

BIO

PRÉ-VESTIBULAR
BIOLOGIA

1



Avenida Dr. Nelson D'Ávila, 811
Jardim São Dimas – CEP 12245-030
São José dos Campos – SP
Telefone: (12) 3924-1616
www.sistemapoliedro.com.br

Coleção PV

Copyright © Editora Poliedro, 2021.

Todos os direitos de edição reservados à Editora Poliedro.

Reprodução proibida. Art. 184 do Código Penal, Lei 9.610 de 19 de fevereiro de 1998.

ISBN 978-65-5613-082-8

Autoria: Elias Avancini de Brito

Direção-geral: Nicolau Arbex Sarkis

Gerência editorial: Wagner Nicaretta

Coordenação de projeto editorial: Brunna Mayra Vieira da Conceição

Edição de conteúdo: Lilian Morato de Carvalho Martinelli e Luisiana Andresa Carneiro

Analista editorial: Débora Cristina Guedes

Assistente editorial: Grazielle Baltar Ferreira Antonio

Gerência de design e produção editorial: Ricardo de Gan Braga

Coordenação de revisão: Rogério Salles

Revisão: Amanda Andrade Santos, Ana Rosa Barbosa Ancosqui, Mait Paredes Antunes, Ellen Barros de Souza, Rafaella de A. Vasconcellos e Sonia Galindo Melo

Coordenação de arte: Fabricio dos Santos Reis

Diagramação: Daniela Capezzuti, Gisele Oliveira, Vivian dos Santos e Walter Tierno

Projeto gráfico e capa: Aurélio Camilo

Coordenação de licenciamento e iconografia: Leticia Palaria de Castro Rocha

Analista de licenciamento: Margarita Veloso e Souza

Planejamento editorial: Maria Carolina das Neves Ramos

Coordenação de multimídia: Kleber S. Portela

Gerência de produção gráfica: Guilherme Brito Silva

Coordenação de produção gráfica: Rodolfo da Silva Alves

Produção gráfica: Anderson Flávio Correia, Fernando Antônio Oliveira Arruda, Matheus Luiz Quinhonhes Godoy Soares e Vandrê Luis Soares

Colaboradores externos: Eveline Duarte, Guilherme Augusto da Silveira e Luan Cristian (Edição); Flávio Marcelo Vianna de Oliveira ME e Madrigais Produção Editorial (Revisão), JS Design e Lima Estúdio Gráfico (Diagramação)

Impressão e acabamento: PifferPrint

Foto de capa: cbpix/Shutterstock.com e sirtravelalot/Shutterstock.com

A Editora Poliedro pesquisou junto às fontes apropriadas a existência de eventuais detentores dos direitos de todos os textos e de todas as imagens presentes nesta obra didática. Em caso de omissão, involuntária, de quaisquer créditos, colocamo-nos à disposição para avaliação e consequente correção e inserção nas futuras edições, estando, ainda, reservados os direitos referidos no Art. 28 da lei 9.610/98.

Sumário

Frente 1

| | |
|--|-------------------------------|
| 1 Organização dos seres vivos e noções de bioenergética | 5 |
| Algumas áreas da Biologia, 6 | Revisando, 11 |
| Ecologia: do organismo ao ambiente, 6 | Exercícios propostos, 14 |
| A organização dos seres vivos: do organismo ao átomo, 7 | Texto complementar, 18 |
| A célula animal, 8 | Resumindo, 18 |
| Célula vegetal, 9 | Quer saber mais?, 18 |
| Célula bacteriana, 9 | Exercícios complementares, 19 |
| Energia e vida, 9 | |
| 2 Noções de material genético e núcleo | 21 |
| Material genético e núcleo, 22 | Texto complementar, 30 |
| Noções de gene, 24 | Resumindo, 32 |
| Revisando, 25 | Quer saber mais?, 32 |
| Exercícios propostos, 27 | Exercícios complementares, 32 |
| 3 Divisão celular: mitose e meiose | 35 |
| Conceito de mitose, 36 | Exercícios propostos, 47 |
| Mitose, 37 | Texto complementar, 55 |
| Conceito de meiose, 39 | Resumindo, 56 |
| Meiose, 39 | Quer saber mais?, 56 |
| Gametogênese, 42 | Exercícios complementares, 57 |
| Revisando, 45 | |
| 4 A geração de vida e o método científico | 61 |
| Biogênese e abiogênese, 62 | Resumindo, 67 |
| Revisando, 64 | Quer saber mais?, 67 |
| Exercícios propostos, 65 | Exercícios complementares, 68 |
| Texto complementar, 67 | |
| 5 Composição química dos seres vivos | 71 |
| Introdução, 72 | Exercícios propostos, 78 |
| Água, 72 | Texto complementar, 80 |
| Sais Minerais, 72 | Resumindo, 81 |
| Carboidratos, 73 | Quer saber mais?, 81 |
| Lipídeos, 75 | Exercícios complementares, 82 |
| Revisando, 77 | |

Frente 2

| | |
|---|--------------------------------|
| 1 Evolução: conceitos e evidências | 85 |
| Um olhar sobre o tempo, 86 | Revisando, 95 |
| O conceito de adaptação, 86 | Exercícios propostos, 96 |
| Evidências de evolução, 87 | Texto complementar, 103 |
| Jean-Baptiste Lamarck (1744-1829), 89 | Resumindo, 104 |
| Charles Robert Darwin (1809-1882), 90 | Quer saber mais?, 105 |
| Neodarwinismo ou teoria sintética da evolução, 93 | Exercícios complementares, 105 |
| 2 Evolução | 111 |
| Conceito de espécie, 112 | Exercícios propostos, 117 |
| O isolamento reprodutivo, 112 | Texto complementar, 122 |
| Convergência adaptativa, 114 | Resumindo, 122 |
| Homologia e analogia, 114 | Quer saber mais?, 123 |
| Interações ambientais, 115 | Exercícios complementares, 123 |
| Revisando, 116 | |

| | |
|---|--------------------------------|
| 3 Fundamentos de ecologia..... | 127 |
| Recapitulando e aprofundando conceitos, 128 | Texto complementar, 133 |
| As divisões da biosfera, 128 | Resumindo, 134 |
| Os seres vivos e as relações alimentares, 130 | Quer saber mais?, 135 |
| Revisando, 131 | Exercícios complementares, 135 |
| Exercícios propostos, 132 | |
| 4 Energia e matéria no ecossistema..... | 137 |
| O fluxo de energia, 138 | Texto complementar, 152 |
| O fluxo da matéria – Ciclos biogeoquímicos, 140 | Resumindo, 153 |
| Revisando, 144 | Quer saber mais?, 154 |
| Exercícios propostos, 146 | Exercícios complementares, 154 |
| 5 Populações, comunidades e sucessão ecológica..... | 161 |
| Introdução, 162 | Exercícios propostos, 174 |
| Populações, 162 | Textos complementares, 182 |
| As relações interespecíficas, 165 | Resumindo, 183 |
| Sucessão ecológica, 169 | Quer saber mais?, 184 |
| Revisando, 172 | Exercícios complementares, 184 |
| Frente 3 | |
| 1 Classificação dos seres vivos..... | 193 |
| O primeiro passo, 194 | Revisando, 201 |
| Os reinos, 194 | Exercícios propostos, 203 |
| Os domínios, 195 | Texto complementar, 209 |
| Regras básicas de nomenclatura, 196 | Resumindo, 210 |
| Evolução e sistemática, 196 | Quer saber mais?, 210 |
| A arquitetura de um animal, 198 | Exercícios complementares, 211 |
| Uma breve apresentação dos principais grupos zoológicos, 198 | |
| 2 Protozoários e protozooses..... | 217 |
| Protozoários e o padrão unicelular, 218 | Textos complementares, 230 |
| Aspectos gerais das parasitoses, 220 | Resumindo, 231 |
| Parasitoses causadas por protozoários, 221 | Quer saber mais?, 232 |
| Revisando, 225 | Exercícios complementares, 233 |
| Exercícios propostos, 227 | |
| 3 Poríferos..... | 237 |
| Poríferos, 238 | Resumindo, 242 |
| Revisando, 240 | Quer saber mais?, 243 |
| Exercícios propostos, 242 | Exercícios complementares, 243 |
| Texto complementar, 242 | |
| 4 Embriologia..... | 245 |
| Fecundação e os tipos de ovo, 246 | Exercícios propostos, 254 |
| Segmentação, 246 | Texto complementar, 258 |
| A sequência do desenvolvimento: de mórula a nêurula, 247 | Quer saber mais?, 258 |
| Organogênese, 250 | Resumindo, 259 |
| Classificação embrionária dos animais, 250 | Exercícios complementares, 259 |
| Revisando, 252 | |
| 5 Organização funcional e classificação dos animais..... | 263 |
| Atividades vitais de um animal, 264 | Artrópodes, 277 |
| Reprodução: conceito e importância, 266 | Revisando, 283 |
| Classificação e reprodução dos animais, 267 | Exercícios propostos, 286 |
| Platelmintos, 269 | Textos complementares, 296 |
| Nematelmintos, 270 | Resumindo, 298 |
| Anelídeos, 271 | Quer saber mais?, 300 |
| Moluscos, 273 | Exercícios complementares, 300 |
| Equinodermos, 275 | |
| Gabarito..... | 305 |



FRENTE 1

CAPÍTULO

1

Organização dos seres vivos e noções de bioenergética

Os seres vivos apresentam relações de interdependência e, apesar das grandes diferenças que possam ter, todos possuem células como unidades de funcionamento.

Algumas áreas da Biologia

A Biologia se ocupa do estudo da vida. O entendimento da complexidade que envolve os organismos vivos e o meio em que vivem é útil para a demarcação de áreas específicas dentro da Biologia (Fig. 1).

- **Bioquímica:** volta-se para a compreensão da vida ao nível molecular.
- **Citologia:** é o estudo das células e seus componentes.
- **Histologia:** ocupa-se dos tecidos.
- **Anatomia:** trabalha com a arquitetura dos sistemas e seus órgãos.
- **Fisiologia:** estuda o funcionamento do organismo; sua varredura é ampla, abrangendo desde as moléculas até os organismos.
- **Ecologia:** corresponde à biologia do ambiente; seu campo de estudo abrange desde as populações até a biosfera.

Níveis de organização dos seres vivos

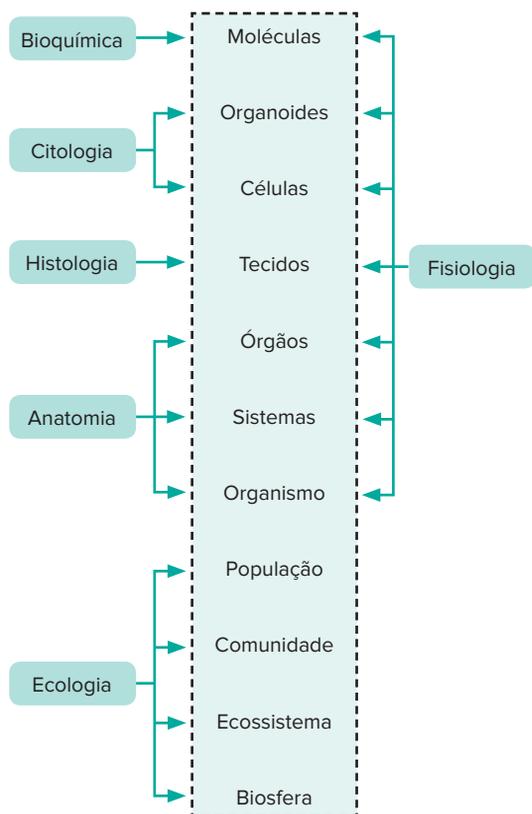


Fig. 1 Áreas da Biologia e sua relação com os níveis de organização.

Ecologia: do organismo ao ambiente

Alguns conceitos de Ecologia são fundamentais para se compreender a forma como os organismos e o ambiente interagem.

No Pantanal mato-grossense, uma onça-pintada faz parte de uma **espécie** – encontrada em várias regiões do Brasil. Todas as onças-pintadas do Pantanal constituem uma população (Fig. 2). Assim, população é o conjunto de indivíduos de uma mesma espécie que vivem em um mesmo ambiente.



© Ben Goode | Dreamstime.com

Fig. 2 Todas as onças-pintadas de um ambiente constituem uma população.

O Pantanal apresenta uma infinidade de outras populações de seres vivos, como capivaras, tucanos, piranhas, jacarés, bactérias, capim, muitos tipos de árvores, entre outros. O conjunto de todas as populações de um ambiente constitui uma **comunidade** (Fig. 3). A comunidade também pode ser denominada **fatores bióticos**, **biocenose** ou **cenobiose**.

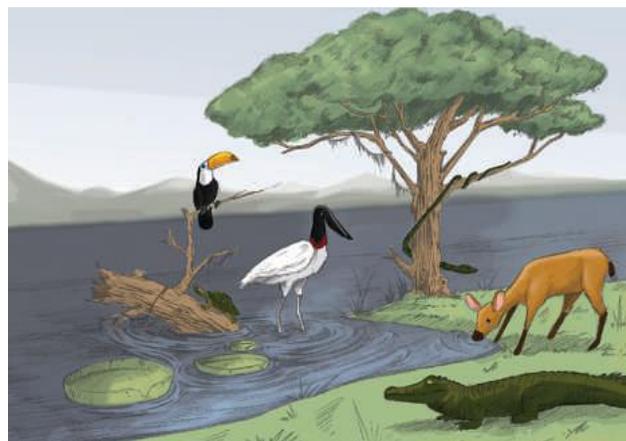


Fig. 3 Comunidade é o conjunto de todos os seres vivos de um ambiente.

O Pantanal possui componentes não vivos, denominados **fatores abióticos (biótopo)**, como luz, água, temperatura, gases, entre outros. O ambiente completo do Pantanal, com seus componentes bióticos e abióticos em interação, constitui um **ecossistema** (Fig. 4). Florestas, campos, desertos e lagos são exemplos de ecossistemas. Ecossistema é um ambiente que apresenta fatores abióticos em interação com seus componentes vivos.



World66/Wikipedia

Fig. 4 O Pantanal é um exemplo de ecossistema: um ambiente constituído por fatores abióticos em interação com uma comunidade.



Andrievnaus/Wikimedia Commons



Vitor 1234/Wikimedia Commons



Abdallah/FlickR



Vitenkov/Wikimedia Commons



Zserghei/Wikimedia Commons



Billy Linabloni/FlickR

Fig. 5 Biosfera: conjunto de todos os ecossistemas do planeta.

Todos os ecossistemas do planeta constituem a **biosfera** (Fig. 5). Pode-se também considerar a biosfera como a parte do planeta em que há seres vivos. Assim, biosfera não é sinônimo de planeta Terra, é uma parte dele.

A organização dos seres vivos: do organismo ao átomo

Os seres vivos também apresentam uma complexa organização. Para compreendê-la, utilizaremos o ser humano como modelo.

Nosso **organismo** é constituído por **sistemas**: digestório, respiratório, circulatório, urinário, nervoso, endócrino, muscular, esquelético. Cada sistema é formado por **órgãos**, como o sistema digestório, que apresenta órgãos como o esôfago, estômago, intestinos, fígado e pâncreas.

Um órgão é formado por camadas de células, denominadas **tecidos**. O estômago, por exemplo, é um órgão oco, responsável por receber alimento e realizar parte da digestão. O estômago tem uma camada externa protetora, uma camada intermediária (constituída por músculos) e uma camada interna, responsável pela secreção do suco gástrico e pela proteção da parede estomacal, evitando que o estômago seja digerido pelo próprio suco que produz. Essas camadas são tecidos componentes do estômago. Um órgão, portanto, é constituído por tecidos.

Um tecido é formado por um conjunto de **células**. Considerando o tecido muscular do estômago, examinado ao microscópio óptico, podemos notar que ele é constituído por células musculares lisas, que podem sofrer contração (encurtamento) e distensão (alongamento). Dessa maneira, a musculatura estomacal contribui para a movimentação do alimento que se encontra no estômago; no momento adequado, esse material é impulsionado para o intestino delgado com a ação dessa musculatura.

Cada célula muscular do estômago apresenta uma membrana, um núcleo e, entre eles, o citoplasma. No citoplasma, há estruturas com funções especializadas, os **organelos**, como as mitocôndrias e os ribossomos. Um organelo é constituído por **moléculas**; a mitocôndria, por exemplo, apresenta moléculas de proteínas e de DNA. Cada molécula possui **átomos**; o DNA tem, entre outros, átomos de carbono, de nitrogênio e de fósforo (Fig. 6).

Um organismo vegetal também apresenta níveis de organização, de átomos a sistemas. Isso será detalhado em outra frente deste livro.

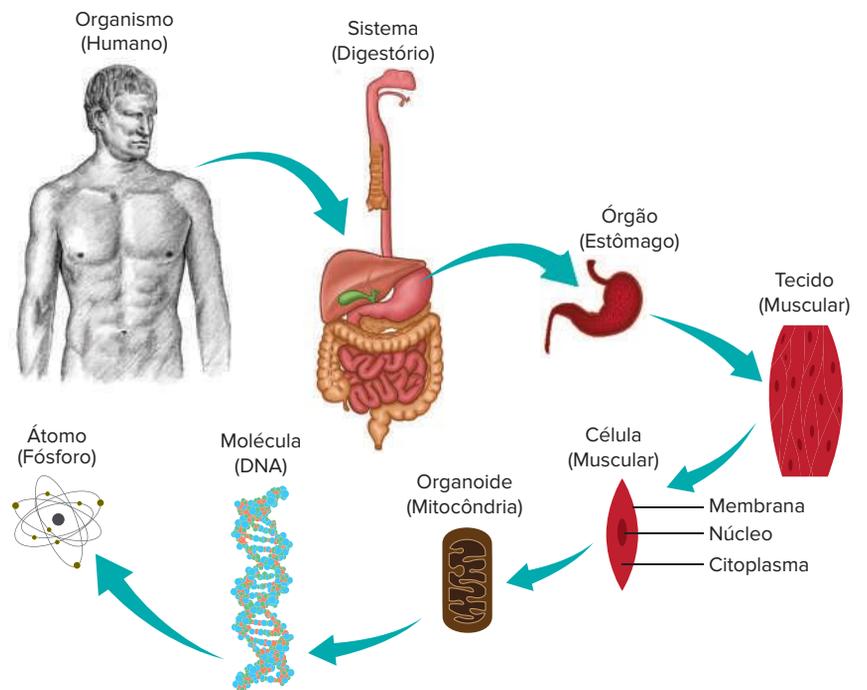


Fig. 6 O organismo é constituído por sistemas, órgãos, tecidos, células, organelos, moléculas e átomos.

Os organismos estudados em Biologia apresentam uma grande diversidade. Um dos critérios empregados em sua classificação é o número de células. Assim, há organismos dotados de uma única célula, denominados **unicelulares**, como protozoários e a maioria das bactérias. Plantas e animais têm muitas células e são denominados **pluricelulares**. Os vírus, por sua vez, não apresentam organização celular, são **acelulares**.

Célula animal

Uma célula animal apresenta **membrana, núcleo e citoplasma** (com citosol e orgânicos). O termo “protoplasma” refere-se à matéria viva componente dos organismos e de suas células.

Nas células ocorrem importantes atividades metabólicas, sendo o metabolismo o conjunto de reações químicas responsáveis pela manutenção da vida.

A **membrana** é uma película delgada que envolve a célula. É constituída principalmente por lipídeos e proteínas (lipoproteica). Uma de suas principais funções é controlar as trocas que a célula realiza com o meio em que se encontra, permitindo a entrada e a saída de diversos materiais.

O núcleo corresponde ao centro de comando da célula. É delimitado pela **carioteca**, o envoltório nuclear de natureza lipoproteica. A carioteca é uma camada dupla e apresenta poros, por meio dos quais ocorre troca de materiais com o citoplasma. A carioteca está ligada ao retículo endoplasmático e pode apresentar ribossomos aderidos em sua superfície. Seres vivos que apresentam carioteca são denominados **eucariontes**, como animais e plantas.

No interior do núcleo, há um tipo de coloide (semelhante a uma gelatina), denominado **nucleoplasma** ou **cariolinfa**, constituído por água e proteínas, entre outros componentes. Na cariolinfa ficam dispersos filamentos de cromatina, cada qual contendo uma enorme molécula de **DNA**. Além de DNA, o filamento de cromatina possui proteínas associadas, as **histonas**.

Alguns trechos de certos filamentos de cromatina produzem grande quantidade de **RNA ribossômico**; dessa forma, contribuem para a formação do **nucléolo**. O nucléolo é constituído por um aglomerado de RNA ribossômico, DNA e proteínas. O RNA ribossômico do nucléolo é um dos principais componentes dos ribossomos.

O citoplasma é a região localizada entre a membrana e o núcleo; é constituído por **citosol** e organoides. O citosol é um coloide, tendo, entre outros componentes, água e proteínas. No citosol estão imersos os **orgânicos** (ou organelas), estruturas bem definidas e que desempenham papéis específicos na atividade celular. Os principais orgânicos citoplasmáticos são ribossomos, complexo golgiense, lisossomos, mitocôndrias, retículo endoplasmático, centríolos e peroxissomos (Fig. 7).

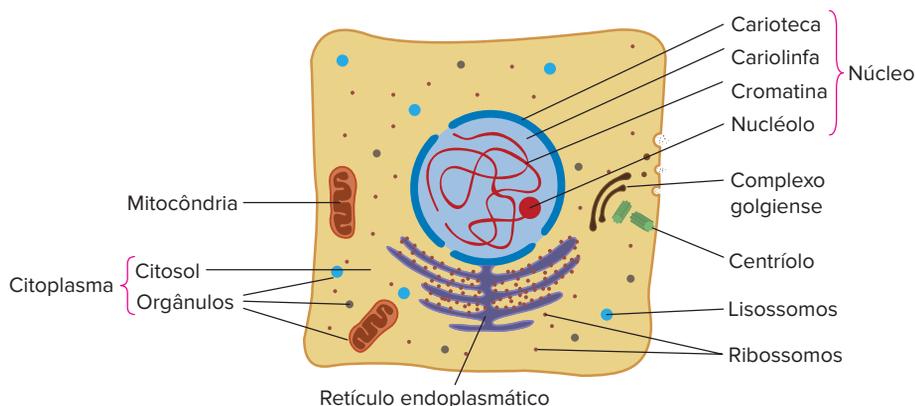


Fig. 7 A célula animal típica apresenta membrana, citoplasma e núcleo. O citoplasma apresenta citosol e diversos tipos de organoides.

Os organoides citoplasmáticos desempenham papéis fundamentais no funcionamento da célula. Suas características e principais funções são apresentadas na tabela a seguir.

| Orgânulo | Características | Funções principais | |
|--------------------------------|---|--|-----------------------------------|
| Ribossomos | Estruturas com aspecto granular e que não são delimitados por membrana. Possuem RNA e proteínas | Síntese de proteínas | |
| Mitocôndrias | Formadas por duas membranas. Seu interior possui um coloide, ribossomos e DNA | Respiração celular | |
| Complexo golgiense | Constituído por sacos membranosos achatados, empilhados e com extremidades dilatadas. | Concentração de substâncias, empacotamento e secreção | |
| Retículo endoplasmático | liso ou agranular (sem ribossomos) | Constituído por tubos membranosos ramificados que não têm ribossomos aderidos à sua superfície | Transporte e síntese de lipídeos |
| | rugoso ou granular (com ribossomos) | Constituído por canais membranosos ramificados e mais achatados, em cuja superfície aderem-se ribossomos | Transporte e síntese de proteínas |
| Lisossomos | Vesículas membranosas que contêm enzimas digestivas; são derivados do complexo golgiense | Digestão no interior da célula (intracelular) | |
| Centríolos | Normalmente constituem pares, dispostos perpendicularmente entre si. Cada centríolo é constituído por blocos de proteínas | Formação de cílios e flagelos e participação na divisão celular | |
| Peroxisomos | Vesículas membranosas que contêm enzimas | Contêm enzimas, como a catalase, que degrada água oxigenada | |

Tab. 1 Os orgânicos citoplasmáticos, suas características e funções.

Célula vegetal

Uma célula vegetal típica apresenta estruturas também presentes em células animais; contudo, tem componentes que não são encontrados em células animais: **cloroplastos** e **parede celular**.

Cloroplastos são orgânulos membranosos que contêm DNA e pigmentos (como a clorofila). São responsáveis pela fotossíntese.

A parede celular, também denominada membrana esquelética, envolve a célula e apresenta certa rigidez. Suas principais funções são a proteção da célula e a sustentação mecânica. Seu principal componente é a **celulose**, podendo também apresentar outros materiais, como a **lignina** ou a **suberina**. O retículo endoplasmático pode formar vesículas cheias de líquido; essas vesículas acabam se fundindo, formando um grande **vacúolo central**. Essa estrutura armazena água, sais, açúcares e outros materiais. Dependendo de sua concentração, o vacúolo participa de processos osmóticos (osmose) da célula. Vacúolos também são encontrados em células animais, porém são muito menos desenvolvidos.

Vesículas provenientes do retículo endoplasmático podem se unir ao vacúolo e nele despejar enzimas digestivas. Assim, o vacúolo acaba desempenhando um papel na digestão intracelular, tendo função correspondente à dos lisossomos.

Vegetais que formam sementes – as gimnospermas e as angiospermas – não possuem centríolos. Vê-se, portanto, que os centríolos não são indispensáveis para a realização do processo de divisão celular (Fig. 8).

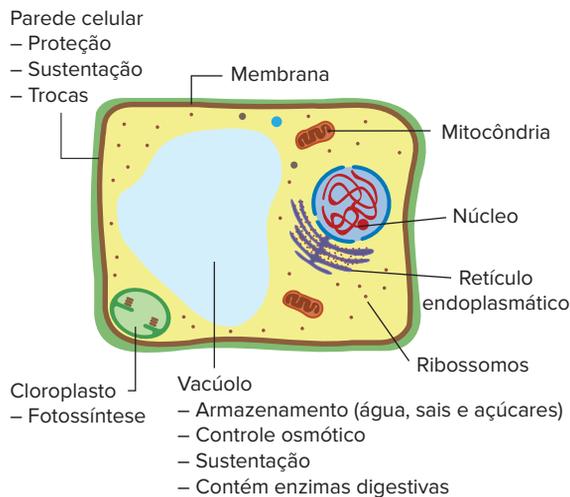


Fig. 8 A célula vegetal apresenta membrana, citoplasma e núcleo. É envolvida pela parede celular, e seu citoplasma pode ter cloroplastos, responsáveis pela realização de fotossíntese.

Célula bacteriana

A maioria das bactérias apresenta **parede celular**, cujo principal componente é o **peptidoglicano** (carboidratos e peptídeos associados). A parede protege a célula, proporciona sustentação e é permeável a vários materiais, permitindo a ocorrência de trocas entre a bactéria e o meio.

Algumas bactérias têm uma cápsula aderida à superfície externa da parede celular. É constituída por proteínas e carboidratos; contribui para uma proteção adicional à célula bacteriana. Internamente à parede celular, encontra-se a membrana plasmática ou plasmalema. Sua composição é lipoproteica e tem como principal papel o controle da troca de materiais entre a bactéria e o meio.

A membrana celular bacteriana apresenta invaginações, os **mesossomos**, estruturas responsáveis pela respiração celular. O material genético liga-se aos mesossomos; assim, essa estrutura tem importante contribuição no processo de divisão celular bacteriana.

O material genético consta de um filamento de cromatina formado por **DNA circular**, ou seja, sem extremidades livres. Além disso, o DNA bacteriano não tem proteínas associadas, como ocorre no material genético do núcleo de eucariontes. Bactérias não têm carioteca; são desprovidas de núcleo, sendo consideradas como seres **procariontes**. A região da célula onde se encontra a cromatina é denominada nucleóide. As bactérias também possuem moléculas menores de DNA, dispersas pela célula: são os **plasmídeos**. Essas estruturas contêm material genético adicional e que podem contribuir para a sobrevivência da bactéria.

O citoplasma bacteriano compreende todo o espaço que fica para o interior da membrana. Inclui o citosol, as moléculas de DNA e ribossomos (Fig. 9).

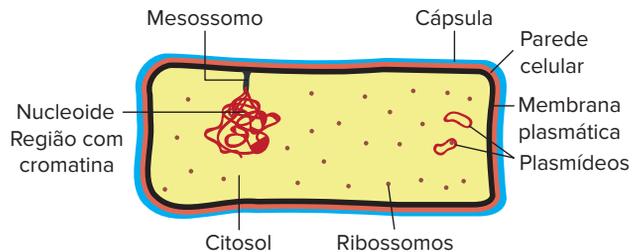


Fig. 9 Uma célula bacteriana pode apresentar como envoltórios a membrana, a parede celular e a cápsula. O citoplasma compreende todo o que está para o interior da membrana, incluindo citosol, ribossomos e moléculas de DNA.

Energia e vida

Vimos como os seres vivos estão organizados. Agora, passaremos a compreender algumas noções básicas sobre a energia nos seres vivos. Utilizamos energia na realização de nossas atividades metabólicas: impulso nervoso, contração muscular, síntese de proteínas etc.

Obtemos toda essa energia a partir do alimento que ingerimos. Uma pessoa que toma um copo de leite obtém energia e outros benefícios desse alimento. Nosso corpo dissipa energia para o ambiente sob a forma de calor (Fig. 10).

A vaca que produziu o leite obteve energia a partir do alimento que consumiu – capim, por exemplo. O capim, por sua vez, obteve energia da luz solar através do processo denominado fotossíntese.

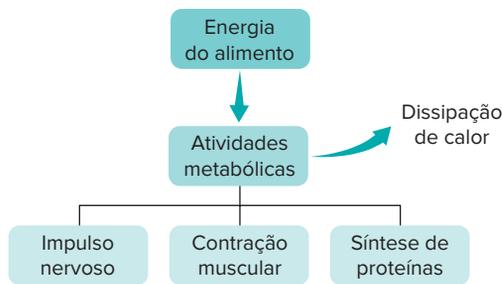


Fig. 10 Destino da energia proveniente do alimento.

Fotossíntese

Plantas, algas e algumas bactérias são capazes de realizar **fotossíntese**. Esses organismos possuem **clorofila**, um pigmento verde que absorve energia luminosa. Essa energia é empregada para a realização de fotossíntese. Seres fotossintetizantes empregam água (H₂O), gás carbônico (CO₂) e luz; com isso, produzem glicose (C₆H₁₂O₆), gás oxigênio (O₂) e água (Fig. 11).

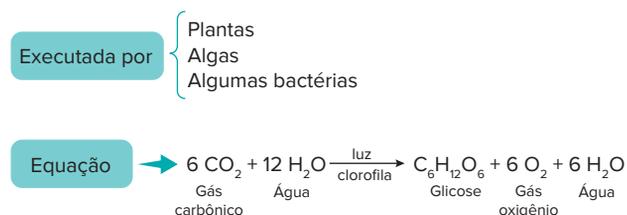


Fig. 11 Fotossíntese: equação e ocorrência entre os seres vivos.

Água e gás carbônico são materiais inorgânicos; a glicose gerada na fotossíntese é um material orgânico. Pode-se dizer, então, que a fotossíntese transforma matéria inorgânica em matéria orgânica, rica em energia química.

Autótrofos e heterótrofos

Organismos capazes de produzir matéria orgânica utilizando matéria inorgânica são denominados **autótrofos**. Algas, plantas e algumas bactérias (como as cianobactérias) são os principais autótrofos do planeta.

Seres que não são capazes de produzir matéria orgânica a partir de matéria inorgânica são denominados **heterótrofos**. Há vários tipos de heterótrofos, como os predadores e os parasitas; animais, fungos, protozoários e inúmeros tipos de bactérias são os principais heterótrofos do ambiente. Esses organismos devem consumir matéria orgânica presente no meio para obter energia (Fig. 12).

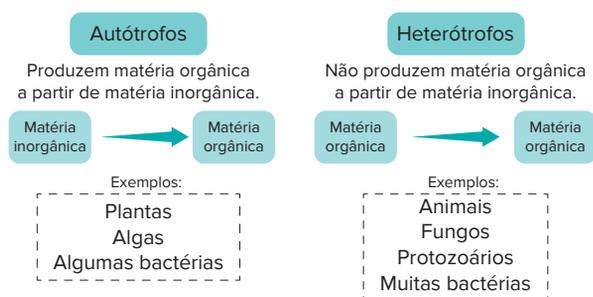


Fig. 12 Principais organismos autótrofos e heterótrofos da natureza e os processos envolvidos na nutrição.

Quimiossíntese

Além da fotossíntese, há outro processo capaz de gerar matéria orgânica. Trata-se da quimiossíntese, executada por algumas bactérias e alguns tipos de arqueas (antes denominadas arqueobactérias).

