais e a instrumentos ou ações científico-tecnológicos.

Habilidade: Compreender a importância dos ciclos biogeoquímicos ou do fluxo de energia para a vida, ou da ação de agentes ou fenômenos que podem causar alterações nesses processos.

19. A

A nitrificação é o processo pelo qual são produzidos nitrito (NO_2^-) e nitrato (NO_3^-).

Competência: Associar intervenções que resultam em degradação ou conservação ambiental a processos produtivos e sociais e a instrumentos ou ações científico-tecnológicos.

Habilidade: Compreender a importância dos ciclos biogeoquímicos ou do fluxo de energia para a vida, ou da ação de agentes ou fenômenos que podem causar alterações nesses processos.

20. A

As plantas assimilam tanto a amônia quanto o nitrato presentes no solo e utilizam esses compostos na síntese de moléculas orgânicas nitrogenadas. Porém, a quantidade de amônia assimilada é menor se comparada à quantidade de nitrato. Vale lembrar que, em pequena escala, a amônia também apresenta toxicidade para as plantas. As moléculas com nitrogênio são transferidas das plantas para os demais consumidores ao longo da cadeia alimentar.

Competência: Associar intervenções que resultam em degradação ou conservação ambiental a processos produtivos e sociais e a instrumentos ou ações científico-tecnológicos.

Habilidade: Compreender a importância dos ciclos biogeoquímicos ou do fluxo de energia para a vida, ou da ação de agentes ou fenômenos que podem causar alterações nesses processos.

MATERIAL DE USO
SISTEMA DE ENSINO

51 BIOMAS TERRESTRES

Comentário sobre o módulo

Neste módulo, apresentamos os principais biomas terrestres do planeta (Tundra, Taiga, Floresta Temperada, Floresta Pluvial Tropical, Chaparral, Campos e Desertos), incluindo os biomas brasileiros (Amazônia, Cerrado, Mata Atlântica, Caatinga, Pantanal e Pampa). Além disso, descrevemos as características da fauna e da flora desses biomas e expusemos os impactos ambientais que vêm sofrendo, evidenciando a importância desses locais para o planeta.

Para ir além

O artigo da Agência Fapesp aborda o estudo sobre os fatores que contribuem diretamente para a fitofisionomia encontrada no bioma da Amazônia. Disponível em:

<<http://agencia.fapesp.br/insolacao-e-mais-importante-do-que-chuva-na-producao-de-folhas-na-amazonia/25982/>>.

Acesso em: abr. 2019.

O texto a seguir discorre sobre o acordo feito entre o Ministério do Meio Ambiente e o Fundo Brasileiro para a Biodiversidade (Funbio) para implementar estratégias de conservação e manejo da biodiversidade dos biomas Caatinga, Pampa e Pantanal. Disponível em:

<<http://www.icmbio.gov.br/portal/ultimas-noticias/20-geral/10076-acordo-ajudara-na-protecao-da-caatinga-pampa-e-pantanal>>.

Acesso em: abr. 2019.

Exercícios propostos

7. E

O manguezal é considerado berçário de espécies marinhas, além de ser um ecótono entre ambiente terrestre e marinho. O deserto apresenta plantas xerófitas, alta intensidade de luz solar e pouca água. Os Campos apresentam, principalmente, vegetação rasteira, como gramíneas. O Cerrado apresenta vegetação com caules espessos e tortuosos e folhas coriáceas. A Floresta Tropical apresenta clima quente e úmido e folhas longas.

8. D

O Cerrado é sujeito a queimadas em razão do clima seco durante o inverno. Quando essas queimadas ocorrem, tanto em decorrência de ações humanas como de causas naturais, muitas espécies são destruídas. Entretanto, várias delas também necessitam de fogo para que as sementes germinem.

9. B

A afirmativa II está incorreta, porque existem apenas 12,5% desse bioma no Brasil. A afirmativa III está incorreta, porque o crescimento urbano, o

desmatamento e o aumento de indústrias foram os principais fatores que levaram à redução da Mata Atlântica.

10. No fim do outono, as árvores decíduas ou caducifólias perdem suas folhas, entrando em estado de dormência. O metabolismo retorna geralmente na primavera.

11. D

A terceira afirmativa está incorreta, porque os mangues apresentam vegetação com raízes aéreas. A quarta afirmativa está incorreta, porque o Pantanal abrange uma pequena área alagável: Mato Grosso e Mato Grosso do Sul, apenas.

12. A

A maior taxa de fotossíntese da Terra é proveniente de algas marinhas, o que, portanto, não torna a Floresta Amazônica o “pulmão” do planeta.

13. E

O Cerrado apresenta uma vegetação arbórea, de casca grossa e raízes profundas, com predomínio de gramíneas que cobrem o solo ácido e seco. No bioma Amazônia se dá o oposto: clima úmido e solo com grande quantidade de matéria orgânica acumulada, condições favoráveis ao crescimento de árvores de dossel alto e denso, das mais variadas espécies que formam diferentes estratos de vegetação aérea, sendo composta principalmente de árvores lenhosas altas.

14. Assim como ocorre no Cerrado, a Floresta Mediterrânea está sujeita a queimadas periódicas, de modo que algumas espécies de plantas precisam da atuação do fogo para que as sementes germinem.

15. E

O bioma 4 (Caatinga) apresenta plantas xeromórficas; o 1 (Mangue) e o 3 (Amazônia) apresentam plantas epífitas pelo fato de os dosséis serem muito densos. Os biomas 2 e 5 se referem, respectivamente, ao Cerrado e à Mata Atlântica.

16. C

Todas as alternativas, exceto a C e a respectiva imagem, referem-se ao bioma Caatinga. A alternativa C está incorreta, porque se refere ao Cerrado, pelo fato de descrever os galhos retorcidos.

17. Embora todos se refiram a biomas de clima frio, a Floresta Temperada apresenta árvores que perdem suas folhas caducifólias no outono e no inverno, entrando em estado de dormência até à primavera. A Tundra apresenta vegetação rasteira e tem como

característica principal os *permafrosts*. A Floresta Boreal apresenta, principalmente, vegetação predominante de coníferas.

Estudo para o Enem

18. D

Como se refere ao clima ameno, com adaptações ao fogo, diz respeito ao chaparral. O deserto apresenta clima muito quente e seco. Savana é um tipo de campo, presente na região tropical. Floresta Equatorial apresenta clima quente e úmido e Floresta Temperada apresenta clima frio.

Competência: Apropriar-se de conhecimentos da Biologia para, em situações-problema, interpretar, avaliar ou planejar intervenções científico-tecnológicas.

Habilidade: Associar características adaptativas dos organismos com seu modo de vida ou com seus limites de distribuição em diferentes ambientes, em especial em ambientes brasileiros.

19. D

As plantas com raízes mais profundas conseguirão alcançar o lençol freático, podendo absorver água e sais minerais. A superfície da folha coberta

com cera, por sua vez, evita a perda excessiva de água, além de realizar proteção contra a dessecação e os incêndios naturais.

Competência: Apropriar-se de conhecimentos da Biologia para, em situações-problema, interpretar, avaliar ou planejar intervenções científico-tecnológicas.

Habilidade: Associar características adaptativas dos organismos com seu modo de vida ou com seus limites de distribuição em diferentes ambientes, em especial, ambientes brasileiros.

20. D

A Caatinga tem a característica de chuvas irregulares e escassas, havendo grande período de seca. Por isso, as plantas desse bioma apresentam diversas adaptações para sobreviver ao ambiente, como sistema radicular bem desenvolvido e profundo, capaz de absorver água e íons do solo.

Competência: Apropriar-se de conhecimentos da Biologia para, em situações-problema, interpretar, avaliar ou planejar intervenções científico-tecnológicas.

Habilidade: Associar características adaptativas dos organismos com seu modo de vida ou com seus limites de distribuição em diferentes ambientes, em especial, ambientes brasileiros.

MATERIAL DE USO EXCLUSIVO DO
SISTEMA DE ENSINO

52 RELAÇÕES ECOLÓGICAS HARMÔNICAS

Comentário sobre o módulo

Neste módulo, foram apresentadas as principais relações ecológicas intraespecífica (colônia e sociedade) e interespecíficas (mutualismo, protocooperação, inquilinismo e comensalismo). Foram descritas também cada uma das interações entre os organismos, diferenciando-as entre si e exemplificando cada uma.

Para ir além

Um estudo apresentado pela Agência Fapesp aborda as interações ecológicas mutualísticas, seus desafios com as alterações climáticas e como isso reflete no processo de coevolução. Disponível em:

<<http://agencia.fapesp.br/interacoes-indiretas-podem-ter-maior-peso-na-evolucao-de-especies-em-redes-ecologicas/26447/>>.

Acesso em: jun. 2019.

Em uma das edições do programa *Na onda da vida*, da rádio da UFMG, foi debatido o sistema de comunicação entre formigas de um mesmo formigueiro. Disponível em:

<<https://www.ufmg.br/ciencianoar/conteudo/formigas-e-feromonios/>>.

Acesso em: jun. 2019.

Exercícios propostos

7. A

A interação é o comensalismo, pois uma espécie se alimenta do resto da presa da outra espécie. Assim, uma espécie é beneficiada, e a outra não tem prejuízo nem benefício.

8. A

Há uma interação de epifitismo entre os líquens e a árvore, em que uma planta se desenvolve sobre outra, sem que haja prejuízo para a árvore na qual os líquens se fixam. Tal interação também ocorre com orquídeas, em que a árvore serve apenas como uma base de ancoragem. Já entre os microrganismos que compõem o líquen, tem-se uma relação mutualística, que se caracteriza por uma dependência entre os indivíduos com troca de benefícios entre eles.

9. D

Sociedades são relações de cooperação entre organismos da mesma espécie.

10. Trata-se de uma relação mutualística, na qual a planta recebe compostos nitrogenados provenientes do metabolismo das bactérias e que são importantes para o próprio metabolismo dela. As bactérias, por outro lado, utilizam como alimento a matéria orgânica das plantas.

11. C

A alternativa A está incorreta, porque esses animais vivem em sociedade. A alternativa B está incorreta, porque os animais apresentam funções diferentes, não havendo competição na mesma função. A alternativa D está incorreta, porque o alimento pode ser tratado de modo geral. A alternativa E está incorreta, porque as diferentes formas fazem surgir uma divisão de trabalho, uma vez que cada cupim desempenha uma função de acordo com sua forma.

12. B

É um tipo de mutualismo, pois as formigas recebem o néctar da planta (alimento) e, em troca, dão proteção contra os pulgões, sendo ambas as partes beneficiadas.

13. B

Trata-se de uma relação de protocooperação, em que uma espécie recebe alimento e, em troca, a outra se livra de parasitas. Assim, ambas as espécies são beneficiadas, sendo um tipo de mutualismo facultativo.

14. Trata-se de comensalismo, no primeiro caso, e de protocooperação, no segundo caso. No primeiro, a rêmora come os restos alimentares, beneficiando-se sem causar prejuízo ou benefício ao tubarão. No segundo, os ectoparasitas do tubarão são eliminados pela ação das rêmoras e, por isso, o tubarão é também beneficiado. Dessa forma, trata-se de uma interação mutualística.

15. E

A raflésia é parasita, pois retira água e nutrientes da planta hospedeira. A ação das moscas, ao beneficiar apenas a planta asiática, caracteriza um caso de comensalismo, pois elas transportam pólen (polinização) para outra flor da mesma espécie.

16. B

A alternativa A está incorreta, porque o excesso de formigas não permitirá floração da planta. A alternativa C está incorreta, porque as formigas não polinizam, mas protegem a planta contra outros insetos. As alternativas D e E estão incorretas, porque se trata de uma associação obrigatória, em que ambas as partes são favorecidas de algum modo.

17. Trata-se de um exemplo de inquilinismo. Os peixes rêmora pertencem à família Echeneidae, e entre suas características principais estão a de ter cabeça

longa e corpo esbelto. Quando esses peixes desenvolvem as primeiras barbatanas dorsais, elas se transformam em uma ventosa fixadora na cabeça que ajuda o peixe a se fixar na região ventral dos tubarões. No caso de inquilinismo entre rêmoras e tubarões, as primeiras são as inquilinas, e os últimos, os hospedeiros. O objetivo desse inquilinismo é o transporte fornecido pelo tubarão ao peixe. Além do tubarão, esse peixe pode se fixar em outros peixes grandes, e até mesmo em tartarugas.

Estudo para o Enem

18. A

Apesar de haver mecanismos específicos para a determinação de formigas rainhas ou operárias, o que se mostra como mais fundamental para seu sucesso é a organização funcional da colônia. Dessa forma, o formigueiro apresenta uma divisão de trabalho explícita entre os indivíduos.

Competência: Compreender interações entre organismos e ambiente, em particular aquelas relacionadas à saúde humana, relacionando conhecimentos científicos, aspectos culturais e características individuais.

Habilidade: Identificar padrões em fenômenos e processos vitais dos organismos, como manutenção do equilíbrio interno, defesa, relações com o ambiente, sexualidade, entre outros.

19. D

As algas absorvem os compostos nitrogenados excretados pelos animais para a produção de sua

matéria orgânica e, durante o processo de fotossíntese, libera oxigênio para o meio ambiente, que será consumido por seres que realizam respiração aeróbica.

Competência: Compreender interações entre organismos e ambiente, em particular aquelas relacionadas à saúde humana, relacionando conhecimentos científicos, aspectos culturais e características individuais.

Habilidade: Identificar padrões em fenômenos e processos vitais dos organismos, como manutenção do equilíbrio interno, defesa, relações com o ambiente, sexualidade, entre outros.

20. E

Trata-se de mutualismo, pois ambas as espécies obtêm alguma vantagem ao estarem juntas, além de ser um tipo de associação obrigatória.

Competência: Compreender interações entre organismos e ambiente, em particular aquelas relacionadas à saúde humana, relacionando conhecimentos científicos, aspectos culturais e características individuais.

Habilidade: Identificar padrões em fenômenos e processos vitais dos organismos, como manutenção do equilíbrio interno, defesa, relações com o ambiente, sexualidade, entre outros.

MATERIAL DE ENSINO
SISTEMA DE ENSINO

53 RELAÇÕES ECOLÓGICAS DESARMÔNICAS

Comentário sobre o módulo

Neste módulo foram apresentadas as principais relações ecológicas desarmônicas, tanto intraespecíficas (como o canibalismo e a competição) quanto interespecíficas (como amensalismo, predatismo, esclavagismo e competição entre espécies). Como exemplo de estratégia competitiva entre indivíduos da mesma espécie por uma fêmea, citamos o pássaro cetim, que enfeita seu ninho e realiza uma dança pré-acasalamento para conquistar sua parceira. As estratégias evolutivas que alguns animais desenvolveram para fugir de predadores, como mimetismo, aposematismo e camuflagem, são também tratadas por serem importantes para a sobrevivência de diversas espécies.

Para ir além

Nesta reportagem da BBC Earth, discute-se as formigas zumbis, que são parasitadas por fungos, que exercem "poder" sobre elas. Disponível em:

<<https://www.bbc.com/portuguese/vert-earth-40206590>>.

Acesso em: jun. 2019.

O texto fala sobre a descoberta de espécies invasoras no Brasil, enfatizando a importância em estudá-las e o impacto delas nas relações ecológicas de um ecossistema nativo. Disponível em:

<<http://agencia.fapesp.br/seis-especies-de-anfibios-invasores-sao-identificadas-no-brasil/26611/>>.

Acesso em: jun. 2019.

Exercícios propostos

7. B

Relações intraespecíficas são aquelas que ocorrem entre indivíduos da mesma espécie, enquanto as interespecíficas ocorrem entre indivíduos de espécies diferentes. Relações desarmônicas se referem ao desequilíbrio entre benefícios e malefícios gerados entre as espécies envolvidas nas relações.

8. B

A análise dos gráficos mostra claramente que a diversidade de espécies de ervas é maior nas áreas de pastagens, o que reflete uma menor competição com as gramíneas.

9. A

O inquilinismo é uma relação harmônica em que uma espécie vive sobre ou no interior de outra hospedeira a fim de se proteger ou conseguir recursos adicionais, sem que a espécie hospedeira seja prejudicada.

O parasitismo é uma relação desarmônica em que um indivíduo ocupa o corpo de outro em busca de alimento ou abrigo, com prejuízo ao hospedeiro.