A quimiossíntese converte matéria inorgânica em matéria orgânica, sem empregar energia luminosa; sua fonte energética é sempre alguma reação química de **oxidação**, envolvendo substâncias inorgânicas. Essas reações liberam a energia necessária para a síntese de matéria orgânica. Um exemplo importante é o de certas bactérias *Nitrosomonas*, participantes do ciclo do nitrogênio. Elas convertem amônia em nitrito; essa transformação libera energia, que é utilizada na fabricação de glicose (Fig. 13).

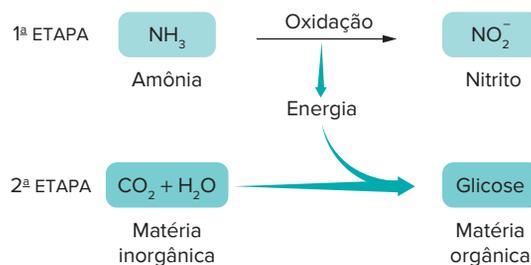


Fig. 13 Quimiossíntese realizada a partir da oxidação de compostos de nitrogênio.

Liberação de energia

Os seres vivos consomem matéria orgânica (heterótrofos) ou produzem-na (autótrofos). Parte da matéria orgânica, como a glicose, é empregada nos seres vivos como combustível celular, rico em energia. A glicose é degradada nos processos de **respiração celular** ou de **fermentação**. Esses processos geram moléculas menores e liberam energia, que é usada nas atividades metabólicas.

Respiração celular

É um processo **aeróbico** de liberação de energia. Isso significa que a respiração emprega gás oxigênio no processo de degradação da glicose. Essa degradação gera água e gás carbônico como resíduos. Além disso, a respiração libera **energia**. Parte dessa energia é dissipada como calor e outra parte é utilizada para a realização de processos metabólicos (Fig. 14).

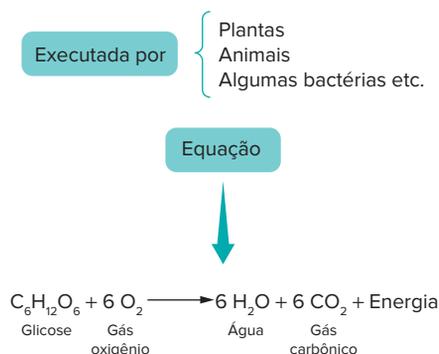


Fig. 14 Respiração: equação e ocorrência entre os seres vivos.

A respiração ocorre entre diversos tipos de autótrofos e de heterótrofos. É um processo realizado durante o dia e também durante a noite. A fotossíntese, por sua vez, ocorre apenas durante o dia ou quando há iluminação no ambiente (Fig. 15).

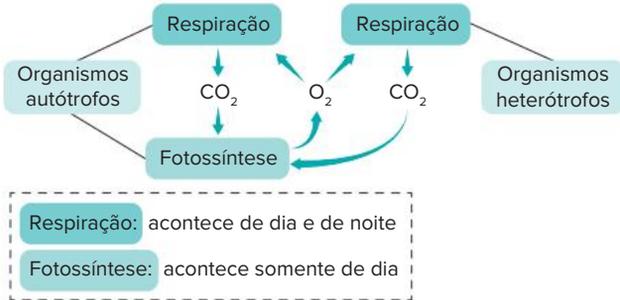


Fig. 15 Respiração e fotossíntese nos seres vivos (autótrofos e heterótrofos).

Fermentação

É um processo **anaeróbico** de liberação de energia, isto é, não emprega gás oxigênio na degradação de matéria orgânica. Pode ocorrer em diversos tipos de seres vivos, como bactérias, fungos, animais e mesmo plantas.

A fermentação **alcoólica** é realizada por alguns tipos de fungos e de certas bactérias. Esse processo gera álcool etílico, gás carbônico e libera energia (Fig. 16).

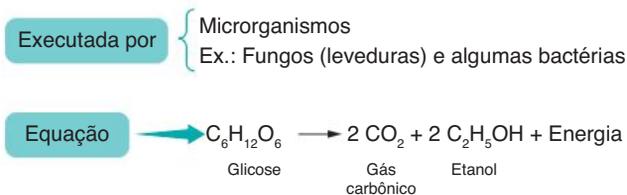


Fig. 16 Equação da fermentação alcoólica.

A fermentação forma **resíduo orgânico** (como o álcool etílico), ainda rico em energia. Dessa maneira, a degradação da glicose não é tão intensa como a que ocorre na respiração. Isso significa que a fermentação libera menos energia do que a respiração. Outro tipo bastante conhecido é a fermentação **láctica**, que ocorre em certas bactérias (como as envolvidas na produção de iogurte) e nos animais (principalmente em células musculares).

ATP

A energia liberada na respiração e na fermentação não é utilizada diretamente nas atividades metabólicas da célula.

Essa energia é temporariamente acumulada na molécula de adenosina trifosfato (ATP). Assim, o ATP funciona como um acumulador temporário de energia. Ele seria correspondente à bateria de um telefone celular, que é abastecida pela rede elétrica. A molécula de ATP é constituída por três fosfatos (P) e uma adenosina.

A adenosina é formada pela base nitrogenada adenina e por uma ribose (carboidrato constituído por cinco átomos de carbono). As ligações entre os fosfatos têm elevado conteúdo energético (Fig. 17).

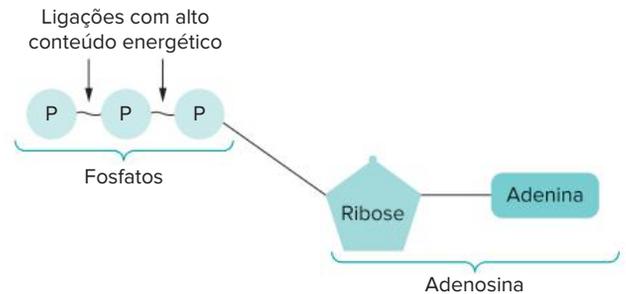


Fig. 17 Estrutura da molécula de ATP.

Nas células estão dispersas inúmeras moléculas de ATP. Há também, em solução, íons fosfato e adenosina difosfato, abreviada como **ADP** (Fig. 18). No metabolismo celular, constantemente ocorre a formação de ATP a partir de ADP e fosfato; também ocorre o inverso: a degradação de ATP, gerando ADP e fosfato.

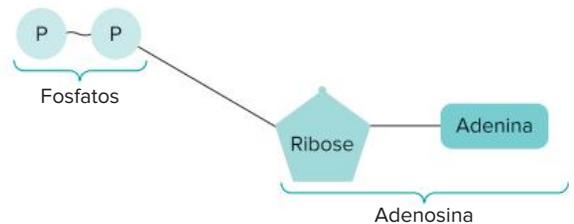


Fig. 18 Estrutura da molécula de ADP.

A formação de ATP acumula energia; a degradação de ATP em ADP e P libera energia, que é empregada em atividades metabólicas, como o impulso nervoso, a contração muscular e a síntese de proteínas (Fig. 19).

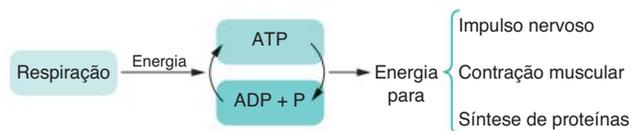


Fig. 19 ATP e o metabolismo celular.

Revisando

1 Conceitue Biosfera.

2 Unisc 2017

Qual das categorias ecológicas citadas abaixo é constituída por indivíduos da mesma espécie?

- A Comunidade.
- B Ecossistema
- C Biosfera.
- D População.
- E Consumidores primários.

3 O que é comunidade? Cite os sinônimos de comunidade.

4 Quais são os dois tipos de componentes que um ecossistema apresenta? Para qual deles pode ser empregado o termo “biótopo”?

5 IFPE 2018

No Brasil, muitas descobertas foram feitas após a identificação do Zika vírus em abril de 2015. Sobre esse vírus, analise as proposições abaixo e relacione com as alternativas seguintes.

- I. É transmitido pelo *Aedes aegypti* (1).
- II. Provoca sintomas, entre os quais febre, dores nas articulações e inflamação nos olhos (2).
- III. É detectado no sangue (3) do paciente nos primeiros sete dias de contágio.
- IV. Gosta de permanecer no sistema nervoso (4) em desenvolvimento ou fetal.
- V. Causa a morte dos neurônios (5), culminando nas malformações do cérebro dos bebês.

Em cada um dos itens (de I a V) existe um nível de organização dos seres vivos em destaque (representado pelos algarismos arábicos, de 1 a 5). Nesta ordem, “1, 2, 3, 4 e 5” representam, respectivamente, os seguintes níveis de organização dos seres vivos:

- A célula, tecido, órgão, sistema, organismo.
- B organismo, órgão, tecido, sistema, célula.
- C organismo, tecido, célula, sistema, órgão.
- D organismo, sistema, tecido, órgão, célula.
- E célula, sistema, tecido, órgão, espécie.

6 Uece 2019

Em relação aos vírus, escreva V ou F conforme sejam verdadeiras ou falsas as seguintes afirmações:

- Os vírus são conjuntos de genes capazes de transferir-se de uma célula para outra alterando seu funcionamento.
- Assim como as células, o vírus se origina de outro vírus.
- O genoma viral pode ser de RNA ou de DNA, em cadeia simples ou dupla.
- Os vírus apresentam maquinaria para sintetizar macromoléculas e mecanismos para utilizar energia.

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

- A V, F, V, F.
- B F, V, V, V.
- C F, V, F, V.
- D V, F, F, F.

7 Conceitue metabolismo.

8 Em relação aos três principais componentes de uma célula humana, identifique qual contém material genético e qual é responsável pelas trocas entre a célula e o meio em que se encontra.

9 Cite dois componentes do citoplasma.

10 Quais são os componentes do citoplasma responsáveis pelo transporte?

11 Quais são os organelos relacionados com a fotossíntese e a síntese de proteínas?

12 O que é secreção e qual é o organelo responsável por sua realização?

13 UTFPR 2017

O núcleo celular contém todas as informações sobre a função e a estrutura da célula. Analise as afirmativas a seguir sobre a estrutura do núcleo celular eucariótico.

- I. O material genético do núcleo localiza-se em estruturas chamadas cromossomos.
- II. Os nucléolos são organelos delimitados por uma membrana e constituídos de DNA.
- III. A carioteca ou membrana nuclear é dupla e porosa.
- IV. O nucleoplasma ou suco nuclear é formado por água, ribossomos e material genético.

Estão corretas apenas as afirmativas:

- A** I e II. **B** II e III. **C** III e IV. **D** I e III. **E** II e IV.

14 Cite dois componentes de uma célula vegetal que não estão presentes em células animais.

15 Qual é a principal estrutura que as células animais e vegetais possuem, mas que não ocorre em células bacterianas?

16 Escreva a equação da fotossíntese.

17 Diferencie autótrofos de heterótrofos.

18 Compare fotossíntese com quimiossíntese.

19 O que é ATP e qual é o seu papel no metabolismo?

20 Compare respiração aeróbia e fermentação. Dê dois exemplos de tipos de fermentação.

Exercícios propostos

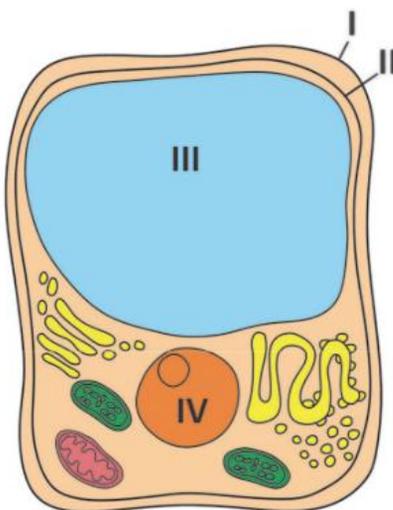
- 1 Unisa** Entende-se por biosfera:
- A a uma comunidade biológica.
 - B ao conjunto de todos os ecossistemas terrestres.
 - C ao conjunto de todas as populações.
 - D ao conjunto de todas as espécies.
 - E aos fatores ambientais de uma região.
- 2 UFF** Os ecossistemas são constituídos da interação entre:
- A animais e vegetais.
 - B diversos fatores abióticos.
 - C seres vivos e fatores abióticos.
 - D fatores físicos e químicos.
 - E os indivíduos de uma população.
- 3 UFRGS 2019** Em relação às densidades populacionais dos ecossistemas, é correto afirmar que:
- A as populações aumentam independentemente das condições ambientais.
 - B os limites ambientais provocam aumento das taxas de mortalidade e diminuição das taxas de natalidade.
 - C os gráficos que expressam o tamanho de populações em relação ao tempo formam curvas ascendentes contínuas.
 - D as espécies de vidas curtas têm baixas taxas reprodutivas.
 - E essas densidades são sempre maiores do que teoricamente possível.
- 4 Unesp** A sequência indica os crescentes níveis de organização biológica: célula → I → II → III → população → IV → V → biosfera.

Os níveis I, III e IV correspondem, respectivamente, a:

- A órgão, organismo e comunidade.
- B tecido, organismo e comunidade.
- C órgão, tecido e ecossistema.
- D tecido, órgão e bioma.
- E tecido, comunidade e ecossistema.

5 Fuvest 2020

Analise o esquema de uma célula adulta.



As estruturas I, II, III e IV caracterizam-se pela presença, respectivamente, de

- A glicídeo, lipídeo, água e ácido nucleico.
- B proteína, glicídeo, água e ácido nucleico.
- C lipídeo, proteína, glicídeo e ácido nucleico.
- D lipídeo, glicídeo, ácido nucleico e água.
- E glicídeo, proteína, ácido nucleico e água.

- 6 UEPG 2018** Considerando as organelas citoplasmáticas e suas funções nas células, assinale o que for correto.
- 01 Os lisossomos são organelas que lembram bolsas, as quais apresentam dobras na face interna, onde podem ser encontradas enzimas responsáveis pelas reações químicas da respiração celular.
 - 02 Nos músculos, o retículo endoplasmático especializado, denominado de retículo sarcoplasmático, é muito desenvolvido e serve de reservatório de íons cálcio, necessários ao mecanismo de contração.
 - 04 O complexo golgiense é bem desenvolvido em células glandulares e, devido à presença de ribossomos aderidos à membrana, é responsável pela síntese e excreção de proteínas e lipídeos a serem utilizados no meio intracelular.
 - 08 Formados por RNA e proteínas, os ribossomos são responsáveis pela síntese de proteínas. Alguns ribossomos ficam livres no citoplasma, enquanto outros fazem parte do retículo endoplasmático rugoso (ou granuloso).
 - 16 Uma das características das mitocôndrias é a realização de fagocitose, processo utilizado para nutrição celular. Em algumas células, como os leucócitos, a fagocitose também pode ser utilizada como um mecanismo de defesa do organismo.

Soma:

7 Unesp 2016

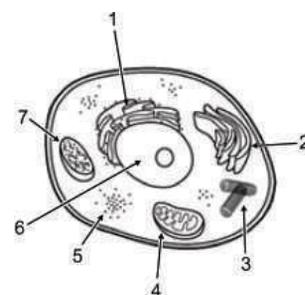
A professora distribuiu aos alunos algumas fichas contendo, cada uma delas, uma descrição de características de uma organela celular.

Abaixo, as fichas recebidas por sete alunos.

| | |
|---|--|
| Fernando | Giovana |
| Auxílio na formação de cílios e flagelos. | Associação ao RNAm para desempenhar sua função. |
| Carlos | Rodrigo |
| Síntese de proteínas que serão exportadas pela célula. | Síntese de alguns glicídios e modificação de proteínas, preparando-as para secreção. |
| Mayara | Gustavo |
| Digestão dos componentes desgastados da própria célula. | Presença de equipamento próprio para a síntese de proteínas. |
| Lígia | |
| Síntese de ácidos nucleicos | |

A professora também desenhou na quadra de esportes da escola uma grande célula animal, com algumas de suas organelas (fora de escala), conforme mostra a figura. Ao comando da professora, os alunos deveriam correr para a organela cuja característica estava descrita na ficha em seu poder. Carlos e Mayara correram para a organela indicada pela seta 7; Fernando e Rodrigo correram para a organela indicada pela seta 5; Giovana e Gustavo correram para a organela indicada pela seta 4; Lígia correu para a organela indicada pela seta 6. Os alunos que ocuparam o lugar correto na célula desenhada foram

- | | |
|---------------------------------------|------------------------------------|
| A Mayara, Gustavo e Lígia. | D Carlos, Giovana e Mayara. |
| B Rodrigo, Mayara e Giovana. | E Fernando, Carlos e Lígia. |
| C Gustavo, Rodrigo e Fernando. | |



8 UPE 2018 - Leia o texto a seguir:

As bactérias empregaram o oxigênio reativo para aprimorar os processos celulares de transformação de energia, no que talvez constitua o maior exemplo de reciclagem de todos os tempos, cumprindo as seguintes etapas: oxidando o material que produziam, ao aprisionarem a energia da luz, as bactérias fotossintéticas roxas aumentaram sua capacidade de metabolizar ATP, o composto de armazenagem de energia usado por todas as células de todos os seres vivos. Decompondo as moléculas orgânicas e produzindo dióxido de carbono e água, as bactérias desviaram a combustão natural do oxigênio para seus próprios fins. Os organismos fermentadores foram atacados por bactérias, que usavam oxigênio e se multiplicaram em seu interior. É provável que os invasores - linhagem roxa - tenham sido as protomitocôndrias, que, alimentadas e protegidas num meio ambiente vivo, poderiam sair-se melhor, não destruindo seus hospedeiros, intolerantes ao oxigênio.

Fonte: MARGULIS, L.; SAGAN, D. **O que é vida**. Rio de Janeiro: Jorge Zahar Ed. 2002. (Adaptado)

Sobre isso, assinale a alternativa CORRETA.

- A** Os quatro processos celulares de transformação de energia nos seres vivos envolvem a luz do sol. São divididos em dois grupos: os de incorporação de energia, a exemplo da respiração e fermentação, e os de liberação de energia, tais como fotossíntese e quimiossíntese.

- B Em média, duas moléculas de ATP são produzidas pela respiração de uma molécula de glicose, enquanto essa mesma quantidade de glicose, com a evolução da fermentação, passou a gerar até 36 moléculas de ATP.
- C Admitir uma hipótese heterotrófica para explicar a origem dos seres vivos implica a aceitação da ocorrência de reações químicas muito mais complexas, pois o metabolismo dependia da presença de oxigênio, com rendimento energético menor e, conseqüentemente, menor descendência.
- D Por causa de mutações no material genético de seres heterótrofos, surgiram células autótrofas com a capacidade de produzir o seu próprio alimento a partir do uso de gás carbônico e de água do ambiente, utilizando a luz solar como fonte de energia para a síntese de matéria orgânica.
- E Atualmente, apesar de as mitocôndrias possuírem o seu próprio DNA linear e continuarem a se reproduzir como bactérias, o parasitismo se tornou permanente. Assim, ela não pode sobreviver sozinha, embora sua hospedeira o faça.

- 9 UFGM** A doença de Tay-Sachs é hereditária e provoca retardamento mental grave e morte do paciente na infância. Essa doença é devida à incapacidade das células de digerir uma substância cujo acúmulo é responsável pelas lesões no sistema nervoso central.

Com base nessas informações, pode-se afirmar que a organela celular cuja função está alterada nessa doença é:

- A a mitocôndria.
- B o complexo de Golgi.
- C o lisossomo.
- D o retículo endoplasmático rugoso.

10 Enem PPL 2018

A ricina, substância tóxica extraída da mamona, liga-se ao açúcar galactose presente na membrana plasmática de muitas células do nosso corpo. Após serem endocitadas, penetram no citoplasma da célula, onde destroem os ribossomos, matando a célula em poucos minutos.

SADAVA, D. et al. Vida: a ciência da biologia. Porto Alegre: Artmed, 2009 (adaptado)

O uso dessa substância pode ocasionar a morte de uma pessoa ao inibir, diretamente, a síntese de

- A RNA.
- B DNA.
- C lipídios.
- D proteínas.
- E carboidratos.

- 11 UFU 2019** É uma organela proeminente em células vegetais mais velhas; suas funções incluem armazenamento, quebra de subprodutos e hidrólise de macromoléculas. A qual organela celular refere-se a descrição acima?

- A Cloroplasto.
- B Mitocôndria.
- C Peroxissomo.
- D Vacúolo central.

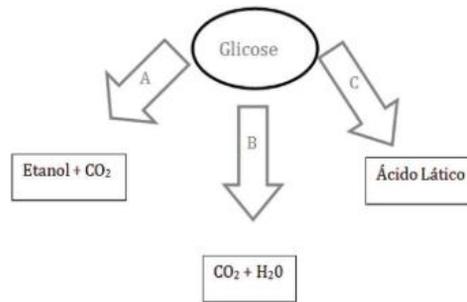
- 12 Fatec** O equilíbrio da vida no planeta é consequência das relações de interdependência entre seres autótrofos e heterótrofos. Assim, é correto afirmar que:

- A os seres autótrofos produzem, por meio da fotossíntese, alimento e oxigênio que serão utilizados só pelos seres heterótrofos no processo de respiração.
- B os seres autótrofos produzem, por meio da fotossíntese, alimento e oxigênio que serão utilizados por eles e pelos seres heterótrofos no processo de respiração.
- C os seres autótrofos e heterótrofos trocam entre si o alimento e o oxigênio necessários para a realização do processo de respiração.
- D os seres heterótrofos produzem, por meio da respiração, a energia necessária para a manutenção do processo de fotossíntese realizado pelos autótrofos.
- E os seres heterótrofos produzem, por meio da fotossíntese, o alimento necessário para a sobrevivência dos autótrofos.

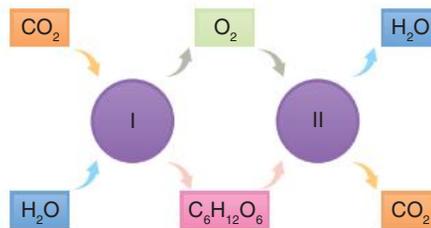
- 13 Encceja** Cachaça, vinho e cerveja são bebidas muito apreciadas que têm coloração, sabor e aroma característicos. Na produção dessas bebidas, sob a ação de microrganismos, os carboidratos da cana-de-açúcar, da uva e do malte são convertidos em etanol, em concentrações que variam de bebida para bebida. O conjunto de transformações que leva à obtenção do etanol com liberação de CO₂ é conhecido como:

- A alcoolização.
- B fermentação.
- C pasteurização.
- D condensação.

- 14 UFJF 2020 No esquema a seguir, as setas simbolizam diferentes processos metabólicos de quebra da glicose (processos A, B e C), que levam à geração de energia na forma de ATP, com liberação dos produtos indicados em cada um dos três retângulos. Sobre o esquema abaixo é CORRETO afirmar:



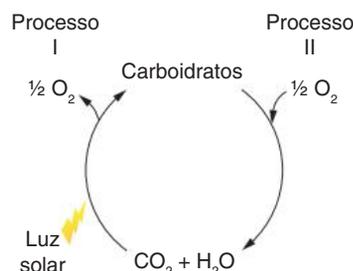
- A O mecanismo A é a respiração aeróbia, realizada por fungos e bactérias na produção de bebidas e de alimentos.
 B O mecanismo B é a respiração celular, realizada por células musculares e que nunca ocorre em condições aeróbias.
 C O mecanismo C é a fermentação alcoólica e ocorre em células musculares, em condições anaeróbias.
 D O mecanismo B é a fermentação, realizada por fungos e bactérias na produção de bebidas e de alimentos.
 E O mecanismo C é a fermentação láctica, realizada por células musculares de animais, em condições anaeróbias
- 15 UFF De acordo com o tipo de nutrição, os seres vivos podem ser classificados em autotróficos e heterotróficos. Entretanto, ambos sintetizam ATP, principal moeda energética, a partir de diferentes moléculas para manter suas vias metabólicas.



Após a análise das vias metabólicas (I e II) representadas no esquema, é correto afirmar que:

- A I ocorre nos cloroplastos de células vegetais e II ocorre nas mitocôndrias das células animais e vegetais.
 B I ocorre em cloroplastos de células vegetais e II ocorre somente nas mitocôndrias das células animais.
 C I ocorre somente nas mitocôndrias das células animais e II ocorre em cloroplastos de células vegetais.
 D I ocorre nas mitocôndrias das células animais e vegetais e II ocorre somente nos cloroplastos de células vegetais.
 E I e II ocorrem tanto em mitocôndrias e cloroplastos de células animais e vegetais.
- 16 UFRRJ De acordo com a Polícia Rodoviária Federal, só em Feira de Santana, cidade com maior número de prisões de motoristas alcoolizados, 15 condutores já foram detidos desde o início da Lei Seca. Apesar das críticas e insatisfação da população, é indiscutível que a implantação da Lei Seca no Brasil contribui para a redução do índice de acidentes automobilísticos, principalmente nos finais de semana, quando o consumo de bebidas alcoólicas (como cerveja e vinho) aumenta.
 Disponível em: <www.atarde.com.br>
- Qual a relação existente entre o metabolismo energético dos fungos e a produção de bebidas como a cerveja e o vinho?

- 17 UFG (Adapt.) Na figura abaixo, estão esquematizados dois importantes processos celulares (I e II).



De acordo com a figura, responda:

Qual processo fisiológico está envolvido nas representações I e II, respectivamente? Qual organela celular é especializada para realização de cada processo?

Bioluminescência

A fotossíntese converte energia luminosa em energia química. No entanto, há organismos que fazem o contrário: transformam energia química em luminosa, ou seja, têm capacidade de emitir luz, como certas algas, cogumelos e insetos (vagalumes). Trata-se do fenômeno conhecido como **bioluminescência**. Em diferentes espécies de vagalumes, a cor da luz emitida pode ser verde, amarela ou alaranjada. Uma das vantagens desse tipo de emissão de luz é a atração sexual, envolvendo organismos de uma mesma espécie.

Pesquisadores já identificaram os genes responsáveis pela emissão de luz. Esses genes relacionam-se com a produção de uma enzima, a luciferase, responsável pela conversão de energia química em energia luminosa. Por intermédio da luciferase, o ATP transfere um fosfato à molécula de luciferina, que se torna quimicamente modificada. Essa transformação química excita elétrons da luciferina, provocando a emissão de luz.



© Cathy Keifer / Dreamstime.com

Vagalume.

Resumindo

Os níveis de organização permitem demarcar **áreas de estudo na Biologia**, tais como: Bioquímica, Citologia, Histologia, Fisiologia, Anatomia, Ecologia, entre outros.

O organismo e o ambiente: um ambiente apresenta os seguintes níveis de organização: população, comunidade, ecossistema. Biosfera é o conjunto de todos os ecossistemas do planeta.

A organização de um organismo animal apresenta os seguintes níveis: sistemas, órgãos, tecidos, células, organoides, moléculas e átomos. Plantas também apresentam esses níveis de organização. Há seres unicelulares e seres pluricelulares. Vírus são acelulares. Uma **célula animal** normalmente apresenta os seguintes organoides citoplasmáticos: ribossomos, mitocôndrias, complexo golgiense, retículo endoplasmático (agranular e granular), lisossomos, centríolos e peroxissomos.

Uma **célula vegetal** pode apresentar parede celular, constituída principalmente por celulose. O citoplasma tem muitos dos organoides presentes em células animais; também pode apresentar vacúolos desenvolvidos e cloroplastos. Vegetais dotados de sementes (gimnospermas e angiospermas) não possuem centríolos.

Célula bacteriana: a parede celular possui peptidoglicano. A membrana tem invaginações, denominadas mesossomos. Bactérias não têm carioteca; são procariontes. O DNA é circular. Plasmídeos são moléculas extras de DNA, presentes no citoplasma bacteriano. A célula bacteriana tem citosol e ribossomos.

Energia e vida: obtemos energia do alimento. Utilizamos energia na realização de nossas atividades metabólicas; parte da energia é dissipada na forma de calor.

Seres fotossintetizantes empregam água, gás carbônico (CO_2) e luz; com isso, produzem glicose ($\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$), gás oxigênio (O_2) e água. Com a fotossíntese, ocorre a produção de matéria orgânica a partir de matéria inorgânica.

Autótrofos e heterótrofos: autótrofos são organismos capazes de produzir matéria orgânica utilizando matéria inorgânica. Heterótrofos são organismos que não são capazes de produzir matéria orgânica a partir de matéria inorgânica.

Quimiossíntese: é um processo que converte matéria inorgânica em matéria orgânica, sem empregar energia luminosa; sua fonte energética é sempre alguma reação química de oxidação, envolvendo substâncias inorgânicas.

Liberação de energia: a glicose é degradada nos processos de respiração celular ou de fermentação.

Respiração celular é um processo aeróbico de liberação de energia. A energia é dissipada como calor e uma parte é utilizada na realização de processos metabólicos. A respiração ocorre em diversos tipos de autótrofos e de heterótrofos; é realizada durante o dia e durante a noite. A fotossíntese, por sua vez, ocorre apenas durante o dia. Fermentação é um processo anaeróbico de liberação de energia. Pode gerar resíduos como álcool ou ácido láctico. A fermentação libera menos energia que a respiração.

ATP: é adenosina trifosfato. A molécula de ATP é constituída por três fosfatos (P) e uma adenosina. A adenosina é formada pela base nitrogenada adenina e por uma ribose. O ATP funciona como um acumulador temporário de energia.

Quer saber mais?



Site

- Glossário de Biologia
<www.sobiologia.com.br/glossario.php>.

Exercícios complementares

- 1 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:
- somente o conjunto de populações?
 - o conjunto de populações mais o ambiente abiótico?
- 2 UEPG** Um ecossistema se define:
- pela interação de todos os seres vivos.
 - pelo conjunto dos fatores climáticos.
 - pela interação de fatores abióticos e a comunidade de seres vivos.
 - pela interação entre autótrofos e heterótrofos.
 - pelo conjunto vivo constituído pela biocenose e o biótopo em interação.
- Soma:
- 3 PUC-Campinas** O conjunto dos organismos que vivem no mangue forma:
- | | | |
|---------------|-------------------|-------------------|
| A um bioma. | C uma população. | E uma comunidade. |
| B um biótopo. | D um ecossistema. | |
- 4 Uece** Considere as seguintes definições.
- Conjunto de todos os indivíduos de uma mesma espécie, vivendo em uma mesma área em um mesmo intervalo de tempo.
 - Conjunto de todas as populações que ocorrem em uma determinada área.
 - Conjunto de todos os ecossistemas terrestres.
- Assinale a opção que corresponde, respectivamente, aos conceitos definidos acima.
- | | |
|----------------------------------|-------------------------------------|
| A População, comunidade e bioma. | C Tribo, ecossistema e biocenose. |
| B Raça, biocenose e biosfera. | D População, comunidade e biosfera. |
- 5 UEPG 2016** Analisando-se as características e peculiaridades dos procariontes e eucariontes, assinale o que for correto.
- Os procariontes, principalmente as bactérias, são sempre nocivas aos demais seres, ora causando doenças, ora vivendo em mutualismo com os outros organismos.
 - Acredita-se que a célula eucariota tenha surgido da procariota. Por exemplo, as mitocôndrias e os cloroplastos surgiram de bactérias que invadiram as células primitivas e passaram a viver em seu interior.
 - A célula eucariota é menor que a procariota, apresentando em seu citoplasma o material genético livre de envoltório e organelas responsáveis pela síntese proteica.
 - A célula procariota apresenta DNA organizado em pequenos cromossomos protegidos por uma fina membrana. No citoplasma são encontrados ribossomos, responsáveis pela geração de energia na célula.
 - Os procariontes são fundamentais para a manutenção da vida, pois algumas espécies atuam como decompositoras, outras são fotossintetizantes, quimiossintetizantes, além de poderem também participar de processos de fermentação.
- Soma:
- 6 UFMT** A estrutura da célula bacteriana que não permite alteração no formato da célula é:
- | | | |
|----------------------------|-------------------|------------|
| A cloroplastos. | C mitocôndria. | E vacúolo. |
| B retículo endoplasmático. | D parede celular. | |
- 7 Uerj 2018** Por meio de técnicas desenvolvidas pela engenharia genética, é possível alterar o DNA das células. Uma dessas técnicas se baseia na utilização de vírus, manipulados por meio de duas enzimas: uma responsável pelo corte do material genético viral em pontos específicos e outra pela inserção de genes de interesse no vírus. Indique a característica dos vírus que justifica sua utilização na alteração do DNA das células. Em seguida, nomeie as duas enzimas referidas acima, indispensáveis para esse procedimento.
- 8 UFV** Com relação às características que diferenciam células bacteriana, vegetal e animal, analise as afirmativas a seguir e assinale a alternativa incorreta.

- A A célula vegetal se diferencia da animal por apresentar parede celulósica.
- B A célula animal se diferencia da bacteriana por apresentar complexo de Golgi.
- C A célula bacteriana se diferencia da vegetal por não apresentar cloroplastos.
- D A célula vegetal se diferencia da animal por apresentar plastídeos.
- E A célula bacteriana se diferencia da animal por ter material genético envolto por membrana.

9 Unesp 2020

O Brasil é o maior produtor mundial de cana-de-açúcar, que, hoje, é o insumo básico de uma ampla variedade de produtos e serviços de valor agregado, como o etanol e a bioeletricidade. A principal atratividade do etanol é o grande benefício para o meio ambiente: estima-se que, em substituição à gasolina, seja possível evitar até 90% das emissões de gases do efeito estufa. Já a bioeletricidade, mais novo e importante produto do setor sucroenergético, é produzida a partir do bagaço e da palha da cana-de-açúcar, permitindo o aproveitamento desses resíduos para a geração de energia.

(www.unica.com.br. Adaptado.)

- a) Uma das razões pelas quais a combustão do etanol é benéfica ao meio ambiente é o fato de ele ser obtido de fonte renovável. Explique por que a queima de um combustível de fonte renovável, como o etanol, em comparação à queima de combustíveis fósseis, contribui para uma menor concentração de CO₂ na atmosfera. Justifique se a produção de bioeletricidade a partir da utilização da palha e do bagaço da cana-de-açúcar aumenta ou diminui essa concentração de CO₂ na atmosfera.
- b) Nas usinas, a cana-de-açúcar é moída para a extração do caldo de cana, ou garapa, matéria-prima para a síntese do etanol. Que processo biológico resulta na síntese desse combustível a partir da garapa? Além do etanol, que gás é produzido ao longo desse processo?

10 Fuvest As leveduras podem viver tanto na presença quanto na ausência do gás oxigênio.

- a) Que processos de obtenção de energia as leveduras realizam em cada uma dessas situações?
- b) Em qual das situações a atividade metabólica das leveduras é mais alta? Por quê?

11 IFSC 2017 Um dos fatores limitantes à vida é a obtenção de energia. Organismos autótrofos são capazes de sintetizar compostos orgânicos que são degradados, liberando a energia necessária para a realização das atividades metabólicas celulares. Já os organismos heterótrofos necessitam consumir outros seres para a obtenção desses compostos, pois não apresentam tal capacidade de síntese.

Em relação a esse assunto, assinale no cartão-resposta a soma da(s) proposição(ões) CORRETA(S).

- 01 A principal diferença entre fotossíntese e quimiossíntese é a origem da energia utilizada para a obtenção de compostos orgânicos: no primeiro processo, a energia é luminosa enquanto que, no segundo, a energia é obtida a partir de reações de oxidação.
- 02 Fotossíntese é o processo realizado pelos seres vivos clorofilados e que utiliza energia luminosa para sintetizar glicose a partir de oxigênio e água.
- 04 A fotossíntese e a respiração celular não são processos antagônicos, mas sim, complementares: o primeiro sintetiza moléculas orgânicas, enquanto o segundo degrada tais moléculas, produzindo energia.
- 08 Nas células vegetais, a respiração celular ocorre tanto durante o dia quanto à noite pois, para que a célula obtenha energia, é necessário que esse processo se realize a todo momento, independentemente da presença ou ausência de luz.
- 16 As células vegetais fazem fotossíntese quando há luz disponível no ambiente; já a respiração celular ocorre apenas na ausência de luz.
- 32 As plantas são seres autótrofos fotossintetizantes. Portanto, não realizam o processo de respiração celular, já que obtêm a energia diretamente da energia solar.

Soma:

12 Mackenzie A equação simplificada a seguir representa o processo de fermentação realizado por microrganismos como o *Saccharomyces cerevisiae* (levedura).



A, B e C são, respectivamente:

- A glicose, água e gás carbônico.
- B glicose, álcool e gás carbônico.
- C álcool, água e gás carbônico.
- D álcool, glicose e gás oxigênio.
- E sacarose, gás carbônico e água.

FRENTE 1

CAPÍTULO

2

Noções de material genético e núcleo

Muitas características dos seres vivos são determinadas pelo material genético herdado dos pais. O tipo de dentição das onças é geneticamente determinado, sendo adaptativo à sua nutrição carnívora. Genes também são responsáveis pela determinação da cor dos pelos desses animais. A onça-pintada (*Panthera onca*) é o maior felino das Américas. Já está extinta nos Estados Unidos e no Uruguai. No Brasil, já não é mais encontrada nos Pampas e está ameaçada de extinção no restante do país. O desmatamento e o abate desses felinos como retaliação por terem comido animais domésticos são as maiores causas do perigo de extinção.

Material genético e núcleo

Organização do núcleo

O núcleo é delimitado pela **carioteca** ou **envoltório nuclear**. A carioteca é um envoltório duplo, com constituição lipoproteica e dotada de poros funcionais, os quais permitem de modo seletivo o intercâmbio de materiais com o citoplasma. A carioteca encontra-se ligada ao retículo endoplasmático. O interior do núcleo é preenchido por um coloide, denominado **nucleoplasma** ou **cariolinfa**.

O material genético nuclear é a **cromatina**, formada por cromonemas. Há também o nucléolo, uma estrutura densa e arredondada, constituída por alguns segmentos de cromonemas, proteínas e grande quantidade de **RNA ribossômico** (Fig. 1). Esse tipo de RNA (ácido ribonucleico) é gerado pela atividade dos segmentos de cromatina; o RNA ribossômico entra na composição dos ribossomos, estruturas responsáveis pela síntese de proteínas.

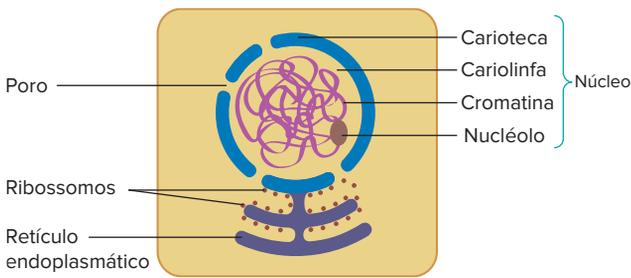


Fig. 1 Componentes do núcleo de uma célula.

Cromatina

Uma célula somática humana apresenta 46 filamentos de cromatina, também denominados cromonemas. Cada cromonema tem uma imensa molécula de DNA e proteínas associadas (as histonas). O material genético de procariontes tem **DNA circular** (não apresenta extremidades livres) e não possui histonas associadas.

Um cromonema tem inúmeros **genes**; uma célula humana possui cerca de 30 mil genes. Algumas das proteínas codificadas pelos genes são enzimas que controlam as reações químicas do metabolismo. Assim, o núcleo é responsável pelo comando do metabolismo celular.

A estrutura de um cromonema envolve uma molécula de DNA (ácido desoxirribonucleico) que se enrola, de espaço em espaço, a grupos de 8 moléculas de histonas. O conjunto constituído por DNA e histonas que ele circunda recebe o nome de **nucleossomo** (Fig. 2).

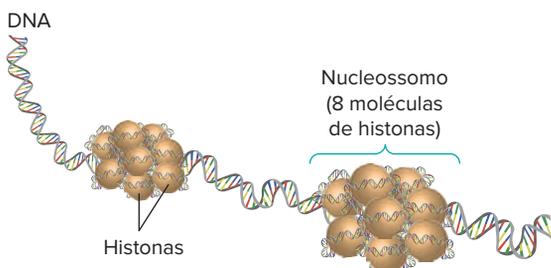


Fig. 2 Organização de um filamento de cromatina (cromonema).

A presença de histonas confere mais estabilidade à molécula de DNA e é útil na condensação do material genético, processo que ocorre durante a divisão celular.

Ciclo celular

Muitas células somáticas passam por duas grandes etapas – a **intérfase** e a **mitose** – que constituem o chamado **ciclo celular** (Fig. 3). Intérfase é o período em que a célula não está em divisão celular, e pode estar em crescimento, armazenando materiais e sintetizando proteínas. É nesse período que a célula duplica seu DNA.

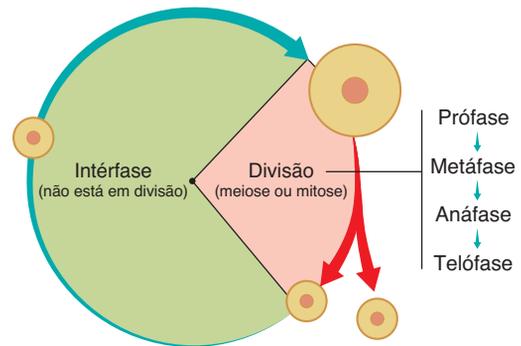


Fig. 3 Etapas do ciclo celular.

Mitose constitui a divisão celular propriamente dita. Esse processo gera duas células-filhas geneticamente idênticas entre si e a célula-mãe que lhes deu origem. A mitose é, didaticamente, dividida em quatro fases: prófase, metáfase, anáfase e telófase.

Há outra modalidade de divisão celular, a **meiose**, que se relaciona com a formação de células reprodutoras e será discutida mais adiante.

O material genético no ciclo celular

Durante a intérfase, os filamentos de cromatina estão descondensados. Veremos que isso significa maior atividade do DNA, como, por exemplo, na produção de RNA mensageiro. Em algumas situações, o DNA de cada cromonema duplica-se (sofre **replicação**). Isso gera dois filamentos iguais e unidos, denominados **cromátides-irmãs**. Dois cromátides-irmãs ficam ligados por uma região conhecida como **centrômero**.

Quando a célula entra em mitose, o material genético sofre **condensação**. Os filamentos tornam-se mais curtos e espessos; com isso, ficam também mais visíveis ao microscópio óptico. Pode-se dizer que cromossomos e cromonemas representam a mesma estrutura (filamentos de material genético) em momentos diferentes do ciclo celular e com aspecto característico (condensado/descondensado).

Em certo momento da mitose, o centrômero duplica-se e as cromátides separam-se. Os dois filamentos resultantes são denominados **cromossomos-irmãos**. Cada um dos cromossomos-irmãos é conduzido para uma célula-filha diferente. Então ocorre a descondensação do cromossomo, completando o processo.

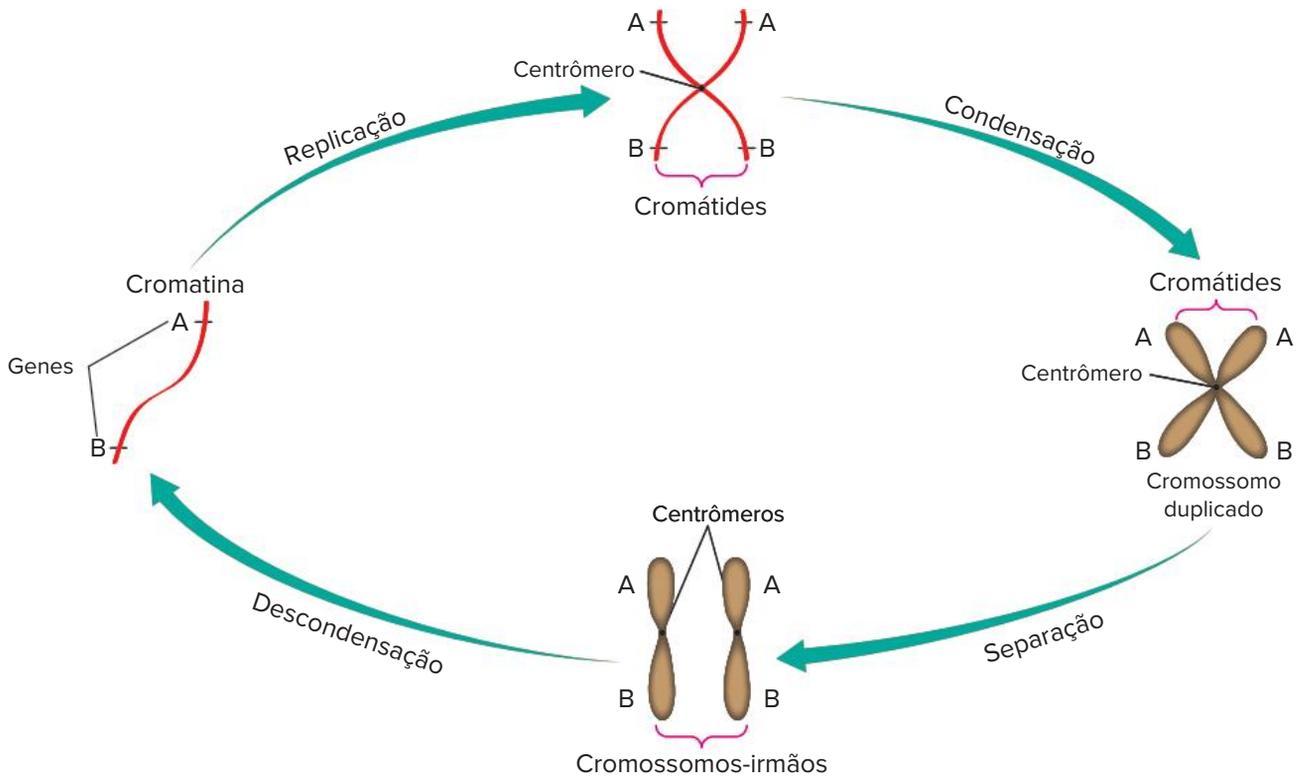


Fig. 4 Modificações do material genético durante o ciclo celular.

Um aspecto importante envolvido no ciclo celular é a determinação do número de cromossomos. O procedimento prático consiste em contar o número de centrômeros. Assim, um cromossomo duplicado tem duas cromátides de um único centrômero. No entanto, dois cromossomos-irmãos que foram recentemente separados apresentam cada qual um centrômero, gerando no total dois centrômeros.

O centrômero é uma região dos cromossomos que não sofre duplicação durante a intérfase; isso só ocorre em uma das fases finais da divisão celular (a metáfase). Durante a divisão celular, o centrômero não sofre condensação. Trata-se, então, de uma região com aspecto mais delgado do que o restante do cromossomo; essa região é conhecida como **constricção primária**. Alguns cromossomos têm outra área que não sofre condensação: é a **constricção secundária**. A parte do cromossomo que segue após a constricção secundária é denominada região satélite (Fig. 5). Em alguns cromossomos, essa parte é a região organizadora do nucléolo, pois é uma parte envolvida com intensa síntese de RNA ribossômico, componente do nucléolo.

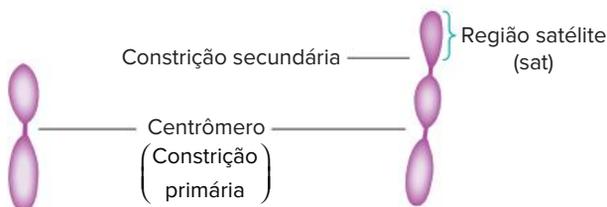


Fig. 5 Um cromossomo apresenta centrômero (constricção primária); há cromossomos também dotados de constricção secundária.

Tipos de células: haploides e diploides

As células reprodutoras do ser humano são os **gametas**. O gameta masculino (espermatozoide) tem 23 cromossomos; o gameta feminino (óvulo) também possui 23 cromossomos. **Fecundação** ou **fertilização** é o encontro dos gametas masculino e feminino, seguido da união de seus núcleos; o resultado é a formação da célula-ovo ou zigoto, que apresenta 46 cromossomos (23 de origem materna e 23 de origem paterna). O zigoto sofre mitose, gerando duas células que também se dividem e isso acaba originando os trilhões de células componentes de um novo indivíduo; cada uma dessas células também possui 46 cromossomos.

O zigoto e as células componentes do organismo (células somáticas) têm o dobro do número de cromossomos presentes nos gametas. Zigoto e células somáticas têm “número duplo” de cromossomos, sendo denominados células **diploides**. Gametas possuem “número simples” de cromossomos e são designados como células **haploides** (Fig. 6). O número haploide de cromossomos é representado por n , enquanto o número diploide é indicado por $2n$.

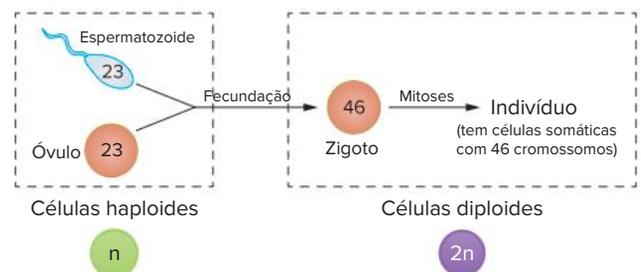


Fig. 6 Células haploides e células diploides.

Homólogos e alelos

Vamos considerar uma espécie hipotética de animal que apresenta $n = 2$. Isso significa que seus gametas (células haploides) possuem dois cromossomos e que suas células diploides ($2n$), como o zigoto, têm quatro cromossomos.

Os dois cromossomos de um espermatozoide são diferentes entre si. O óvulo dessa espécie apresenta os mesmos tipos de cromossomos presentes no espermatozoide. Quando os gametas se unem, o zigoto formado possui dois conjuntos cromossômicos, um de origem paterna e outro de origem materna. Podemos identificar, no zigoto e nas células somáticas, pares de cromossomos que apresentam o mesmo aspecto: são os cromossomos **homólogos** (Fig. 7).

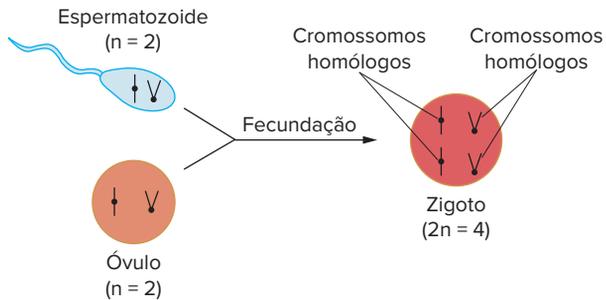


Fig. 7 Cromossomos homólogos: células diploides e células haploides.

Cromossomos homólogos têm a mesma forma e, geralmente, o mesmo tamanho; um é proveniente do pai e o outro da mãe. Uma célula diploide tem pares de cromossomos homólogos; uma célula haploide tem um representante de cada par de homólogos. Plantas podem ter células **triploides** ($3n$), que têm trios de cromossomos homólogos (Fig. 8).

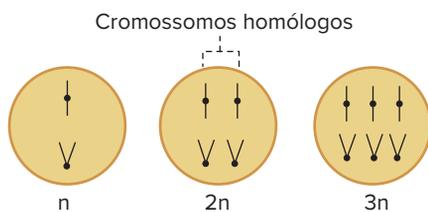


Fig. 8 Célula haploide (n) apresenta um representante de cada tipo de cromossomo. Em células diploides ($2n$), há um par de cada tipo de cromossomo. Células triploides ($3n$) possuem trios de cada tipo de cromossomo.

Em um par de cromossomos homólogos, há genes responsáveis pela determinação das mesmas características. A posição que esses genes ocupam no cromossomo é seu *locus* (o plural é *loci*). Dois genes, “A” e “B”, ocupam diferentes *loci* no mesmo cromossomo, cada qual em uma extremidade (Fig. 9).

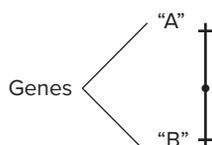


Fig. 9 *Locus* é a posição do gene no cromossomo.

Em uma situação hipotética, o gene “B” poderia ter duas variações: B, que determina pelo preto, e b, que condiciona pelo marrom. Dizemos que B e b são formas alélicas de um mesmo gene; de modo simplificado, pode-se dizer que B e b são alelos. Além disso, alelos ocupam a mesma posição (*locus*) em cromossomos homólogos.

Por outro lado, o gene “A” poderia ter dois alelos: um determina pelo ondulado e outro condiciona pelo liso (Fig. 10).

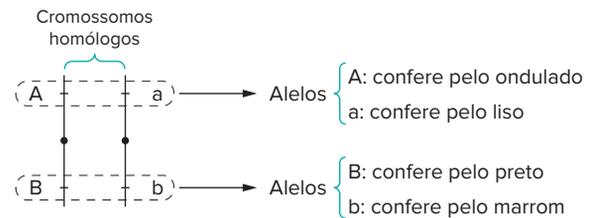


Fig. 10 Alelos e cromossomos homólogos e as características que determinam.

Conclusão: alelos são genes que ocupam a mesma posição em cromossomos homólogos (*locus*) e são responsáveis pela determinação da mesma característica. B e b, por exemplo, determinam a cor do pelo (B – preto e b – marrom).

Noções de gene

Como o material genético funciona

Gene é um segmento de DNA que comanda a produção de uma **proteína**. O DNA componente do gene serve de molde para a produção de uma molécula de **RNA** (é o chamado RNA mensageiro –). O **RNAm** liga-se a vários ribossomos presentes no citoplasma e orienta a síntese de uma proteína específica, que pode ser uma enzima (Fig. 11).

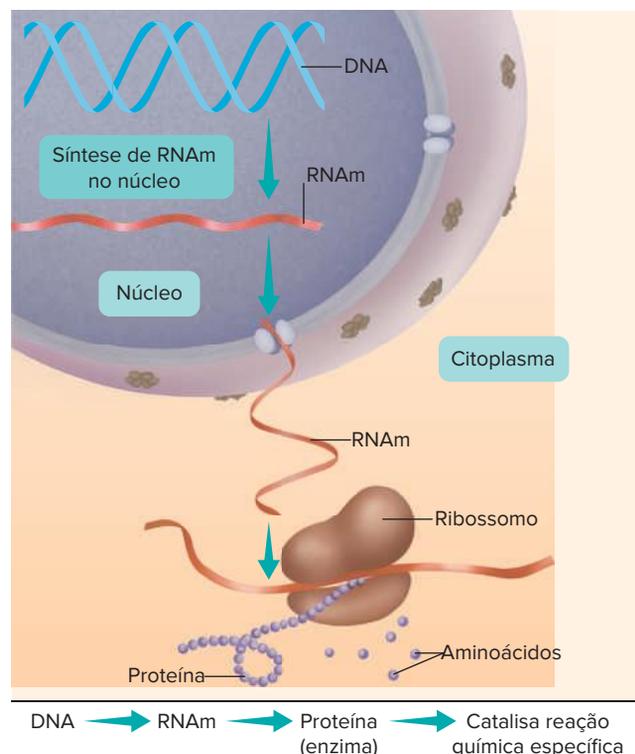


Fig. 11 Mecanismo de controle de reações químicas pelo DNA nuclear.

A enzima catalisa uma reação química e, com isso, pode ocorrer a manifestação de uma determinada característica.

Para exemplificar, considere o gene A (Fig. 12); trata-se de um trecho de uma molécula de DNA, a qual serve de molde para a produção de RNAm, que orienta, nos ribossomos, a produção de uma enzima chamada tirosinase. Essa enzima catalisa a reação química que converte a tirosina (um aminoácido) em melanina, o pigmento que dá cor à pele. Dessa maneira, o gene A é um dos responsáveis pela característica pigmentação normal da pele.

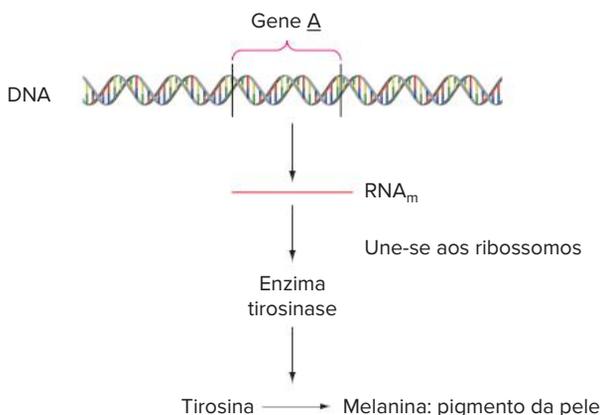


Fig. 12 O gene “A” determina a produção da enzima tirosinase, responsável pela formação do pigmento melanina.

Outros segmentos de DNA correspondem a outros genes; cada gene determina uma característica. Assim, por exemplo, há genes responsáveis pelas seguintes características:

- tipo sanguíneo no sistema ABO (A, B, AB ou O);
- cor dos olhos;
- coagulação do sangue (normal ou com o distúrbio conhecido como hemofilia).

Mutações

O material genético dos seres vivos e dos vírus pode sofrer mudanças conhecidas como **mutações**. Normalmente, elas ocorrem por causa de uma alteração na composição química do DNA; isso interfere no tipo de RNA mensageiro produzido, o qual pode orientar a formação de uma proteína (que pode ser uma enzima) diferente daquela que o organismo normalmente produz. Caso a mutação altere a produção de uma enzima, o organismo pode ser incapaz de realizar a reação química catalisada pela enzima.

No caso da enzima tirosinase, sua alteração impossibilita a reação que converte tirosina em melanina. Com isso, o indivíduo não produz melanina e é caracterizado como portador de albinismo.

Assim, podemos concluir que mutações são alterações de material genético e podem promover mudanças de características.

Mutações – causas e consequências

Alterações na ordem das bases nitrogenadas podem ser induzidas por **agentes do ambiente**, como certas radiações (raios X, raios gama e outras) e também por inúmeras **substâncias químicas**.

As mutações podem também ocorrer de maneira **espontânea**, sem a interferência de agentes externos. Isso é possível, por exemplo, quando se dá a duplicação do material genético, que ocorre antes de uma célula se dividir. A duplicação normalmente gera cópias idênticas de moléculas de DNA. No entanto, podem ocorrer falhas no processo e um trecho da molécula é copiado de modo incorreto, gerando um gene alterado (mutante).

Um gene modificado pode trazer desvantagens ao organismo, como desencadear o desenvolvimento de um tumor maligno (câncer). Algumas vezes, porém, o gene mutante traz vantagens ao organismo; uma bactéria pode ter um gene mutante que lhe permite sobreviver à presença de um antibiótico no meio em que se encontra.

Às vezes, a mutação é indiferente, como a que determina o lobo da orelha mais desprendido. Uma mutação pode ocorrer em uma célula **somática** (uma célula que não origina gametas, como células da pele, do pulmão e do fígado); nesse caso, a mutação não será transmitida aos descendentes do indivíduo. A mutação só é transmissível aos descendentes quando ocorre nas células germinativas, isto é, as que originam os gametas. Considere um homem que gere um espermatozoide dotado de gene mutante; caso esse espermatozoide fecunde um óvulo, o descendente produzido a partir dessa fecundação terá todas as suas células com o gene mutante.

Uma característica fundamental das mutações é que elas ocorrem ao acaso (são aleatórias). Não são provocadas pela necessidade de adaptação do organismo ao ambiente. Uma bactéria, por exemplo, sofre uma mutação que a torna resistente a um antibiótico. Esse processo é casual e não é provocado pela necessidade que a bactéria tem de sobreviver em um ambiente no qual aquele antibiótico esteja atuando. As mutações aumentam a variabilidade genética de uma espécie. A variabilidade é submetida à ação do ambiente, através da seleção natural. Os portadores das mutações mais favoráveis têm maior chance de sobrevivência e tendem a deixar mais descendentes. Dessa maneira, os genes favoráveis, nas condições do ambiente, são transmitidos aos descendentes. Essa noção é explicada na frente 2, com o estudo do **neodarwinismo**.

Revisando

- 1 Cite os quatro componentes do núcleo.

2 Qual é a etapa do ciclo celular em que a célula não se encontra em divisão?

3 Com a replicação dos cromonemas, formam-se dois filamentos geneticamente iguais e unidos. Nomeie os filamentos e o ponto através do qual eles ficam unidos.

4 Qual é a composição química do cromonema?

5 Coloque em ordem cronológica os seguintes processos do ciclo celular: descondensação, replicação, condensação e separação de cromátides.

6 Classifique os gametas e as células somáticas como sendo diploides ou haploides.

7 O que são cromossomos homólogos?

8 Conceitue alelos.

9 **Unioeste 2018** A edição de genes, que envolve a alteração ou desativação de genes existentes, pode vir a ser utilizada no tratamento de doenças genéticas e para criar animais, como porcos com genes editados, livres de vírus, e assim seus órgãos poderão ser utilizados para transplantes

(Fonte: Adaptado de <http://ciencia.estadao.com.br/noticias/geral,edicao-de-genes-abre-caminho-para-transplante-de-porcospa-para-humanos,7000193248>. Acesso: 10-08-2017).

Sobre os genes, é CORRETO afirmar que

- A estão em todos os segmentos do DNA, inclusive nos telômeros.
- B a enzima polimerase do RNA une-se aleatoriamente ao gene.
- C constituem a maior parte do DNA, chamado DNA não codificante.
- D são segmentos de DNA que codificam a síntese de RNA e/ou proteínas.
- E a tradução gênica é o processo que tem como produto final a formação de RNAm.

10 Conceitue mutações.

11 Mutações podem ocorrer em células somáticas e células germinativas. Em qual dessas células a mutação é transmissível aos descendentes?

12 Mutações são induzidas pelas necessidades dos seres vivos?

Exercícios propostos

1 PUC-Rio Os cromossomos são constituídos principalmente por:

- A fosfolipídeos.
- B proteínas.
- C ácido ribonucleico.
- D enzimas.
- E ácido desoxirribonucleico.

2 Uece 2019 Relacione, corretamente, os tipos celulares apresentados com suas respectivas características, numerando os parênteses abaixo de acordo com a seguinte indicação:

1. Células eucariontes

2. Células procariontes

Apresentam cromossomos que não são separados do citoplasma por membrana.

Não apresentam membranas internas no citoplasma. A invaginação da membrana plasmática é motivo de controvérsia entre pesquisadores.

Por serem células mais complexas, apresentam tamanho maior.

Apresentam uma complexa rede de tubos e filamentos que define sua forma e permite a realização de movimentos.

A sequência correta, de cima para baixo, é:

A 2, 1, 2, 2.

B 2, 2, 1, 1.

C 1, 2, 1, 2.

D 1, 2, 2, 1.

3 Fuvest Um estudante escreveu o seguinte em uma prova: “as bactérias não têm núcleo nem DNA.”

Você concorda com o estudante? Justifique.

4 PUC-Minas No citoplasma de células eucariotas, existem estruturas revestidas por unidade de membrana. Assinale a estrutura celular revestida por membrana dupla.

A Lisossomo

B Carioteca

C Retículo endoplasmático liso

D Retículo endoplasmático rugoso

E Complexo golgiense

5 Enem 2016 Um pesquisador preparou um fragmento de caule de uma flor de margarida para que pudesse ser observado por microscopia óptica. Também preparou um fragmento de pele de rato com a mesma finalidade. Infelizmente, após algum descuido as amostras foram misturadas.

Que estruturas celulares permitiram a separação das amostras, se reconhecidas?

A Ribossomos e mitocôndrias, ausentes nas células animais.

B Centríolos e lisossomos, organelas muito numerosas nas plantas.

C Envoltório nuclear e nucléolo, característicos das células eucarióticas.

D Lisossomos e peroxissomos, organelas exclusivas de células vegetais.

E Parede celular e cloroplastos, estruturas características de células vegetais.

6 UEL A organela citoplasmática que se origina a partir do nucléolo e que sintetiza proteínas é o:

A ribossomo.

B centríolo.

C lisossomo.

D cloroplasto.

E complexo de Golgi.

7 Udesc 2016 Analise as proposições, em relação aos Ácidos Nucleicos, e assinale (V) para verdadeira e (F) para falsa.

Os ácidos nucleicos são moléculas gigantes formadas por unidades chamadas de nucleotídeos.

O RNA transportador é formado a partir de regiões específicas do DNA.

O RNA ribossômico associado com proteínas forma os ribossomos.

O DNA apresenta-se altamente condensado nas células procarióticas.

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

- A F – V – V – F
- B F – F – V – V
- C V – V – V – F
- D V – F – V – V
- E V – F – F – V

8 PUC-SP Na aula de Biologia, o professor fez a seguinte afirmação: “A produção de ribossomos depende, indiretamente, da atividade dos cromossomos”.

Em seguida, pediu a seus alunos que analisassem a afirmação e a explicassem. Foram obtidas cinco explicações diferentes, que se encontram citadas a seguir. Assinale a única afirmação correta.