A sociedade é uma relação harmônica em que indivíduos de uma população apresentam funções variadas de acordo com sua morfologia. Pode ser heteromórfica, quando existem diferentes morfologias condizentes às variadas funções desempenhadas pelos organismos nessa sociedade.

10. Trata-se de uma interação desarmônica denominada esclavagismo, em que uma espécie se aproveita do alimento ou do trabalho de outras espécies. Dessa forma, as formigas dos gêneros *Polyergus* e *Formica* obtêm vantagens, enquanto a espécie sequestrada é prejudicada.

11. A

Neste caso, ocorre parasitismo, pois o inseto depende da cana-de-açúcar para se desenvolver. O inseto obtém alguma vantagem, enquanto a cana-de-açúcar é prejudicada. A relação entre o verme e as bactérias é mutualística pelo fato de ambos obterem vantagens mútuas.

12. D

Ao caçar o morcego para se alimentar, a coruja atua como predador. Os ácaros e os piolhos competem por alimento fornecido pela coruja. Já as moscas hematófagas se alimentam de sangue do morcego, sem provocar sua morte, e são, portanto, parasitas.

13. A

A relação pulgões-plantas é de parasitismo, uma vez que os pulgões se aproveitam da seiva perfurando diretamente o floema das plantas, sem que estas sejam mortas. A relação pulgões-formigas é uma protocooperação, em que um auxilia na sobrevivência do outro, de modo que uma espécie não precisa necessariamente da outra para sobreviver.

14. As interações mais prováveis entre as espécies de ácaros, segundo o gráfico, são de predação ou competição.

Predação: o defensivo agrícola mata todos os indivíduos da espécie B. A espécie A é resistente ao defensivo e consegue se reproduzir o suficiente para aumentar sua população novamente.

Competição: o defensivo agrícola mata todos os indivíduos da espécie B. Ocorre maior disponibilidade de recursos alimentares e aumento de sua densidade populacional.

15. D

Colônias são um grupo de indivíduos da mesma espécie que dividem trabalhos entre si. Mutua-

lismo é uma relação em que ambas as espécies obtêm vantagens. Canibalismo se refere à relação em que um indivíduo se alimenta de outro da mesma espécie. Sociedade é uma relação intraespecífica em que há divisão de trabalho conforme a morfologia do indivíduo.

16. D

(II) Incorreta. A competição por recursos sempre influencia no crescimento e no tamanho de uma população.

17. A espécie B apresenta uma interação ecológica desarmônica com a espécie A, sendo predadora ou competidora dela. Por isso, há redução da população A quando ambas são cultivadas em conjunto.

Estudo para o Enem

18. D

Trata-se de uma relação de predação, pelo fato de o macho servir de alimento para a fêmea de outra espécie. A alternativa A está incorreta, porque se refere a uma espécie beneficiada em termos alimentares, sendo a outra indiferente. A alternativa B está incorreta, porque se refere a uma espécie que vive sobre ou no interior de uma espécie dita hospedeira a fim de se proteger ou conseguir recursos adicionais, sem que esta última seja prejudicada. A alternativa C está incorreta, porque se refere a espécies que possuem condições de viverem sozinhas, mas que se associam a outras, trocando benefícios. A alternativa E está incorreta, porque se refere a ambas as espécies que se beneficiam da relação e esta é indispensável à sobrevivência, uma vez que pode envolver trocas de alimentos e de produtos de metabolismo.

Competência: Compreender interações entre organismos e ambiente, em particular aquelas

relacionadas à saúde humana, relacionando conhecimentos científicos, aspectos culturais e características individuais.

Habilidade: Identificar padrões em fenômenos e processos vitais dos organismos, como manutenção do equilíbrio interno, defesa, relações com o ambiente, sexualidade, entre outros.

19. A

O jacaré norte-americano se alimenta de um indivíduo da mesma espécie; é, portanto, um caso de canibalismo.

Competência: Compreender interações entre organismos e ambiente, em particular aquelas relacionadas à saúde humana, relacionando conhecimentos científicos, aspectos culturais e características individuais.

Habilidade: Identificar padrões em fenômenos e processos vitais dos organismos, como manutenção do equilíbrio interno, defesa, relações com o ambiente, sexualidade, entre outros.

20. B

Não há competição entre indivíduos da mesma espécie, uma vez que eles caçam em bando. Há, entretanto, competição com outras espécies que estiverem buscando o mesmo recurso alimentar.

Competência: Compreender interações entre organismos e ambiente, em particular aquelas relacionadas à saúde humana, relacionando conhecimentos científicos, aspectos culturais e características individuais.

Habilidade: Identificar padrões em fenômenos e processos vitais dos organismos, como manutenção do equilíbrio interno, defesa, relações com o ambiente, sexualidade, entre outros.

MATERIAL DO PROFESSOR
SISTEMA DE ENSINO

54 ECOLOGIA DE POPULAÇÕES: CARACTERÍSTICAS E CRESCIMENTO

Comentário sobre o módulo

Neste módulo foi apresentado o funcionamento das dinâmicas populacionais e os dados a serem observados, como densidade populacional, distribuição etária e potencial biótico. São explorados o cálculo do índice de crescimento de uma população e como esse valor é interpretado por meio de fórmulas e gráficos. Também são abordados pontos importantes como taxa de crescimento de uma população e seu crescimento.

Para ir além

O texto “Brasil terá sexta maior população de idosos do mundo até 2025” trata da dinâmica populacional de humanos brasileiros e das estimativas para o futuro. Disponível em:

<<http://agencia.fapesp.br/brasil-tera-sexta-maior-populacao-de-idosos-no-mundo-ate-2025/23513/>>.

Acesso em: jun. 2019.

Exercícios propostos

- 7. D**
As taxas de natalidade e imigração aumentam a população em número e a tornam mais densa. As taxas de mortalidade e emigração reduzem a população em número e a tornam menos densa.
- 8. D**
A população B está em maior risco de extinção, porque tem um número muito reduzido de plântulas e juvenis. A população C está em equilíbrio, pois apresenta grande densidade de indivíduos plântulas, juvenis e adultos. A população A está começando a se expandir, porque apresenta alta densidade de indivíduos plântulas.
- 9. A**
(1) se refere à curva de potencial biótico; (2) trata-se da resistência ao meio; (3) diz respeito à curva de crescimento real de uma população. A alternativa B está incorreta. O crescimento real da população depende de fatores de resistência do meio. A alternativa C está incorreta. A capacidade de suporte apontada em (2) não aumenta, pois se refere ao máximo de indivíduos daquela população suportado pelo ambiente. A alternativa D está incorreta. O potencial biótico aumenta se houver maior disponibilidade de recursos. A alternativa E está incorreta. O crescimento real da população é reduzido com fatores de resistência ao meio e emigrações.
- 10.** Houve maior crescimento no intervalo de tempo 3, em que a taxa de natalidade aumentou, e a taxa de mortalidade decresceu.
- 11. C**
A primeira afirmativa está incorreta. A densidade é a relação entre o número de indivíduos de uma população e o espaço que ela ocupa. A terceira afirmativa está incorreta. A curva de crescimento populacional depende do potencial biótico e da resistência ambiental.
- 12. D**
A afirmativa A está incorreta. A curva se refere ao crescimento populacional. A afirmativa B está incorreta. A taxa de mortalidade reduz em relação à de reprodução entre 4 e 12 horas. A afirmativa C está incorreta. Refere-se apenas ao aumento da população. A alternativa E está incorreta. Às 16h a população atingiu a capacidade máxima do meio.
- 13. E**
A alternativa A está incorreta. A taxa de aumento de tigres nesse período foi de 21,5%. A alternativa B está incorreta. Para estimar a taxa de crescimento de uma população, deve-se considerar o número de nascidos, de mortos, de indivíduos que entraram para a população e de indivíduos que saíram. A alternativa C está incorreta. A densidade populacional é o número de indivíduos que ocupam determinada área. A alternativa D está incorreta. A população de tigres tem aumentado em razão dos esforços pela preservação da espécie no mundo.
- 14.** Uma população pode crescer exponencialmente em um curto período de tempo se as condições ambientais forem favoráveis ou ilimitadas. Por exemplo, quando há colonização de locais ainda não habitados pela mesma espécie ou se não existem predadores. Neste caso, há um desequilíbrio ambiental, pois o aumento de uma população em pouco tempo demanda grande quantidade de recursos, como água e alimento.
- 15. D**
A análise do gráfico mostra que, entre 1935 e 1938, o acréscimo de indivíduos na população foi de 1 000 indivíduos. Entre 1938 e 1940, houve queda aproximada de 800 indivíduos. Logo, o número de nascimentos e imigrações, entre 1938 e 1940, superou o de mortes e de emigrações.
- 16. D**
A afirmativa IV está incorreta. A resistência ao ambiente aumenta, decaindo em número a população. A afirmativa V está incorreta. O intemperismo não abrange todas as formas de atuação antrópica no ambiente contra determinada espécie.

17. $IC = \text{taxa de natalidade}/\text{taxa de mortalidade} \rightarrow \rightarrow 10/12,5 = 0,8$. O índice de crescimento da população brasileira para 2054 é de 0,8. Isso sugere que a população estará em declínio, uma vez que vai apresentar alta taxa de mortalidade e baixa taxa de natalidade.

Estudo para o Enem

18. C

Formando a cadeia alimentar, temos: moluscos \rightarrow \rightarrow arraiais \rightarrow tubarões. O declínio dos tubarões (predador) promove o crescimento no número de arraiais. Esse aumento ocorre em razão do maior consumo das presas (moluscos). Desse modo, haverá redução de moluscos e tubarões, com aumento de arraiais.

Competência: Entender métodos e procedimentos próprios das ciências naturais e aplicá-los em diferentes contextos.

Habilidade: Relacionar informações apresentadas em diferentes formas de linguagem e representação usadas nas ciências físicas, químicas ou biológicas, como texto discursivo, gráficos, tabelas, relações matemáticas ou linguagem simbólica.

19. E

Como se trata de populações que germinam rapidamente, o gráfico pode ser representado por um crescimento exponencial em J.

Competência: Entender métodos e procedimentos próprios das ciências naturais e aplicá-los em diferentes contextos.

Habilidade: Relacionar informações apresentadas em diferentes formas de linguagem e representação usadas nas ciências físicas, químicas ou biológicas, como texto discursivo, gráficos, tabelas, relações matemáticas ou linguagem simbólica.

20. D

A alternativa A está incorreta. Não há alta taxa de predação. A alternativa B está incorreta. A competição intraespecífica é pequena, além de ser uma espécie muito bem adaptada e onívora, que atua em vários nichos. A alternativa C está incorreta. O potencial biótico da espécie é alto. A alternativa E está incorreta. A população tem em média 1 filhote por ano, índice de reprodução baixo se comparado ao de outras espécies.

Competência: Compreender interações entre organismos e ambiente, em particular aquelas relacionadas à saúde humana, relacionando conhecimentos científicos, aspectos culturais e características individuais.

Habilidade: Identificar padrões em fenômenos e processos vitais dos organismos, como manutenção do equilíbrio interno, defesa, relações com o ambiente, sexualidade, entre outros.

MATERIAL DE ENSINO
SISTEMA DE ENSINO

55 CONTROLE POPULACIONAL E SUCESSÃO ECOLÓGICA

Comentário sobre o módulo

Neste módulo, apresentamos as principais relações ecológicas capazes de controlar populações diferentes dentro de uma comunidade, como o predatismo, o parasitismo e as competições intraespecífica e interespecífica, relacionando gráficos e exemplos para elucidar os conceitos. O módulo trouxe textos complementares com exemplos de controle populacional em situações reais. Foram trabalhados, ainda, o conceito de sucessão ecológica e os estágios desse processo em ambientes terrestres e aquáticos.

Para ir além

Pesquisa anuncia descoberta de controle biológico do *Aedes aegypti* utilizando um fungo capaz de atacar o mosquito. Disponível em:

<<http://www.ceed.uerj.br/noticias/detalhe/pesquisa-anuncia-descoberta-sobre-controle-biologico-do-aedes-aegypti-85>>.

Acesso em: mar. 2019.

Conheça o papel fundamental de algumas espécies para o equilíbrio da natureza. Disponível em:

<<http://www.brasil.gov.br/noticias/meio-ambiente/2014/11/conheca-alguns-animais-considerados-fundamentais-para-o-equilibrio-da-natureza>>.

Acesso em: mar. 2019.

Exercícios propostos

7. E

O desaparecimento das baratas urbanas afetaria diretamente vários outros organismos das cadeias alimentares, pelo fato de elas se alimentarem de animais e plantas (onívoras). Dessa forma, suas presas aumentariam em número pela ausência de predação. A alternativa A está incorreta, porque afetaria outras populações de suas presas. A alternativa B está incorreta, porque baratas silvestres não são adaptadas ao meio urbano. A alternativa C está incorreta, porque baratas são seres bem adaptados. A alternativa D está incorreta, porque favoreceria a adaptação de outros seres ao ambiente urbano.

8. A

Espécies pioneiras são de pequeno porte, produzem grande quantidade de biomassa e são, principalmente, formadas por seres autótrofos.

9. C

A alternativa A está incorreta, porque competem entre si. A alternativa B está incorreta, porque a espécie Y é melhor competidora. A alternativa D está incorreta, porque influenciam diretamente na competição entre as duas espécies. A alternativa E está incorreta, porque a melhor competidora, nesse caso, é a espécie X.

10. A relação entre essas espécies é de predação. Esse tipo de relação ecológica apresenta grande importância para o equilíbrio do ecossistema, pois é possível controlar a densidade das populações, de modo a não sobrecarregar os recursos disponíveis no ecossistema.

11. C

A segunda afirmativa está incorreta, porque a curva II representa a taxa de mortalidade estável e igual nas diferentes idades, sendo típica de uma população natural equilibrada.

12. B

A biomassa aumenta até atingir o estágio de comunidade clímax. O tamanho dos indivíduos tende a crescer até atingir o último estágio. A vegetação pioneira tende a ser reduzida e substituída por organismos maiores e mais complexos ao longo do processo. A reciclagem de nutrientes aumenta ao longo do processo.

13. D

A alternativa A está incorreta, porque organismos pioneiros alteram as condições originais do local. A alternativa B está incorreta, porque apenas C representa a comunidade clímax. A alternativa C está incorreta, porque em B temos espécies intermediárias. A alternativa E está incorreta, porque se refere à comunidade secundária.

14. O primeiro gráfico corresponde à endemia, em que o número de parasitados é constante e estável, permitindo estimar o número de futuros parasitados. O segundo gráfico corresponde à epidemia, em que o número de parasitados se torna muito elevado, ultrapassando a quantidade estimada.

15. A

A alternativa B está incorreta, porque a biodiversidade tende a aumentar. A alternativa C está incorreta, porque espécies pioneiras sempre são de pequeno porte. A alternativa D está incorreta, porque comunidade clímax é atingida em ambas as formas de sucessão.

16. D

A afirmativa I está incorreta, porque uma população afeta o crescimento da outra. A afirmativa III está incorreta, porque os potenciais bióticos das espécies A e B são diferentes. A afirmativa V está incorreta, porque quanto maior for a densidade de uma população, maior será a resistência ambiental dela, promovendo maior número de mortes.

17. A sucessão de um lago se dá por meio do aumento da população de plânctons, que são os organismos pioneiros, e pelo acúmulo de matéria orgânica depositada no fundo. A sedimentação de matéria orgânica no fundo promove a elevação do terreno, o que favorece o avanço das vegetações da margem para o interior do lago. Dessa forma, à medida que o processo de sucessão avança, a biomassa aumenta.

Estudo para o Enem

18. A

A inclusão de vespas para o controle biológico de larvas de borboletas, nesse caso, é um exemplo claro de parasitismo, pois há benefício à larva da vespa em detrimento da larva das borboletas, que não conseguem sobreviver e, com isso, não devastam a plantação.

Competência: Entender métodos e procedimentos próprios das ciências naturais e aplicá-los em diferentes contextos.

Habilidade: Avaliar métodos, processos ou procedimentos das ciências naturais que contribuam para diagnosticar ou solucionar problemas de ordem social, econômica ou ambiental.

19. C

Ao analisar o quadro fornecido na questão, percebemos que duas espécies tiveram sua densidade populacional reduzida: craca e mexilhão. Além disso, percebemos também que ocorre

uma redução do tamanho médio das cracas na área sem tela (pois os peixes se alimentam dos indivíduos maiores) e um aumento do tamanho médio dos mexilhões.

Competência: Apropriar-se de conhecimentos da Biologia para, em situações-problema, interpretar, avaliar ou planejar intervenções científico-tecnológicas.

Habilidade: Associar características adaptativas dos organismos com seu modo de vida ou com seus limites de distribuição em diferentes ambientes, em especial em ambientes brasileiros.

20. B

A alternativa A está incorreta, porque corresponde à sucessão secundária. A alternativa C está incorreta, porque provavelmente se tratará da comunidade intermediária ou clímax. A alternativa D está incorreta, porque os primeiros seres terão porte pequeno e serão autótrofos, como musgos, líquens e gramíneas. A alternativa E está incorreta, porque a biomassa tende a ser igual a zero no estágio máximo.

Competência: Associar intervenções que resultam em degradação ou conservação ambiental a processos produtivos e sociais e a instrumentos ou ações científico-tecnológicos.

Habilidade: Avaliar impactos em ambientes naturais decorrentes de atividades sociais ou econômicas, considerando interesses contraditórios.

MATERIAL DE USO
SISTEMA DE ENSINO

56 DESEQUILÍBRIOS AMBIENTAIS

Comentário sobre o módulo

Neste módulo, foram apresentados os principais impactos ambientais, sendo eles de origem abiótica (como a emissão de gases poluentes, a redução da camada de ozônio, a inversão térmica, a chuva ácida, o derramamento de petróleo, a magnificação trófica e a eutrofização) ou de origem biótica (a introdução de espécies invasoras e a extinção de espécies). Cada um desses impactos foi explicado detalhadamente e discutido de maneira contemporânea, com exemplos do cotidiano. Além disso, foi descrito na introdução do módulo os principais impactos ambientais promovidos pelo rompimento de barragens de rejeitos de mineração.

Para ir além

Na reportagem a seguir são apresentados os impactos ambientais do rompimento da barragem em Brumadinho. Disponível em:

<<https://ufmg.br/comunicacao/noticias/entenda-quais-sao-os-impactos-ambientais-do-rompimento-da-barragem-em-brumadinho>>.

Acesso em: mar. 2019.

Conforme matéria da Agência Fapesp, pesquisadores têm utilizado a árvore tipuana (*Tipuana tipu*) como marcadora dos níveis de poluição da cidade por metais pesados e outros elementos químicos. Disponível em:

<<http://agencia.fapesp.br/rvores-revelam-evolucao-da-poluicao-ambiental-em-sao-paulo/28464/>>.

Acesso em: mar. 2019.

Exercícios propostos

7. D

A alternativa A está incorreta, pois, se há o aumento de organismos anaeróbicos, eles não influenciam diretamente na concentração de oxigênio. A alternativa B está incorreta, pois a matéria orgânica adiciona fosfato, e não o diminui. A alternativa C está incorreta, pois a matéria orgânica não promove a diminuição dos peixes herbívoros que vão se alimentar dela. A matéria orgânica estimula a proliferação de seres aeróbicos, o que resulta em redução de oxigênio e, conseqüentemente, na proliferação de seres anaeróbicos, levando à morte dos seres aeróbicos. A alternativa E está incorreta, pois o processo de floração, quando há o aumento do teor de substâncias minerais, acarreta a proliferação de algas, o que dificulta a penetração de luz no meio e ocasiona a destruição das cadeias alimentares que dependem da fotossíntese.

8. B

A reciclagem é a forma de reaproveitamento da matéria-prima para a fabricação de novos pro-

duto, como vidros, metais, papéis e plásticos, entre outros. A alternativa A diz respeito ao uso de garrafas para o mesmo fim. A alternativa C remete à reutilização de sacos plásticos nas mesmas condições. A alternativa D diz respeito à reutilização do produto também nas mesmas condições. Quanto à alternativa E, apesar de as garrafas PET servirem como matéria-prima, elas não são alteradas para produzir um novo produto.

9. B

(II) Incorreta. O Cerrado contribui significativamente com a emissão de gases do efeito estufa.

(III) Incorreta. Transferir todo o rebanho da Amazônia e do Cerrado para outros biomas diminui o problema na Amazônia, mas aumenta nos demais biomas.

10. Trata-se da inversão térmica. Durante o inverno, os raios solares aquecem apenas as camadas mais altas da atmosfera, evitando a formação de correntes de convecções. Esse processo impede que os poluentes sejam dissipados, promovendo o seu acúmulo na superfície terrestre.

11. D

No início do processo de eutrofização, ocorre um aumento do número de microrganismos aeróbicos, levando a um maior consumo de oxigênio. Com isso, há uma diminuição da concentração de oxigênio na água, resultando na morte dos peixes e de outros organismos aeróbicos. A baixa concentração de oxigênio na água leva, com o tempo, a um predomínio de microrganismos anaeróbicos.

12. B

A alternativa A está incorreta, pois, conforme a imagem mostrada, a mãe não é imune à radiação. A alternativa C está incorreta, pois a destruição da medula óssea se dá pela própria ação direta da radiação. A alternativa D está incorreta, pois a mutação não foi espontânea, ela foi induzida pela exposição à radiação. A alternativa E está incorreta, pois os efeitos apresentados não ocorrem de maneira imediata, e sim em médio e longo prazos.

13. E

Todas as alternativas estão corretas.

14. Uma característica das espécies invasoras é a sua rápida adaptação ao ambiente. Além disso, essas espécies competem com as nativas, o que muitas vezes promove a extinção dessas últimas.

15. C

A alternativa A está incorreta, pois as águas foram enriquecidas com dejetos minerais, e não orgânicos. A alternativa B está incorreta, pois a lixiviação está relacionada à entrada de dejetos na água de maneira natural, ou seja, por meio da chuva, dos ventos ou da remoção da vegetação. No caso de Mariana, o rompimento arrastou tudo para dentro do curso de água. A alternativa D é incorreta, pois a bioacumulação resulta na mortalidade dos níveis tróficos das cadeias alimentares aquáticas e dos níveis mais superiores, e isso leva tempo. No caso da questão, isso foi instantâneo. A alternativa E é incorreta, pois as algas que causam a maré vermelha pertencem ao ecossistema oceânico.

16. A

A alternativa B está incorreta, pois a flatulência desses indivíduos colabora com a emissão de metano. A alternativa C está incorreta, pois as plantas utilizam na fotossíntese o gás carbônico empregado na respiração e, ainda, usam o oxigênio produzido na fotossíntese para o processo de respiração. Dessa forma, o impacto é pequeno. A alternativa D está incorreta, pois a atividade vulcânica hoje em dia está muito reduzida. A alternativa E está incorreta, pois os fertilizantes não têm relação direta com o aumento de gás carbônico na atmosfera.

17. Sim. A palmeira do açai é uma espécie do mesmo gênero (*Euterpe*). Por não ser nativa da Mata Atlântica, pode ser denominada como uma espécie exótica.

Estudo para o Enem

18. D

O poema faz referência ao despejo de detergentes sintéticos no rio, como evidenciado no trecho “espuma de dodecilbenzeno irreduzível”, sendo o dodecilbenzeno um produto usado na fabricação de sabão.

Competência: Associar intervenções que resultam em degradação ou conservação ambiental a processos produtivos e sociais e a instrumentos ou ações científico-tecnológicos.

Habilidade: Analisar perturbações ambientais, identificando fontes, transporte e(ou) destino dos

poluentes ou prevendo efeitos em sistemas naturais, produtivos ou sociais.

19. B

Segundo o enunciado, a Química Verde busca reduzir ou eliminar o uso e a geração de substâncias nocivas à saúde humana. Embora existam grandes impactos ambientais causados pelas usinas hidrelétricas e geotérmicas, elas não ferem as normas da Química Verde citadas no texto. Porém, termoelétricas geram energia por meio de reações químicas de combustão, o que faz com que elas emitam grandes quantidades de óxidos gasosos na atmosfera, nocivos à saúde humana – diz respeito à poluição do ar, especificada na pergunta.

Competência: Associar intervenções que resultam em degradação ou conservação ambiental a processos produtivos e sociais e a instrumentos ou ações científico-tecnológicos.

Habilidade: Analisar perturbações ambientais, identificando fontes, transporte e(ou) destino dos poluentes ou prevendo efeitos em sistemas naturais, produtivos ou sociais.

20. B

Espécies exóticas não possuem predadores naturais; elas apresentam nichos ecológicos sobrepostos aos de espécies nativas, ocasionando grande competição. Além disso, elas representam um grande risco, pois crescem descontroladamente, invadindo todo o ambiente.

Competência: Associar intervenções que resultam em degradação ou conservação ambiental a processos produtivos e sociais e a instrumentos ou ações científico-tecnológicos.

Habilidade: Analisar perturbações ambientais, identificando fontes, transporte e(ou) destino dos poluentes ou prevendo efeitos em sistemas naturais, produtivos ou sociais.

Exercício interdisciplinar

21. E

Ácido sulfuroso: H_2SO_3 ; ácido sulfídrico: H_2S ; ácido sulfúrico: H_2SO_4 ; ácido nítrico: HNO_3 .

MATERIAL DE USO EXCLUSIVO
SISTEMA DE ENSINO DOM BOSCO

RESPOSTAS E COMENTÁRIOS

BIOLOGIA 2

GETTY IMAGES/ISTOCKPHOTO

MATERIAL DE USO EXCLUSIVO DO SISTEMA DE ENSINO DOM POSitivo



23 CORDADOS

Comentário sobre o módulo

Os cordados compreendem um grupo bastante diversificado de animais que fazem parte do clado dos deuterostômios. Todos os cordados apresentam, em pelo menos um estágio do desenvolvimento, notocorda, tubo nervoso dorsal oco, fendas faringeanas, cauda pós-anal e endóstilo. O filo Chordata compreende três subfilos: Cephalochordata (anfioxos), Urochordata (tunicados ou ascídias) e Vertebrata.

O anfioxo é o representante típico dos cefalocordados e, durante toda a sua vida, estão presentes as cinco características típicas dos cordados. As ascídias, representantes dos urocordados, apresentam apenas as fendas faringeanas e o endóstilo na forma adulta. Os vertebrados, subfilo que reúne os animais mais conhecidos (peixes, rãs, cobras, aves, humanos e baleias), apresentam como novidades evolutivas o crânio, o cérebro tripartido e as vértebras.

Para ir além

Artigo sobre a evolução dos cordados e dos vertebrados. Disponível em:

<<http://agencia.fapesp.br/segredos-da-evolucao/9002/>>.
Acesso em: jun. 2019.

Texto da Agência Fapesp sobre a biologia e a diversidade das ascídias. Disponível em:

<<http://agencia.fapesp.br/pesquisadores-descrevem-cinco-novas-especies-de-invertebrados-marinhos/20723/>>.
Acesso em: jun. 2019.

Exercícios propostos

7. C

O surgimento da mandíbula está representado no cladograma por III, característica que dá nome ao clado dos Gnatostomados (vertebrados com mandíbula).

8. D

Na bandeja verde ficarão 9 peixes da classe Chondrichthyes (peixes cartilagosos), dos quais: 5 arraias, 3 cações e 1 tubarão-lanterna anão. Na bandeja vermelha serão colocados 8 animais pertencentes ao grupo dos vertebrados sem mandíbula (agnatas), dos quais: 3 lampreias (Petromyzontida) e 5 feiticeiras ou peixes-bruxa (Myxini).

9. C

A presença de fendas faringeanas nos embriões de mamíferos não é uma evidência de que os representantes desse grupo passam por uma fase de peixe durante seu desenvolvimento embrionário, mas sim de que peixes e mamíferos

descendem de um ancestral comum, compartilhado por todos os cordados.

10. Os grupos monofiléticos incluem todos os descendentes de um ancestral comum. Os grupos parafiléticos representados no cladograma são: Protochordata (Urochordata e Cephalochordata), Agnatha (feiticeiras e lampreias), Osteichthyes (Actinopterygii e Sarcopterygii) e Reptilia (Testudines, Lepisosauria e Crocódilia). No entanto, deve-se salientar que, nas classificações mais recentes, feiticeiras e lampreias são consideradas um clado monofilético (Ciclóstomo ou Agnata) e são reconhecidas como o grupo-irmão dos gnatostomados (vertebrados com mandíbula).

11. C

O peixe-bruxa (feiticeira) é representante de uma classe de vertebrados atuais que não possui mandíbula (Myxini). Esse grupo representa uma das linhagens mais antigas da evolução dos vertebrados.

(II) Incorreta. Os peixes cartilaginosos não apresentam nadadeiras articuladas com amplo movimento. Essa é uma característica dos peixes ósseos.

12. A

(II) Incorreta. No anfioxo, as trocas gasosas ocorrem por difusão pela superfície do corpo.

(IV) Incorreta. Nos vertebrados com mandíbulas (Gnatostomados), a notocorda é substituída pela coluna vertebral, restando apenas pequenos remanescentes da notocorda entre as vértebras ou dentro delas.

13. 01 + 02 = 03

(04) Incorreta. Os hemicordados (balanoglossos) já foram classificados como pertencentes ao filo dos cordados em razão da presença de uma estrutura que foi confundida com a notocorda dos cordados. Atualmente, juntamente com os equinodermos, são considerados o grupo-irmão (mais aparentado) do filo dos cordados.

(08) Incorreta. Entre os cordados, somente o anfioxo (cefalocordados) apresenta notocorda e as outras características típicas dos cordados na fase adulta (tubo nervoso dorsal, fendas faringeanas, cauda pós-anal, endóstilo).

14. a) (04) e (08).

b) (01) Nas ascídias, representantes dos urocordados, os indivíduos são hermafroditas (monoicos),

possuem fecundação cruzada e externa, e desenvolvimento indireto.

(02) Nos cefalocordados (anfioxos), os sexos são separados (dioicos) e a fecundação é externa. O desenvolvimento é indireto.

15. 01 + 08 + 16 = 25

(02) Incorreta. As estrelas-do-mar não estão agrupadas no clado B, em que estão os demais invertebrados.

(04) Incorreta. O papagaio é tão próximo filogeneticamente do rato quanto do macaco. Isso porque o papagaio e o clado F possuem um ancestral comum, o ancestral E.

(32) Incorreta. A letra G representa o ancestral de Arthropoda. O ancestral comum de Protostomata é representado por B.

16. B

O grupo I inclui os vertebrados Agnatos ou ciclóstomos, que são desprovidos de mandíbula. O grupo II corresponde aos vertebrados Gnatostomados, ou seja, que possuem mandíbula. O grupo III inclui os Chondrichthyes, que são os peixes com esqueleto cartilaginoso. O grupo IV corresponde aos Osteichthyes (Osteictes) e inclui o grupo dos peixes com nadadeiras raíadas (Actinopteriígeos), os Sarcopteriígeos (grupo dos peixes pulmonados e do celacanto) e o grupo dos Tetrápodes.

17. Característica I: presença de mandíbula, característica compartilhada por todos os animais Gnatostomados, que estão representados no cladograma pela perca, anfíbios (salamandra), répteis (lagarto, crocodilo e pombo) e mamíferos (camundongo e chimpanzé).

Característica II: presença de garras ou unhas, característica compartilhada por répteis e mamíferos (ausente em lampreias e percas).

Característica III: escamas queratinosas, característica compartilhada pelos répteis (lagarto, crocodilo e pombo).

Estudo para o Enem

18. C

Os animais representados na filogenia são vertebrados (subfilo Vertebrata ou Craniata), que fazem parte do filo dos cordados. Todos os cordados (Urochordata, Cephalocordata e Vetebra-ta) descendem de um ancestral comum e, por isso, compartilham as características notocorda,

fendas faringeanas, tubo nervoso dorsal oco, cauda pós-anal e endóstilo.

Competência: Compreender interações entre organismos e ambiente, em particular aquelas relacionadas à saúde humana, relacionando conhecimentos científicos, aspectos culturais e características individuais.

Habilidade: Compreender o papel da evolução na produção de padrões, processos biológicos ou na organização taxonômica dos seres vivos.

19. E

O cladograma mostra uma hipótese de parentesco entre os animais do filo Chordata, com representantes do subfilo dos cefalocordados (anfioxos), do subfilo dos urocordados (ascídias) e do subfilo dos vertebrados/craniados (representados pelas feiticeiras, lampreias e pelo grupo dos animais com mandíbulas – gnatostomados). Assim, as características representadas pelo símbolo * são: notocorda, fendas faringeanas, tubo nervoso dorsal oco, cauda pós-anal e endóstilo.