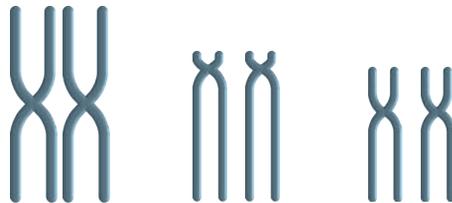
- A Os cromossomos são constituídos essencialmente por RNA ribossômico e proteínas, material utilizado na produção de ribossomos.
- B Os cromossomos são constituídos essencialmente por RNA mensageiro e proteínas, material utilizado na produção de ribossomos.
- C Os cromossomos contêm DNA; este controla a síntese de ribonucleoproteínas que formarão o nucléolo e que, posteriormente, farão parte dos ribossomos.
- D Os cromossomos são constituídos essencialmente por RNA transportador e proteínas, material utilizado na produção de ribossomos.
- E Os cromossomos, produzidos a partir do nucléolo, fornecem material para a organização dos ribossomos.

9 Uerj 2016 A reprodução em animais do sexo masculino envolve uma série de divisões celulares, que produzem espermátocitos primários e secundários como etapas intermediárias para a produção dos gametas masculinos.

Considere um macho adulto diploide que apresenta 28 cromossomos em suas células somáticas. Nesse caso, seus espermátocitos primários e seus espermátocitos secundários devem conter, respectivamente, os seguintes números de cromossomos:

- A 28 – 14
- B 14 – 28
- C 28 – 28
- D 14 – 14

10 PUC-Campinas A análise citogenética realizada em várias células de um mamífero permitiu elaborar o seguinte esquema:



Ele representa:

- A o fenótipo do organismo.
- B o genoma de uma célula haploide.
- C o genoma de uma célula diploide.
- D os cromossomos de uma célula haploide.
- E os cromossomos de uma célula diploide.

11 UFSC 2020 Na figura ao lado, há uma foto dos cromossomos, em metáfase mitótica, de uma marmosa (*Marmosa* sp), um marsupial da América do Sul.

Sobre os cromossomos representados na figura e a divisão celular, é correto afirmar que:

- 01 o número diploide dessa espécie é de 14 cromossomos.
- 02 na meiose de uma fêmea *Marmosa* sp, um ovócito primário gera quatro óvulos viáveis, sendo que cada um deles apresentará 14 cromossomos.
- 04 na figura há 28 cromossomos homólogos; após uma meiose, haverá células haploides com 14 cromossomos.
- 08 na meiose de um macho *Marmosa* sp, um espermátocito primário gera quatro espermatozoides, com o número haploide de sete cromossomos cada.



- 16 os cromossomos apresentam duas cromátides, o que significa que estão duplicados; a duplicação do material genético teve início na prófase da mitose, juntamente com a condensação do DNA.
- 32 o cromossomo indicado pela seta A é o tipo metacêntrico e o cromossomo indicado pela seta B é o tipo submetacêntrico.

Soma:

12 UTFPR 2017 O núcleo celular contém todas as informações sobre a função e a estrutura da célula. Analise as afirmativas a seguir sobre a estrutura do núcleo celular eucariótico.

- I. O material genético do núcleo localiza-se em estruturas chamadas cromossomos.
- II. Os nucléolos são orgânulos delimitados por uma membrana e constituídos de DNA.
- III. A carioteca ou membrana nuclear é dupla e porosa.
- IV. O nucleoplasma ou suco nuclear é formado por água, ribossomos e material genético.

Estão corretas apenas as afirmativas:

- A I e II.
- B II e III.
- C III e IV.
- D I e III.
- E II e IV.

13 UFSCar O segmento de DNA humano que contém informação para a síntese da enzima pepsina é um:

- A cariótipo.
- B cromossomo.
- C códon.
- D genoma.
- E gene.

14 Fuvest Quando afirmamos que o metabolismo da célula é controlado pelo núcleo celular, isso significa que:

- A todas as reações metabólicas são catalisadas por moléculas e componentes nucleares.
- B o núcleo produz moléculas que, no citoplasma, promovem a síntese de enzimas catalisadoras das reações metabólicas.
- C o núcleo produz e envia, para todas as partes da célula, moléculas que catalisam as reações metabólicas.
- D dentro do núcleo, moléculas sintetizam enzimas catalisadoras das reações metabólicas.
- E o conteúdo do núcleo passa para o citoplasma e atua diretamente nas funções celulares, catalisando as reações metabólicas.

15 Vunesp Erros podem ocorrer, embora em baixa frequência, durante os processos de replicação, transcrição e tradução do DNA. Entretanto, as consequências desses erros podem ser mais graves, por serem herdáveis, quando ocorrem:

- A na transcrição, apenas.
- B na replicação, apenas.
- C na replicação e na transcrição, apenas.
- D na transcrição e na tradução, apenas.
- E em qualquer um dos três processos.

16 UFMT O avanço da biotecnologia permite que cientistas possam introduzir genes estranhos em animais e plantas. Em relação a genes, assinale a afirmativa incorreta.

- A Estão localizados no núcleo dos eucariontes.
- B São inexistentes nas bactérias.
- C Carregam informação genética do indivíduo.
- D São formados por ácidos nucleicos.
- E São a unidade fundamental da hereditariedade.

17 Unicamp 2020 A descoberta do processo celular de interferência por RNA (RNAi) rendeu aos cientistas Andrew Fire e Craig Mello o prêmio Nobel de Fisiologia ou Medicina em 2006. O RNAi intercepta e destrói as informações celulares conduzidas pelo RNA dentro da célula antes que sejam processadas em proteínas. Com os avanços da biotecnologia, foram desenvolvidas moléculas sintéticas de RNAi de aplicação tópica, que, pulverizadas nas lavouras, conferem proteção agrícola, reduzindo perdas.

Assinale a alternativa que preenche corretamente as lacunas nas frases a seguir.

O (i) _____ entra em contato com o RNAi pulverizado, que atua em seu processo celular, impedindo que o (ii) _____ seja traduzido como proteína. Como o (iii) _____ está associado a uma função essencial, ao ser silenciado, ocasiona a morte do organismo.

- A (i) fungo; (ii) códon; (iii) RNAm.
- B (i) inseto; (ii) RNAt; (iii) DNA.
- C (i) inseto; (ii) RNAm; (iii) gene.
- D (i) fungo; (ii) RNAr; (iii) código genético.

18 PUC-Rio A capacidade de errar ligeiramente é a verdadeira maravilha do DNA. Sem esse atributo especial, seríamos ainda bactéria anaeróbia, e a música não existiria [...]. Errar é humano, dizemos, mas a ideia não nos agrada muito, e é mais difícil ainda aceitar o fato de que errar é também biológico. (Lewis Thomas. *A medusa e a lesma*. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 1979.) Esse texto refere-se a uma característica dos seres vivos. É:

- A seleção natural.
- B reprodução.
- C excitabilidade.
- D excreção.
- E mutação

19 Uerj As células animais possuem núcleo delimitado por um envoltório poroso que funciona como uma barreira entre o material nuclear e o citoplasma. As células vegetais, apesar de possuírem núcleo similar, diferem das animais por apresentarem um envoltório externo à membrana plasmática, denominado parede celular. Aponte o motivo pelo qual o envoltório nuclear deve apresentar poros. Em seguida, cite as funções da parede celular dos vegetais e seu principal componente químico.

Texto complementar

Classificação dos cromossomos

O centrômero delimita duas partes de um cromossomo, conhecidas como braços. Os cromossomos são classificados em quatro tipos, conforme a posição do centrômero:

| Nomenclatura | Cromossomo simples | Cromossomo duplicado |
|-----------------|---|---|
| Metacêntrico |  |  |
| Submetacêntrico |  |  |
| Acrocêntrico |  |  |
| Telocêntrico |  |  |

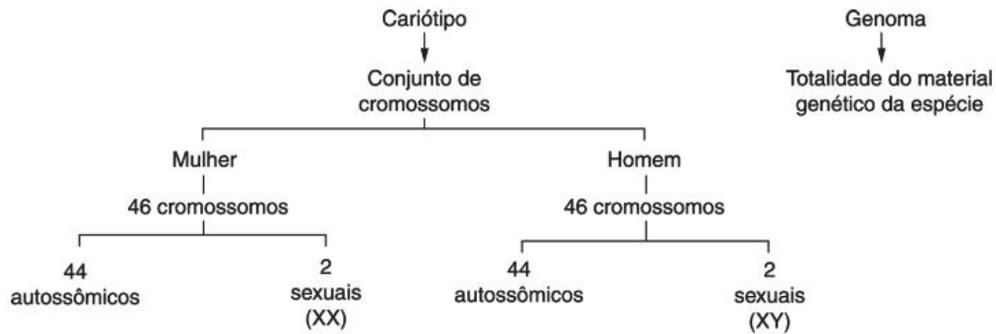
Classificação dos cromossomos.

- **Cromossomo metacêntrico:** apresenta centrômero em posição mediana; tem braços de mesmo comprimento.
- **Cromossomo submetacêntrico:** tem centrômero um pouco deslocado da posição central; apresenta um braço ligeiramente mais longo que o outro.
- **Cromossomo acrocêntrico:** seu centrômero fica próximo à uma extremidade; tem um braço longo e outro curto.
- **Cromossomo telocêntrico:** o centrômero fica na extremidade do cromossomo; esse tipo não ocorre em seres humanos.

Genoma, cariótipo e idiograma

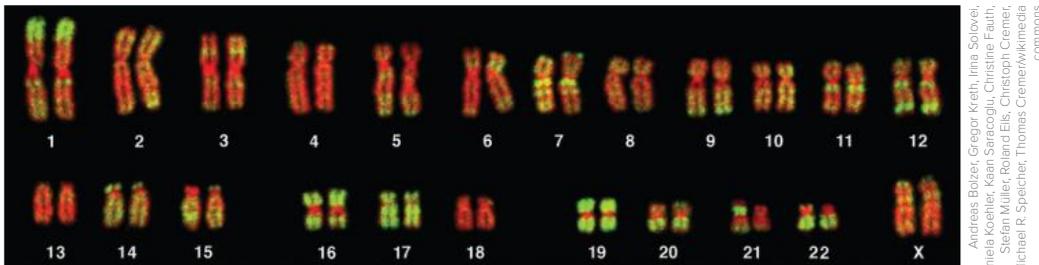
A totalidade do material genético de uma espécie constitui seu **genoma**. Isso inclui o **DNA nuclear** e o **DNA mitocondrial**; em algas e plantas, há ainda o **DNA dos cloroplastos**.

Cariótipo é o conjunto de cromossomos de um indivíduo. No ser humano há 46 cromossomos, sendo dois deles (X e Y) determinantes do sexo do indivíduo; os demais 44 cromossomos são denominados **autossômicos**. Os cromossomos sexuais são X e Y, sendo que a mulher tem cromossomos sexuais XX e os cromossomos sexuais do homem são XY. Assim, mulher e homem diferem em apenas um cromossomo, o cromossomo Y.



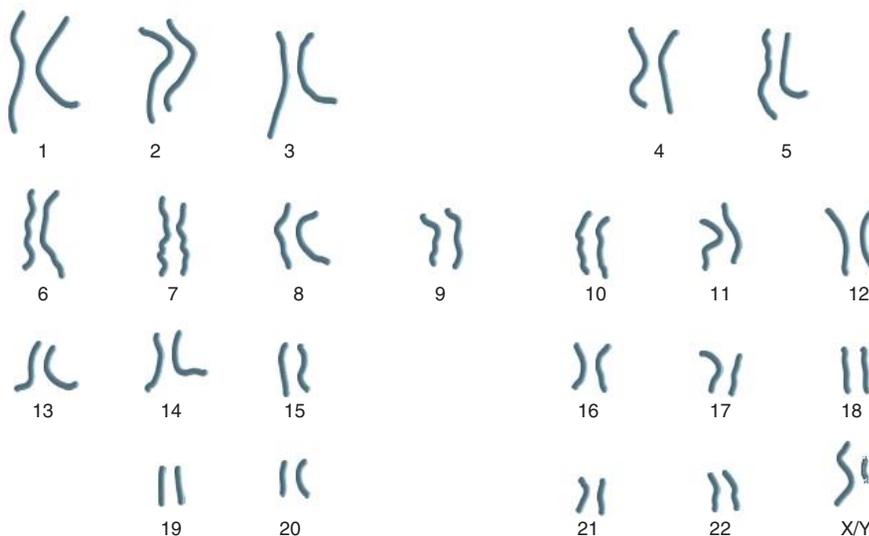
Diferenças entre cariótipo e genoma.

Idiograma é a representação organizada dos cromossomos de um indivíduo. Os pares de cromossomos são numerados e apresentados em ordem decrescente de tamanho. Os idiogramas são úteis na identificação de alterações cromossômicas, como a Síndrome de Down, caracterizada pela presença de um cromossomo adicional. Pelo cariótipo, pode-se perceber a diferença estrutural entre o cromossomo X e o cromossomo Y.



Andreas Bolzer, Gregor Kreth, Ima Solovjev, Daniela Koehler, Kaim Saracoglu, Christine Fauth, Stefan Müller, Roland Eils, Christoph Cremer, Michael R. Speicher, Thomas Cremer/wikimedia commons

Idiograma de uma mulher.



Courtesy: National Human Genome Research Institute/wikimedia commons

Idiograma de um homem.

Resumindo

1. Organização do núcleo

O núcleo é dotado de carioteca, cariolinha (ou nucleoplasma), nucléolo e filamentos de cromatina.

2. Cromatina

Um filamento de cromatina é denominado cromonema; possui DNA e histonas (proteínas associadas). Cada cromonema apresenta inúmeros genes.

3. Ciclo celular

Uma célula normalmente apresenta dois períodos: intérfase (não divisão) e divisão celular (mitose ou meiose). O DNA apresenta replicação durante a intérfase.

4. O material genético no ciclo celular

Uma célula em intérfase tem filamentos de cromatina descondensados. Pode ocorrer a replicação do material genético, gerando duas cromátides-irmãs unidas pelo centrômero.

Durante a divisão celular (mitose), o material genético sofre condensação, diferenciando-se em cromossomos. O centrômero duplica-se e há a separação das cromátides, que passam a ser denominados cromossomos-irmãos. Posteriormente, ocorre a descondensação dos cromossomos.

5. Tipos de células: haploides e diploides

Zigoto e células somáticas têm "número duplo" de cromossomos, sendo denominados células diploides. Gametas possuem "número simples" de cromossomos e são designados como células haploides. O número haploide de cromossomos é representado por n , enquanto o número diploide é indicado por $2n$.

6. Homólogos e alelos

Cromossomos homólogos têm a mesma forma, o mesmo tamanho e a mesma sequência de genes. Um é proveniente do pai e o outro da mãe. Células diploides ($2n$), como as células do corpo de um animal (somáticas), apresentam pares de cromossomos homólogos.

Células haploides (n), como os gametas de um animal, têm um representante de cada par de homólogos.

Alelos são genes localizados na mesma região de cromossomos homólogos e são responsáveis pela determinação de uma mesma característica.

7. Como o material genético funciona

Gene é um segmento de DNA que comanda a produção de uma proteína.

O DNA serve como modelo para a produção de RNA mensageiro, que se liga aos ribossomos e orienta a síntese de uma proteína. A proteína pode ser uma enzima, responsável pelo controle de uma reação química específica. Essa reação pode determinar uma característica.

8. Mutações

São modificações no material genético; ocorrem principalmente pela alteração na ordem das bases nitrogenadas.

9. Mutações – causas e consequências

Mutações são espontâneas ou induzidas por agentes do ambiente. Podem ser favoráveis, desfavoráveis ou indiferentes. Apenas as mutações que ocorrem em células germinativas são transmitidas aos descendentes.

Mutações ocorrem de modo aleatório e não são provocadas pelas necessidades dos seres vivos.

Quer saber mais?



Site

- Cromossomos

<www.genome.gov/26524120>

Exercícios complementares

1 UEM 2017 Sobre os genes e os cromossomos, assinale o que for correto.

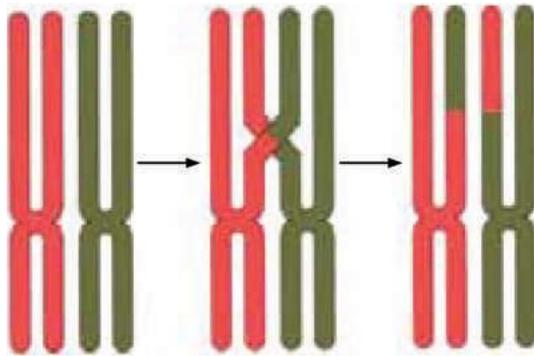
- 01 Gene é uma sequência de nucleotídeos do DNA (ácido desoxirribonucleico), que pode ser transcrita em uma versão de RNA (ácido ribonucleico).
- 02 O código genético corresponde às informações presentes no DNA para a síntese dos genes e dos cromossomos.
- 04 Cromatina é um conjunto de filamentos formados por moléculas de DNA associadas a proteínas presentes no núcleo das células eucarióticas.
- 08 Durante a divisão celular, as moléculas de DNA se separam da cromatina, formando os cromossomos duplicados.
- 16 As mutações gênicas determinam aberrações cromossômicas devido à mudança no número de cromossomos, mudança decorrente de alterações na frequência das bases nitrogenadas do DNA.

Soma:

2 Uerj Compartimentos e estruturas que contêm ácidos nucleicos, em uma célula eucariota, estão apresentados na seguinte alternativa:

- A Mitocôndria – aparelho de Golgi – lisossomo
- B Mitocôndria – retículo endoplasmático rugoso – cloroplasto
- C Retículo endoplasmático liso – aparelho de Golgi – cloroplasto
- D Retículo endoplasmático rugoso – retículo endoplasmático liso – lisossomo

3 FMJ 2016 A imagem ilustra um fenômeno que ocorre durante uma das fases da meiose I.



(www.afblum.be)

- Nomeie a fase em que ocorre esse fenômeno. Explique em que consiste esse fenômeno.
- Além do fenômeno ilustrado, existe outro que aumenta as combinações genéticas e que ocorre na metáfase I. O que caracteriza essa fase? Por que ela promove diferentes combinações genéticas?

4 Acafe 2018

As raízes de 13 milhões de DNAs

A descoberta da molécula do DNA, em 1953, que levaria os biólogos Francis Crick e James Watson ao Nobel de Medicina, foi o mais extraordinário avanço para entendermos de onde viemos, um atalho para medir os passos inaugurais da história da humanidade. No mês passado, foi anunciada outra vitória nesse campo do conhecimento humano: um estudo da Universidade Colúmbia, em Nova York, compilou as informações genéticas de 13 milhões de pessoas, de onze gerações, em uma mesma árvore genealógica. O maior mapeamento genético já realizado, um feito de proporções homéricas, que pode levar a conclusões surpreendentes acerca da evolução humana.

Fonte: *Veja*, 30/03/2018 (Adapt.). Disponível em: <https://veja.abril.com.br>

Sobre as informações contidas no texto e os conhecimentos relacionados ao tema é correto afirmar, exceto:

- As semelhanças entre moléculas biológicas podem refletir a ancestralidade evolutiva comum. Assim, ao se comparar sequências de determinados genes de diferentes espécies, é possível entender como essas espécies se relacionam evolutivamente umas com as outras.
- A estrutura do DNA, de acordo com o modelo de Watson e Crick, é uma hélice polinucleotídica de fita dupla e antiparalela. As cadeias de fosfato-desoxirribose constituem o exterior da hélice, enquanto as bases nitrogenadas são encontradas no interior e formam pares ligados por ligações de hidrogênio.
- Segundo a teoria darwinista, as mutações gênicas possibilitam o surgimento de novos genes alelos numa determinada população. Seguindo os mecanismos de seleção natural, se as características determinadas por esses novos alelos forem favoráveis à sobrevivência dos indivíduos num determinado ambiente, essas mutações se estabilizam na população.
- Algumas semelhanças físicas entre espécies são análogas, ou seja, evoluíram de forma independente em diferentes organismos que viviam em ambientes similares ou sofreram pressões seletivas semelhantes. Esse processo é chamado de Evolução Convergente.

5 UFSC 2018 Uma nova ferramenta de edição genética capaz de mudar completamente o mundo que conhecemos está deixando de ser uma possibilidade e tornando-se realidade. Ela reúne características que surpreendem até mesmo os biólogos mais experientes. Simplificadamente, é possível eliminar partes indesejadas do genoma e, se necessário, inserir novas sequências no local. Nessa técnica, uma nuclease corta as duas fitas da dupla hélice do DNA, abrindo espaço para a inserção, se for o caso, de um novo trecho de DNA, sendo possível também a edição de uma única “letra” no genoma.

Sobre os assuntos relacionados ao texto, é correto afirmar que:

- a “letra” mencionada no texto é uma referência ao tipo de açúcar (ribose ou desoxirribose) presente no DNA.
- as duas fitas do DNA mencionadas no texto são formadas por três sequências paralelas de nucleotídeos.
- os vírus podem atuar de maneira semelhante a uma etapa da técnica, pois a informação presente nos trechos de seu material genético pode ser inserida no DNA da célula hospedeira.
- para a síntese de proteínas, participam do processo apenas o DNA, o RNA mensageiro e o RNA transportador.
- alterações de apenas uma “letra” no gene não podem levar à inativação da proteína formada.
- os alelos são variações na sequência dos nucleotídeos de um gene.

Soma:

6 Fuvest Por que a ausência de nucléolo compromete a síntese de proteínas em uma célula eucarionte?

7 UFJF/Pism 2019 O ciclo celular é um período entre o surgimento de uma célula por divisão celular até o momento em que esta célula se dividirá novamente para a geração de células filhas. Na maior parte do ciclo celular a célula encontra-se na fase de _____. Esta fase é ainda dividida em três períodos, sendo que no período _____ ocorre a replicação (duplicação) do material genético destas células que já foram estimuladas a entrar em divisão. No processo de divisão celular, que é subdividido em 4 fases, ocorrem eventos marcantes que identificam estas fases, como a segregação das cromátides (cromossomos) irmãs para polos opostos durante a fase de _____.

Assinale a alternativa cuja sequência CORRETA completa os espaços tracejados:

- A Replicação do DNA, G₂, prófase.
- B Intérfase, S, anáfase.
- C G₂, G₁, anáfase.
- D Prófase, S, telófase.
- E Intérfase, G₁, metáfase

8 Unesp Se corarmos uma célula animal com um corante específico para RNA, a estrutura mais corada será:

- A o lisossomo.
- B o complexo de Golgi.
- C a mitocôndria.
- D o nucléolo.
- E o centríolo.

9 Por que uma ameba morre se retirarmos seu núcleo?

10 UFPR 2018 Uma nova espécie de mamífero foi identificada e a análise do cariótipo mostrou a existência de 12 pares de cromossomos homólogos, além de mais dois cromossomos de tamanhos diferentes, identificados como o par sexual. Considere que essa espécie de mamífero tem o mesmo sistema de determinação sexual presente em humanos e responda:

- a) Quantos cromossomos existem nas células somáticas, nos óvulos e nos espermatozoides dessa nova espécie de mamífero?
- b) O espécime que teve o cariótipo analisado é macho ou fêmea? Justifique sua resposta.
- c) Quantas moléculas de DNA cromossômico existem nos gametas dessa espécie de mamífero? Justifique sua resposta.



FRENTE 1

CAPÍTULO

3

Divisão celular: mitose e meiose

Os seres vivos são constituídos por células. Um animal é proveniente de um zigoto, que se divide, originando todas as células do indivíduo. O desenvolvimento do animal, que permite que os filhotes alcancem o tamanho dos adultos, e sua reprodução dependem da ocorrência de divisões celulares.

Conceito de mitose

Mitose é um tipo de divisão celular na qual uma célula-mãe origina duas células-filhas. As células produzidas são idênticas (cromossômica e geneticamente) entre si e à célula que lhes deu origem. Uma célula diploide ($2n$) que sofre mitose gera duas células-filhas diploides ($2n$). Há casos, comuns em plantas e algas, em que uma célula haploide (n) divide-se por mitose, originando duas células haploides (n). Até mesmo células triploides ($3n$) podem sofrer mitose (Fig. 1).

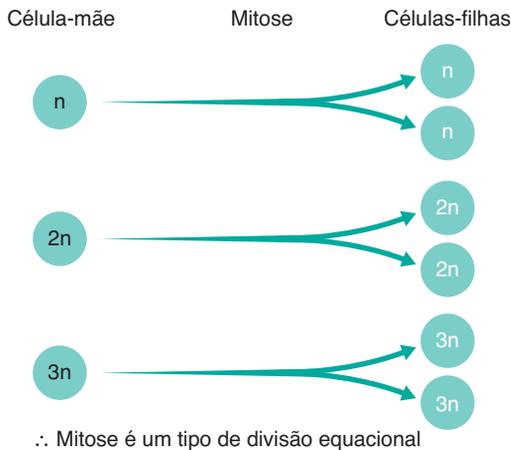


Fig. 1 Mitose mantém constante o número de cromossomos.

Como a mitose conserva a carga cromossômica, diz-se que corresponde a uma divisão equacional, e é representada por **E!**.

Papéis biológicos da mitose

A ocorrência de mitose permite que o zigoto origine todas as células componentes do organismo, participando, assim, do **crescimento** e **desenvolvimento** do indivíduo.

Durante nossa existência, perdemos muitas células, como hemácias do sangue e células da epiderme. Essas células são constantemente repostas por meio de mitose. Às vezes, seres vivos têm tecidos danificados por ferimentos ou doenças. Esses tecidos têm, na mitose, um instrumento de **reparação**; trata-se de uma adaptação do organismo que permite deter o dano causado e manter as estruturas em funcionamento.

Para alguns organismos unicelulares, como uma ameba, por exemplo, a divisão mitótica representa uma modalidade de reprodução assexuada, conhecida como **bipartição**.

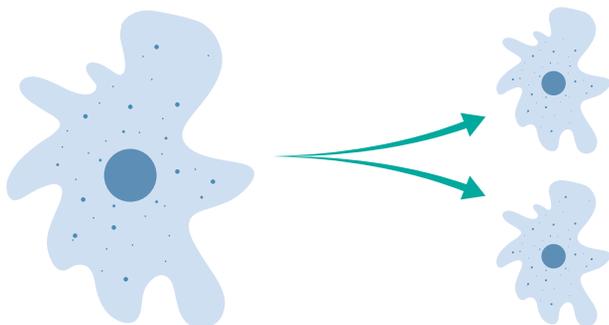


Fig. 2 Bipartição em ameba.

Certos animais, como as esponjas, têm reprodução assexuada por **brotamento**; geram uma saliência lateral que se desenvolve em uma espécie de miniatura do organismo materno. O brotamento envolve alta taxa de divisões mitóticas (Fig. 3).

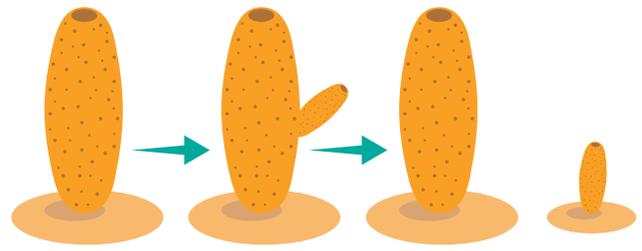


Fig. 3 Brotamento em esponja.

Alguns tecidos podem apresentar células dotadas de mutações e que têm elevada velocidade de multiplicação mitótica. Isso constitui o fundamento para o desenvolvimento de **cânceres**.

Etapas do ciclo celular

Como foi estudado no capítulo anterior, o ciclo celular compreende a **intérfase** e o processo de **divisão celular**. A intérfase é a etapa em que a célula não está se dividindo, mas pode apresentar alta atividade metabólica. A célula em intérfase apresenta carioteca e nucléolo íntegros; sua cromatina está descondensada e não se pode distinguir um cromonema de outro ao microscópio (Fig. 4).

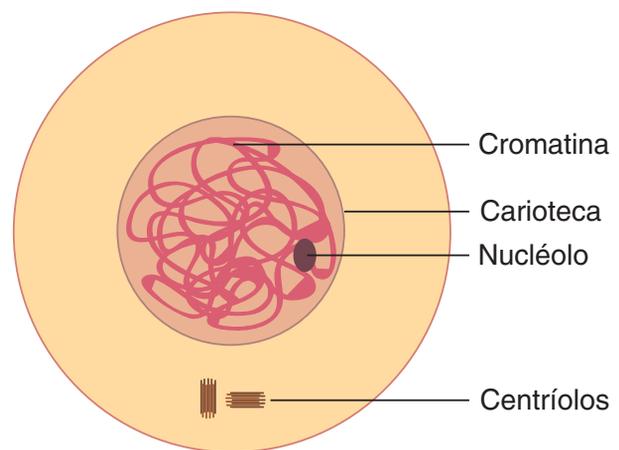


Fig. 4 Estrutura típica da célula em intérfase.

Durante a intérfase, ocorre a replicação (duplicação) do material genético e se formam cromátides idênticas, unidas pelos centrômeros. O período anterior à duplicação é denominado **G1** (do inglês *gap*, que significa intervalo). O período em que se está processando a duplicação é conhecido como **S** (de síntese); é a síntese de DNA, ou seja, a sua replicação.

Depois que a duplicação está completa, a célula encontra-se no período **G2**. Consideraremos que a quantidade de DNA nas etapas da intérfase é de $2x$ em G1 e $4x$ em G2 (Fig. 5).

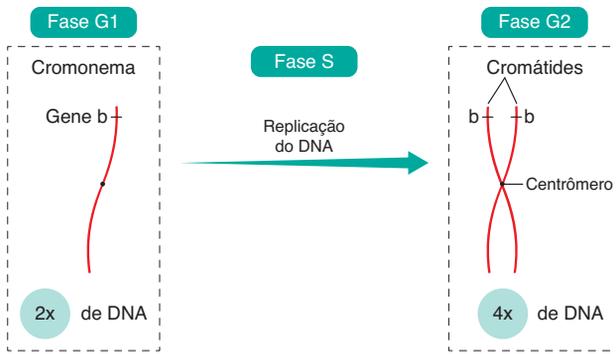


Fig. 5 O material genético e as etapas da intérfase.

Mitose

O processo mitótico é, didaticamente, dividido em quatro fases: prófase, metáfase, anáfase e telófase. A seguir, é apresentada, de maneira esquemática, a mitose em célula animal (Fig. 6).

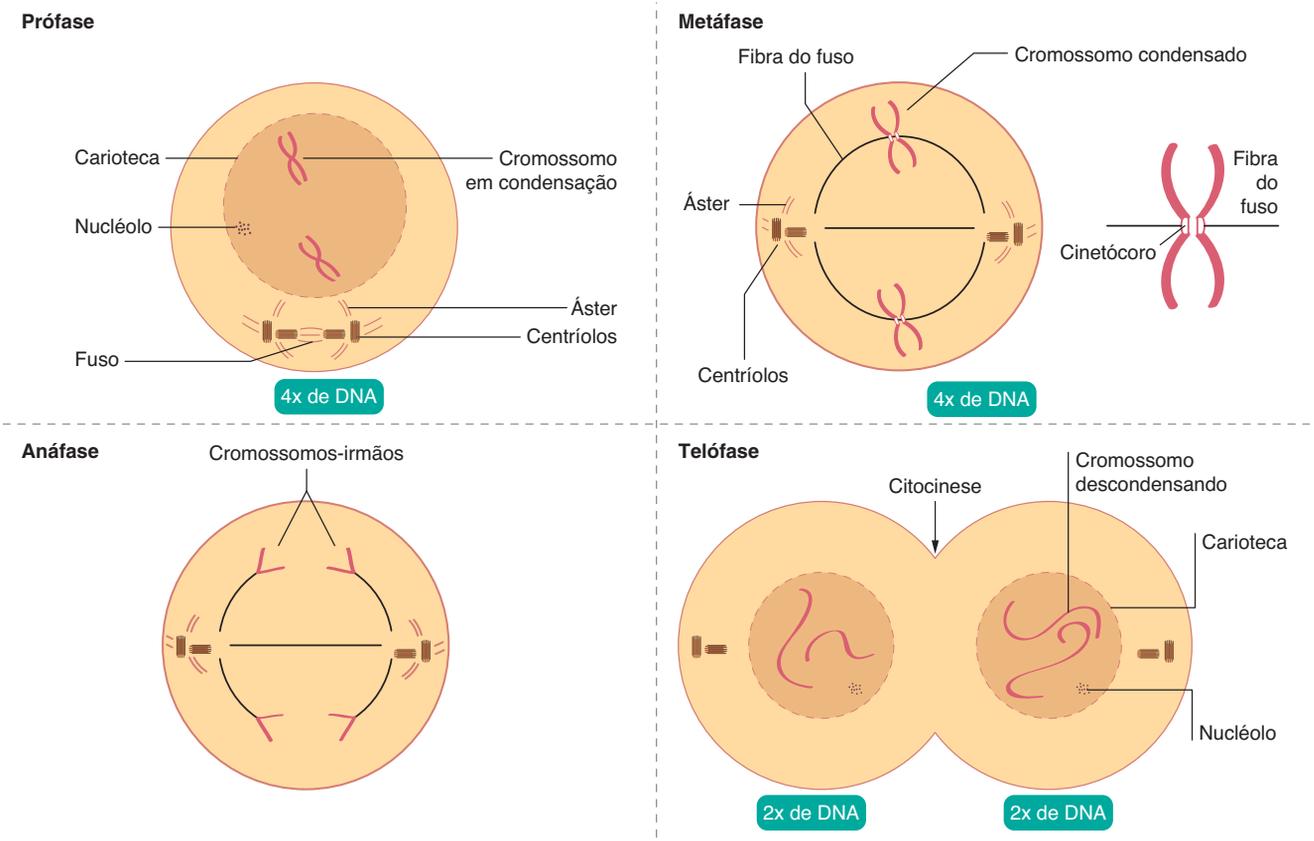


Fig. 6 Comportamento da célula durante as fases da mitose.

Prófase

É a fase mais longa da mitose. Nessa etapa, a carioteca e o nucléolo estão em processo de desagregação. O RNA ribossômico do nucléolo está sendo distribuído pela célula e será empregado na formação dos ribossomos das futuras células-filhas. As estruturas membranosas da carioteca serão reaproveitadas nas células-filhas.

O material genético está em processo de condensação; os cromossomos começam a se tornar evidentes. Uma observação importante: aqui, não ocorre pareamento de cromossomos homólogos; isso se dá durante a meiose.

A célula tem dois pares de centríolos; esses pares afastam-se, migrando para polos opostos. A célula tem intensa produção de filamentos, conhecidos como **microtúbulos**, constituídos por proteína tubulina. Notam-se dois tipos de microtúbulos: **âster**, ao redor de centríolos, e **filamentos do fuso**, localizados entre os pares de centríolos.

Metáfase

A carioteca e o nucléolo foram totalmente desagregados. Os dois pares de centríolos encontram-se em polos opostos; entre eles, há diversas fibras do fuso.

Os cromossomos apresentam máxima condensação e estão presos às fibras do fuso por meio do centrômero. Os cromossomos ficam na região mediana da célula. O centrômero tem proteínas que constituem o cinetócoro, no qual as fibras do fuso ficam ligadas. A metáfase é o período que permite a melhor observação dos cromossomos. No final dessa fase, acontece a duplicação dos centrômeros.

Anáfase

Ocorre o encurtamento de fibras do fuso e a separação total das duas cromátides-irmãs, originando os cromossomos-filhos, que são tracionados para polos opostos.

Telófase

Os cromossomos chegam às extremidades opostas e iniciam a descondensação. Os microtúbulos do áster e do fuso começam a se desagregar. A carioteca e o nucléolo estão em processo de reorganização. O citoplasma sofre um estrangulamento que culmina com sua divisão; trata-se da **citocinese**.

Esse estrangulamento, característico de células animais, deve-se ao deslizamento de proteínas de um anel na superfície da célula.

A variação na quantidade de DNA na mitose

O número de cromossomos não se altera na divisão mitótica. No entanto, a quantidade de DNA dobra durante a intérfase (no período S) e volta a cair na anáfase. O comportamento da quantidade de DNA no decorrer do ciclo celular pode ser mais bem visualizado em um gráfico (Fig. 7).

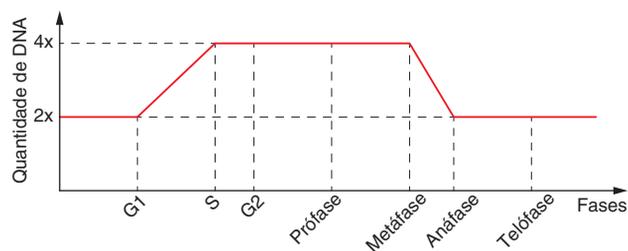


Fig. 7 Gráfico representativo da variação da quantidade de DNA ao longo do ciclo celular com mitose.

Mais detalhes

O ciclo celular tem eventos de grande complexidade, que podem ser mais bem compreendidos depois de sedimentarmos os processos mais gerais. Agora, serão apresentados alguns detalhes sobre o ciclo celular.

Microtúbulos

Microtúbulos são os componentes dos centríolos, do áster e do fuso. Eles são formados pela proteína

tubulina, que é sintetizada nos ribossomos. Posteriormente, as moléculas de tubulina são agrupadas (polimerizadas) dentro de uma estrutura conhecida como centrossomo. A polimerização da tubulina leva à formação dos microtúbulos. O centrossomo é uma estrutura não delimitada por membrana; em seu interior, encontram-se os centríolos (Fig. 8).

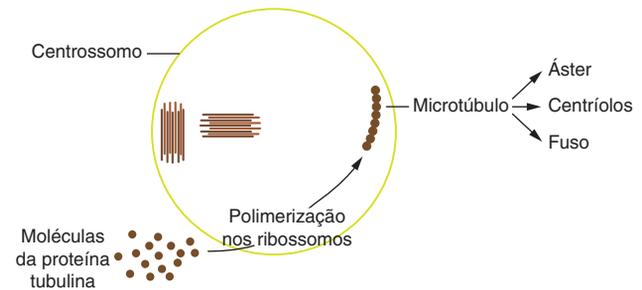


Fig. 8 Origem e destino dos microtúbulos.

Células de vegetais dotadas de sementes (gimnospermas e angiospermas) não possuem centríolos, mas têm estruturas correspondentes aos centrossomos, os MTOCs (centro organizador de microtúbulos). Assim, essas células são capacitadas a produzir fibras do fuso, indispensáveis ao processo mitótico.

Vimblastina e colchicina

A vimblastina e a colchicina, quando são empregadas no meio de cultura em que as células estão imersas, impedem a formação das fibras do fuso. Dessa maneira, as células duplicam os filamentos de cromatina, que depois sofrem condensação e chegam a duplicar o centrômero. No entanto, sem o fuso, as células não completam o processo de divisão e chegam somente até a metáfase (Fig. 9).

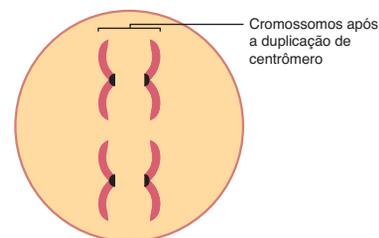


Fig. 9 Aspecto dos cromossomos de uma célula na qual não há formação de fibras de fuso.

Esse procedimento tem emprego experimental e é usado para realizar o estudo dos cromossomos do indivíduo.

Mitose em células animais e vegetais

Como vimos, células de animais têm centríolos; sua mitose é denominada **cêntrica**. Células de vegetais com sementes não possuem centríolos; sua mitose é **acêntrica**. Células de animais formam áster (mitose **astral**), e as células de vegetais não produzem áster (mitose **anastral**).

Outra diferença entre as mitoses animal e vegetal é a citocinese. Nos animais, ela se dá de fora para dentro (por estrangulamento), sendo denominada **centrípeta**. Em células vegetais, a citocinese se realiza do centro para a periferia, e é denominada **centrífuga**.

Células vegetais vizinhas são unidas por uma estrutura cimentante, a lamela média. As células vizinhas comunicam-se por meio de canalículos citoplasmáticos, denominados plasmodesmos. Verifica-se que duas células vegetais vizinhas podem ter se originado de uma célula-mãe, em consequência de uma divisão mitótica.

Quando uma célula vegetal está em telófase, sua região mediana passa a apresentar fragmoplastos, vesículas golgianas que sintetizam os componentes da lamela média, a qual vai unir as duas células quando o processo de divisão se completar. A formação de lamela média começa na região central da célula e avança para a periferia (um processo centrífugo).

Depois de ser formada a lamela média, inicia-se a produção da parede celular. As células, então separadas, mantêm plasmodesmos entre elas (Fig. 10).

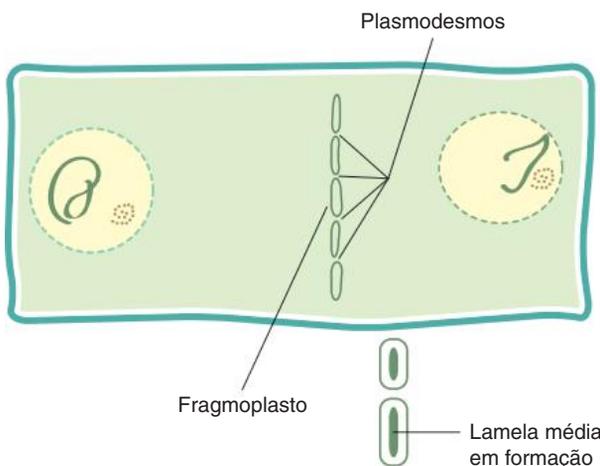


Fig. 10 A lamela média é formada pelo fragmoplasto. O processo inicia-se no centro da célula e prossegue até a periferia, caracterizando a citocinese centrífuga.

Conceito de meiose

Meiose é um tipo de divisão celular na qual uma célula-mãe diploide produz quatro células-filhas haploides (Fig. 11). Isso significa que a meiose reduz à metade o número de cromossomos; assim, a meiose é uma divisão reducional e pode ser representada por **R!**.

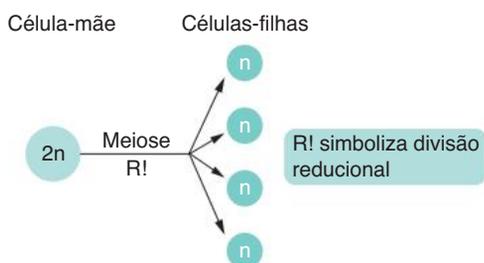


Fig. 11 Meiose reduz o número de cromossomos à metade; é uma divisão reducional.

Papéis biológicos da meiose

A meiose está intimamente relacionada com processos reprodutivos, uma vez que pode gerar **gametas** (nos animais) e **esporos** (em plantas e outros organismos). Gametas de animais são o espermatozoide e o óvulo; essas células haploides se unem e formam um zigoto, que origina um novo organismo diploide (Fig. 12).

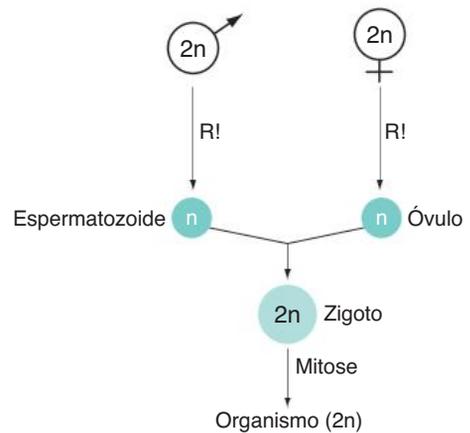


Fig. 12 Os gametas dos animais são gerados por meiose. Com a fecundação é formado o zigoto diploide.

Esporos são células reprodutoras haploides e originam um novo organismo também haploide, sem fusão com outra célula. Uma samambaia, por exemplo, é um organismo (2n) que apresenta, em suas folhas, pequenas estruturas escuras, conhecidas como soros. No interior de cada soro, ocorre a produção de esporos (n) por meiose. Cada esporo, ao cair em solo úmido, sofre mitoses e provoca o surgimento de uma planta também haploide (Fig. 13).



Fig. 13 A meiose nos vegetais gera esporos. Cada esporo é capaz de gerar um indivíduo haploide por meio de mitose.

O ciclo de vida da samambaia será detalhado mais adiante.

Meiose

Uma célula (2n) tem a replicação do seu material genético durante a intérfase. Então, a célula entra em meiose, que consta de duas grandes etapas: **meiose I (reducional)** e **meiose II (equacional)**. A meiose I cria duas células (n), as quais ingressam em meiose II; cada célula gera outras duas, totalizando quatro células-filhas (n) (Fig. 14).

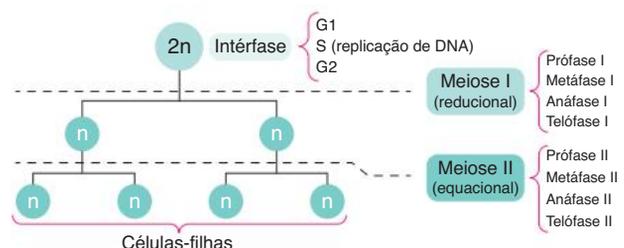


Fig. 14 Principais etapas do processo meiótico, que compreende: intérfase, meiose I, intercinese e meiose II.

Cada uma das etapas de divisão meiótica (meiose I e meiose II) é subdividida em prófase, metáfase, anáfase e telófase. Entre a meiose I e a meiose II, há um período conhecido como **intercinese**, que se manifesta rapidamente.

Vamos considerar uma célula do testículo de um animal. Ela passa por intérfase, meiose I, intercinese (rapidamente) e meiose II.

Intérfase

A célula tem carioteca e nucléolo íntegros. No final da intérfase, ocorre a duplicação dos centríolos. A cromatina encontra-se descondensada e acontece a duplicação do material genético. Antes disso, a célula encontrava-se em G1; depois da replicação, a célula passa para o período G2. Adotaremos que a quantidade de DNA nuclear da célula em G1 é igual a 2x; então, em G2 a célula apresenta 4x de DNA.

Processo meiótico

Para facilitar a compreensão dos processos envolvidos na meiose, vamos considerar uma célula que apresenta apenas um par de cromossomos homólogos ($2n = 2$).

Durante a meiose I, realizam-se dois processos significativos: o **pareamento dos homólogos**, seguido de sua **separação**. São produzidas duas células-filhas haploides (n). Na meiose II, cada célula formada na etapa anterior tem um representante do par de homólogos. O processo mais significativo da meiose II é a separação das cromátides, gerando os cromossomos-irmãos, que são encaminhados para cada uma das células-filhas, em um total de quatro células haploides (Fig. 15).

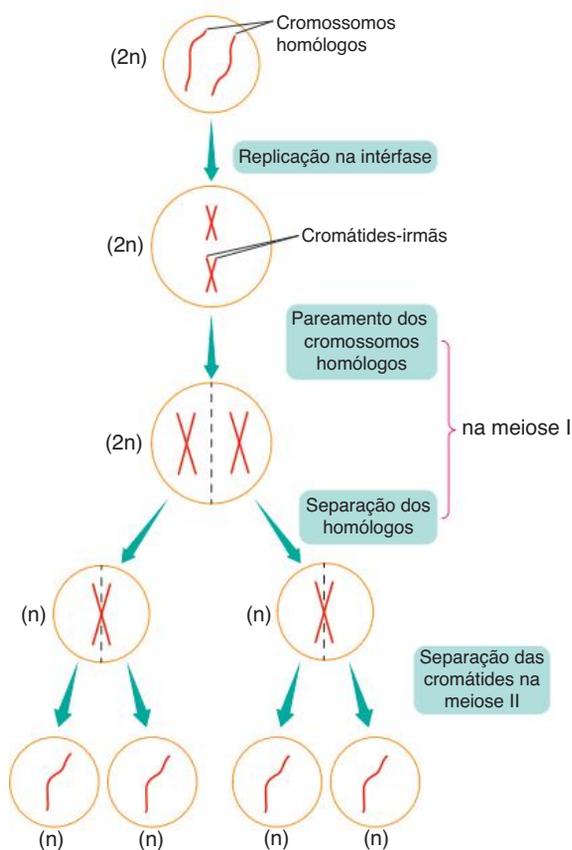


Fig. 15 Comportamento geral do material genético ao longo do processo meiótico.

Meiose I

A seguir, são descritos os passos gerais do processo, com destaque para o comportamento do material genético (Fig. 16).

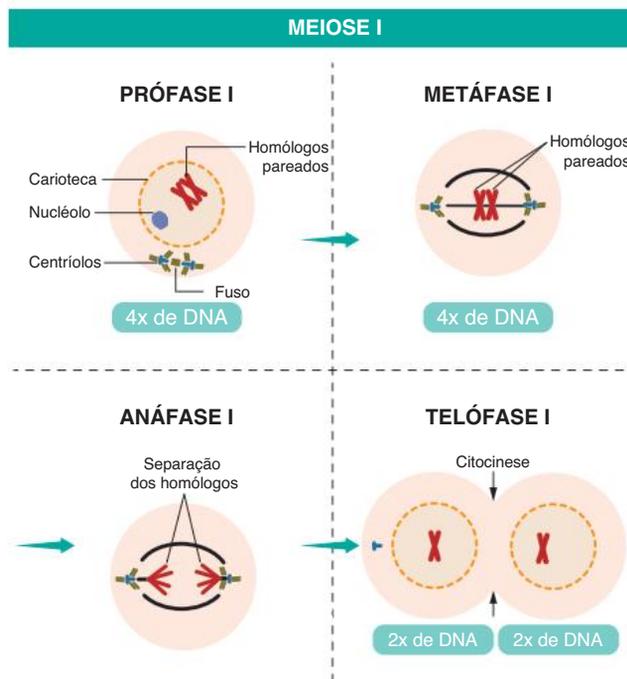


Fig. 16 Descrição dos principais processos da meiose I. São fundamentais o pareamento de homólogos (prófase I) e sua posterior separação (anáfase I).

- **Prófase I:** a carioteca e o nucléolo estão em processo de desagregação. Os cromossomos sofrem condensação e ocorre o pareamento dos homólogos. Um par de homólogos constitui um bivalente ou tetrade (pois o conjunto tem quatro cromátides). Os centríolos já estão duplicados; ao redor de cada par de centríolos forma-se o áster; entre os pares, organizam-se as fibras do fuso.
- **Metáfase I:** a carioteca e o nucléolo completaram o processo de desagregação. Os pares de centríolos estão em polos opostos. Os cromossomos atingem sua máxima condensação; estão pareados, presos ao fuso pelo centrômero e ocupam a região mediana da célula.
- **Anáfase I:** fibras do fuso sofrem encurtamento (por despolimerização), separando os cromossomos homólogos, que são tracionados para polos opostos.
- **Telófase I:** os cromossomos atingem as extremidades e se dá a separação do citoplasma (citocinese). Há uma incipiente transição (intercinese) e as células geradas ingressam na segunda etapa da divisão meiótica.

Meiose II

As duas células-filhas criadas na etapa anterior são haploides e dotadas de cromossomos duplicados (com duas cromátides) (Fig. 17).

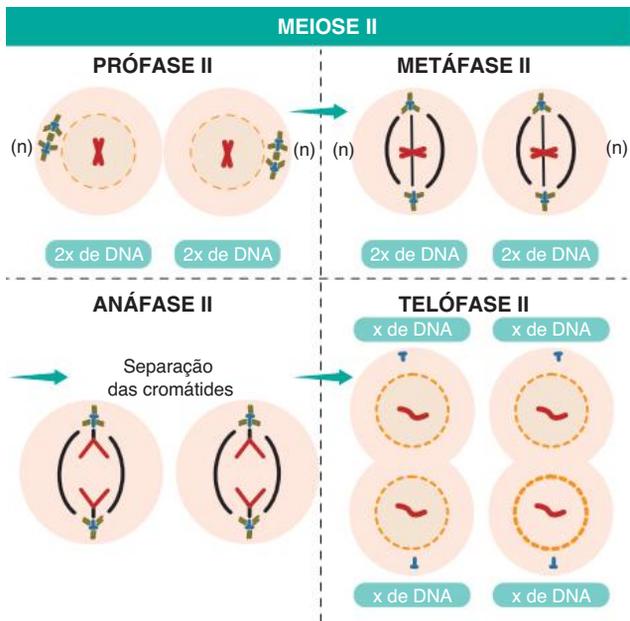


Fig. 17 Representação das principais fases da meiose II. Vimos que na anáfase I ocorre a separação de cromossomos homólogos; e na anáfase II há a separação de cromátides-irmãs.

- **Prófase II:** cada célula possui um representante do par de homólogos. Os centríolos migram para polos opostos e o fuso alonga-se.
- **Metáfase II:** não há mais carioteca e os cromossomos prendem-se no fuso pelo centrômero, ocupando a região mediana da célula. No final da metáfase II, ocorre a duplicação do centrômero. É importante notar que na metáfase I a célula tem os dois representantes do par de homólogos; na metáfase II, a célula possui um representante do par de homólogos.
- **Anáfase II:** fibras do fuso sofrem encurtamento e realiza-se a separação das cromátides, originando os cromossomos-irmãos, que são puxados para extremidades opostas.
- **Telófase II:** os cromossomos chegam às extremidades e iniciam sua descondensação. O fuso é desfeito e acontece a reorganização da carioteca. Com a citocinese, formam-se quatro células haploides, que têm a metade do número de cromossomos presentes na célula-mãe.

Variação na quantidade de DNA

Durante o processo de divisão meiótica, a quantidade de DNA apresenta variações: dobra no decorrer da intérfase (período S) e sofre duas reduções (na anáfase I e na anáfase II), como pode ser observado no gráfico (Fig. 18).

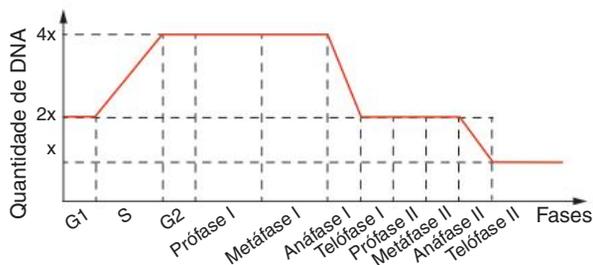


Fig. 18 Gráfico representativo da variação da quantidade de DNA ao longo do ciclo celular com meiose.

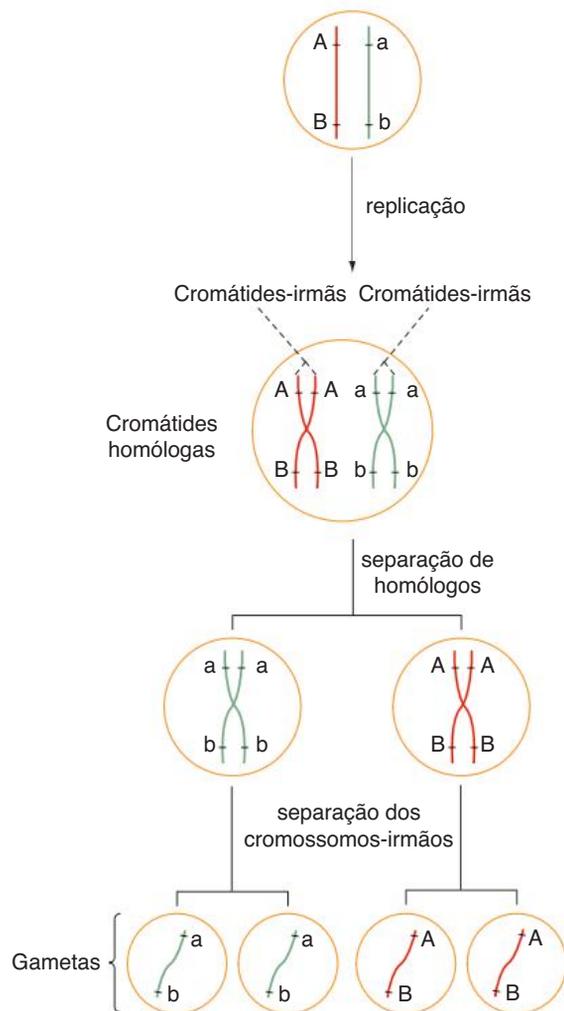
Meiose e variabilidade genética

A meiose produz células reprodutoras e contribui para o aumento da **variabilidade genética** da espécie, por meio de dois processos: **crossing-over** e **segregação independente dos cromossomos homólogos**.

Crossing-over

É também denominado **recombinação** ou **permutação**. Ocorre na prófase I, provavelmente no paquíteno (veja no Texto Complementar). No caso dos animais, determina a formação de novos tipos de gametas e isso eleva a variabilidade genética da espécie.

Em primeiro lugar, vamos considerar uma célula diploide que gera gametas sem a ocorrência de *crossing-over*. No mesmo cromossomo, encontramos diferentes genes, indicados por "A" e "B". Um dos homólogos apresenta os genes A e B; o outro homólogo tem os alelos a e b. Os gametas gerados são de dois tipos apenas: AB e ab (Fig. 19).



Conclusão: são produzidos dois tipos de gametas (AB e ab)

Fig. 19 Uma célula dotada de um par de homólogos gera dois tipos de gametas.

Em seguida, vamos acompanhar a formação de gametas com a ocorrência de *crossing-over*. A descrição a seguir (Fig. 20) envolve um modelo simplificado, já que, mais adiante, o assunto será retomado mais profundamente (incluindo um tratamento matemático).

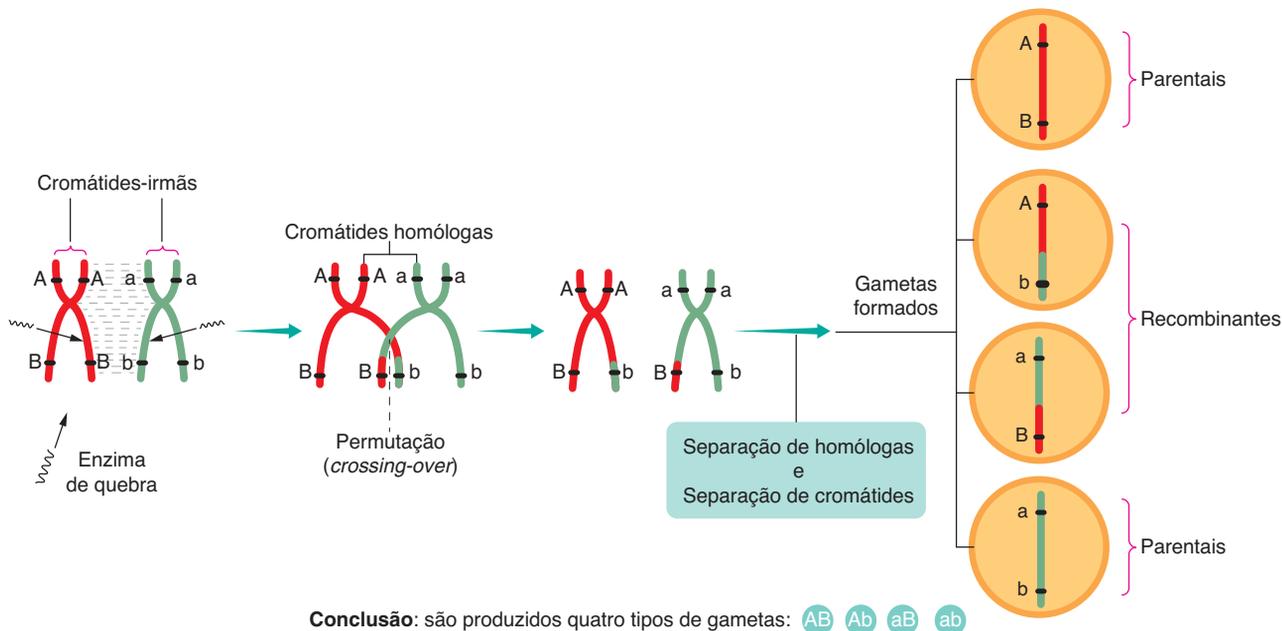


Fig. 20 O *crossing-over* permite a formação de gametas com novas combinações de genes, contribuindo para o aumento da variabilidade genética.

O pareamento dos homólogos é propiciado por filamentos proteicos (o **complexo sinaptonêmico**). Durante a aproximação dos cromossomos, podem acontecer quebras em pontos correspondentes de cromátides homólogos. Depois disso, realiza-se uma troca de pedaços entre as cromátides homólogas, o que caracteriza o *crossing-over*. Como decorrência dessa troca, formam-se os **quiasmas**. Posteriormente, há a separação dos homólogos e, na meiose II, as cromátides separam-se. O resultado é a formação de quatro tipos de gametas, dois deles apresentando novas combinações de genes (são os gametas recombinantes).

Atenção

Crossing-over é a troca de pedaços entre cromátides homólogas; não é mutação. Uma mutação gênica envolve a alteração da sequência de bases nitrogenadas de um determinado gene; a mutação gênica pode gerar novos tipos de alelos.

Segregação independente dos homólogos

Na anáfase I, verifica-se a separação dos homólogos e a maneira como isso ocorre interfere nos tipos de gametas gerados no processo. Um modelo simplificado permite compreender melhor esse conceito (Fig. 21).

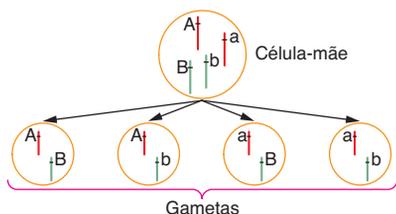


Fig. 21 Célula com dois pares de cromossomos homólogos e as possíveis células-filhas geradas por meiose.

Vamos considerar uma célula-mãe com dois pares de cromossomos homólogos ($2n = 4$). Um par apresenta cromossomo com alelo **A** e o outro cromossomo do par

tem alelo **a**. No outro par de homólogos, um cromossomo tem alelo **B** e o outro cromossomo possui o alelo **b**. Não há necessidade de representar todas as etapas do processo (duplicação, pareamento de homólogos, separação de homólogos e de cromátides). É importante entender que cada gameta possui um representante de cada par de homólogos; em cada cromossomo haverá um dos genes considerados (A ou B). Uma célula com cromossomos Aa e Bb formará quatro tipos de gametas: AB, Ab, aB e ab.

O número de tipos de gametas é calculado pela fórmula 2^n , sendo **n** o número de pares de homólogos ($n = 2$). Então, o número de tipos de gametas é dado por $2^n = 4$, ou seja, realmente são produzidos quatro tipos de gametas.

No ser humano, há 46 cromossomos, ou 23 pares ($n = 23$). O número de tipos de gametas é obtido por $2^{23} = 8.388.608$, ou seja, uma pessoa pode produzir um enorme número de tipos de gametas (sem incluir no cálculo a ocorrência de *crossing-over*).

Gametogênese

É o processo de formação de gametas: **espermatozoides** (masculino) e **óvulos** (feminino). Os gametas são produzidos no interior de **gônadas**, sendo as masculinas os testículos e as femininas os ovários. A formação de espermatozoides é denominada espermatogênese; a produção de óvulo corresponde à ovogênese.

Processo geral

A gametogênese tem início no embrião, nas células germinativas primordiais ($2n$). Essas células multiplicam-se por mitose no interior das gônadas ainda em formação. Células germinativas originam **gônias** ($2n$), muito semelhantes a elas. As gônias também se multiplicam por mitose, gerando novas gônias. No homem, isso ocorre durante toda a vida, mesmo em idade avançada. Na mulher, a mitose das gônias cessa antes do nascimento.

As gônias crescem e delas derivam células, também diploides, denominadas **citos de primeira ordem** ou **citios primários (Cito I)**: no homem, são **espermatoócitos I**; na mulher, **ovócitos I**.

Citos I apresentam pares de cromossomos homólogos e sofrem a primeira divisão meiótica, na qual se dá a separação dos cromossomos homólogos. São geradas células haploides (n), conhecidas como **citios de segunda ordem (Citos II)**. Os citos II são haploides e possuem um representante de cada par de homólogos ainda duplicados.

Citos II passam pela segunda divisão meiótica (meiose II); acontece a separação das cromátides, gerando células haploides. Seguem-se, em geral, algumas modificações que levam ao desenvolvimento dos gametas (Fig. 22).