Competência: Compreender interações entre organismos e ambiente, em particular aquelas relacionadas à saúde humana, relacionando conhecimentos científicos, aspectos culturais e características individuais.

Habilidade: Compreender o papel da evolução na produção de padrões, processos biológicos ou na organização taxonômica dos seres vivos.

20. D

O peixes-bruxa ou feiticeiras (Myxini) e as lampreias (Petromyzontida) são cordados vertebrados. Vivem em habitats aquáticos, possuem boca circular (ciclóstomos) e vértebras rudimentares (pouco desenvolvidas). São agnatos, não possuindo mandíbula; a coluna vertebral também está ausente. Atualmente são classificados como grupo-irmão dos gnatostomados (vertebrados com mandíbula). Os gnatostomados possuem vértebras desenvolvidas (cartilaginosas ou ósseas). O balanoglossa é um hemicordado, grupo em que a estrutura notocorda está ausente.

Competência: Compreender interações entre organismos e ambiente, em particular aquelas relacionadas à saúde humana, relacionando conhecimentos científicos, aspectos culturais e características individuais.

Habilidade: Compreender o papel da evolução na produção de padrões, processos biológicos ou na organização taxonômica dos seres vivos.

24 PEIXES

Comentário sobre o módulo

Os agnatos atuais (lampreias e peixes-bruxa), também chamados de ciclóstomos (boca circular), são desprovidos de mandíbula. São conhecidos, inclusive, como peixes sem mandíbula.

O surgimento da mandíbula e de nadadeiras pares foi fundamental para o sucesso evolutivo dos gnatostomados, os quais se diferenciaram nas linhagens dos peixes cartilagosos (condrictes), dos peixes de nadadeiras raiadas (actinoptérgeos), do celacanto e dos peixes pulmonados e dos tetrápodes (anfíbios, répteis e mamíferos).

Enquanto os agnatos têm apenas nadadeiras ímpares e pouco desenvolvidas, os gnatostomados apresentam nadadeiras pares (pélvicas e peitorais). Essas estruturas proporcionam maior habilidade no deslocamento e auxiliam na fuga de predadores e na captura de presas. A evolução da mandíbula possibilitou a esses peixes capturarem e se alimentarem de presas maiores, o que aumentou a variedade de alimentos a que poderiam ter acesso. Isso conferiu importante vantagem adaptativa dos gnatostomados em relação aos agnatos.

Para ir além

Este texto discorre sobre a evolução dos pulmões no ancestral do celacanto e dos tetrápodes. Disponível em:

<<http://cienciahoje.org.br/sim-nos-temos-pulmao/>>

Acesso em: jun. 2019.

No *link* a seguir, é possível ter acesso a estudos científicos no Brasil que visam à conservação dos tubarões. Disponível em:

<<http://cienciahoje.org.br/pesca-que-protete-tubaroes-e-humanos/>>.

Acesso em: jun. 2019.

Este texto aborda a descoberta de uma espécie de peixe que vive em cavernas. Disponível em:

<<http://cienciahoje.org.br/peixe-das-cavernas/>>.

Acesso em: jun. 2019.

Exercícios propostos

7. $02 + 04 = 06$

(01) Incorreta. Nos actinoptérgeos, que são peixes ósseos de nadadeiras raiadas (vertebrados da classe dos Osteictes), as brânquias e os rins regulam os níveis internos de amônia. A linha lateral permite a percepção de vibrações e mudanças nas correntes de água. Essas estruturas

têm importância na orientação e no descolamento do animal, além de auxiliarem na localização de presas e predadores.

(08) Incorreta. A respiração dos peixes ósseos e cartilagosos é branquial, e o sistema circulatório desses animais é fechado e simples.

8. C

Nos peixes cartilagosos, os fluidos corporais chegam a ser ligeiramente hipertônicos (mais concentrados) em relação à água do mar. Desse modo, esses animais absorvem água do meio por osmose. Os rins, então, eliminam o excesso de água pela urina.

9. $02 + 04 + 08 + 16 = 30$

(01) Incorreta. Embora a maioria dos actinoptérgeos tenham escamas, há alguns grupos de espécies com a pele nua, como os bagres e as enguias.

10. a) (01), (02) e (04).

b) (08) O endoesqueleto dos condrictes é cartilaginoso.

(16) Os condrictes são classificados em dois grupos: Holocephalii (holocéfalos), que inclui as quimeras, e Elasmobranchii (elasmobrânquios), que inclui os tubarões e as raias.

11. B

(I) Incorreta. A eliminação de sais pelas brânquias ocorre de forma ativa, com gasto de energia.

(IV) Incorreta. A absorção de água acontece de modo passivo.

12. A

Peixes marinhos são hipertônicos em relação à água doce. Assim, quando colocados em um meio de água doce, ganham água por osmose, em virtude do desequilíbrio osmótico, e incham. Ocorre, então, o rompimento de seus tecidos e órgãos internos. Consequentemente, o animal morre. Isso acontece porque o animal não é capaz de eliminar o excesso de água absorvido pelo corpo.

13. C

Peixes ósseos e cartilagosos têm coração com duas câmaras, por onde circula apenas sangue venoso (pobre em oxigênio). As ampolas de Lorenzini e as escamas placoides estão presentes nos peixes cartilagosos, mas não nos peixes ósseos.

14. a) I e III.

b) (II) Os condrites ou peixes cartilaginosos (tubarões, raias e quimeras) não têm bexiga natatória.

(IV) Existem tubarões de pequeno porte, como os cações.

15. A

Os peixes que vivem em água doce são hipertônicos em relação ao meio em que vivem. Desse modo, ganham água do meio por osmose e eliminam grande quantidade de urina diluída. Os peixes marinhos, por sua vez, são hipotônicos em relação à água do mar. Assim, perdem água por osmose para o meio e produzem urina bastante concentrada e em pequena quantidade.

16. C

(II) Incorreta. Peixes cartilaginosos não apresentam nadadeiras articuladas com amplo movimento.

(III) Incorreta. Peixes ósseos atuais têm bexiga natatória, estrutura que regula a densidade do animal e é responsável pelo deslocamento vertical do animal na coluna-d'água.

17. a) $02 + 04 + 32 = 38$

b) (01) O animal A é um peixe ósseo. Peixes cartilaginosos não têm estrutura óssea (opérculo) protegendo as fendas branquiais (com exceção das quimeras). Além disso, não apresentam bexiga natatória.

(08) A linha de crescimento B é típica de animais do filo dos artrópodes, que passam pelo processo denominado ecdise ou muda durante o crescimento corporal. Os anelídeos têm simetria bilateral, e não apresentam notocorda, característica exclusiva do filo dos cordados.

(16) O animal A é um peixe ósseo. O sistema ambulacral é uma característica presente apenas em equinodermos (estrelas-do-mar).

Estudo para o Enem

18. A

A piracema é um evento do ciclo reprodutivo de muitos peixes brasileiros, os quais sobem até as cabeceiras dos rios, enfrentando a correnteza, para se reproduzirem. Esse movimento é dificultado pela construção de barragens, que utilizam o potencial hídrico dos rios para a geração de energia ou para o consumo humano. Assim, elas se tornam uma barreira física para a reprodução dessas espécies de peixes.

tado pela construção de barragens, que utilizam o potencial hídrico dos rios para a geração de energia ou para o consumo humano. Assim, elas se tornam uma barreira física para a reprodução dessas espécies de peixes.

Competência: Apropriar-se de conhecimentos da Biologia para, em situações-problema, interpretar, avaliar ou planejar intervenções científico-tecnológicas.

Habilidade: Associar características adaptativas dos organismos com seu modo de vida ou com seus limites de distribuição em diferentes ambientes, em especial em ambientes brasileiros.

19. A

O coração dos peixes cartilaginosos e ósseos tem duas cavidades (um átrio e um ventrículo). Ele bombeia o sangue venoso (pobre em oxigênio) para as brânquias, nas quais é oxigenado. Das brânquias o sangue flui para todos os tecidos do corpo do animal. Esse é um tipo de circulação simples e fechado.

Competência: Compreender interações entre organismos e ambiente, em particular aquelas relacionadas à saúde humana, relacionando conhecimentos científicos, aspectos culturais e características individuais.

Habilidade: Identificar padrões em fenômenos e processos vitais dos organismos, como manutenção do equilíbrio interno, defesa, relações com o ambiente, sexualidade, entre outros.

20. D

Os elasmobrânquios apresentam bastante tolerância a altas concentrações de ureia no sangue, o que torna o plasma desses animais quase isotônico em relação à água do mar e dificulta a perda de água por osmose.

Competência: Compreender interações entre organismos e ambiente, em particular aquelas relacionadas à saúde humana, relacionando conhecimentos científicos, aspectos culturais e características individuais.

Habilidade: Identificar padrões em fenômenos e processos vitais dos organismos, como manutenção do equilíbrio interno, defesa, relações com o ambiente, sexualidade, entre outros.

25 ANFÍBIOS

Comentário sobre o módulo

Após a colonização do ambiente terrestre, os primeiros tetrápodes diversificaram-se em diferentes linhagens, originando anfíbios, répteis e mamíferos. No entanto, a maioria dos primeiros tetrápodes (mais antigos) provavelmente permaneceu fortemente associada a ambientes aquáticos, característica que está presente na maioria dos membros do grupo de tetrápodes atuais (vivos), os anfíbios. Atualmente a diversidade de anfíbios está ameaçada em virtude de alterações em seu ambiente e da ação de parasitas.

Para ir além

Neste artigo da Agência Fapesp, discute-se o impacto das mudanças climáticas na diversidade de anfíbios do Brasil. Disponível em:

<<http://agencia.fapesp.br/mudancas-climaticas-devem-reduzir-especies-de-anfibios-da-mata-atlantica/18627/>>.

Acesso em: jun. 2019.

A evolução dos primeiros tetrápodes é o tema deste artigo da revista *Ciência Hoje*. Disponível em:

<<http://cienciahoje.org.br/coluna/os-primeiros-tetrapodes/>>.

Acesso em: jun. 2019.

Pesquisadores catalogaram recentemente um anfíbio que brilha no escuro. Disponível em:

<<http://revistapesquisa.fapesp.br/2017/03/13/anfibio-noturno-brilha-no-escuro/>>.

Acesso em: jun. 2019.

Pesquisadores identificam a origem do fungo assassino dos anfíbios. Disponível em:

<<http://revistapesquisa.fapesp.br/2018/05/15/pesquisadores-identificam-origem-de-fungo-assassino-de-anfibios/>>.

Acesso em: jun. 2019.

Exercícios propostos

7. D

A circulação dos anfíbios é dupla, com o sangue passando duas vezes pelo coração, com fluxo sanguíneo pulmonar (pequena circulação) e fluxo sistêmico (grande circulação). Além disso, a circulação é incompleta, pois os sangues arterial e venoso se misturam parcialmente no ventrículo.

8. 04

(01) Incorreta. Os pulmões foliáceos são estruturas respiratórias observadas em aracnídeos, como aranhas e escorpiões. As brânquias são estruturas associadas às fendas faríngeas dos vertebrados aquáticos que possibilitam a troca de gases entre o sangue e a água.

(02) Incorreta. A notocorda é uma estrutura cilíndrica em forma de tubo, preenchida por fluidos, de origem embrionária mesodérmica.

(08) Incorreta. Os primeiros deuterostômios foram os equinodermos.

9. B

Os anfíbios são vertebrados ectotérmicos, ou seja, não possuem a capacidade de regular sua temperatura corporal em relação à variação da temperatura do ambiente. Dessa forma, temperaturas muito altas ou muito baixas limitam sua sobrevivência. Além disso, sua pele fina, úmida, ricamente vascularizada e permeável, com pouca queratinização, associada à sua respiração cutânea, aumenta o risco de desidratação e a susceptibilidade à morte em ambientes quentes e secos.

10. a) Desenvolvimento dos pulmões para utilizar oxigênio do ar; adaptação da epiderme com glândulas capazes de manter a pele constantemente úmida; desenvolvimento de membros para locomoção.

b) Apoda: ausência de membros locomotores; corpo cilíndrico; olho vestigial. Urodela: cauda desenvolvida no adulto. Anura: sem cauda na fase adulta; membros posteriores adaptados para o salto.

11. B

Com a eliminação de espécies de anfíbios que predam mosquitos, tanto na fase adulta quanto na fase larval, ocorre um desequilíbrio ecológico. Os mosquitos, então, tendem a se proliferar. Com o aumento da população de mosquitos, as doenças transmitidas por esses vetores tendem a crescer também.

12. B

A permeabilidade da pele dos anfíbios, associada à respiração cutânea, torna os animais do grupo altamente vulneráveis a substâncias nocivas (como poluentes), a temperaturas elevadas ou muito baixas e a ambientes mais secos e quentes. Os ovos dos anfíbios não têm casca, o que aumenta sua vulnerabilidade às condições ambientais (como ambientes quentes e secos). Por apresentarem larvas aquáticas e adultos terrestres, os anfíbios estão expostos a uma ampla gama de alterações que afetem ambos os ambientes, como a poluição da água e do ar, a perda e as modificações de habitats, além das alterações ambientais provocadas pelo aquecimento global.

13. (08)

Os ovos dos anuros não têm casca. Por isso, não apresentam estrutura adaptada a ambientes

terrestres distantes de corpos de água e/ou secos. Adicionalmente, os anuros não possuem os anexos embrionários encontrados no grupo dos animais amniotas (répteis e mamíferos), estruturas que também fornecem adaptações contra a desidratação do embrião no ambiente terrestre.

Nos anuros (sapos, rãs e pererecas), maior grupo de anfíbios, com mais de 6 000 espécies conhecidas, os adultos são todos carnívoros, enquanto a maioria das larvas (girinos) apresentam hábito alimentar herbívoro, embora também existam algumas espécies carnívoras.

14. a) (01), (02) e (04).

b) (01) Nos peixes adultos, a notocorda é substituída pela coluna vertebral. Nem todos os peixes possuem cloaca e fecundação externa. Condrictes (tubarões e raias), por exemplo, têm fecundação interna.

(02) Os cordados apresentam cordão nervoso dorsal. Cefalocordados (anfioxos) e urocordados (ascídias ou tunicados) não têm cérebro.

(04) O coração de um anfíbio adulto apresenta dois átrios e um ventrículo. Nele ocorre a mistura entre os sangues venoso e arterial.

15. D

(I) Incorreta. Embora a maioria dos anuros apresentem fecundação externa (ordens Anura e Caudata), as cecílias ou cobras-cegas (ordem Apoda ou Gymnophiona) têm fecundação interna.

(II) Incorreta. Os anfíbios são vertebrados ectotérmicos, ou seja, são incapazes de regular sua temperatura corporal em relação à variação da temperatura do ambiente.

(IV) Incorreta. Os anfíbios são animais anamniotas, ou seja, não apresentam nexos embrionários associados ao embrião, como o âmnion.

16. 01 + 02 = 03

(04) Incorreta. Anfíbios aquáticos e estágios larvais apresentam respiração cutânea e branquial. Os adultos terrestres têm respiração cutânea e pulmonar.

(08) Incorreta. Os anuros (sapos, rãs e pererecas) adultos são carnívoros. A maioria das larvas (girinos) apresentam hábito alimentar herbívoro, mas também há espécies carnívoras. As salamandras são carnívoras.

17. B

A pele dos anfíbios é fina e permeável, o que possibilita a respiração cutânea, por meio de troca difusa de gases. Se sal for jogado na pele de um

girino, será observada a saída de água do corpo pela diferença de osmolaridade do meio interno para o meio externo, causando a morte do animal.

Estudo para o Enem

18. D

Os anfíbios são animais adaptados principalmente a ambientes úmidos ou aquáticos, uma vez que apresentam pele fina, permeável, ricamente vascularizada e pouco queratinizada, através da qual realizam respiração cutânea. Isso impossibilita a sobrevivência desses animais em ambientes terrestres muito secos.

Competência: Compreender interações entre organismos e ambiente, em particular aquelas relacionadas à saúde humana, relacionando conhecimentos científicos, aspectos culturais e características individuais.

Habilidade: Identificar padrões em fenômenos e processos vitais dos organismos, como manutenção do equilíbrio interno, defesa, relações com o ambiente, sexualidade, entre outros.

19. C

Anfíbios (sapos, salamandras e cecílias) são vertebrados ectotérmicos, ou seja, são incapazes de regular sua temperatura corporal. Dessa forma, regiões de clima mais frio restringem sua distribuição geográfica.