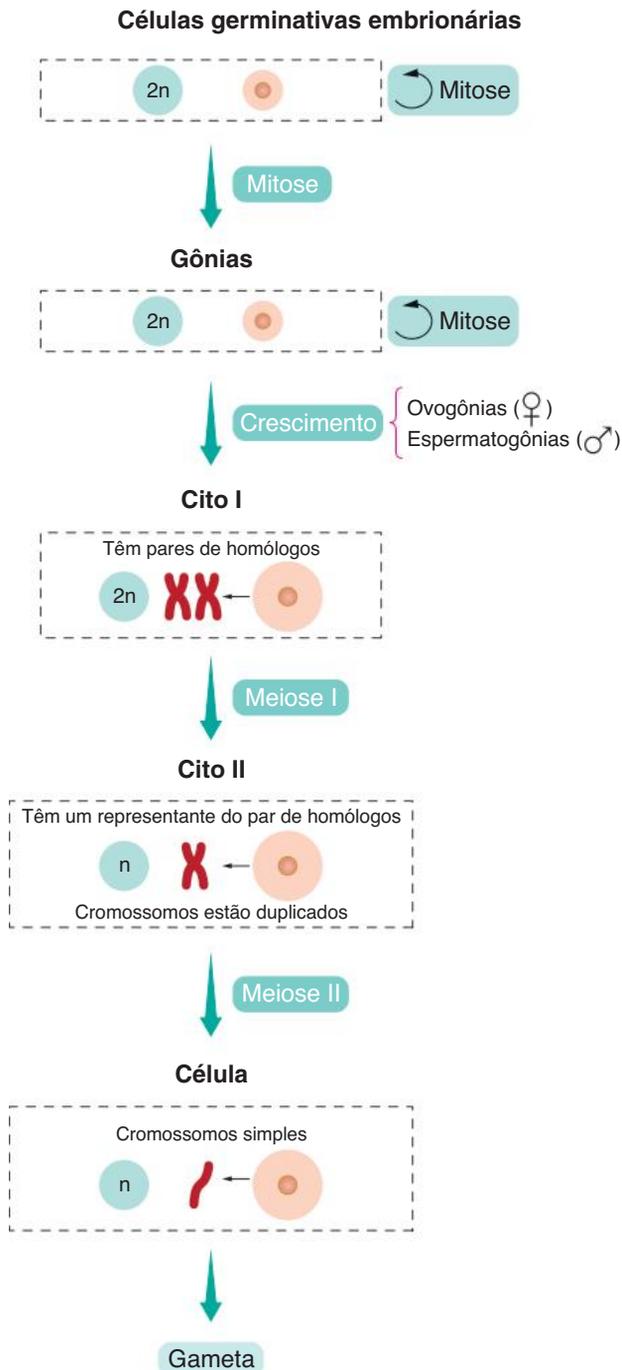


Fig. 22 Processo geral de gametogênese, mostrando o comportamento dos cromossomos.

A seguir, são retomados esses aspectos gerais e discutem-se as particularidades da espermatogênese e da ovogênese.

Espermatogênese

Envolve os seguintes passos (Fig. 24):

- espermatogônias ($2n$) multiplicam-se por mitose;
- algumas espermatogônias ($2n$) crescem e originam espermatoócitos I ($2n$);
- com a primeira divisão meiótica, cada espermatoócito I ($2n$) produz dois espermatoócitos II (n);
- com a segunda divisão meiótica, cada espermatoócito II (n) gera duas espermátides (n), no total de quatro;
- as espermátides sofrem diferenciação celular, uma etapa denominada espermiogênese, formando os espermatozoides. Uma das principais alterações é o desenvolvimento de flagelo, que confere mobilidade ao espermatozoide.

É importante observar a proporção entre as diversas fases da espermatogênese (Fig. 23).



Fig. 23 A partir de uma espermatogônia são gerados quatro espermatozoides.

Ovulogênese ou ovogênese

Apresenta as seguintes etapas (Fig. 24):

- ovogônias ($2n$) sofrem mitose e geram outras ovogônias. Esse processo é interrompido antes do nascimento;
- cada ovogônia ($2n$) cresce e se converte em um ovócito I ($2n$), que fica estacionado em prófase I, às vezes por décadas (o processo prossegue a cada ciclo menstrual da mulher, começando na puberdade);
- ocorre a primeira divisão meiótica e são produzidas duas células haploides: um ovócito II (n) e um corpúsculo polar (n);
- com a segunda divisão meiótica, o corpúsculo polar cria dois corpúsculos polares (n); ovócito II gera um óvulo (n) e um corpúsculo polar (n). Assim, são gerados três corpúsculos polares (n) e um único óvulo (n).

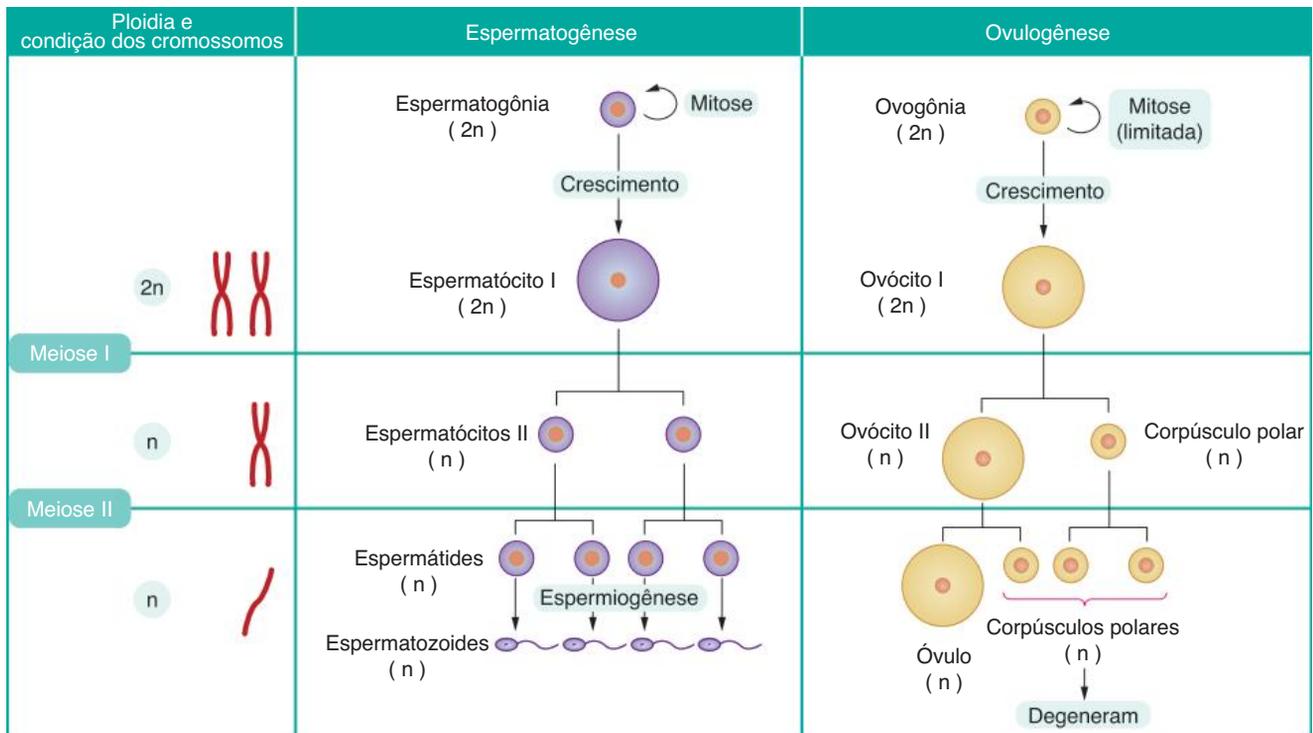


Fig. 24 Uma espermatogônia origina quatro espermatozoides, e uma ovogônia origina apenas um óvulo.

Também é importante observar a proporção entre as etapas da ovulogênese (Fig. 25).

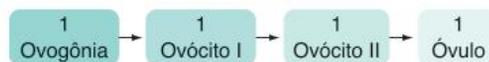


Fig. 25 De uma ovogônia é gerado apenas um óvulo.

Aproximadamente na metade de um ciclo menstrual regular (de 28 dias) acontece a ovulação. Isso significa que um dos ovários da mulher libera um óvulo para a tuba uterina mais próxima. É nesse período que pode ocorrer a fecundação do óvulo por um espermatozoide, formando o zigoto.

Na realidade, as coisas se passam de modo diferente (Fig. 26). O ovário não libera um óvulo e sim um ovócito II, e é nele que o espermatozoide ingressa. Nesse momento, o ovócito II completa a meiose II, gera um óvulo e um corpúsculo polar. O núcleo do espermatozoide une-se ao núcleo do óvulo e forma-se o zigoto ($2n$).

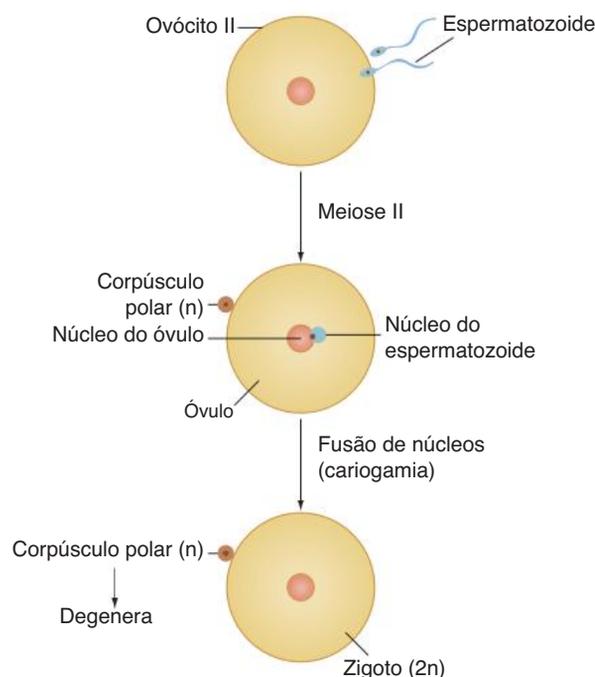


Fig. 26 A fecundação envolve a entrada do espermatozoide no ovócito II. A figura mostra a formação do óvulo e do zigoto.

Revisando

1 O que é mitose? Por que a mitose é denominada divisão equacional?

2 **Uece 2019** No que diz respeito ao ciclo celular, é correto afirmar que

- A a divisão celular é necessária para a reprodução celular, o crescimento e o reparo de um organismo; nos organismos unicelulares, ela tem finalidade essencialmente reprodutiva.
- B células eucariontes se reproduzem por um processo chamado de fissão enquanto as células procariontes se reproduzem pelos processos chamados de mitose e meiose.
- C a citocinese é uma etapa da divisão celular semelhante em células vegetais e células animais.
- D interfase é uma etapa de preparação para a divisão celular, que consiste das subfases G1, S e G2. Na subfase G1 da interfase, ocorre a síntese do DNA.

3 Relacione mitose com câncer.

4 Quais são as etapas da intérfase? Em qual delas acontece a replicação do material genético?

5 Cite as quatro fases da mitose. O que é citocinese?

6 Associe as fases da mitose com os seguintes processos: início da condensação, cromossomos localizados na região mediana da célula, separação das cromátides (com a formação dos cromossomos-irmãos) e reconstrução do núcleo.

7 IFPE 2018 Na doença de Alzheimer, as alterações na proteína “tau” levam à desintegração dos “microtúbulos” existentes nas células do cérebro, destruindo o sistema de transporte dos neurônios, ou seja, inicialmente provoca disfunções na comunicação bioquímica entre os neurônios e, numa fase posterior, a morte destas células.

Na divisão celular os “microtúbulos” são responsáveis

- A pela organização do fuso mitótico.
- B pela contração muscular.
- C pela atividade de endocitose.
- D pela atividade de exocitose.
- E pelo estrangulamento da célula na citocinese.

8 O que é meiose? Quais células a meiose gera nos animais e nos vegetais?

9 UFPR 2016 Desastres em usinas nucleares, como os ocorridos em Chernobyl (1986) e Fukushima (2011), geram preocupação devido às grandes quantidades de material radioativo lançadas no ambiente. A radiação produz mutações, tendo efeitos sobre a hereditabilidade. No caso das células do sistema reprodutor masculino, a duração dos efeitos depende do estágio da espermatogênese afetado pela radiação, podendo haver menor ou maior chance de a mutação causar efeitos transgeracionais (aparecer nas gerações futuras). O efeito da radiação será mais duradouro e será mais provável a observação de efeitos transgeracionais se a mutação ocorrer:

- A nos espermatozoides.
- B nas espermátides.
- C nas espermatogônias.
- D nos espermátocitos I.
- E nos espermátocitos II.

10 Qual é o nome da meiose II? O que se passa com o material genético nessa etapa?

11 Cite dois processos que se verificam na meiose e que contribuem para o aumento da variabilidade genética.

12 Coloque em ordem correta o surgimento das células na gametogênese: cito I, células germinativas, cito II e gônia. Indique a carga cromossômica de cada uma dessas células.

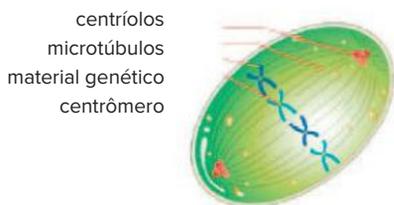
13 UFPR 2019 Sobre a divisão celular, é correto afirmar:

- A Ao final da mitose ocorre redução da ploidia da célula por meio da separação das cromátides-irmãs.
- B Os gametas haploides são originados por meio da separação dos cromossomos homólogos que ocorre na meiose I.
- C A segregação dos cromossomos homólogos ocorre durante a mitose I, originando gametas haploides.
- D A meiose origina gametas haploides por meio da separação das cromátides-irmãs.
- E O *crossing over* ocorre durante a mitose, podendo produzir gametas recombinantes.

14 Por que na gametogênese feminina cada ovogônia origina um único óvulo?

Exercícios propostos

- 1 Uerj 2020** Os microtúbulos, produzidos pelos centríolos, costumam ser comparados a trilhos, já que é por meio deles que o material genético se desloca durante a divisão celular. A imagem abaixo ilustra essas estruturas.

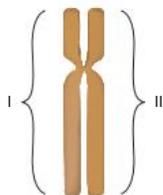


Adaptado de quizlet.com.

Durante o processo de divisão mitótica, os microtúbulos são responsáveis pelo processo de:

- A espiralização do DNA
 - B recombinação dos alelos
 - C duplicação das cromátides
 - D organização dos cromossomos
- 2 PUC-Campinas** A radiação UV-B causa mutações no DNA. Se uma célula sofrer uma mutação que impeça a organização das fibras do fuso mitótico, o processo de divisão celular será interrompido na fase de:
- A intérfase, G1.
 - B intérfase, G2.
 - C citocinese.
 - D metáfase.
 - E anáfase.

- 3 Unifesp** Analise a figura.



A figura representa um cromossomo em metáfase mitótica. Portanto, os números I e II correspondem a:

- A cromossomos emparelhados na meiose, cada um com uma molécula diferente de DNA.
 - B cromátides não irmãs, cada uma com uma molécula idêntica de DNA.
 - C cromátides-irmãs, cada uma com duas moléculas diferentes de DNA.
 - D cromátides-irmãs, com duas moléculas idênticas de DNA.
 - E cromossomos duplicados, com duas moléculas diferentes de DNA.
- 4 IFBA 2018** Câncer é o nome dado a um conjunto de mais de 100 doenças que têm em comum o crescimento desordenado de células que invadem os tecidos e órgãos, podendo espalhar-se (metástase) para outras regiões do corpo. De todos os casos, 80% a 90% dos cânceres estão associados a fatores ambientais, tais como, cigarro, exposição excessiva ao sol e alguns vírus.

Instituto Nacional de Câncer (INCA). Disponível em http://www.inca.gov.br/conteudo_view.asp?id=322. Acesso em 7 ago. 2017.

De acordo com a parte descrita no trecho acima, “o crescimento desordenado de células”, qual seria o processo no organismo humano que pode causar tal crescimento incomum e, conseqüentemente, estar envolvido no desenvolvimento de câncer? Escolha a alternativa que contém a resposta correta.

- A Respiração celular
- B Fecundação
- C Mitose
- D Circulação sanguínea
- E Crossing over

- 5 PUC-RS** A mitose ocorre em diferentes estágios.

Na _____, os cromossomos replicados, compostos de um par de _____, se condensam, o fuso é montado, a membrana nuclear desaparece e o nucléolo não é mais visível.

Na _____, os cromossomos replicados se alinham no centro da célula.

Na _____, os pares de _____ se separam, dividindo igualmente os cromossomos para as células-filhas.

Na _____, as novas células se separam. Finalmente, a citocinese separa os componentes citoplasmáticos.

A seqüência das palavras que completam corretamente as frases é:

- A prófase – centrômeros – anáfase – metáfase – cromátides – telófase.
- B prófase – centrômeros – metáfase – anáfase – cromátides – telófase.
- C prófase – cromátides – metáfase – anáfase – centrômeros – telófase.
- D telófase – cromátides – metáfase – anáfase – centrômeros – prófase.
- E telófase – centrômeros – anáfase – metáfase – cromátides – prófase.

- 6 Uece 2019** Em relação à divisão celular, escreva V ou F conforme seja verdadeiro ou falso o que se afirma a seguir:

- A síntese do DNA é semiconservativa, pois cada dupla hélice tem uma cadeia antiga e uma cadeia nova.
- A duplicação do DNA ocorre durante a fase S da interfase.
- O período G1 é o intervalo entre o término da duplicação do DNA e a próxima mitose.
- O período G2 é o intervalo de tempo que ocorre desde o fim da mitose até o início da duplicação do DNA.

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

- A V, V, F, F.
- B V, F, V, F.
- C F, V, F, V.
- D F, F, V, V.

7 UEL Considere as seguintes fases da mitose:

I. Telófase II. Metáfase III. Anáfase

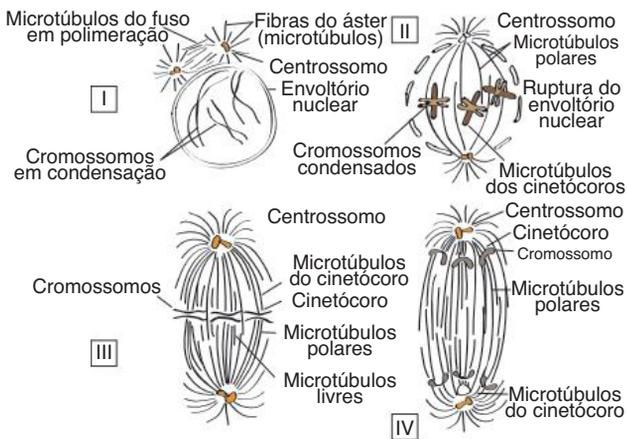
Considere também os seguintes eventos:

- As cromátides-irmãs movem-se para os polos opostos da célula.
- Os cromossomos alinham-se no plano equatorial da célula.
- A carioteca e o nucléolo reaparecem.

Assinale a alternativa que relaciona corretamente cada fase ao evento que a caracteriza.

- A I – a; II – b; III – c D I – c; II – a; III – b
 B I – a; II – c; III – b E I – c; II – b; III – a
 C I – b; II – a; III – c

8 UEL Analise as figuras a seguir.

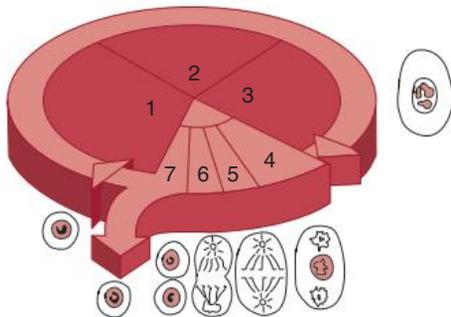


L. C. Junqueira; J. Carneiro. *Biologia celular e molecular*. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2000. p. 184.

As figuras I, II, III e IV dizem respeito, respectivamente, às seguintes fases da mitose:

- anáfase, metáfase, início da prófase, fim da prófase.
- início da prófase, fim da prófase, metáfase, anáfase.
- início da prófase, fim da prófase, anáfase, metáfase.
- metáfase, início da prófase, fim da prófase, anáfase.
- metáfase, anáfase, início da prófase, fim da prófase.

9 UFPE Analise as proposições após observar, cuidadosamente, a ilustração do ciclo celular definido para indivíduos ($2n$) de uma determinada espécie biológica.



Os períodos: de crescimento celular pós-divisão, de duplicação do material genético e de complementação do crescimento celular pré-divisão, estão indicados, respectivamente, em (1), (2) e (3).

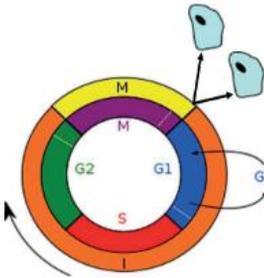
Uma célula $2n = 46$, com uma quantidade $2c$ de DNA, deverá ter $4c$ de DNA em (3), (4) e (5).

Uma célula $2n$ do homem, na fase (6), deverá apresentar o dobro da quantidade de DNA apenas ao final da citocinese.

uma célula $2n = 46$, ao sofrer mitose, terá em (1) e em (7) uma igual quantidade de DNA.

na fase ilustrada em (5), os cromossomos atingem o grau máximo de condensação e a célula apresenta o dobro da quantidade de DNA observada em (1).

10 UPF 2019 Nos eucariotos, a célula somática, durante o seu ciclo de vida, passa por dois importantes momentos, o da interfase (I) e o da divisão (M). Ao final da divisão, são geradas duas novas células, que iniciam um novo ciclo de vida, conforme mostra a figura.



(Disponível em: <https://gl.wikipedia.org/>. Adaptado. Acesso em 30 de agosto de 2018)

Sobre o ciclo de vida de uma célula $2n=12$, analise as seguintes afirmações:

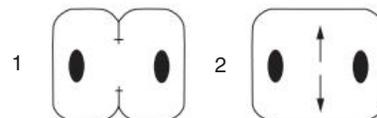
- Na fase **G1**, essa célula apresenta 12 moléculas de DNA, cada molécula referente a um cromossomo simples.
- Na fase **S**, a célula duplica a quantidade de DNA nuclear por um processo chamado de replicação semiconservativa.
- Na fase **G2**, essa célula deverá conter 24 moléculas de DNA para, durante a mitose, compactá-las em 12 cromossomos duplicados.

Está **correto** o que se afirma em

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

11 Fuvest Uma certa substância interrompe a divisão celular porque impede a formação do fuso. Se adicionarmos essa substância a uma cultura de células que iniciam a mitose, em que fase a divisão será interrompida? Por que a interrupção ocorrerá nessa fase?

12 Unesp A figura adiante representa a citocinese em duas células diferentes, 1 e 2.



As células 1 e 2 poderiam corresponder, respectivamente, a células de:

- A homem e banana.
- B alface e rato.
- C rato e mosquito.
- D caranguejo e coelho.
- E babaçu e goiaba.

13 UFPel A todo momento, os seres vivos pluricelulares perdem muitas células do próprio corpo, como, por exemplo, quando ocorrem ferimentos, quando os alimentos passam pelo trato digestório e até mesmo quando há o envelhecimento celular, mas, graças a um processo de divisão celular, a mitose, as células somáticas são repostas diariamente. No entanto, para uma célula se dividir em duas novas células iguais, ela deve passar por um processo anterior de multiplicação do seu conteúdo. Essa etapa é conhecida como intérfase.

Existe um segundo tipo de divisão celular, a meiose, que ocorre somente nas células gaméticas. Esse processo permite que o número cromossômico das espécies seja mantido após o evento da fecundação e que os indivíduos sejam geneticamente diferentes entre si. Portanto, as células podem se dividir por mitose e/ou meiose.

Assinale a alternativa correta.

- A Os processos de mitose e meiose ocorrem em todos os seres vivos.
- B O número cromossômico permanece igual após ambos os processos, contudo, as células que realizam o segundo tipo de divisão celular sofrem a permuta gênica, o que gera variabilidade genética.
- C A transcrição de RNA ocorre principalmente na intérfase. Durante os processos de divisões, a transcrição diminui, chegando até à inativação.
- D Na fase de metáfase, os fusos mitóticos se ligam aos telômeros dos cromossomos.
- E Tanto na anáfase da mitose quanto nas anáfases I e II da meiose, as cromátides-irmãs são separadas para os polos opostos.

14 UFPel O ciclo celular envolve a intérfase e as divisões celulares, que podem ser mitose ou meiose. Durante as fases de divisões celulares, ocorrem vários eventos importantes que envolvem o material genético, as organelas e as estruturas celulares.

O ciclo celular mitótico garante a reposição celular, o crescimento dos organismos multicelulares e a reprodução assexuada, enquanto o ciclo celular meiótico é um processo importante para a reprodução sexuada. Com base no texto e em seus conhecimentos, é correto afirmar que:

- A a intérfase é um período do ciclo celular que apenas antecede a mitose ou a meiose; nela não ocorrem eventos importantes para a geração de novas células.
- B ocorre, tanto na anáfase mitótica quanto na anáfase I meiótica, a separação das cromátides-irmãs, as quais são puxadas para os polos opostos da célula.

- C são formadas duas células diploides no final da mitose masculina, enquanto no final da meiose, são formadas quatro células diploides, considerando a espécie humana.
- D todas as células animais e vegetais iniciam a citocinese (divisão do citoplasma) da mesma forma, pela invaginação da membrana plasmática (movimento centrípeto).
- E ocorre, na fase da telófase mitótica, a reorganização do envoltório nuclear e do nucléolo, que foram desorganizados no início do processo de divisão.

15 Unesp Com relação à divisão celular, podemos afirmar que:

- A a mitose só ocorre em organismos com reprodução sexuada.
- B a mitose permite variabilidade genética, principal diferença do processo em relação à meiose.
- C na meiose não há associação de cromossomos homólogos com troca de partes entre eles, fato que só ocorre na mitose.
- D na meiose não ocorre segregação de genes.
- E o objetivo do processo mitótico é o crescimento do organismo, enquanto o objetivo do processo meiótico é a formação de gametas.

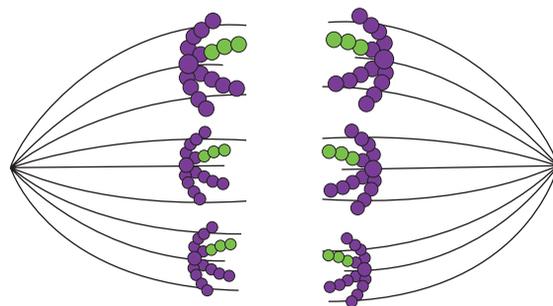
16 UFSM Analise as afirmativas a seguir.

- I. No fim da meiose, as células-filhas são idênticas à célula-mãe, pois possuem o mesmo número cromossômico.
- II. Na intérfase ocorre a duplicação do material genético.
- III. A mitose é o processo pelo qual células diploides originam células haploides para a formação de gametas.

Está(ão) correta(s):

- A apenas I.
- B apenas II.
- C apenas I e II.
- D apenas I e III.
- E apenas II e III.

17 Uerj 2019 Considere a ilustração abaixo, de uma célula animal com padrão diploide de seis cromossomos, ou seja, $2n = 6$, em divisão celular.



A partir da ilustração, observa-se a ocorrência do seguinte processo:

- A reposição de células mortas
- B multiplicação celular assexuada
- C produção de células totipotentes
- D formação de células reprodutoras

18 IFPE 2019 Considere os processos de divisão celular classificados como mitose e meiose para avaliar as afirmativas abaixo.

- I. A meiose ocorre no processo de formação dos gametas, o que contribui para a redução do número de cromossomos nas células-filhas.
- II. A mitose ocorre durante o crescimento dos seres vivos, multiplicando o número de células e originando células idênticas.
- III. Podemos observar, durante o processo de mitose, duas etapas denominadas, respectivamente, prófase I e prófase II, onde ocorrerá a duplicação dos centríolos.
- IV. Na anáfase I podemos observar a separação das cromátides-irmãs.
- V. Na metáfase II ocorre o pareamento dos homólogos na região equatorial da célula, seguido da cariocinese.

Estão CORRETAS, apenas, as proposições

- A II e III. D III e V.
B I e II. E I e IV.
C IV e V.

19 UFPel A meiose é um processo de divisão celular em que são formadas quatro células com o número de cromossomos reduzido à metade (n cromossomos). Esse processo é dividido em duas etapas (meiose I e meiose II), e cada etapa é subdividida em várias fases. Nessas fases, ocorrem vários eventos:

- I. Clivagem (quebra) das cromátides homólogas e troca de trechos entre elas.
- II. Deslocamento das cromátides-irmãs para polos opostos da célula.
- III. Ocorrência da citocinese e formação das duas células, as quais possuirão n cromossomos cada uma.
- IV. Deslocamento dos cromossomos homólogos para polos opostos da célula.
- V. Emparelhamento dos cromossomos homólogos na placa metafásica (equatorial) da célula.

Os eventos I, II, III, IV e V correspondem, respectivamente, às seguintes fases:

- A intérfase, anáfase I, telófase II, anáfase II, metáfase I.
B prófase I, anáfase II, telófase I, anáfase I e metáfase I.
C telófase I, anáfase II, citocinese I, telófase II e prófase I.
D anáfase I, telófase II, intercinese, prófase I, intercinese.
E intercinese, telófase II, anáfase I, metáfase I, anáfase II.

20 PUC-Minas A segunda fase da meiose (meiose II) é semelhante à mitose em vários aspectos. Em cada núcleo produzido pela meiose I, os cromossomos se alinham na placa equatorial na metáfase II, as cromátides se separam e os novos cromossomos-filhos movem-se para os polos na anáfase II. No entanto, alguns aspectos são distintos entre as duas divisões, em células de um mesmo indivíduo.

São diferenças entre meiose II e mitose, exceto:

- A O DNA se replica antes da mitose, mas não entre meiose I e meiose II.
- B Na mitose, as cromátides-irmãs são sempre idênticas, mas na meiose II podem diferir entre si.
- C O número de cromossomos na placa equatorial da meiose II é a metade do número de cromossomos na placa equatorial mitótica.
- D A recombinação gênica pode acontecer no final da prófase da meiose II e em qualquer uma das etapas da mitose.

21 PUC-PR Durante a meiose, o pareamento dos cromossomos homólogos é importante, porque garante:

- A a formação de células-filhas geneticamente idênticas à célula-mãe.
- B a menor variabilidade dos gametas.
- C a separação dos cromossomos não homólogos.
- D a duplicação do DNA, indispensável a esse processo.
- E a possibilidade de permuta gênica.

22 FICSAE 2019 Uma célula animal foi analisada ao microscópio, o que permitiu visualizar 4 cromossomos duplicados se deslocando para cada um dos polos da célula. Sabendo que a ploidia do animal é $2n = 8$, a célula analisada encontra-se em

- A anáfase II da meiose. D anáfase I da meiose.
- B metáfase da mitose. E metáfase I da meiose.
- C anáfase da mitose.

23 UFSM Nativas ou exóticas, espécies de animais e plantas são responsáveis pela grande diversidade biológica no Brasil. Um dos principais eventos que permitem o aumento da variabilidade genética em uma espécie é:

- A o processo de reprodução assexuada.
- B a seleção natural, em que os indivíduos que possuem maior variabilidade se estabelecem.
- C a seleção artificial realizada pelo homem.
- D a ocorrência de permuta genética durante a meiose.
- E a clonagem de indivíduos que possuem combinações genéticas de caráter adaptativo.

24 PUC-Minas (Adapt.) O ciclo celular é interrompido entre as fases G₁/S e G₂/mitose, e proteínas especiais controlam a evolução do ciclo celular das novas células. Entre S/G, algumas proteínas checam possíveis falhas e erros na linha de produção, decidem se o ciclo celular avança ou é paralisado iniciando um processo de destruição do material genético, conhecido como apoptose, ou morte celular espontânea. Portanto, a inativação de qualquer um dos componentes ou operadores do sistema de checagem ou de apoptose poderia provocar a proliferação contínua das células e o possível desenvolvimento de tumores cancerosos. Um exemplo observável das consequências de apoptose é o descamar da pele após sua exposição prolongada à radiação solar intensa.

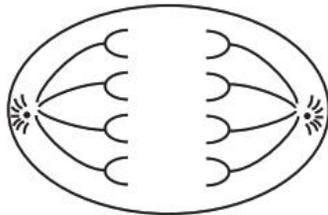
Abaixo estão enunciados alguns processos biológicos relacionados às divisões celulares.

- I. Regeneração e crescimento de indivíduos multicelulares.
- II. Separação das cromátides.
- III. Divisão de células haploides.
- IV. Ocorrência de mutações.
- V. Possibilidade de recombinação cromossômica.
- VI. Separação de cromossomos homólogos.

São processos comuns à mitose e à meiose:

- A II e IV, apenas.
- B IV e VI, apenas.
- C III, IV e VI.
- D I, IV e VI.

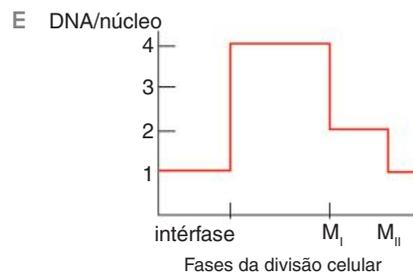
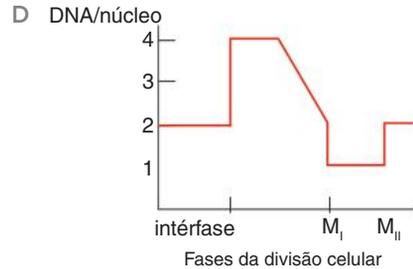
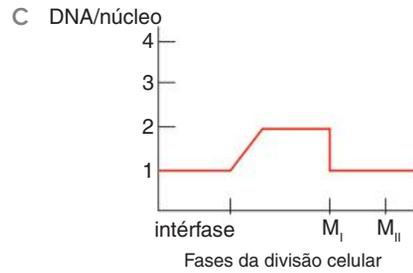
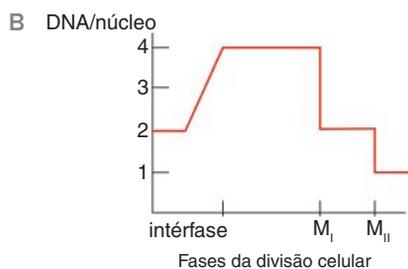
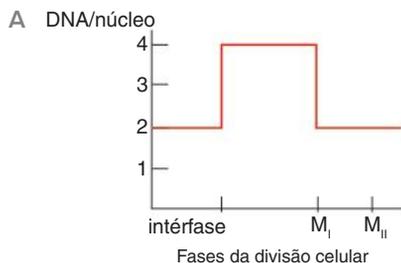
25 FMP 2019 Apenas as células diploides podem sofrer meiose, dado que as células haploides têm um conjunto único de cromossomos que não pode mais ser reduzido. A Figura abaixo representa a anáfase II da meiose de uma célula animal.



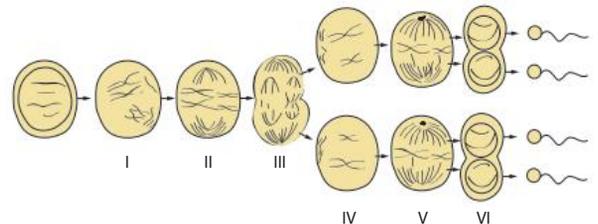
O número diploide da célula que se está dividindo por meiose é igual a

- A 2 cromossomos
- B 4 cromossomos
- C 8 cromossomos
- D 12 cromossomos
- E 16 cromossomos

26 Assinale o gráfico que representa corretamente a quantidade de DNA no núcleo de uma célula de mamífero durante as fases da meiose. Considere $M_I = 1^a$ divisão e $M_{II} = 2^a$ divisão.



27 UFG (Adapt.) A gametogênese é fundamental para o sucesso reprodutivo dos animais. No homem, a espermatogênese é um processo que garante a produção dos gametas e ocorre nos testículos. A figura adiante ilustra algumas fases desse processo.



De acordo com a figura:

- a) classifique cada uma das fases indicadas;
- b) explique dois eventos que ocorrem na espermatogênese e que garantem a variação gênica na reprodução sexual.

28 UFRGS Um geneticista mediu a quantidade de DNA de uma amostragem de células de determinada planta diploide, obtendo os seguintes resultados:

| Célula | Quantidade de DNA por núcleo |
|--------|------------------------------|
| 1 | 2 |
| 2 | 4 |
| 3 | 1 |

Considere as afirmações a seguir sobre os dados contidos na tabela, assinalando-as com V (verdadeiro) ou F (falso) conforme elas estejam ou não de acordo com esses dados.

- A célula número 1 pode ser uma célula somática.
- A célula número 2 pode ser uma célula em G_2 .
- A célula número 3 pode ser uma célula em S.
- A célula número 1 pode ser uma célula em G_1 .
- A célula número 2 pode ser uma célula em meiose II.

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

- A V – F – V – F – F.
- B F – F – V – F – V.
- C F – V – F – F – V.
- D V – V – F – V – F.
- E V – F – F – V – V.

29 UFSC A meiose caracteriza-se pela ocorrência de apenas uma duplicação do material genético para cada duas divisões nucleares, e é responsável pela formação de células haploides a partir de células diploides. Em relação a esse tipo de divisão celular, é correto afirmar que:

- 01 o *crossing-over* ocorre na prófase da meiose I e caracteriza-se pela permuta entre os segmentos das cromátides-irmãs do mesmo cromossomo.
- 02 a redução, pela metade, do número cromossômico confere à meiose uma importância fundamental na manutenção do número constante de cromossomos da espécie.
- 04 a meiose ocorre durante o processo de produção das células reprodutivas e possibilita o aumento da variabilidade genética dos seres vivos que a realizam.
- 08 a primeira divisão meiótica é reducional, enquanto a segunda é equacional, já que a partir delas são formadas duas células diploides e quatro células haploides, respectivamente.
- 16 na anáfase I ocorre a separação dos pares de homólogos, havendo a migração polar dos cromossomos duplicados.
- 32 as anáfases I e II são semelhantes entre si, à medida que os centrômeros se dividem e as cromátides de cada díade migram para o polo da célula.
- 64 na metáfase I, os pares de cromossomos homólogos duplicados encontram-se na placa equatorial da célula.

Soma:

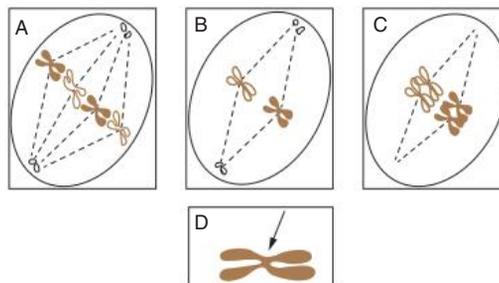
30 UFRGS Considere as afirmações a seguir, referentes aos cromossomos homólogos.

- I. Durante a mitose e a meiose, quando os cromossomos são visíveis como entidades distintas, os membros de um par de homólogos são de mesmo tamanho e exibem localização centromérica idêntica.
- II. Durante os estágios iniciais da meiose, os cromossomos homólogos pareiam.
- III. Cromossomos homólogos são os que contêm os mesmos alelos para cada *loco* gênico.

Qual(is) está(ão) correta(s)?

- A Apenas I.
- B Apenas II.
- C Apenas III.
- D Apenas I e II.
- E I, II e III.

31 Unicamp Os esquemas A, B e C, a seguir, representam fases do ciclo de uma célula que possui $2n = 4$ cromossomos.



- a) A que fases correspondem as figuras A, B e C? Justifique.
- b) Qual é a função da estrutura cromossômica indicada pela seta na figura D?

32 PUC-Campinas A utilização de fibras de bananeira para a fabricação de papel não é novidade no Brasil. Uma das primeiras fábricas de celulose do país produzia papel a partir do talo dessa planta. Plantas fibrosas, como o algodão, também já foram largamente aproveitadas no país para a produção de celulose.

Ciência Hoje, v. 26, n. 152, p. 44-5. (Adapt.)

A banana que se consome é fruto de uma planta triploide; as sementes não se formam uma vez que os gametas apresentam anormalidades no número de cromossomos. Na formação dos gametas, a distribuição anormal dos cromossomos ocorre durante a:

- A primeira divisão da meiose.
- B segunda divisão da meiose.
- C fase S2 da intérfase da mitose.
- D germinação do pólen, somente.
- E fertilização da oogônia.

33 Mackenzie (Adapt.) Analise os enunciados a seguir.

- I. A ocorrência de *crossing-over* durante a meiose I é um dos principais fatores responsáveis pela variabilidade genética em uma espécie.
- II. O *crossing-over* ocorre na prófase I, após o pareamento dos cromossomos homólogos.
- III. Os centrômeros representam os locais onde houve a quebra e troca de fragmentos de cromossomos.
- IV. Em condições normais, não há separação de cromátides-irmãs durante a meiose I.

Estão corretas apenas as afirmações:

- A I, II e IV.
- B I e IV.
- C II, III e IV.
- D II e III.
- E I, II e III.

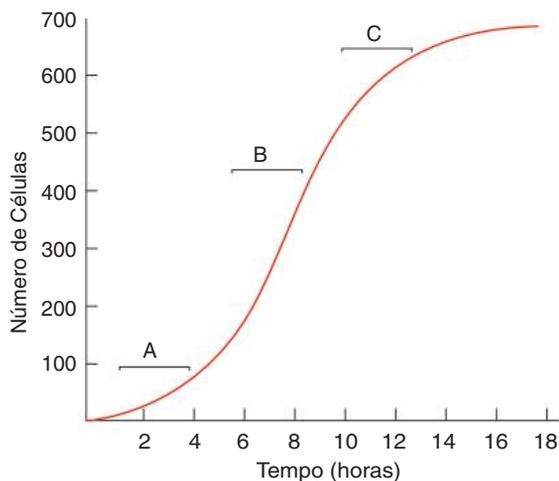
34 Fuvest (Adapt.) Suponha três espécies de organismos, 1, 2 e 3, que têm exatamente o mesmo número de cromossomos. A espécie 1 tem reprodução sexuada e na meiose ocorre permutação entre os cromossomos homólogos. A espécie 2 tem reprodução sexuada, porém, na meiose, não ocorre permutação entre os cromossomos homólogos. A espécie 3 se reproduz assexuadamente por meio de esporos.

Com base na constituição genética das células reprodutivas, explique se a afirmativa abaixo está correta ou não. O número de tipos de células reprodutivas, produzido pelos indivíduos das espécies 1 e 2, deve ser igual.

35 Unesp Criadores e sitiantes sabem que a mula (exemplar fêmea) e o burro (exemplar macho) são híbridos estéreis que apresentam grande força e resistência. São o produto do acasalamento do jumento (*Equus asinus*, $2n = 62$ cromossomos) com a égua (*Equus caballus*, $2n = 64$ cromossomos).

- Quanto cromossomos têm o burro ou a mula? Justifique sua resposta.
- Considerando os eventos da meiose I para a produção de gametas, explique por que o burro e a mula são estéreis.

36 Unicamp (Adapt.) O gráfico abaixo mostra o crescimento da população de uma determinada bactéria *in vitro*.



O crescimento da população de bactérias ocorre por reprodução assexuada, enquanto em eucariotos ocorre, principalmente, por reprodução sexuada, que permite maior variabilidade genética. Na meiose, além da separação independente dos cromossomos, outro evento celular constitui importante fonte de variabilidade genética em espécies com reprodução sexuada. Que evento é esse? Explique.

37 Fuvest São mecanismos responsáveis pelo aumento da variabilidade dos organismos a:

- mutação, a seleção natural e a partenogênese.
- mutação, a autogamia e a recombinação gênica.
- mutação, a segregação independente dos cromossomos e a recombinação gênica.

D seleção natural, a segregação independente dos cromossomos e a autogamia.

E seleção natural, a recombinação gênica e a partenogênese.

38 UFRJ A laranja-da-baía surgiu em 1810 e, por não possuir sementes, tem sido propagada assexuadamente através de mudas e enxertia. Por ser uma variedade triploide ($3n$) de laranja, sua meiose é anormal, não produzindo gametas viáveis. Atualmente, milhões de pés de laranja-da-baía estão espalhados em plantações no Brasil e nos Estados Unidos. Sabe-se que a variabilidade genética de uma população depende dos seguintes fatores:

- permutação cromossômica ou *crossing-over* (troca de fragmentos entre cromossomos de um mesmo par de homólogos);
- mutação (modificação da sequência de nucleotídeos de uma molécula de ADN); e
- segregação independente (recombinação aleatória de cromossomos dos diferentes pares de homólogos).

Identifique qual(is) deste(s) fator(es) pode(m) contribuir para a variabilidade genética da laranja-da-baía. Justifique sua resposta.

39 Fuvest Com relação à gametogênese humana, a quantidade de DNA:

- do óvulo é a metade da presente na ovogônia.
- da ovogônia equivale à presente na espermatogônia.
- da espermatogônia é a metade da presente no zigoto.
- do segundo corpúsculo polar é a mesma presente no zigoto.
- da espermatogônia é o dobro da presente na espermátide.

São afirmativas corretas apenas:

- I e II.
- IV e V.
- I, II e V.
- II, III e IV.
- III, IV e V.

40 UFRGS O espermatócito primário do cavalo doméstico tem 64 cromossomos.

Leia as afirmações abaixo sobre a constituição cromossômica desses animais durante a gametogênese.

- Suas espermatogônias apresentam 128 cromossomos.
- Seus espermatócitos secundários apresentam 32 cromossomos.
- Seus espermatozoides apresentam 32 cromossomos.

Qual(is) está(ão) correta(s)?

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

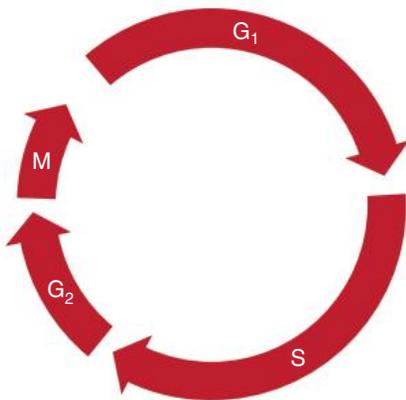
41 UFRGS Assinale a alternativa que completa corretamente a afirmação abaixo.

Durante a gametogênese, quando ocorre a primeira divisão meiótica (anáfase I):

- A as cromátides separam-se, dirigindo-se para polos opostos do fuso, resultando em uma divisão equacional que origina duas novas células, no caso da espermatogênese.
- B as cromátides separam-se, sendo desigual a divisão do citoplasma, no caso da ovogênese, o que dá origem a um ovócito e dois corpúsculos polares.
- C os cromossomos homólogos separam-se, dirigindo-se para polos opostos do fuso, resultando em uma divisão reducional que origina, no caso da espermatogênese, duas novas células.
- D formam-se quatro novas células, cada uma com um cromossomo de cada par de homólogos, no caso da ovogênese.
- E formam-se quatro novas células, cromossomicamente idênticas, que, no caso da espermatogênese, sofrerão transformações estruturais originando quatro espermatozoides.

42 Fuvest Considere um indivíduo heterozigoto Aa.

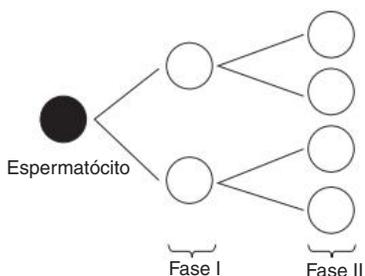
a) O esquema 1 representa o ciclo celular.



Numa célula desse indivíduo heterozigoto, indique quantas unidades de cada alelo haverá ao final das fases:

- G1 (intervalo 1).
- S (Síntese).
- M (Mitose).

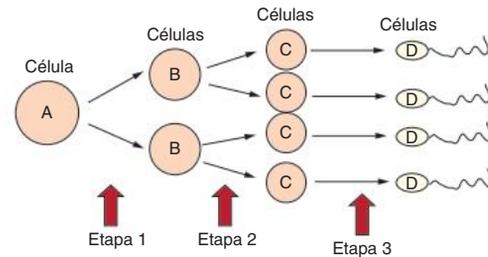
b) No esquema 2, está representado o processo de divisão de um espermatócito desse mesmo indivíduo. Preencha as células esquematizadas, nas fases I e II, indicando o tipo e o número de alelos em cada uma delas. Considere que não tenha ocorrido permutação.



43 UFV Considere a ovogênese de uma mulher normal. Analise o conteúdo cromossômico e de DNA nas células durante a divisão e assinale a afirmativa correta.

- A A ovogônia tem a metade do conteúdo de DNA do ovócito I.
- B Os ovócitos I e II têm o mesmo número de cromátides.
- C O ovócito II e o óvulo têm o mesmo número de cromossomos.
- D O corpúsculo polar I não difere na quantidade de DNA do ovócito I.
- E O gameta tem valor correspondente a 4C e a ovogônia a 1C.

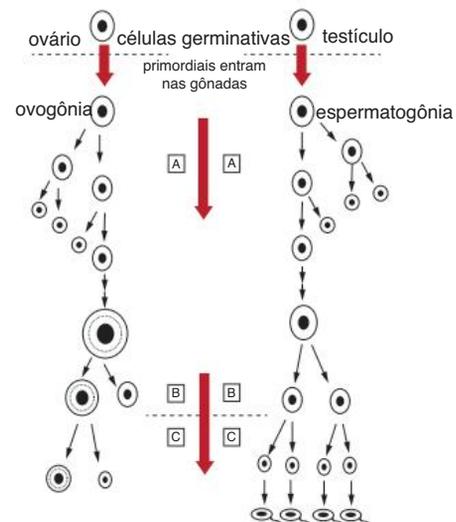
44 UEL O esquema a seguir representa etapas do processo de gametogênese no homem.



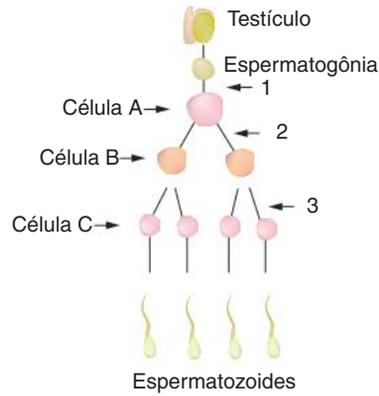
Sobre esse processo, assinale a alternativa correta.

- A A célula A é diploide e as células B, C e D são haploides.
- B A separação dos homólogos ocorre durante a etapa 2.
- C As células A e B são diploides e as células C e D são haploides.
- D A redução no número de cromossomos ocorre durante a etapa 3.
- E A separação das cromátides-irmãs ocorre durante a etapa 1.

45 Unesp A figura representa a gametogênese na espécie humana. Nomeie os processos de divisão celular pelos quais passam as células germinativas primordiais, correspondentes às letras A, B e C. Considerando o que ocorre na fase C, no que difere a espermatogênese da ovogênese?



- 46 Unesp** O esquema representa a espermatogênese humana, processo no qual, a partir de divisões e diferenciações celulares, serão produzidos os espermatozoides que darão origem aos indivíduos da geração seguinte.



Pode-se dizer que:

- A a seta de número 1 indica mitose.
- B a célula A é chamada de espermatíde.
- C nas células B, cada cromossomo tem duas cromátides.
- D a partir da puberdade, ocorrem apenas os eventos representados pelas setas de números 2 e 3.
- E as células A, B e C são haploides.

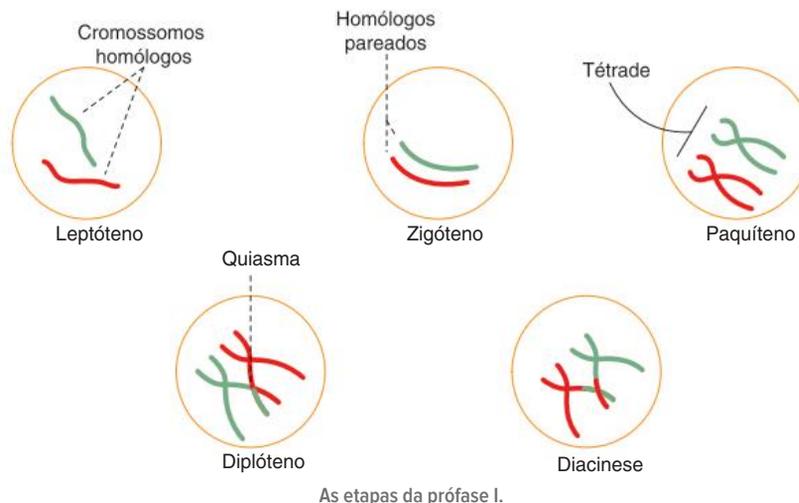
Texto complementar

Prófase I da meiose

A prófase I é a fase mais longa da meiose. No caso dos ovários de uma mulher, algumas células ficam estacionadas por décadas nessa fase.

Há cinco etapas da prófase I: *leptóteno*, *zigóteno*, *paquíteno*, *diplóteno* e *diacinese*. Essas etapas são apresentadas a seguir, mas apenas serão discutidos os aspectos relacionados ao material genético.

- **Leptóteno:** os cromossomos já estão duplicados, mas ainda não é possível observar ao microscópio a presença das duas cromátides de cada cromossomo; isso acontece porque os cromossomos ainda estão pouco condensados.
- **Zigóteno:** ocorre o pareamento dos cromossomos homólogos (sinapse); suas cromátides ainda não são evidentes. O par de homólogos é um bivalente.
- **Paquíteno:** a condensação dos cromossomos é mais acentuada, tornando possível a visualização das quatro cromátides do par de cromossomos (uma tétrade).
- **Diplóteno:** é possível notar a presença de quiasmas (com aspecto de um “X”) entre cromátides pertencentes a cromossomos homólogos. Isso é consequência da troca de segmentos entre as cromátides homólogas; esse processo é conhecido como *crossing-over* e foi discutido no item “Meiose e variabilidade genética”.
- **Diacinese:** ocorre a terminalização dos quiasmas, que acabam se desfazendo; assim, o ponto de contato entre as cromátides homólogas passa para posições mais próximas à sua extremidade.



Conceito

Mitose é um tipo de divisão celular na qual uma célula-mãe origina duas células-filhas idênticas entre si e à célula-mãe. A mitose conserva o mesmo número de cromossomos; é denominada divisão equacional (EI).

Papéis biológicos da mitose

Mitose é fundamental para a reprodução assexuada, para o crescimento e para a reparação de tecidos lesados. Câncer envolve elevada taxa mitótica de um tecido.

Etapas do ciclo celular

Um ciclo celular com mitose apresenta intérfase, constituída por três etapas: G1, S e G2; o período S é caracterizado pela duplicação do material genético. Depois da intérfase, segue-se o processo de divisão celular.

Mitose

A mitose é constituída pelas seguintes fases: prófase, metáfase, anáfase e telófase. A separação do citoplasma é denominada citocinese.

Variação na quantidade de DNA

A quantidade de DNA dobra na fase S da intérfase e volta à sua condição inicial na anáfase.

Mais detalhes

• Microtúbulos

Microtúbulos são os componentes dos centríolos, do áster e do fuso. Eles são formados por tubulina, polimerizada no centrosomo; no interior destes, encontram-se os centríolos. Células vegetais têm estruturas correspondentes a centrosomos (MTOCs), nos quais são produzidas as fibras do fuso.

• Vimblastina e colchicina

São substâncias que impedem a polimerização das fibras do fuso. A célula tem replicação do material genético, o centrômero duplica-se, mas não há o tracionamento do material genético para polos opostos. A célula fica com a ploidia dobrada (de $2n$ para $4n$, por exemplo).

Conceito de meiose

Meiose é um tipo de divisão celular na qual uma célula-mãe gera quatro células-filhas, dotadas da metade do número de cromossomos presentes na célula-mãe.

Papéis biológicos da meiose

A meiose, nos animais, gera gametas; nos vegetais, produz esporos. Esse processo é uma fonte de variabilidade genética.

O processo meiótico: uma visão geral

Na intérfase, realiza-se a duplicação do material genético. Na meiose I (reducional), formam-se duas células com a metade do número de cromossomos presentes na célula-mãe. Intercinese é um período de transição, seguido da meiose II (equacional), que gera um total de quatro células-filhas. Na meiose I, há a separação de cromossomos homólogos; na meiose II, ocorre a separação das cromátides-irmãs.

Etapas do processo meiótico

- a) Intérfase: o evento mais significativo é a replicação do material genético.
- b) Meiose
 - b1) Meiose I: na prófase I, ocorre o pareamento dos cromossomos homólogos e na anáfase I eles se separam.
 - b2) Intercinese
 - b3) Meiose II: na anáfase II, há a separação das cromátides-irmãs.

Variação na quantidade de DNA na meiose

A quantidade de DNA dobra durante a intérfase (período S) e, depois, sofre duas reduções (na anáfase I e na anáfase II).

Meiose e variabilidade genética

A meiose contribui para o aumento da variabilidade genética pela ocorrência de *crossing-over* e pela segregação independente dos homólogos.

Gametogênese

É o processo de formação de gametas. Inicia-se na fase embrionária, a partir de células germinativas ($2n$) que se multiplicam por mitose. Dessa forma, são geradas gônias ($2n$), que crescem e se diferenciam em cito I (primeira ordem). Cada cito I sofre a primeira divisão meiótica, gerando 2 cito II (n) na gametogênese masculina. Já na gametogênese feminina, o cito I gera um cito II e um corpúsculo polar.

Na gametogênese masculina (espermatogênese), os cito II sofrem a segunda divisão meiótica, formando espermátides; essas células diferenciam-se em espermatozoides.

Na gametogênese feminina (ovulogênese), um cito II sofre a segunda divisão meiótica e gera duas células: um óvulo e um corpúsculo polar.

Quer saber mais?



Sites

- Mitose

<www.phschool.com/science/biology_place/biocoach/mitosisig/intro.html>.

- Meiose

<www.phschool.com/science/biology_place/biocoach/meiosis/intro.html>.

Exercícios complementares

- 1 UFPR 2019** Células eucarióticas que estão se dividindo ativamente passam por uma série de estágios, conhecidos conjuntamente como ciclo celular, e a quantidade de DNA contido nessas células pode variar ao longo desses estágios.
- Uma célula humana diploide que está na prófase da mitose tem quantos cromossomos, quantas cromátides e quantas fitas de DNA cromossômico? Justifique sua resposta.
 - Uma célula humana que sofreu meiose dá origem a células-filhas. Cada célula-filha contém quantos cromossomos, quantas cromátides e quantas fitas de DNA cromossômico? Justifique sua resposta.
 - Um homem tem genótipo AaBb, sendo que os genes A e B têm segregação independente. Quais serão os genótipos possíveis dos seus gametas? Quantos cromossomos contém cada gameta?

2 Acafe 2018

Técnica impede multiplicação de células e pode ajudar a controlar o câncer

Uma das características do câncer que mais dificulta o seu combate é o crescimento anormal e incontrolável das células doentes. Pesquisadores norte-americanos identificaram uma proteína presente no ciclo de proliferação dos tumores cancerígenos que, ao ser silenciada, pode retardar a evolução rápida e altamente prejudicial da doença. Testes em laboratório feitos com tumores humanos surtiram resultado positivo, o que leva a equipe a acreditar que poderá desenvolver um tratamento mais eficaz contra os carcinomas.

Fonte: Correio Braziliense, 26/05/2017 Disponível em: <http://www.correio braziliense.com.br>

Considerando as informações do texto e os conhecimentos relacionados, é **correto** afirmar:

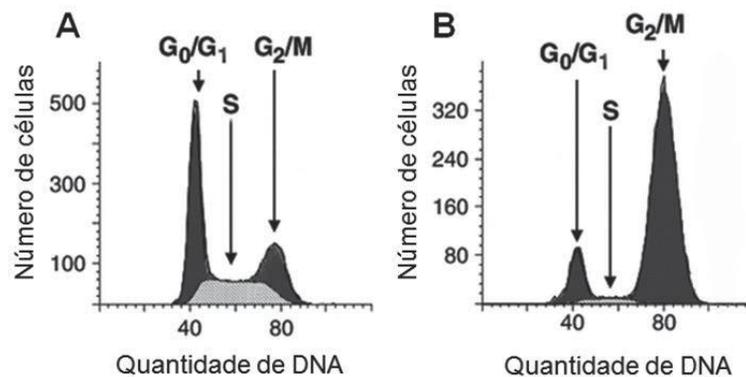
- A cada divisão celular as extremidades dos cromossomos, denominadas centrômeros, ficam cada vez mais curtas, até atingir um limite mínimo de tamanho, paralisando as divisões celulares e sinalizando o fim da vida da célula.
 - Alterações no funcionamento dos genes de supressão tumoral e dos oncogenes, em decorrência de mutações, estão relacionadas ao surgimento do câncer, pois esses genes são controladores do ciclo celular.
 - A meiose é o processo de divisão celular em que células diploides originam quatro células haploides. Eventos como o *crossing-over* e a separação dos cromossomos homólogos, ocorridos na meiose I, aumentam a variabilidade genética da espécie.
 - Na interfase a célula diminui a sua atividade metabólica. Essa etapa do ciclo celular está dividida em três subfases: G1, S e G2.
- 3 Famema 2020** O ciclo celular corresponde ao conjunto de transformações que ocorre em uma célula desde sua formação até o momento em que sofre mitose e origina duas células filhas idênticas. Esse ciclo celular é composto por duas etapas: a interfase e a mitose. A interfase é dividida em três fases, G1, S e G2, e a mitose é dividida em quatro fases: prófase, metáfase, anáfase e telófase.
- Em qual das sete fases do ciclo celular a célula sofre intenso crescimento? Em qual das sete fases é possível verificar cromossomos condensados ao máximo?
 - No início do desenvolvimento embrionário de muitos animais, o ciclo celular normalmente consiste na fase S e na divisão celular. Que fenômeno marcante ocorre na fase S do ciclo celular? A partir do zigoto, quantas mitoses são necessárias para gerar um embrião com 16 células?

- 4 Unesp** Sabe-se que o alcaloide colchicina é um inibidor da divisão mitótica, cuja ação impede a formação das fibras do fuso.

Com base nessas informações, responda:

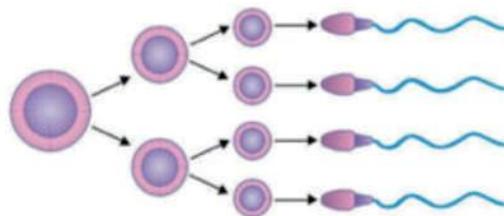
- até que fase a mitose se processaria normalmente em uma célula diploide tratada com a colchicina? Justifique sua resposta.
 - neste caso, qual seria o número cromossômico resultante do processo de divisão? Justifique sua resposta.
- 5 Unicamp 2020** Células imortalizadas são capazes de proliferar em cultura. A imortalização ocorre quando mecanismos de morte celular são desativados, permitindo a manutenção das células. Por meio de técnicas específicas, é possível isolar uma ou mais células e deixá-las proliferarem em cultura, dando origem a outras células com características semelhantes. As células HeLa foram isoladas de um câncer uterino e são as primeiras células humanas a se estabelecerem como linhagem imortalizada.

- a) Utilizando células HeLa, um experimento avaliou os efeitos antitumorais do nocodazol, um agente que interfere na polimerização dos microtúbulos. Os gráficos abaixo apresentam a quantidade de DNA no grupo HeLa controle (painel A) e no grupo HeLa na presença de nocodazol (painel B). Explique por que no painel B há concentração de células estacionadas na fase G_2/M .



- b) As células do painel A são originárias de células somáticas. Considerando que sejam células germinativas, qual seria a quantidade de DNA no final da meiose? Justifique sua resposta.

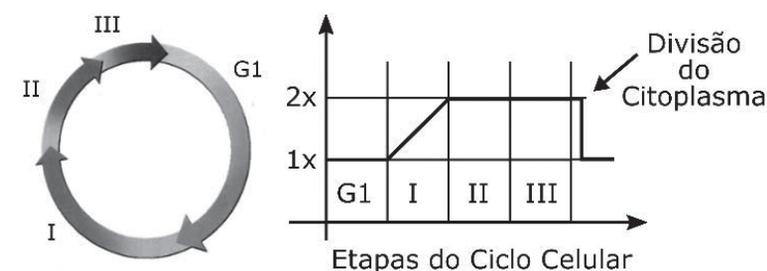
6 Fasm 2016 Analise a figura que representa um tipo de gametogênese.



(www.nature.com. Adaptado.)

- a) Em que órgão humano ocorre a gametogênese representada na figura e que divisão celular a caracteriza?
 b) Em determinado momento dessa gametogênese ocorrem diferenciações celulares originando os gametas. Mencione duas dessas diferenciações celulares que garantem a formação adequada dos gametas.

7 UEPG 2018 Na figura abaixo, está representado o ciclo celular de uma célula hipotética, bem como um gráfico representando a quantidade de DNA em cada uma das etapas do ciclo. Assinale o que for correto.



Adaptado de: LINHARES, S.; GEWANDSZNAJDER, F. *Biologia hoje*. 15a ed. Volume 1. Editora Ática. São Paulo. 2010.

- 01 Durante a etapa (I), os cromossomos podem ser facilmente identificados ao microscópio, visto que os mesmos se apresentam em seu maior grau de compactação.
 02 Em (I), ocorre a duplicação do DNA e a formação de duas cromátides idênticas, as cromátides-irmãs.
 04 A etapa representada em (III) é a de meiose, visto que podemos perceber a diminuição pela metade da quantidade de DNA por célula ($2x \rightarrow x$).
 08 Durante a mitose, representada em (III), as células reduzem à metade seu conteúdo genético ($2x \rightarrow x$), evento importante para a produção de gametas e reprodução sexual.
 16 G_1 é uma fase da intérfase que antecede a duplicação do DNA. Em (II) está representada a fase G_2 , a qual compreende o intervalo entre a duplicação do DNA e o início da divisão celular.

Soma:

8 UFU (Adapt.) Durante a divisão celular, ocorrem eventos importantes que garantirão a manutenção de características celulares ao longo da vida dos seres vivos.

Acerca da divisão celular, analise o quadro a seguir.

| Característica do evento | Mitose | Meiose |
|--|------------|------------|
| Cromossomos homólogos duplicados não emparelhados se dispõem no plano equatorial da célula | Metáfase | I |
| Cromossomos homólogos duplicados emparelhados unidos por quiasmas | II | Metáfase 1 |
| Cromossomos homólogos duplicados migram para polos opostos das células | Não ocorre | III |
| Cromossomos descondensam-se e há a reorganização de carioteca | IV | V |

Assinale a alternativa que apresenta, corretamente, a correlação dos números I, II, III, IV e V apresentados no quadro, com as respectivas características do evento.