Competência: Apropriar-se de conhecimentos da Biologia para, em situações-problema, interpretar, avaliar ou planejar intervenções científico-tecnológicas.

Habilidade: Associar características adaptativas dos organismos com seu modo de vida ou com seus limites de distribuição em diferentes ambientes, em especial em ambientes brasileiros.

20. D

Embora ambos apresentem respiração cutânea, as gimnofionas pertencem ao grupo dos anfíbios, que têm sistema circulatório mais desenvolvido, de caráter duplo, fechado e incompleto, com mistura dos sangues venoso e arterial.

Competência: Compreender interações entre organismos e ambiente, em particular aquelas relacionadas à saúde humana, relacionando conhecimentos científicos, aspectos culturais e características individuais.

Habilidade: Compreender o papel da evolução na produção de padrões, processos biológicos ou na organização taxonômica dos seres vivos.

26 RÉPTEIS

Comentário sobre o módulo

O grupo dos répteis, como era tradicionalmente reconhecido, não incluía as aves, o que o tornava sem validade na classificação biológica, uma vez que atualmente a descendência das aves a partir dos répteis arcossauros é bem conhecida. Assim, para ser aceito como um grupo monofilético, o termo *répteis* deve incluir as tartarugas, os lagartos, as serpentes, os crocodilianos e as aves. Os répteis estão entre os primeiros vertebrados adaptados à vida em locais secos na Terra. Atualmente, são conhecidas cerca de 10 mil espécies de répteis não avianos, a maioria delas de lagartos e serpentes.

Para ir além

Neste artigo é discutida a definição do grupos chamados de dinossauros e como ocorreu sua origem e dispersão. Disponível em:

<<http://cienciahoje.org.br/coluna/como-surgiram-os-dinossauros/>>.

Acesso em: abr. 2019.

A pesquisa de uma cientista brasileira tem ajudado a compreender como ocorreu a perda de membros das serpentes. Disponível em:

<<http://agencia.fapesp.br/pesquisa-explica-como-as-cobras-perderam-os-membros/29482/>>.

Acesso em: abr. 2019.

Exercícios propostos

7. D

A circulação é fechada, dupla e incompleta na maioria dos répteis não avianos, com o coração apresentando três câmaras: dois átrios e um ventrículo parcialmente dividido por um septo interventricular (septo de Sabatier). A exceção são os répteis crocodilianos, que apresentam circulação fechada, dupla e completa, com coração dividido em dois átrios e dois ventrículos completamente separados.

8. C

O impacto do meteorito com a crosta terrestre provocou declínio populacional e a extinção de muitas espécies de produtores e, conseqüentemente, o desaparecimento de espécies e grupos inteiros de espécies que ocupavam níveis tróficos mais altos das cadeias e teias alimentares terrestres e aquáticas. Os níveis tróficos mais altos, que era dominado pelos dinossauros não avianos, foi o mais afetado.

9. E

O ovo amniótico dos répteis, com casca e anexos embrionários (cório, âmnio e alantoide), herdado dos amniotas ancestrais, foi um dos fatores fundamentais para a conquista dos ecossistemas terrestres

pelo grupo. Essas características asseguraram a independência da água para a reprodução dos répteis (proteção e resistência dos ovos e embriões contra o ressecamento em ambientes secos).

10. a) As serpentes mais eficientes na inoculação da peçonha são as solenóglifas, pois esse tipo de serpente possui um par anterior alongado de presas (dentes caniculados conectados à glândula de veneno).

b)

Serpentes peçonhentas	Serpentes não venenosas
fosseta loreal	–
cabeça triangular	cabeça oval
pupila vertical	pupila circular
escamas ásperas	escamas lisas

11. $02 + 04 + 08 = 14$

(01) Incorreta. A serpente é um réptil ectotérmico, ou seja, incapaz de regular internamente sua temperatura corporal (não produz calor). Assim, ambientes com temperaturas muito altas ou muito baixas são fatores limitantes para a sobrevivência dos répteis ectotérmicos (répteis não avianos). As aves são répteis endotérmicos, pois conseguem controlar a temperatura do corpo.

(16) Incorreta. Conforme a população de ratos na cidade cresce, a resistência do meio também aumenta, na medida em que diminui a disponibilidade de alimento, abrigo, espaço e outros recursos importantes para a sobrevivência e reprodução dos indivíduos da população, o que leva ao aumento da competição intraespecífica e, conseqüentemente, à mortalidade.

12. C

(I) Incorreta. Membros com dígitos ou patas (que são pernas locomotoras) e respiração pulmonar são características já presentes no ancestral dos tetrápodes.

(II) Incorreta. Anfíbios também são animais ectotérmicos que apresentam circulação fechada dupla (circuito pulmonar e sistêmico).

13. D

(II) Incorreta. As cobras proteróglifas apresentam dentes inoculadores de peçonha (veneno), situados na parte anterior do maxilar superior, por exemplo, a coral-verdadeira.

(III) Incorreta. As cobras áglifas não possuem dentes inoculadores de peçonha, por exemplo, as jiboias e sucuris.

14. a) (I), (II) e (III).

b) (I) Todos os membros (clados) do grupo dos répteis compartilham ao menos um ancestral comum exclusivo, já que todos descendem de um mesmo ancestral amniota réptil.

(II) Os mamíferos fazem parte da linhagem-irmã dos amniotas répteis, que é a linhagem dos amniotas sinápídeos. Assim, os mamíferos são o grupo-irmão dos répteis.

(III) Lagartos, cobras e crocodilianos compartilham o mesmo ancestral comum mais recente com as aves. Assim, para formarem um grupo monofilético, as aves também precisam estar incluídas nesse grupo.

15. $04 + 08 = 12$

(01) Incorreta. Cnidários não possuem sistema circulatório.

(02) Incorreta. Répteis possuem sistema digestório completo, respiração pulmonar e endoesqueleto ósseo.

(16) Incorreta. A excreção dos anelídeos é realizada através de nefrídios (metanefrídios).

(32) Incorreta. Anelídeos apresentam circulação fechada e não possuem coração com quatro cavidades.

(64) Incorreta. Equinodermos possuem endoesqueleto formado por placas calcárias de origem embrionária mesodérmica.

16. A

As serpentes possuem uma mandíbula elástica, que facilita a ingestão de presas maiores que elas. A ausência do osso esterno também facilita a passagem das presas pelo trato digestório, enquanto a dentição especializada auxilia na captura de alimento.

17. a) Grupos monofiléticos são aqueles que incluem o mais recente ancestral comum e todos os descendentes dele. Grupos parafiléticos, como os répteis eram tradicionalmente definidos, sem incluir as aves, são aqueles que não compreendem todos os descendentes de um ancestral comum (ou seja, um ou mais descendentes não são incluídos). As aves e os demais répteis (lagartos, serpentes, tuataras, crocodilianos e tartarugas) compartilham o mesmo ancestral comum, que é exclusivo desses animais.

b) Características homólogas são características compartilhadas por diferentes espécies por terem sido herdadas de um ancestral comum. Por meio de estudos filogenéticos, as homologias entre os táxons podem ser identificadas e, dessa maneira, o nível de parentesco entre as espécies é

revelado. Em outras palavras, as homologias permitem identificar os organismos que descendem de um mesmo ancestral comum.

Estudo para o Enem

18. B

O aumento das vilosidades intestinais aumenta a área superficial de contato com o alimento no intestino, facilitando a absorção dos nutrientes.

Competência: Compreender interações entre organismos e ambiente, em particular aquelas relacionadas à saúde humana, relacionando conhecimentos científicos, aspectos culturais e características individuais.

Habilidade: Identificar padrões em fenômenos e processos vitais dos organismos, como manutenção do equilíbrio interno, defesa, relações com o ambiente, sexualidade, entre outros.

19. D

A aplicação (borrifo) hipotética do desodorante antitranspirante no corpo da lagartixa não teria consequências e o animal sobreviveria, pois os répteis não possuem glândulas sudoríparas; já a barata morreria em virtude da obstrução de seu sistema respiratório traqueal, cujas aberturas (espiráculos) para o exterior estão distribuídas pela superfície corpo, impedindo as trocas gasosas.

Competência: Compreender interações entre organismos e ambiente, em particular aquelas relacionadas à saúde humana, relacionando conhecimentos científicos, aspectos culturais e características individuais.

Habilidade: Interpretar modelos e experimentos para explicar fenômenos ou processos biológicos em qualquer nível de organização dos sistemas biológicos.

20. C

O organismo mostrado na figura pode pertencer à linhagem evolutiva das serpentes. O ancestral comum às serpentes e aos lagartos tinha membros anteriores e posteriores, uma vez que os amniotas ancestrais dos quais descendem os répteis e os mamíferos fazem parte da linhagem dos tetrápodes.

Competência: Compreender interações entre organismos e ambiente, em particular aquelas relacionadas à saúde humana, relacionando conhecimentos científicos, aspectos culturais e características individuais.

Habilidade: Compreender o papel da evolução na produção de padrões, processos biológicos ou na organização taxonômica dos seres vivos.

27 AVES

Comentário sobre o módulo

O grupo dos répteis Archosauria originaram os crocodilianos, os pterossauros (grupo extinto na Era Mesozoica com os demais dinossauros não avianos), e os dinossauros saurísquios (grupo do qual evoluíram as aves modernas há cerca de 160 milhões de anos). Atualmente as aves compreendem o grupo de maior diversidade de vertebrados terrestres, com mais de 10 mil espécies conhecidas.

A capacidade de voo das aves só foi possível em razão do surgimento de uma série de adaptações ao longo da história evolutiva do grupo: ossos pneumáticos, redução e fusão de ossos, sacos aéreos, ausência de bexiga urinária e de grande parte do intestino grosso, músculos peitorais desenvolvidos, visão desenvolvida, asas e penas.

Para ir além

Com base em estudos do crânio de *Archaeopteryx*, cientistas estão conhecendo melhor o olfato dos dinossauros e de outros répteis já extintos. Disponível em:

<<http://agencia.fapesp.br/cheiros-jurassicos/9706/>>.

Acesso em: abr. 2019.

A poluição tem afetado a construção de ninhos de aves marinhas. Leia sobre o tema no *link*. Disponível em:

<<http://cienciahoje.org.br/estranho-no-ninho-2/>>.

Acesso em: abr. 2019.

Neste estudo, cientistas investigaram como os dedos dos dinossauros evoluíram para as asas das aves. Disponível em:

<<http://agencia.fapesp.br/dedos-da-evolucao/10652/>>.

Acesso em: abr. 2019.

Exercícios propostos

7. B

Todas as características mencionadas nas alternativas são encontradas nas aves, com exceção do lado de curvatura da artéria aorta. Nas aves, a curvatura do arco aórtico é pelo lado direito. Nos mamíferos, essa curvatura é pelo lado esquerdo.

8. D

Répteis crocodilianos e mamíferos possuem coração com quatro câmaras. O âmnio (ovos com anexos embrionários) está presente no grupo dos animais amniotas (nos répteis, incluindo as aves, e nos mamíferos). A endotermia está presente em aves e em mamíferos. A válvula espiral é uma estrutura presente no intestino dos peixes cartilaginosos. As demais características mencionadas nas alternativas são encontradas apenas nas aves.

9. D

Não há espécies ou grupos de organismos mais evoluídos que outros. Existem animais que fazem parte de grupos mais antigos ou de grupos mais recentes em termos de surgimento ao longo da história evolutiva. Todos os organismos são uma combinação de características antigas (herdadas há mais tempo) e de novidades evolutivas (herdadas de ancestrais há menos tempo).

10. O cladograma mostra que a irradiação adaptativa das aves e dos crocodilos ocorreu a partir de ancestrais do grupo Archosauria. Portanto, aves e crocodilos fazem parte do grupo monofilético Archosauria.

11. D

O coração das aves é tetracavitário, ou seja, formado por quatro câmaras (dois átrios e dois ventrículos totalmente separados). A circulação é fechada (apenas no interior de vasos), dupla (circuito sistêmico e circuito pulmonar) e completa (não há mistura entre o sangue arterial e o sangue venoso).

12. $02 + 04 + 08 = 14$

(01) Incorreta. As pombas excretam o ácido úrico, resíduo nitrogenado que é pouco tóxico e que pode ser eliminado utilizando-se uma pequena quantidade de água. O resíduo nitrogenado excretado pelas aves é uma adaptação à vida terrestre (economia de água) e ao voo (redução do peso).

13. D

As aves excretam o ácido úrico com a urina e as fezes pela cloaca; são animais ovíparos, com desenvolvimento direto, e possuem ovo amniótico com vitelo.

14. Entre essas características, estão a presença de um ovo amniótico (contendo anexos embrionários) com casca dura e resistente (novidades evolutivas compartilhadas por todos os répteis, grupo monofilético que inclui as aves) e a excreção de resíduos nitrogenados na forma de ácido úrico. Essas características estão associadas à economia de água.

15. $01 + 02 + 04 = 07$

(08) Incorreta. As aves são animais endotérmicos, sendo capazes de produzir e manter o calor corporal independentemente da temperatura do ambiente.

(16) Incorreta. As aves (modernas) possuem bico córneo sem dentes. Apenas aves fósseis como o *Archaeopteryx* tinham dentes em seu bico.

16. E

(IV) Incorreta. Os sacos aéreos surgem a partir dos pulmões, mas não são capazes de realizar trocas gasosas.

17. Estão corretas as afirmativas I e IV.

A classe Reptília, como tradicionalmente era reconhecida, não incluía as aves e, portanto, não representava um grupo monofilético, na medida em que este deve incluir o ancestral comum e todos os seus descendentes.

(II) As aves fazem parte do clado dos dinossauros, ou seja, são dinossauros. Os crocodilianos são o grupo-irmão das aves, mas a linhagem que originou os crocodilianos se separou da linhagem que originou as aves antes da evolução dos dinossauros. Os répteis arcossauros são o ancestral comum de aves e crocodilianos.

(III) Lagartos e cobras formam um grupo monofilético, mas com base na hipótese filogenética apresentada, o ancestral comum compartilhado por tartarugas e o clado (lagartos + cobras) é o ancestral comum de todos os répteis.

Estudo para o Enem

18. B

As descobertas filogenéticas mais recentes colocam as aves como descendentes de um grupo de répteis conhecidos como arcossauros. Outro grupo que descende dos arcossauros são os crocodilos. Dessa maneira, pode-se dizer que as aves são répteis avianos.

Competência: Compreender interações entre organismos e ambiente, em particular aquelas relacionadas à saúde humana, relacionando conhecimentos científicos, aspectos culturais e características individuais.

Habilidade: Compreender o papel da evolução na produção de padrões, processos biológicos ou na organização taxonômica dos seres vivos.

19. E

A secreção oleosa, quando espalhada nas penas, impermeabiliza essa estrutura, impedindo que fique encharcada. Isso faz com que o animal apresente maior facilidade para flutuar, além de diminuir a perda de calor.

Competência: Compreender interações entre organismos e ambiente, em particular aquelas relacionadas à saúde humana, relacionando conhecimentos científicos, aspectos culturais e características individuais.

Habilidade: Identificar padrões em fenômenos e processos vitais dos organismos, como manutenção do equilíbrio interno, defesa, relações com o ambiente, sexualidade, entre outros.

20. C

A moela é o estômago mecânico das aves, desempenhando o mesmo papel que os dentes dos mamíferos, triturando e moendo os alimentos. O alimento ingerido chega primeiro ao compartimento químico do estômago, o proventrículo, onde ocorre a secreção do suco gástrico. A moela é bastante desenvolvida em aves granívoras (que se alimentam de grãos). O conteúdo regurgitado pelos pais para os filhotes é armazenado no papo.

Competência: Compreender interações entre organismos e ambiente, em particular aquelas relacionadas à saúde humana, relacionando conhecimentos científicos, aspectos culturais e características individuais.

Habilidade: Identificar padrões em fenômenos e processos vitais dos organismos, como manutenção do equilíbrio interno, defesa, relações com o ambiente, sexualidade, entre outros.

28 MAMÍFEROS

Comentário sobre o módulo

Os mamíferos descendem de um grupo de tetrápodes amniotas conhecidos como sinapsídeos. A classe dos mamíferos compreende cerca de 5 600 espécies conhecidas, que ocupam os mais variados ambientes: água doce (peixe-boi), mar (golfinho, baleia), ar (morcego) e terra (a maioria deles). Entre as novidades evolutivas dos mamíferos, estão o corpo total ou parcialmente coberto por pelos; glândulas mamárias, sebáceas e sudoríparas; diafragma e dentes diferenciados.

Os mamíferos compreendem três grupos (subclasses): os prototérios ou monotremados (ornitorrinco, equidna), animais que põem ovos (ovíparos), do mesmo modo que os amniotas ancestrais e os répteis; os metatérios ou marsupiais (gambás, cangurus), animais vivíparos que apresentam uma bolsa ou marsúpio onde o embrião completa seu desenvolvimento; e os eutérios ou placentários, mamíferos vivíparos que apresentam placenta e compreendem a maioria das espécies de mamíferos.

Para ir além

Neste artigo é discutida a evolução dos primeiros mamíferos, desde os pelicossauros. Disponível em:

<<http://cienciahoje.org.br/coluna/antes-dos-dinossauros/>>.

Acesso em: abr. 2019.

Um estudo recente descobriu que o mamífero brasileiro mais antigo de que se tem conhecimento viveu no mesmo período que os dinossauros. Disponível em:

<<http://agencia.fapesp.br/mamifero-mais-antigo-do-brasil-viveu-no-tempo-dos-dinossauros/27916/>>.

Acesso em: abr. 2019.

Exercícios propostos

7. $02 + 04 = 06$

(01) Incorreta. Perissodáctilos (cavalo, anta, rinoceronte) apoiam-se sobre um número ímpar de dedos, modificados em casco, em cada pata.

(08) Incorreta. Os esquilos e os castores são mamíferos placentários (eutérios).

(16) Incorreta. A anta é um mamífero perissodáctilo, mas a capivara faz parte da ordem dos roedores (Rodentia).

8. A

O ser humano compartilha o mesmo ancestral com os pongídeos, excluídos desse grupo na hipótese filogenética representada. Como um grupo monofilético é formado pelo ancestral comum e todos os seus descendentes, para que os pongídeos representassem um grupo monofilético, o ser humano deveria estar incluído no grupo. A árvore filogenética proposta revela que o ser

humano e o chimpanzé compartilham um ancestral comum que existiu há cerca de 10 milhões de anos, quando as duas linhagens se separaram.

9. $04 + 08 = 12$

(01) Incorreta. As lampreias (e os peixes-bruxa) são vertebrados agnatos ou ciclostomados, isto é, não possuem mandíbula e maxila.

(02) Incorreta. As aves voadoras possuem ossos pneumáticos (preenchidos por ar) e sacos aéreos ligados aos pulmões.

(16) Incorreta. O diafragma, que está associado à ventilação pulmonar, está presente apenas nos mamíferos.

10. O abomaso é o compartimento do estômago dos ruminantes em que ocorre a secreção do suco gástrico, rico em enzimas e ácido clorídrico. Sua principal função é a digestão de proteínas pela enzima pepsina. Dessa forma, desempenha papel análogo ao do estômago humano.

11. D

O cladograma evidencia que todos os primatas têm ancestral comum. Em outras palavras, o gibão compartilha, não só com o ser humano, mas com todas as espécies representadas, o mesmo ancestral. No cladograma não há nenhuma informação sobre quais espécies poderiam ser consideradas como membros de uma mesma família.

12. C

Entre as características compartilhadas pelos mamíferos, podem ser citadas: glândulas mamárias; músculo diafragma associado à respiração; corpo total ou parcialmente recoberto por pelos; glândulas sudoríparas e sebáceas; dentes diferenciados em incisivos, caninos, pré-molares e molares.

13. D

A vaca é um mamífero placentário (classe Mammalia) do grupo dos artiodáctilos (vaca, javali, veado) que possui cascos com o mesmo número de dedos em cada pé. Nas classificações taxonômicas atuais, os Artiodactyla são agora considerados uma subordem da ordem Cetartiodactyla, grupo que também inclui a subordem dos cetáceos (baleias, botos e golfinhos).

14. a) (01), (02) e (04).

b) (08) Os Metatheria ou marsupiais são vivíparos. Os únicos mamíferos ovíparos (que põem ovo) são os monotremados ou Protheria (ornitorrincos, equidna).

15. C

As lagostas, abelhas e formigas são artrópodes, portanto, apresentam exoesqueleto quitinoso que é substituído periodicamente durante a muda ou ecdise, o que permite o crescimento dos animais. As toupeiras e as focas-elefante são mamíferos placentários ou eutérios, com respiração exclusivamente pulmonar.

16. A

Os mamíferos compartilham diversas características, como: glândulas sudoríparas (termorregulação e eliminação de toxinas); glândulas sebáceas (secreção de lipídios); glândulas mamárias (secreção de leite); dentes especializados em incisivos (cortar), caninos (rasgar), pré-molares e molares (mastigar); músculo diafragma que participa da respiração; cuidado parental (particularmente o cuidado materno). Os mamíferos são endotérmicos, e a ureia é o principal excreta nitrogenado.

17. Os microrganismos que vivem no estômago dos ruminantes digerem a celulose (presente nas fibras vegetais) através da celulase que produzem, possibilitando assim a digestão do material vegetal. Os ruminantes não produzem a enzima celulase, dependendo completamente dos microrganismos para a digestão da celulose. Os ruminantes tratados com antibióticos em excesso emagrecem porque isso mata parte dos microrganismos (bactérias) que vivem em seu estômago. Com a diminuição dos microrganismos, a celulose ingerida não é digerida, comprometendo a digestão e a absorção da energia e de nutrientes do alimento. Assim, o animal não consegue obter os compostos orgânicos essenciais para manter seu metabolismo e perde peso.

Estudo para o Enem

18. D

A maior similaridade genética é encontrada entre os seres humanos, os chimpanzés e os bonobos. No cladograma representado, o ser humano compartilha um ancestral comum mais recente com o chimpanzé e com o bonobo (também conhecido como chimpanzé-pigmeu) do que com o orangotango e o gorila; por isso o maior parentesco entre estas espécies. Vale ressaltar que há estudos filogenéticos mais recentes em que os bonobos foram reconhecidos como a espécie-irmã do ser humano.

Competência: Compreender interações entre organismos e ambiente, em particular aquelas relacionadas à saúde humana, relacionando co-

nhecimentos científicos, aspectos culturais e características individuais.

Habilidade: Compreender o papel da evolução na produção de padrões, processos biológicos ou na organização taxonômica dos seres vivos.

19. A

Todos os mamíferos são endotérmicos e apresentam sistema circulatório fechado, duplo (um circuito pulmonar e um circuito sistêmico) e completo (sem mistura de sangue arterial e de sangue venoso). As glândulas mamárias (exclusiva dos mamíferos) têm origem ectodérmica. Nos mamíferos, assim como na maioria dos cordados vertebrados, a notocorda é substituída pela coluna vertebral, principal estrutura de sustentação do corpo. A glândulas uropigianas são encontradas nas aves.

Competência: Apropriar-se de conhecimentos da Biologia para, em situações-problema, interpretar, avaliar ou planejar intervenções científico-tecnológicas.

Habilidade: Associar características adaptativas dos organismos com seu modo de vida ou com seus limites de distribuição em diferentes ambientes, em especial em ambientes brasileiros.

20. D

O cladograma evidencia que os humanos e os chimpanzés descendem de um ancestral comum exclusivo, ou seja, um ancestral comum mais recente em relação às demais espécies representadas, sendo, portanto, mais aparentados.

Competência: Compreender interações entre organismos e ambiente, em particular aquelas relacionadas à saúde humana, relacionando conhecimentos científicos, aspectos culturais e características individuais.

Habilidade: Compreender o papel da evolução na produção de padrões, processos biológicos ou na organização taxonômica dos seres vivos.

Exercício interdisciplinar

21. D

O iguana é um réptil, grupo dos animais que são ectotérmicos, ou seja, não regulam sua temperatura corporal e precisam de fontes externas para ter calor (sol). A vasoconstrição diminui o diâmetro dos vasos periféricos quando esse animal nada em águas frias, evitando maiores perdas de calor para o ambiente.

RESPOSTAS E COMENTÁRIOS

BIOLOGIA 3

BLEND IMAGES/ALAMY STOCK PHOTO



23 RECOMPOSIÇÃO HISTÓRICA DA EVOLUÇÃO

Comentário sobre o módulo

Como toda teoria científica, a evolução é o resultado de uma construção embasada em um conjunto de conhecimentos científicos relacionados ao longo do tempo e, portanto, passível de mudanças e atualizações. Este módulo diferencia as ideias não evolucionistas baseadas no fixismo das ideias evolucionistas propostas inicialmente por Lamarck e confrontadas por Darwin e Wallace. Neste momento, é feita uma introdução dessas ideias, que servem de base para o estudo que será aprofundado nos próximos módulos.

Por eventualmente esbarrar nas possíveis crenças religiosas, é importante que o professor deixe claro que o objetivo do estudo da evolução não é questionar crenças religiosas, mas sim elucidar a origem e a evolução da vida de acordo com as bases da Ciência.

Para ir além

Nesse artigo, é apresentado um estudo que analisou e comparou genes de primatas, incluindo os humanos. Disponível em:

<<http://agencia.fapesp.br/selecao-e-evolucao/7012/>>.
Acesso em: mar. 2019.

Exercícios propostos

7. B
Todas as afirmativas estão corretas e relacionadas com o processo evolutivo.
8. E
Todas as afirmativas estão corretas e relacionadas com o tema evolução das espécies.
9. $02 + 04 = 06$
(01) Incorreta. A sequência correta para as categorias taxonômicas atualmente é: reino-filo-classe-ordem-família-gênero-espécie.
10. A análise dos fósseis revela a modificação das espécies ao longo do tempo; o aumento da complexidade e diversidade; as formas de transição entre dois grupos e a datação em que viveram utilizando elementos radioativos.
11. D
A visão criacionista dos seres vivos apoia a ideia da criação divina das espécies, as quais seriam imutáveis. Essa visão se contrapõe ao modelo darwinista da evolução. Segundo Darwin, a seleção natural de caracteres favoráveis para a sobrevivência e a reprodução determina a adaptação ambiental dos seres vivos.

12. C

A teleologia contraria as fundamentações teóricas propostas pela teoria sintética da evolução, pois esse modelo propõe que a redução de variabilidade genética em nível molecular e a recombinação gênica são eventos espontâneos e aleatórios. A seleção natural orienta essas variações por canais adaptativos.

13. D

A teoria evolucionista de Charles Darwin propõe que as espécies evoluíram por meio de modificações de ancestrais aparentados entre si. As espécies extintas deixaram descendentes que formaram as espécies atuais.

14. As diferenças genéticas entre os indivíduos de uma população favorecem a atuação da seleção natural e de outros mecanismos evolutivos. Sem essas diferenças, as frequências alélicas não mudam ao longo do tempo e, assim, a população não evolui.

15. $V - V - V - V - V$

Todas as afirmações estão corretas e correlacionadas ao enunciado da questão.

16. $01 + 02 + 04 + 08 + 16 = 31$

Todas as afirmativas estão corretas.

17. A afirmação está de acordo com Lamarck, baseando-se na lei de transmissão de caracteres adquiridos, na qual uma característica desenvolvida seria passada aos descendentes. As teorias lamarckistas, mesmo não sendo aceitas atualmente, são de extrema importância para a construção das teorias evolutivas atuais.

Estudo para o Enem

18. B

Darwin não pode explicar a origem das variações entre os indivíduos porque em sua época não eram conhecidos os princípios genéticos que determinam as diferenças entre os organismos.

Competência: Compreender interações entre organismos e ambiente, em particular aquelas relacionadas à saúde humana, relacionando conhecimentos científicos, aspectos culturais e características individuais.

Habilidade: Compreender o papel da evolução na produção de padrões, processos biológicos ou na organização taxonômica dos seres vivos.

19. A

A evolução biológica é um processo contínuo que envolve modificações de características, e os seres humanos estão inseridos nesse contexto natural.

Competência: Compreender interações entre organismos e ambiente, em particular aquelas relacionadas à saúde humana, relacionando conhecimentos científicos, aspectos culturais e características individuais.

Habilidade: Compreender o papel da evolução na produção de padrões, processos biológicos ou na organização taxonômica dos seres vivos.

20. E

A síntese ribossômica de proteínas é uma forte evidência de que todos os seres vivos compartilham o mesmo ancestral.

Competência: Compreender interações entre organismos e ambiente, em particular aquelas relacionadas à saúde humana, relacionando conhecimentos científicos, aspectos culturais e características individuais.

Habilidade: Compreender o papel da evolução na produção de padrões, processos biológicos ou na organização taxonômica dos seres vivos.

MATERIAL DE USO EXCLUSIVO DO
SISTEMA DE ENSINO DOM BOSCO

24 EVIDÊNCIAS EVOLUTIVAS

Comentário sobre o módulo

A evolução biológica não tem um objetivo específico. Estruturas biológicas novas e complexas podem evoluir por causa de uma série de modificações que beneficiam o organismo que as possui. O padrão de evolução, ou seja, a observação da evolução como um processo tem sido diretamente documentada e sustentada por diversas evidências e corrobora a sustentação de argumentos da validade da teoria da evolução quando comparada aos argumentos criacionistas.

Para ir além

Fóssil pode revelar ancestral comum entre humanos e macacos. Disponível em:

<<https://exame.abril.com.br/ciencia/fossil-pode-revelar-ancestral-comum-entre-humanos-e-macacos/>>.

Acesso em: mar. 2019.

Pele humana como uma evidência de evolução. Disponível em:

<<http://www.comciencia.br/tecnicas-recentes-no-estudo-da-evolucao-ajudam-esclarecer-origem-do-homem-e-ocupacao-no-planeta/>>.

Acesso em: mar. 2019.

Exercícios propostos

7. D

A analogia relaciona-se à semelhança morfológica de estruturas entre certas espécies, em razão da adaptação a funções semelhantes, porém com origens evolutivas diferentes.

8. A

Todas as alternativas expostas estão corretas.

9. D

(I) Incorreta. Fósseis são remanescentes de organismos antigos contidos em rochas, resinas ou mesmo gelo. De maneira geral, fósseis de camadas mais profundas são mais antigos do que os de camadas mais externas. No entanto, as movimentações da crosta terrestre podem fazer com que camadas mais antigas se tornem superficiais. Os fósseis são relativamente raros, porque, para ocorrer fossilização, são necessárias condições favoráveis à preservação do organismo, como a rápida inclusão em sedimentos de areia ou argila em ambientes alagados.

10. Os órgãos vestigiais, como o apêndice humano e os dentes do siso, mostram as transformações pelas quais o ser humano passa durante a evolução. Os órgãos homólogos em animais diferentes, como os

membros dos golfinhos, do cavalo, da ave, do morcego e do ser humano, revelam a mesma origem embrionária e a evolução de um ancestral comum pelo processo de irradiação adaptativa.

11. $02 + 04 + 16 = 22$

(01) Incorreta. A figura mostra casos de irradiação adaptativa para diferentes mamíferos.

(08) Incorreta. As evidências evolutivas mostram que as asas dos morcegos e os membros dianteiros (nadadeiras) das baleias possuem a mesma origem embrionária, sendo considerados órgãos homólogos.

12. A

Órgãos vestigiais são aqueles que se apresentam sem desenvolvimento e geralmente sem função, como o apêndice humano. Esse órgão é bem desenvolvido em organismos roedores que armazenam o alimento rico em celulose, e a ação de bactérias digere as fibras.

13. C

Os fósseis são traços de vida do passado, podendo ser restos (mais comum), evidências ou produtos químicos de seres vivos, comprovando as mudanças (evolução) que ocorreram na Terra.

14. Os órgãos que apresentam a mesma origem embrionária são denominados homólogos. A divergência estrutural observada entre o ancestral e a espécie atual é o resultado da seleção natural diferencial que ocorreu durante a história evolutiva das espécies.

15. D

O tubarão e o golfinho, apesar de terem semelhanças morfológicas e viverem no mesmo tipo de ambiente, não apresentam grau de parentesco. Esse processo de semelhança é característico da convergência adaptativa, na qual a adaptação evolutiva a modos de vida semelhantes leva os organismos pouco aparentados a desenvolverem estruturas ou formas corporais semelhantes, por meio da seleção do ambiente.

16. O estudo comparado de registros fósseis e a análise comparativa das sequências de bases do DNA de espécies distintas podem determinar o grau de parentesco evolutivo.

17. As asas das mariposas e as asas dos pássaros apenas desempenham a mesma função de voar. Porém, apresentam origens embrionárias totalmente distintas, sendo, portanto, órgãos análogos.

Estudo para o Enem

18. B

A colisão de um asteroide com a Terra provocou a formação de uma grande camada de poeira na atmosfera que reduziu a penetração de luz até a superfície do planeta. Consequentemente, houve redução da taxa de produção de matéria orgânica pela fotossíntese, fato que interferiu severamente no fluxo de energia nas cadeias e teias alimentares terrestres. A queda de um corpo celeste pode ter provocado a extinção em massa no período Cretáceo da era Mesozoica.

Competência: Compreender interações entre organismos e ambiente, em particular aquelas relacionadas à saúde humana, relacionando conhecimentos científicos, aspectos culturais e características individuais.

Habilidade: Compreender o papel da evolução na produção de padrões, processos biológicos ou na organização taxonômica dos seres vivos.

19. E

Todos os mamíferos que vivem em ambiente marinho possuem adaptações fisiológicas (mecanismos osmorreguladores), morfológicas (glândulas

de sal) e comportamentais (retirar água do peixe) que lhes permitem obter água doce.

Competência: Compreender interações entre organismos e ambiente, em particular aquelas relacionadas à saúde humana, relacionando conhecimentos científicos, aspectos culturais e características individuais.

Habilidade: Compreender o papel da evolução na produção de padrões, processos biológicos ou na organização taxonômica dos seres vivos.

20. C

O organismo mostrado na figura pode pertencer à linhagem evolutiva das serpentes. O ancestral comum às serpentes e aos lagartos tinha membros anteriores e posteriores, os quais foram perdidos durante a evolução das linhagens ápodes atuais.

Competência: Compreender interações entre organismos e ambiente, em particular aquelas relacionadas à saúde humana, relacionando conhecimentos científicos, aspectos culturais e características individuais.

Habilidade: Compreender o papel da evolução na produção de padrões, processos biológicos ou na organização taxonômica dos seres vivos.

MATERIAL DE USO
SISTEMA DE ENSINO

25 LAMARCKISMO E DARWINISMO

Comentário sobre o módulo

Lamarckismo e darwinismo são temas constantes no Enem e nos principais vestibulares do país. Lei do uso e desuso, herança dos caracteres adquiridos e seleção natural são conceitos fundamentais elucidados neste módulo.

É essencial o entendimento de que, mesmo tendo sido negadas e/ou complementadas com o passar do tempo, no contexto histórico em que foram propostas, essas teorias romperam paradigmas e foram essenciais para a contextualização histórico-social e do repertório dos cientistas em questão do que compreendemos hoje como evolução biológica.

Para ir além

Podcast sobre a comparação das teorias de Darwin e de Lamarck com a professora doutora Maria Elice Brzezinski, do Instituto de Biociências da USP. Disponível em:

<<https://alociencia.com.br/podcast/011-darwin-vs-lamarck/>>.
Acesso em: mar. 2019.

Como uma aldeia no Ártico ajudou a ampliar o que sabemos sobre evolução. Disponível em:

<<https://www.bbc.com/portuguese/geral-42420424>>.
Acesso em: mar. 2019.

Exercícios propostos

7. E
- (I) Incorreta. O surgimento de um indivíduo de olhos brancos em uma linhagem pura de moscas de olhos vermelhos é explicado por uma mutação gênica espontânea.
8. B
- Karen foi quem respondeu corretamente, pois, de acordo com o conceito de seleção natural, o meio seleciona os indivíduos, ou seja, espécies com características favoráveis ao ambiente aumentam suas chances de sobrevivência, reprodução e transmissão aos seus descendentes.
9. E
- Segundo Lamarck, além do fator tempo, a adaptação dos seres vivos ao ambiente ocorreria por meio das modificações de órgãos, pelo uso e desuso e pela transmissão hereditária de caracteres adquiridos.
10. O nascimento de animais com a pelagem clara na ilha menor ocorreu como consequência do acasalamento de animais heterozigotos (Aa), de modo que a seleção natural determinou a sobrevivência de indivíduos heterozigotos (Aa) e, consequentemente, a sobrevivência dos animais cujas variações levaram ao isolamento reprodutivo da ilha maior.
11. E
- A transmissão de caracteres adquiridos pelo uso e desuso de órgãos foi proposta pelo naturalista Jean-Baptiste Lamarck.
12. A
- A afirmação do aluno está incorreta, pois sua explicação baseia-se na lei de uso e desuso, que diz que estruturas que não são usadas com frequência tendem a desaparecer.
13. A
- As variações verificadas na pele dos anfíbios são favoráveis à sobrevivência e à reprodução em ambientes úmidos. É o efeito da seleção natural por ação do ambiente.
14. a) Em uma população, observa-se que os indivíduos não são idênticos, ou seja, eles apresentam variações fenotípicas entre si. Quando há alguma alteração na dinâmica do ambiente, como disputa pelos recursos, desequilíbrio ambiental, algumas características da população são vantajosas para as novas condições. Assim, esses indivíduos têm maiores chances de sobreviver e de se reproduzir, passando as características vantajosas aos seus descendentes. Dessa forma, essa população sofre uma pressão seletiva que favorece o aumento da frequência dessa característica na população.
- b) Bactérias sofrem mudanças de geração, resultando em indivíduos que respondem de maneira diferente ao antibiótico, algumas tornam-se resistentes e originam descendentes também resistentes, surgindo uma nova população de bactérias resistentes àquele antibiótico.
15. A
- A mudança em órgãos provocada por pressões ambientais, proposta por Lamarck, é conhecida como a lei do uso e desuso.
16. D
- A descrição a respeito do crescimento das orelhas dos coelhos, por meio de sua contínua utilização e transmissão do traço adquirido para as próximas gerações, está em desacordo com o conceito de seleção natural, relativo à teoria proposta por Darwin.
17. a) Segundo a teoria lamarckista, as bactérias podem se tornar resistentes para sobreviver a anti-

bióticos e transmitem essa aptidão adquirida aos seus descendentes.

b) Segundo a teoria darwinista, os antibióticos selecionam as variedades bacterianas naturalmente resistentes a eles, eliminando as variedades sensíveis.

Estudo para o Enem

18. B

As duas teorias da evolução apresentam em comum a adaptação dos seres vivos, que possuem características adequadas a determinado ambiente, por meio de variações genéticas.

Competência: Compreender interações entre organismos e ambiente, em particular aquelas relacionadas à saúde humana, relacionando conhecimentos científicos, aspectos culturais e características individuais.

Habilidade: Compreender o papel da evolução na produção de padrões, processos biológicos ou na organização taxonômica dos seres vivos.

19. E

Os conceitos de hereditariedade foram incorporados somente nas teorias subsequentes. Darwin ainda não tinha conhecimento das leis de Mendel nem dos mecanismos que influenciariam na hereditariedade. Ele não sabia explicar como indivíduos

com novas características poderiam surgir, visto que os genes, a mutação e a recombinação genética não eram conhecidos na época.

Competência: Entender métodos e procedimentos próprios das Ciências Naturais e aplicá-los em diferentes contextos.

Habilidade: Relacionar informações apresentadas em diferentes formas de linguagem e representação usadas nas ciências físicas, químicas ou biológicas, como texto discursivo, gráficos, tabelas, relações matemáticas ou linguagem simbólica.

20. B

Lamarck defendia a lei do uso e desuso. Segundo ele, adaptados à vida subterrânea, anfíbios e répteis não precisariam usar seus olhos e patas. A falta de uso desses órgãos levaria a um desaparecimento deles. Lamarck não conhecia os conceitos de gene e mutação, o que exclui as alternativas D e E.

Competência: Compreender interações entre organismos e ambiente, em particular aquelas relacionadas à saúde humana, relacionando conhecimentos científicos, aspectos culturais e características individuais.

Habilidade: Compreender o papel da evolução na produção de padrões, processos biológicos ou na organização taxonômica dos seres vivos.

MATERIAL DE ENSINO
SISTEMA DE ENSINO

26 TEORIA SINTÉTICA DA EVOLUÇÃO

Comentário sobre o módulo

Os principais mecanismos evolutivos que elucidam a teoria sintética da evolução foram abordados neste módulo. Foram enfatizados os tópicos de especiação, tema frequente no Enem e nos principais vestibulares do país. Ao trabalhar em sala esses temas, é importante reafirmar que não existem raças ou subespécies humanas, já que a diferença genética entre dois indivíduos e entre duas populações é ínfima, ou seja, é mais provável que dois europeus tenham mais diferenças genéticas do que um europeu e um africano, por exemplo. Os conceitos de raça e subespécie humana estão arraigados de preconceito e ignorância evolutiva.

Para ir além

Cientistas que levaram o processo de seleção artificial para o nível molecular ganham Nobel de Química. Disponível em:

<<https://oglobo.globo.com/sociedade/nobel-de-quimica-vai-para-trio-de-cientistas-domadores-da-evolucao-23122633>>.

Acesso em: mar. 2019.

A reportagem da BBC fala sobre a adaptação das espécies para viverem na cidade. Disponível em:

<<https://www.bbc.com/portuguese/internacional-47477814>>.

Acesso em: mar. 2019.

Estudo aborda a possibilidade de especiação sem barreiras. Disponível em:

<<http://agencia.fapesp.br/especiacao-sem-barreiras/10772/>>.

Acesso em: mar. 2019.

Exercícios propostos

7. $01 + 02 + 08 = 11$

O isolamento de hábitat pode levar à especiação alopátrica. A especiação simpátrica ocorre no mesmo espaço geográfico.

8. A

São fatores evolutivos que aumentam a diversidade genética de populações as migrações, as mutações, a segregação independente e a permutação de segmentos de cromossomos homólogos.

9. C

As semelhanças estruturais entre a *Euphorbia* e os cactos decorrem do fato de terem sido submetidas às mesmas pressões seletivas no mesmo ambiente em que vivem. Trata-se de um caso de evolução convergente.

10. a) Deriva genética, que modifica a frequência de alguns alelos, conseqüentemente, predominando certas características na população.

b) Não, pois ainda haverá indivíduos heterozigotos na população com uma cópia do gene recessivo.

11. C

O verde é uma coloração favorável para a camuflagem na folhagem. A cor rósea destaca o inseto, tornando-o mais suscetível ao ataque de seus predadores.

12. B

O processo de especiação alopátrica é caracterizado pela separação de uma população com base no surgimento de uma barreira geográfica (cadeia de montanhas), interrompendo o fluxo gênico e, logo, levando ao isolamento reprodutivo.

13. B

A seleção natural sobre as populações é do tipo disruptiva, porque as condições ambientais são favoráveis à sobrevivência e à reprodução dos homozigotos. Esse fato pode produzir raças e novas espécies pelo isolamento geográfico e reprodutivo das populações I e II.

14. a) Variabilidade genética por mutações e recombinações gênicas, *crossing over*, segregação independente e fecundação e seleção natural de variedades resistentes aos parasitos.

b) Poderia se tornar uma nova espécie se ocorresse o isolamento reprodutivo com a população original.

c) As variações surgem como resultado de mecanismos genéticos, como mutações e recombinações gênicas.

15. C

O isolamento reprodutivo pré-zigótico dificulta a fecundação dos gametas e a formação do zigoto, impedindo o acasalamento entre as populações. A especiação alopátrica ocorre quando populações ficam isoladas geograficamente, dificultando o fluxo gênico. O surgimento de espécies diferentes pode ocorrer por mutações genéticas e quando não há fluxo gênico, com introdução de alelos diferentes nas duas populações. Com o isolamento geográfico, as populações isoladas se diferenciam, alterando as frequências de alelos, resultando em mudanças no fenótipo e dificultando a reprodução. O isolamento geográfico e a ausência de fluxo gênico entre populações alopátricas podem causar o isolamento reprodutivo.

16. A

Especiação alopátrica é o processo de formação de novas espécies em ambientes geograficamente

distintos, isto é, envolve a separação de populações por barreira geográfica intransponível.

17. Seleção natural estabilizadora. Na África Subsaariana, o genótipo favorecido é o heterozigoto (Ss). Os portadores desse genótipo são resistentes à malária. Nessas regiões, os indivíduos SS contraem malária e podem morrer, enquanto os portadores do genótipo ss morrem de anemia falciforme.

Estudo para o Enem

18. D

Os vermes naturalmente resistentes ao medicamento tendem a sobreviver e a produzir mais descendentes.

Competência: Compreender interações entre organismos e ambiente, em particular aquelas relacionadas à saúde humana, relacionando conhecimentos científicos, aspectos culturais e características individuais.

Habilidade: Compreender o papel da evolução na produção de padrões, processos biológicos ou na organização taxonômica dos seres vivos.

19. D

A polinização inviável ou nula indica a diversificação genética, que pode levar ao isolamento reprodutivo e à formação de novas espécies. As

populações das localidades indicadas por setas opostas e interrompidas acham-se nesse processo evolutivo. São elas: Itirapina e Peti, além de Alcobaça e Marambaia.

Competência: Entender métodos e procedimentos próprios das ciências naturais e aplicá-los em diferentes contextos.

Habilidade: Relacionar informações apresentadas em diferentes formas de linguagem e representação usadas nas ciências físicas, químicas, ou biológicas, como texto discursivo, gráficos, tabelas, relações matemáticas ou linguagem simbólica.

20. C

O surgimento dos microrganismos resistentes aos medicamentos deve-se a variações no material genético dos agentes patogênicos.

Competência: Compreender interações entre organismos e ambiente, em particular aquelas relacionadas à saúde humana, relacionando conhecimentos científicos, aspectos culturais e características individuais.

Habilidade: Compreender o papel da evolução na produção de padrões, processos biológicos ou na organização taxonômica dos seres vivos.

MATERIAL DE ENSINO
SISTEMA DE ENSINO

27 EVOLUÇÃO DE POPULAÇÕES

Comentário sobre o módulo

Entender como a evolução ocorre em grandes populações é chave para se compreender o surgimento de grandes grupos animais e a diversidade vegetal.

Ao estudar as eras geológicas, o estudante deve entender a complexidade dos processos evolutivos e o resultado acumulado do tempo sobre as espécies de seres vivos.

Nesse contexto, o teorema de Hardy-Weinberg é de extrema importância, porque propicia um modelo matemático para estimar o padrão gênico de uma população ao longo das gerações e para apontar se essa população está em equilíbrio ou passando por algum processo evolutivo. O princípio de Hardy-Weinberg é um ponto de partida teórico que afirma que, na ausência de fatores evolutivos, as frequências gênicas se mantêm em equilíbrio (constantes).

É interessante que este módulo seja relacionado ao módulo 4 do livro Biologia 2, que trata da evolução dos cordados.

Para ir além

Teorias sobre o surgimento da vida no planeta Terra. Disponível em:

<https://www.bbc.com/portuguese/vert-earth-38205665>.

Acesso em: mar. 2019.

Mapa interativo das eras geológicas, no qual é possível visualizar a Terra e seus habitantes ao longo das eras. Disponível em:

<http://dinosaurpictures.org/ancient-earth#240>.

Acesso em: mar. 2019.

Exercícios propostos

7. C

Alelos: A (dominante) e a (recessivo). Frequência de A = f(A) = x. Frequência de a = f(a) = 3x. Para a população estar em equilíbrio gênico: f(A) + f(a) = 1. Portanto:

$$x + 3x = 1$$

$$4x = 1 \quad x = 1/4 \quad f(A) = 1/4 \quad e \quad f(a) = 3/4$$

$$f(Aa) = 2 \times 1/4 \times 3/4 = 6/16 = 3/8$$

$$\text{Número de indivíduos } Aa = 3/8 \times 4800 = 1800.$$

8. Pteridófitas (tecido condutor de seiva – xilema e floema); gimnospermas (pólen, tubo polínico, óvulo e semente); angiospermas (flor e fruto).

9. D

Frequência = f

$$f(aa) = 0,49$$

$$f(a) = \sqrt{0,49} = 0,7$$

$$f(A) = 1 - 0,7 = 0,3$$

$$f(Aa) = 2 \times 0,3 \times 0,7 = 0,42$$

10. a) Em genes ligados ao sexo, as frequências genotípicas serão p^2 , $2pq$ e q^2 para os genótipos X^AX^A , X^AX^a e X^aX^a do sexo homogamético. Serão iguais a p e q (iguais às frequências alélicas) nos genótipos X^AY e X^aY do sexo heterogamético. Assim, a frequência de homens daltônicos será $q = 10\% = 0,1$.

b) Mulheres portadoras =

$$= X^AX^a = 2pq = 2 \times (1 - 0,1) \times 0,1 = 0,18 \text{ ou } 18\%.$$

11. F – V – V – V – F

Considerando a população em questão geneticamente equilibrada para os alelos A e a, temos:

$$\text{frequência de } Aa \text{ em } 1970 = 2 \times 0,4 \times 0,6 = 0,48 = 48\%;$$

$$\text{frequência de } Aa \text{ em } 1990 = 2 \times 0,15 \times 0,85 = 0,255 = 25,5\%;$$

$$\text{frequência de } Aa \text{ em } 2000 = 2 \times 0,6 \times 0,4 = 0,48 = 48\%.$$

12. C

O Período Jurássico (Era Mesozoica) foi marcado pela expansão da fauna dos dinossauros e pela vegetação formada predominantemente por árvores, como as gimnospermas. No Período Terciário (Era Cenozoica), predominaram angiospermas, aves e mamíferos. No Período Cambriano (Era Paleozoica), a Terra tinha mares e lagos, com invertebrados em abundância, e planícies destituídas de vegetação terrestre.

13. E

Migrações, mutações e seleção natural são fatores evolutivos que alteram as frequências gênicas em populações naturais.

14. O modelo de equilíbrio de Hardy-Weinberg é dado pela fórmula $p^2 + 2pq + q^2 = 1,0$. A frequência dos sapos marrons, no modelo de Hardy-Weinberg, é dada por $q^2 = 0,04$. A frequência do alelo para a cor marrom é dada por $q = \sqrt{q^2} = \sqrt{0,04} = 0,2$. A frequência do alelo para a cor verde é dada por $p = 1 - q = 1 - 0,2 = 0,8$. A frequência de heterozigotos é dada por $2pq = 2 \times 0,8 \times 0,2 = 0,32$. Portanto, a porcentagem de sapos heterozigotos é de 32%.

15. E

Todos os pressupostos apresentam condições para que ocorra o equilíbrio de Hardy-Weinberg.

16. $02 + 08 + 32 = 42$

A espécie *Homo sapiens* surgiu na Era Cenozoica, entre 400 e 100 mil anos atrás. As primeiras plantas vasculares (traqueófitas) surgiram no Período Siluriano (Era Paleozoica) há cerca de 360 milhões de anos. De acordo com o gráfico, o número de famílias taxonômicas aumentou ao longo dos períodos geológicos, e o crescimento significativo do número de famílias ocorreu a partir do Período Triássico (Era Mesozoica).

17. a) $q^2 = 1/2500$. Assim, $q = 1/50$. Sendo $p + q = 1$,
 $p + 1/50 = 49/50$.

$p^2 = (4/50)^2$ ou $p^2 = 2401/2500$.

b) $2pq = 2 \times 49/50 \times 1/50 = 98/2500$

c) $1/2 \times 98/2500 \times 1/2 = 98/10000$

Estudo para o Enem

18. A

Do ponto de vista evolutivo, os ovos amniotas surgiram com a conquista do ambiente terrestre pelos répteis no Período Carbonífero há cerca de 350 milhões de anos. As aves surgiram depois, no Período Jurássico, há aproximadamente 200 milhões de anos.

Competência: Compreender interações entre organismos e ambiente, em particular aquelas relacionadas à saúde humana, relacionando conhecimentos científicos, aspectos culturais e características individuais.

Habilidade: Compreender o papel da evolução na produção de padrões, processos biológicos ou na organização taxonômica dos seres vivos.

19. A

Para que ocorra o princípio de Hardy-Weinberg, uma população deve ser consideravelmente grande.

Competência: Entender métodos e procedimentos próprios das ciências naturais e aplicá-los em diferentes contextos.

Habilidade: Relacionar informações apresentadas em diferentes formas de linguagem e representação usadas nas ciências físicas, químicas ou biológicas, como texto discursivo, gráficos, tabelas, relações matemáticas ou linguagem simbólica.

20. C

Os mamíferos surgiram no mesmo período que os dinossauros. Durante aproximadamente 100 milhões de anos, os dinossauros dominaram o ambiente terrestre. Nesse período, os mamíferos consistiam em um reduzido grupo de animais de pequeno porte com hábitos noturnos.

Competência: Entender métodos e procedimentos próprios das ciências naturais e aplicá-los em diferentes contextos.

Habilidade: Relacionar informações apresentadas em diferentes formas de linguagem e representação usadas nas ciências físicas, químicas ou biológicas, como texto discursivo, gráficos, tabelas, relações matemáticas ou linguagem simbólica.

MATERIAL DE USO
SISTEMA DE ENSINO

28 EVOLUÇÃO HUMANA

Comentário sobre o módulo

Ao abordar a evolução humana em sala de aula, é preciso esclarecer algumas concepções equivocadas no que se refere à origem de nossa espécie, como: pensar nos seres humanos como chimpanzés ou como tendo evoluído diretamente desses animais. Os chimpanzés fazem parte de outra ramificação separada da evolução, adquiriram características próprias e, por estarem vivos nos dias atuais, são tão evoluídos quanto nós, humanos. Outra concepção equivocada é a de que viemos dos macacos, sem o entendimento de que pertencemos ao grupo dos primatas que compreendem mais de 600 espécies e subespécies. É importante, ainda, abordar com os alunos os episódios recentes de racismo sofridos por jogadores brasileiros que foram chamados de macacos e atingidos por bananas em campo; essa pode ser uma maneira interessante de iniciar o tema da evolução humana, contextualizado no racismo estrutural de nossa sociedade.

Para ir além

Luzia encontrada nos escombros do Museu Nacional do Rio. Disponível em:

<<https://www.bbc.com/portuguese/brasil-45391771>>.

Acesso em: mar. 2019.

Podcast sobre evolução humana com o professor doutor da USP Walter Neves. Disponível em:

<<https://alociencia.com.br/podcast/053-evolucao-humana/>>.

Acesso em: mar. 2019.

Exercícios propostos

7. B

Os comentários de Marcos não procedem porque a dieta dos humanos primitivos caçadores/coletores deveria incluir sementes e tubérculos. Catarina também cometeu um equívoco quando afirmou que todos os dinossauros eram carnívoros. Na verdade, existiram dinossauros herbívoros, carnívoros e onívoros.

8. $01 + 08 + 64 = 73$

Segundo a árvore filogenética, o homem moderno e o homem de Neandertal foram contemporâneos; a postura bípede apareceu entre 4 e 6 milhões de anos atrás. O *Homo erectus* existiu por um período maior do que o *Australopithecus afarensis*. O *Homo erectus* surgiu posteriormente ao *Australopithecus (Homo) habilis*.

9. $04 + 08 + 16 = 28$

A evolução humana ocorreu por meio do afastamento de uma linhagem comum aos homínídeos primitivos. Evidências paleontológicas apontam que a linhagem que proporcionou o gênero *Homo* apareceu e se desenvolveu na África.

10. Os dados sugerem que ocorreu intercruzamento entre indivíduos da linhagem Neandertal e da linhagem que originou a espécie humana.

11. A

Os eventos evolutivos verificados na árvore genealógica proposta mostram alterações populacionais ao longo do tempo.

12. A

A reportagem revela a diversidade biológica das linhagens de homínídeos que deram origem à espécie humana.

13. D

O *Homo sapiens* surgiu na África há cerca de 160 mil anos e migrou para a Ásia e a América há cerca de 60 mil anos.

14. O uso de ferramentas feitas com pedra se iniciou com os *Homo habilis*. Essa habilidade foi um ganho evolutivo porque aumentou as chances de defesa contra predadores e ainda facilitou as formas de obtenção de alimento.

15. D

O cérebro do homem de Neandertal era mais volumoso que os de outras espécies, incluindo o cérebro do homem moderno. O homem de Neandertal não pertencia à mesma espécie do homem Cro-Magnon. Ambos eram uma subespécie diferente da família *Homo*.

16. C

Os gibões não são grandes símios, e os *Australopithecus* foram achados no continente africano. Estima-se que os representantes desse gênero surgiram há aproximadamente 2,5 ou 2,9 milhões de anos.

17. Os perigos do ambiente na Pré-História eram inúmeros, de modo que viver em grupos sociais era vantajoso para a sobrevivência porque facilitava a obtenção de alimentos, tornava o ataque de predadores mais difícil, promovia a divisão estrutural da sociedade com funções distintas para os indivíduos, promovia aumento na capacidade de comunicação, entre outros aspectos.

Estudo para o Enem

18. D

A habilidade de manusear o fogo foi de extrema importância para a evolução do homem primitivo. Ela foi conquistada pelo *Homo ergaster*.

Competência: Entender métodos e procedimentos próprios das ciências naturais e aplicá-los em diferentes contextos.

Habilidade: Relacionar informações apresentadas em diferentes formas de linguagem e representação usadas nas ciências físicas, químicas ou biológicas, como texto discursivo, gráficos, tabelas, relações matemáticas ou linguagem simbólica.

19. C

Os macacos são um conjunto composto de mais de 600 espécies e subespécies e pertencem ao grupo dos primatas, assim como os seres humanos. Os seres humanos compartilham um mesmo ancestral com os macacos atuais.

Competência: Compreender interações entre organismos e ambiente, em particular aquelas relacionadas à saúde humana, relacionando conhecimentos científicos, aspectos culturais e características individuais.

Habilidade: Compreender o papel da evolução na produção de padrões, processos biológicos ou na organização taxonômica dos seres vivos.

20. E

Os *Homo sapiens sapiens* evoluíram muito rapidamente, em especial por conta do aprimoramento de suas habilidades nervosas e cognitivas. Com cérebro mais volumoso, o *Homo sapiens* pode ser considerado mais inteligente quando comparado aos demais primatas, por ter os mecanismos neurológicos mais desenvolvidos, propiciando linhas de raciocínio complexas.

Competência: Entender métodos e procedimentos próprios das ciências naturais e aplicá-los em diferentes contextos.

Habilidade: Relacionar informações apresentadas em diferentes formas de linguagem e representação usadas nas ciências físicas, químicas ou biológicas, como texto discursivo, gráficos, tabelas, relações matemáticas ou linguagem simbólica.

Exercício interdisciplinar

21. D

Resposta do ponto de vista matemático:

$$F(\text{intermediária}) = 2pq = 2,0, 63,0, 42$$

$$F(\text{intermediária}) = 0,5292$$

Resposta do ponto de vista biológico:

$$F(A): p^2 = 0,63^2 = 0,3969$$

$$F(V): q^2 = 0,37^2 = 0,1369$$

$$F(R): 2pq = 2,0, 63,0, 42 = 0,5292$$

Bibliografia

ALBERTS, B.; BRAY, D.; HOPKIN, K.; JOHNSON, A.; LEWIS, J.; RAFF, M.; ROBERTS, K. & WALTER, P. *Fundamentos de Biologia Celular*. 2. ed. Porto Alegre: Artes Médicas. 2006.

ALBERTS, B.; JOHNSON, A. & WALTER, P. *Biologia Molecular da Célula*. 5. ed. Porto Alegre: Artmed Editora, 2010.

AMABIS, J. M.; MARTHO, G. R. *Biologia*. 3. ed. São Paulo: Editora Moderna, 2010.

AMORIM, D. S. *Fundamentos de Sistemática Filogenética*. 1. ed. Ribeirão Preto: Editora Holos, 2002.

BORGES-OSÓRIO, M.R. E ROBINSON, W.M. *Genética humana*. 2. ed. Porto Alegre: Artmed Editora, 2001.

BROWN, J. H. & LOMOLINO, M.V. *Biogeografia*. 2. ed. Editora FUNPEC: Ribeirão Preto, 2006.

CARVALHO, H.F.; COLLARES-BUZATO, C.B. *Células: Uma Abordagem Multidisciplinar*. 1. ed. Editora Manole: Barueri, 2005.

CARVALHO, H. F. & RECCO-PIMENTEL, S. M. *A célula*. 2. ed. Manole Editora: Barueri, 2007.

CARVALHO, C. J. B. & ALMEIDA, E. A. B (ORG.). *Biogeografia da América do Sul: padrões e processos*. 1. ed. Editora Roca: São Paulo, 2009.

CRACRAFT, J. & M. DENOUGHUE. *Assembling the Tree of Life*. Oxford University Press. Oxford: USA, 2004.

DE ROBERTIS, E.; HIB, J. *Bases da biologia celular e molecular*. 4. ed. Editora Guanabara Koogan: Rio de Janeiro, 2006.

GARTNER, L. P. & HIATT, J. L. *Tratado de Histologia em Cores*. 2. ed. Guanabara Koogan: Rio de Janeiro, 2003.

GILBERT, F. S. *Biologia do Desenvolvimento*. 5. ed. Editora FUNPEC: Ribeirão Preto, 2001

GRIFFITHS, A. J. F.; MILLER, J. H.; SUZUKI, D. T.; LEWONTIN, R. C.; GELBART, W. M.; WESSLER, S. R. *Introdução à genética*. 9. ed. Guanabara Koogan: Rio de Janeiro, 2009.

HICKMAN, C. P. et al. *Princípios integrados de zoologia*. 16. ed. Editora Guanabara Koogan: Rio de Janeiro, 2016.

HILDEBRAND, M. *Análise da Estrutura dos Vertebrados*. 2. ed., Atheneu Editora: São Paulo, 2006.

KARDONG, K. V. *Vertebrados: Anatomia Comparada, Função e Evolução*. 5. ed. Roca: São Paulo, 2011.

KIERSZENBAUM, A.L. *Histologia e Biologia Celular. Uma introdução à patologia*. 1. ed. Elsevier: São Paulo, 2004.

KREUZER, H; MASSEY, A. *Engenharia genética e biotecnologia*. 2. ed. Artmed Editora: Porto Alegre, 2003.

JUNQUEIRA, L.C. & CARNEIRO, J. *Histologia Básica*. 10. ed. Guanabara Koogan: Rio de Janeiro, 2004.

JUNQUEIRA, L.C. & CARNEIRO, J. *Biologia Celular e Molecular*. 8. ed. Guanabara Koogan: Rio de Janeiro, 2005.

LEWIN, B. *Genes VII*. Artmed Editora: Porto Alegre, 2001.

LIEM, K. F.; W.E. BEMIS,; W. F. WALKER JR.; L. GRANDE. *Functional Anatomy of the Vertebrates: an evolutionary perspective*. Brooks/Cole-Thomson Learning, Belmont: USA, 2001.

LOPES, S.; ROSSO, S. *Bio*. 2. ed. Editora Saraiva: São Paulo, 2013.

NABORS, M. W. *Introdução à Botânica*. Roca: São Paulo, 2012.

NIELSEN, C. *Animal Evolution: interrelationships of the living phyla*. Oxford University Press: New York, 2001.

MOORE, J. *Uma Introdução aos Invertebrados*. 1 ed. Editora Santos: São Paulo, 2003.

MELLO, R. A. M. *Embriologia Comparada e Humana*. Atheneu: São Paulo, 1998.

PIERCE, B.A. *Genética – um enfoque conceitual*. 1. ed. Editora Guanabara Koogan: Rio de Janeiro, 2004.

POUGH, J. H.; C. M. JANIS; J. B. HEISER. *A vida dos Vertebrados*. 4. ed. Atheneu: São Paulo, 2008.

PUTZKE, J; PUTZKE, M. *Os Reinos dos Fungos*. 3. ed. EDUNISC: Rio Grande do Sul, 2013.

REECE, J. B. et al. *Biologia de Campbell*. 10. ed. Artmed: Porto Alegre, 2015.

RIDLEY, M. *Evolução*. Artmed: Porto Alegre, 2006.

SNUSTAD, P; SIMMONS, M. J. *Fundamentos de genética*. 4. ed. Editora Guanabara Koogan: Rio de Janeiro, 2008.

YOUNG, B.; LOWE, J.S., STEVENS, A. & HEATH, J.W. WHEATER. *Histologia Funcional*. 5. ed. Elsevier: São Paulo, 2007.

ZAHA, A. *Biologia molecular básica*. 3. ed. Editora Mercado Aberto: Porto Alegre, 2006.

MATERIAL DE USO EXCLUSIVO DO
SISTEMA DE ENSINO DOMPÓS

PRÉ-VESTIBULAR
EXTENSIVO

4