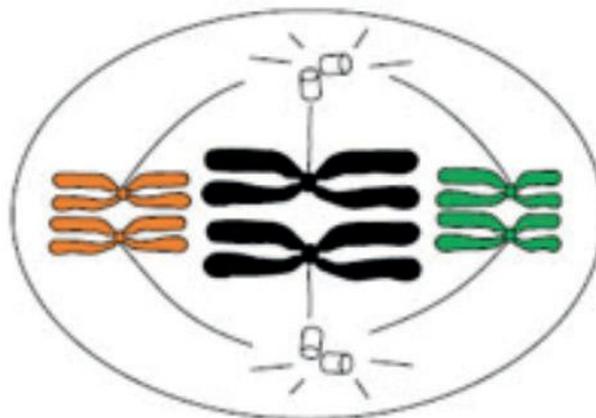
- A I – não ocorre; II – não ocorre; III – anáfase 1; IV – telófase; V – telófase 2.
- B I – não ocorre; II – metáfase; III – prófase; IV – prófase 2; V – não ocorre.
- C I – metáfase; II – não ocorre; III – não ocorre; IV – prófase 1; V – prófase 2.
- D I – metáfase 2; II – não ocorre; III – telófase; IV – não ocorre; V – prófase 1.

9 UEM 2017 O ser humano é multicelular, diploide com 46 cromossomos, e formado a partir de uma única célula (célula-ovo ou zigoto). Considere o desenvolvimento embrionário inicial de uma fêmea humana, no qual não há morte ou perda de células, nem erros durante o ciclo celular, e que todas as células tenham ciclo celular sincronizado. Com base no exposto, assinale o que for **correto**.

- 01 O organismo em formação, a partir da célula-ovo, terá mais de 1000 células geneticamente idênticas após completar 10 vezes o ciclo celular.
- 02 A mitose se caracteriza pela duplicação e divisão equacional do material genético.
- 04 O aumento do número de células, no desenvolvimento embrionário inicial, obedece a uma progressão aritmética.
- 08 O gráfico que demonstra o aumento do número de células, nas etapas do ciclo celular no desenvolvimento embrionário inicial, é uma reta.
- 16 A cada ciclo, o número de cromossomos sexuais dobrará enquanto o número de autossomos aumentará 22 vezes.

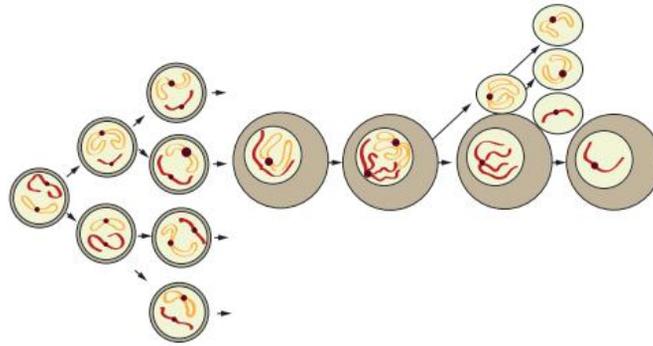
Soma:

10 Famema 2017 A figura representa uma célula animal com os pares de cromossomos homólogos na região mediana durante a meiose I.



- a) Quantas moléculas de DNA existem na célula representada? Justifique sua resposta.
- b) Cite um critério morfológico utilizado para identificar os pares de cromossomos homólogos. Explique a importância da fase representada no aumento da variabilidade genética dos gametas.

11 PUC-PR Analise as afirmações relacionadas à meiose durante a ovulogênese.



- I. Ocorrem as seguintes fases auxiliares durante a prófase I: leptóteno, zigóteno, paquíteno, diplóteno e diacinese.
- II. Na anáfase I, dá-se o estrangulamento do citoplasma e a formação da carioteca em torno dos cromossomos.
- III. No final da telófase I resultam duas células morfológica e geneticamente idênticas.
- IV. Intercinese é uma fase de curta duração a partir da qual começa uma segunda divisão celular, que faz parte do processo de divisão meiótica.
- V. Ao final do processo mitótico, formam-se quatro células haploides férteis.

São verdadeiras:

- A apenas I, II e IV.
- B apenas II, III e V.
- C apenas I e V.
- D apenas I e IV.
- E I, II, III, IV e V.



FRENTE 1

CAPÍTULO

4

A geração de vida e o método científico

Uma mosca pode pousar sobre um alimento, depositar ovos e ir embora rapidamente, sem que ninguém veja. Dias depois, larvas irão surgir, aparentemente originadas pelo próprio alimento.

Durante muito tempo, situações como essa fizeram com que muitas pessoas acreditassem que seres vivos poderiam ser gerados a partir de algo sem vida. Neste capítulo, vamos entender como o uso do método científico permitiu que a geração de vida fosse esclarecida.

Biogênese e abiogênese

Seres vivos apresentam grande complexidade bioquímica. Um ser vivo provém de outro ser vivo, por meio de reprodução; isso está de acordo com a visão conhecida como **biogênese**.

No entanto, desde a Antiguidade havia a crença de que outro caminho também era possível (sem negar ou descartar a geração de vida por reprodução): a **abiogênese**, ou **geração espontânea**, que considera a formação de um ser vivo a partir de algo não vivo (Fig. 1), em condições específicas. Vários filósofos gregos defendiam essa ideia, mas foi Aristóteles (384-322 a.C.) que lhe conferiu um melhor acabamento; ele acreditava que era necessário um princípio ativo ou força vital para converter algo não vivo em ser vivo. Um barril com água, por exemplo, com cabelo de mulher, recebendo água de chuva, poderia converter os fios em serpentes. Essa crença perdurou até o século XIX d.C. e foi defendida por pessoas cultas e grandes pensadores. A discussão de como essa visão foi derrubada é uma parte importante da história da ciência. A seguir, são descritos trabalhos que se tornaram célebres nessa importante discussão.



Fig. 1 Pela teoria da abiogênese, seres vivos seriam provenientes de algo não vivo. Assim, uma camisa suja em local escuro, com grãos de trigo, geraria camundongos; um barril com água e cabelos de mulher, na chuva, geraria cobras.

Francesco Redi

Esse italiano do século XVII foi o primeiro a contrariar a ideia de geração espontânea de maneira contundente. Redi viveu no período influenciado pelo Renascimento (entre final do séc. XIII e meados do séc. XVII). Outro italiano, Galileu Galilei, havia mostrado grandes falhas em fundamentos da Física de Aristóteles. Redi observou que carne em apodrecimento rapidamente ficava recoberta por pequenos animais semelhantes a vermes. A visão dominante da época era de que a carne em putrefação gerava esses pequenos “vermes”.

Redi notou também que onde havia carne em putrefação também havia moscas rondando. Procurou analisar o comportamento e a forma dos “vermes”; verificou que eles moviam-se e alimentavam-se, mas, depois de algum tempo, deixavam de se alimentar e de se movimentar. Posteriormente, formavam um casulo, do qual emergia uma mosca adulta. Com base nessas informações, elaborou uma hipótese: moscas poderiam depositar ovos na carne, e eles geravam os vermes, que depois davam origem a moscas. Isso significaria que a carne não gera verme. Mas Redi tinha de testar sua hipótese: Ele escreveu: *uma crença seria vã sem a confirmação da experiência*.

Assim, Redi elaborou um experimento para provar sua teoria: utilizou frascos contendo carne, alguns descobertos por gaze e outros descobertos. Nos frascos descobertos, houve desenvolvimento de larvas sobre a carne; nos frascos cobertos, não ocorreu desenvolvimento de larvas na carne, mas sobre a gaze. Onde havia moscas, havia larvas; e onde não havia moscas, não havia larvas. Dessa maneira, Redi concluiu que os vermes eram oriundos de moscas, ou seja, os seres vivos são provenientes de outros seres vivos. Com isso, fica demonstrada a ausência de geração espontânea (Fig. 2).

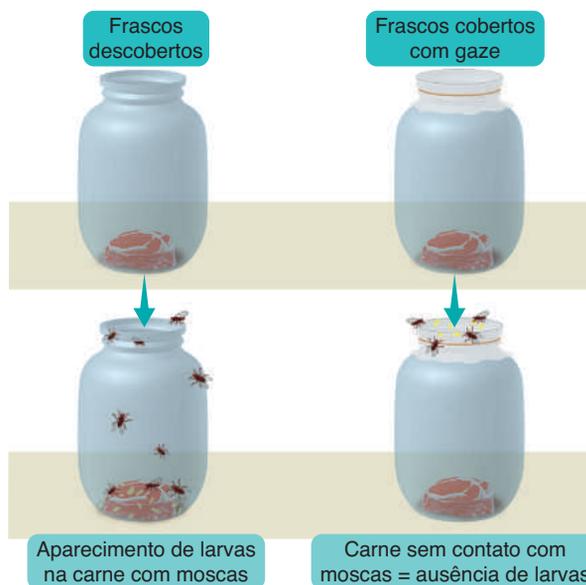


Fig. 2 À esquerda, estão os frascos abertos; à direita, os frascos são cobertos. A cobertura dos frascos impede a entrada de moscas, e não ocorre o desenvolvimento de “vermes” (larvas) na carne.

O método científico

Ciência corresponde a uma das formas de conhecimento do ser humano; é uma tentativa da mente humana de encontrar ordem no aparente caos que é o Universo. Outras modalidades de conhecimento são a filosofia, a arte e a religião. A ciência lida com causas naturais e fundamenta-se na objetividade envolvida na obtenção de dados; os dados são, então, estruturados por meio de conexões entre eles. As observações e os experimentos relatados na atividade científica podem ser repetidos e verificados. As observações e os resultados envolvem objetividade e imparcialidade por parte do investigador.

A obtenção do conhecimento científico ocorre por meio de um conjunto de procedimentos conhecido como “método científico”, cujos fundamentos iniciaram-se no século XV. Os trabalhos de Redi ilustram bem esse método.

- **Observação:** os fenômenos devem ser descritos, quantificados e medidos; às vezes, é necessária a utilização de instrumentos, como o telescópio empregado por Galileu. Qualquer observação só pode ser aceita se for produto de observações controladas e documentadas. Cientistas lidam somente com fenômenos que podem ser observados e estudados.
 - *Observação de Redi:* a carne apodrecendo apresenta “vermes”.
- **Problema:** é o centro daquilo que se pretende investigar. A decisão de investigar o problema depende de ele ser testável.
 - *Problema levantado por Redi:* a carne podre gera “vermes”?
- **Levantamento de dados:** para entender o que se pretende investigar, é necessário levantar informações relacionadas ao fenômeno.
 - *Levantamento de dados por Redi:* “vermes” alimentam-se de carne e depois formam um casulo do qual emerge uma mosca.
- **Hipótese:** é uma suposição, que consiste em uma explicação plausível para um determinado problema. Não é a solução definitiva. A hipótese deve trazer suposições: há um encadeamento lógico, e pode haver resultados previsíveis caso ela se verifique. A hipótese deve ser testada, isto é, submetida a um experimento controlado. Se o experimento mostrar que a hipótese está incorreta, ela deve ser rejeitada. Se o experimento confirmar a hipótese, ela não é necessariamente confirmada; o experimento apenas empresta credibilidade à hipótese.
 - *Hipótese de Redi:* moscas depositam ovos na carne, os quais se desenvolvem, tornando-se “vermes”.
- **Teste da hipótese:** é realizado por meio de um experimento controlado, envolvendo um grupo controle, que serve como um padrão de comparação, e um grupo experimental.
 - *Teste efetuado por Redi:* feito com a observação de carne em putrefação, em dois grupos de frascos:
 - a) grupo controle: frascos abertos;
 - b) grupo experimental: frascos cobertos por gaze.

- **Resultado:** os resultados do experimento controlado podem confirmar ou não a hipótese que está sendo analisada.
 - *Resultado verificado por Redi:* no grupo controle, as larvas desenvolveram-se na carne. No grupo experimental, houve desenvolvimento de larvas sobre a gaze. O desenvolvimento dos vermes ocorria na mesma região em que as moscas apareciam. Então, onde havia moscas, ocorria o surgimento de larvas. As larvas eram, portanto, provenientes de moscas, e não da carne podre. Isso significa que a hipótese de Redi estava correta.
- **Teoria:** é obtida de uma hipótese combinada com diversas observações e resultados que a corroborem. A adoção de uma teoria se baseia em sua capacidade de explicar determinado fenômeno em diferentes contextos. É o caso da teoria da biogênese. Uma teoria pode ser descartada caso trabalhos posteriores revelem sua inadequação. Assim, uma teoria pode ser substituída por outra, diante de evidências de que está incorreta.

Louis Pasteur

A invenção do microscópio e a descoberta dos microrganismos (bactérias, protozoários e fungos) acabou reacendendo antigas ideias sobre abiogênese. Alguns cientistas consideravam possível o surgimento desses seres a partir de matéria bruta, tanto que a Academia de Ciência de Paris chegou a instituir um prêmio em dinheiro para quem conseguisse solucionar a polêmica da abiogênese em microrganismos. Em 1864, o cientista francês Louis Pasteur (Fig. 3) realizou um experimento capaz de resolver definitivamente o problema.



Fig. 3 Pasteur era químico, e seu trabalho sobre microrganismos tornou-se um marco na história da Ciência.

Antes de expor o trabalho de Pasteur, é conveniente saber que o ar está cheio de microrganismos, como bactérias e esporos de fungos (como os bolores). O bolor preto de pão, por exemplo, forma grande quantidade de esporos, que são transportados pelo ar. Quando um esporo cai em um substrato adequado, começa a germinar e forma um novo bolor. Mas será que um caldo orgânico pode gerar bolor? É isso que Pasteur queria examinar.

Pasteur realizou experimentos com caldos orgânicos. Submetia-os à fervura com o intuito de esterilizá-los, matando os microrganismos que nele existissem. Depois fechava os recipientes e, com isso, impedia a entrada de microrganismos provenientes do meio. Ao abrir o recipiente algum tempo depois, sempre verificava que o caldo estava isento de microrganismos; mas, se deixasse o frasco aberto, o caldo acabava ficando com muitos microrganismos, um ou dois dias depois. Ele tinha a convicção de que os microrganismos não eram gerados pelo caldo; eram provenientes do meio circundante. Mas como provar isso?

Pasteur colocou um caldo orgânico em um recipiente de vidro, ligou a esse recipiente um tubo de vidro bastante encurvado para baixo, seguido de uma pequena curvatura para cima; ele designou esse longo gargalo encurvado como “pescoço de cisne” (Fig. 4). A extremidade do gargalo era aberta e permitia a passagem de ar. Pasteur ferveu o caldo e, então, notava-se a saída de vapor pela extremidade do tubo. Ele deixou o caldo esfriar e aguardou os acontecimentos. Passaram-se semanas, e o caldo mantinha seu aspecto original, sem turvar-se. Então, Pasteur quebrou o tubo e deixou a base do recipiente contendo o caldo exposto ao ar. Dias depois, o caldo ficou turvo e com micróbios (bolores, inclusive). Pasteur concluiu que, se houvesse um “princípio vital”, ele não teria sido destruído pela fervura a que tinha submetido o líquido, semanas antes. Ele mostrou que o caldo não gerou micróbios, pois não ocorreram alterações durante semanas; apenas quando o “pescoço de cisne” foi removido é que os micróbios se desenvolveram. De onde surgiram esses micróbios, então? Pasteur concluiu que os micróbios vieram do ar e caíram no caldo, onde se multiplicaram. Durante todo o experimento, as curvas do pescoço de cisne funcionaram como uma barreira à entrada de micróbios (como se fosse um filtro), mas não impediam a entrada de ar. Com isso, ficou demonstrado que os micróbios não são gerados pelo caldo, e sim carregados pelo ar. Dessa maneira, colocou fim à longa polêmica e enterrou de vez a ideia de geração espontânea. Palavras de Pasteur:

A doutrina da geração espontânea nunca se recuperará do golpe mortal que representa esse experimento!

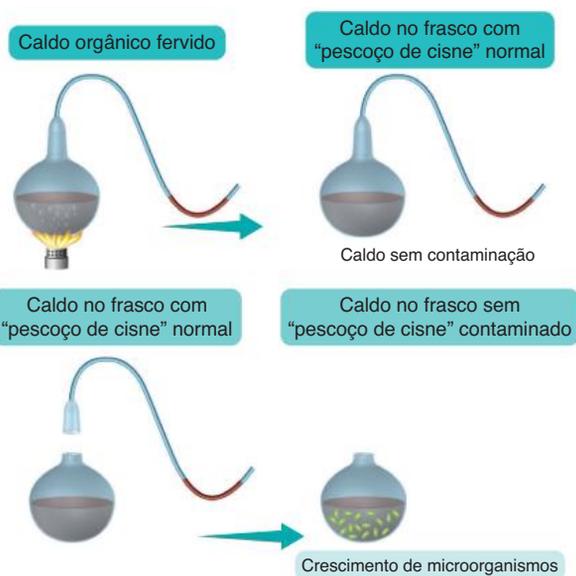


Fig. 4 Experimento de Pasteur. O gargalo longo do equipamento impede a entrada de microrganismos provenientes do ar.

As conclusões de Pasteur tiveram várias consequências. Se um ser vivo é, necessariamente, proveniente de outro ser vivo, então:

- o ferimento que uma pessoa tem pode infeccionar, isto é, apresentar grande proliferação de microrganismos, como bactérias, os quais não são provenientes dos tecidos lesados, e sim do ambiente. Daí a necessidade de esterilizar as mãos e os objetos empregados nos curativos, evitando colocar bactérias em contato com a área lesada;
- os alimentos estragam por ação de microrganismos provenientes do ambiente. Alimentos enlatados, caixas de leite longa vida recebem tratamento, como altas temperaturas, para eliminar bactérias; depois o recipiente é fechado, evitando a entrada de microrganismos que poderiam decompor o alimento;
- uma questão teórica é levantada: se um ser vivo é proveniente de outro – que foi gerado por seus antepassados –, como tudo começou? Qual foi o primeiro ser vivo? Essa é uma questão muito complexa e será tratada no capítulo 9 da frente 1.

Revisando

1 Conceitue biogênese.

2 Qual é o significado de abiogênese, ou geração espontânea?

3 **Unicamp** De acordo com o texto, o que era princípio ativo ou força vital?

4 **Uece** Qual cientista demonstrou, de maneira definitiva, que a abiogênese não existe? Descreva brevemente suas observações.

Exercícios propostos

1 PUC-Minas Em uma experiência, Francesco Redi colocou em oito frascos de vidro um pedaço de carne. Quatro vidros tiveram sua abertura recoberta por um pedaço de gaze. Após alguns dias, apareceram larvas de moscas nos vidros que não continham a gaze recobrindo a abertura do frasco. Nos frascos protegidos com gaze, elas não apareceram.

Essa experiência ilustra o princípio da:

- A Teoria Celular.
- B biogênese.
- C sucessão ecológica.
- D origem da célula.
- E higiene.

2 Fatec (Adapt.) Com relação à origem da vida são feitas três afirmações:

- I. A ideia de que a vida surge a partir de vida preexistente é conhecida como biogênese.
- II. A crença em que a vida poderia surgir a partir de água, lixo, sujeira e outros meios caracteriza a ideia de abiogênese.
- III. O princípio vital, em experimentos anteriores, foi destruído pelo aquecimento ao qual ele foi submetido.

Assinale a alternativa que classifica corretamente cada afirmação como derrubada (+) ou não derrubada (–) por Pasteur.

- A I. (+), II. (–), III. (–).
- B I. (–), II. (+), III. (+).
- C I. (–), II. (–), III. (+).
- D I. (+), II. (+), III. (+).
- E I. (–), II. (–), III. (–).

3 Considerando os itens abaixo:

- I. Experimento.
- II. Proposição de uma hipótese.
- III. Observação de um fato.
- IV. Empirismo.
- V. Formulação de um problema.
- VI. Validação de uma teoria.

Qual a sequência lógica das etapas do método científico?

- A I, II, IV, VI.
- B II, III, I, IV.
- C III, V, II, I.
- D IV, V, VI, III.
- E V, I, VI, II.

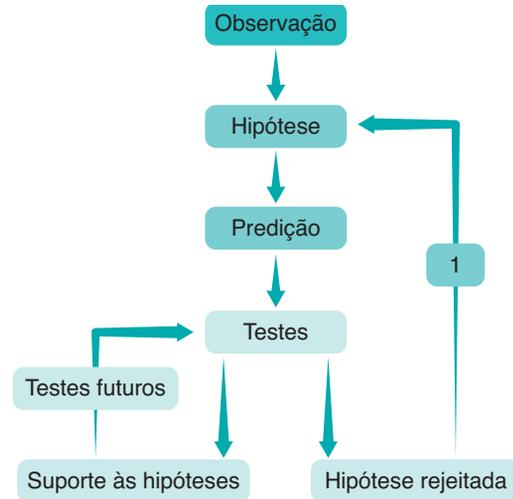
4 Cefet-MG O trecho a seguir foi escrito por um determinado cientista do século XIX para descrever sua teoria a respeito da origem da vida.

[...] E, embora seja fato, observado diariamente, que um número infinito de vermes é produzido em cadáveres e em vegetais em decomposição, eu me sinto tentado a acreditar que esses vermes são todos gerados por inseminação (reprodução sexuada) e que o material em putrefação, no qual são encontrados, não tem outra função senão servir de lugar para eles fazerem ninhos, onde depositam os ovos na época de reprodução e onde também encontram alimento. [...]

A teoria defendida por este cientista é denominada:

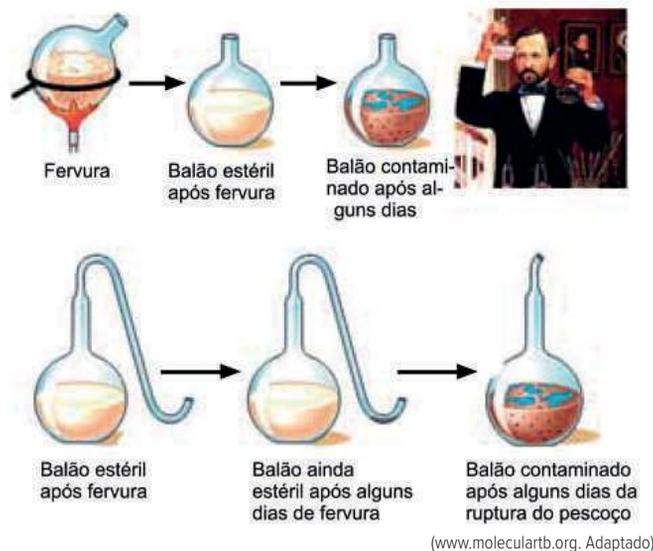
- A *big bang*.
- B abiogênese.
- C biogênese.
- D geração espontânea.

- 5 **Unimontes 2011** A pesquisa científica objetiva, fundamentalmente, contribuir para a evolução do conhecimento humano em todos os setores, sendo sistematicamente planejada e executada segundo rigorosos critérios de processamento das informações. O esquema abaixo está relacionado com esse assunto. Analise-o.



De acordo com o esquema e o assunto abordado, assinale a alternativa que melhor identifica a etapa I.

- A Discussão.
 B Conclusão.
 C Hipótese nova ou revisada.
 D Experimentação.
- 6 **FGV 2016** No século XIX, Louis Pasteur realizou experimentos utilizando frascos com e sem pescoços alongados (pescoços de cisne), com o objetivo de compreender a origem da contaminação por micro-organismos em meios de cultura, conforme ilustrado a seguir.



Tais experimentos embasaram Pasteur a comprovar a teoria

- A da abiogênese, observando que os micro-organismos são gerados constantemente em meios nutritivos adequados, desde que em contato direto com o ar.
 B da geração espontânea, observando que os micro-organismos se proliferam em meios nutritivos adequados, independentemente do contato direto com ar.
 C da evolução biológica, observando que o ambiente adequado proporciona o surgimento de diversidade biológica, desde que em contato direto com o ar.
 D celular, observando que todos os organismos são formados por algum tipo de organização celular, independentemente do contato direto com o ar.
 E da biogênese, observando que todo organismo vivo provém de outro pré-existente, independentemente do contato direto com o ar.

Outras discussões sobre biogênese e abiogênese

A história da discussão envolvendo biogênese e abiogênese sofreu grande reviravolta com a descoberta de microrganismos. Alguns aspectos dessa descoberta são descritos a seguir.

Antonie van Leeuwenhoek

Esse holandês do séc. XVII era um comerciante de tecidos. Tornou-se habilidoso em fabricar lentes com as quais examinava as fibras dos tecidos que comercializava. Acabou fabricando um microscópio que possibilitava aumento de até 200 vezes do objeto observado. Em 1683, foi o primeiro a ver microrganismos, como protozoários e bactérias; também foi o primeiro observador de espermatozoides e da circulação em capilares sanguíneos. Por meio de sua invenção, ele começou a desvendar o mundo microscópico.

Leeuwenhoek fazia desenhos daquilo que observava. Enviou seus trabalhos para a Royal Society of London, a academia britânica de ciências, fundada em 1660. Os ingleses ficaram impressionados com seu trabalho e o convidaram para uma visita à instituição. Leeuwenhoek aceitou o convite e demonstrou a existência de seres microscópicos, presentes na água, no solo, na boca, entre outros.



Embora medisse poucos centímetros (menos de 10 cm), o microscópio fabricado por Leeuwenhoek permitia um aumento de até 200 vezes do objeto observado.



Needham elaborou experimentos com os quais defendeu a ocorrência de abiogênese em microrganismos.

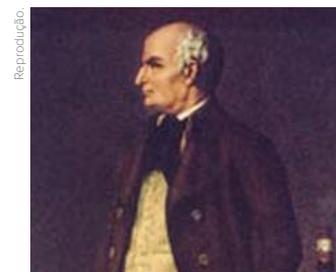
A existência de “micróbios” ressuscitou a ideia de geração espontânea em um cientista inglês, Needham. Ele considerou que era possível a ocorrência de geração espontânea em micróbios, organismos tão reduzidos que poderiam ser gerados a partir de matéria bruta. Em 1745, ele realizou um experimento para testar essa hipótese. Utilizou frascos contendo uma “infusão”, um caldo orgânico constituído por caldo de carne. Aqueceu o caldo por alguns minutos para matar microrganismos nele existentes. Depois transferiu o caldo para um tubo de ensaio e fechou com cortiça. O caldo resfriou e, em poucos dias, tornou-se turvo. Amostras coletadas revelaram que o caldo continha micróbios. Needham concluiu que o caldo gerou micróbios e que, portanto, tinha ocorrido geração espontânea, reacendendo a polêmica que tinha sido solucionada por Francesco Redi.

Lazzaro Spallanzani

O padre italiano Lazzaro Spallanzani também era cientista. Tinha vários interesses, como os experimentos que realizou com morcegos, por meio dos quais descobriu a importância da audição em sua orientação durante o voo. Em 1768, realizou experimentos com os quais buscava verificar o trabalho de Needham. Utilizando também caldos orgânicos colocados em recipientes, submeteu-os à fervura por uma hora e, em seguida, lacrou-os. Os frascos resfriaram e, semanas depois, foram abertos; o aspecto do caldo estava semelhante ao de quando foi produzido, e não se encontrava turvo. Análises de amostras revelaram ausência de microrganismos. Assim, Spallanzani concluiu que o caldo não gera micróbios; portanto, não ocorre geração espontânea.

Needham leu o trabalho de Spallanzani e publicou sua resposta. Argumentou que não via nada de consistente no trabalho do outro cientista que pudesse invalidar suas próprias conclusões. Seu ponto principal era que o tratamento dado por Spallanzani ao caldo orgânico destruía sua força vital, por causa da fervura e da privação de ar. Sem a força vital, o caldo não poderia mesmo gerar micróbios.

Spallanzani não conseguiu contra-argumentar, e a visão de Needham acabou prevalecendo por cerca de 90 anos.



Spallanzani realizou um trabalho com o qual tentou refutar a visão de Needham acerca da abiogênese.

Resumindo**Biogênese e abiogênese**

Este capítulo trata da formação de seres vivos: provenientes de outros seres (biogênese) ou de elementos não vivos (abiogênese ou geração espontânea). Na visão da abiogênese, algo não vivo poderia ser convertido em um ser vivo com a participação de um princípio ativo ou força vital. Um dos defensores da abiogênese foi o filósofo Aristóteles (384-322 a.C.).

- Francesco Redi (séc. XVII): defensor da biogênese, realizou experimentos com carne em apodrecimento; mostrou que a carne não gera larvas, as quais são oriundas de moscas que depositam ovos na carne.
- Método científico: conjunto de procedimentos que permitem a obtenção de conhecimento científico. Envolve: observação, estabelecimento de um problema, levantamento de dados, elaboração de uma hipótese, teste da hipótese e análise de resultados.
- Louis Pasteur (séc. XIX): defensor da biogênese, utilizou caldos orgânicos em seus experimentos; construiu um equipamento constituído por um recipiente contendo caldo e ligado a um tubo por onde ocorria entrada de ar, mas com capacidade de reter microrganismos presentes no ar. Observou que não ocorreu desenvolvimento de microrganismos no caldo. Demonstrou que seres vivos são gerados apenas de outros seres vivos. Isso levanta a questão: como teria surgido o primeiro ser vivo?

Quer saber mais?**Site**

- Método científico
<www.emc.maricopa.edu/faculty/farabee/BIOBK/BioBookintro.html#Table>.

Exercícios complementares

- 1 Fuvest** Observando plantas de milho, com folhas amareladas, um estudante de agronomia considerou que essa aparência poderia ser devida à deficiência mineral do solo. Sabendo que a clorofila contém magnésio, ele formulou a seguinte hipótese: “As folhas amareladas aparecem quando há deficiência de sais de magnésio no solo”. Qual das alternativas descreve um experimento correto para testar tal hipótese?
- A Fornecimento de sais de magnésio ao solo em que as plantas estão crescendo e observação dos resultados alguns dias depois.
 - B Fornecimento de uma mistura de diversos sais minerais, inclusive sais de magnésio, ao solo em que as plantas estão crescendo e observação dos resultados dias depois.
 - C Cultivo de um novo lote de plantas, em solo suplementado com uma mistura completa de sais minerais, incluindo sais de magnésio.
 - D Cultivo de novos lotes de plantas, fornecendo à metade deles mistura completa de sais minerais, inclusive sais de magnésio, e à outra metade apenas sais de magnésio.
 - E Cultivo de novos lotes de plantas, fornecendo à metade deles mistura completa de sais minerais, inclusive sais de magnésio, e à outra metade uma mistura com os mesmos sais, menos os de magnésio.
- 2 Enem** Após a ingestão de bebidas alcoólicas, o metabolismo do álcool e sua presença no sangue dependem de fatores como peso corporal, condições e tempo após a ingestão. O gráfico mostra a variação da concentração de álcool no sangue de indivíduos de mesmo peso que beberam três latas de cerveja cada um, em diferentes condições: em jejum e após o jantar.



- Tendo em vista que a concentração máxima de álcool no sangue permitida pela legislação brasileira para motoristas é 0,6 g/L, o indivíduo que bebeu após o jantar e o que bebeu em jejum só poderão dirigir após, aproximadamente:
- A uma hora e uma hora e meia, respectivamente.
 - B três horas e meia hora, respectivamente.
 - C três horas e quatro horas e meia, respectivamente.
 - D seis horas e três horas, respectivamente.
 - E seis horas, igualmente.
- 3 Famerp 2019** John Needham ferveu uma quantidade de caldo de carne de carneiro, encerrou-o em um frasco de vidro e selou a boca do frasco com uma rolha de cortiça e mástique, uma argamassa resinosa. Como precaução adicional, ele aqueceu o frasco em cinzas quentes para matar qualquer coisa viva que pudesse ter permanecido nele após a fervura e a vedação. Ao abrir o frasco depois de alguns dias, Needham examinou o caldo e viu que ele pululava de vida e animais microscópicos das mais variadas dimensões. (Hal Hellman. Grandes debates da ciência, 1999. Adaptado.)
- a) Qual teoria sobre a origem da vida o experimento de Needham reforçou? O que essa teoria defende?
 - b) Louis Pasteur, contrariando a teoria defendida por Needham, colocou caldo de carne em um balão de vidro com um longo gargalo, que em seguida foi curvado em forma de “S”. Esse caldo foi fervido e permaneceu estéril por muito tempo, mesmo com o vidro aberto. Por que não surgiram micro-organismos nesse caldo, mesmo com o frasco aberto? Por que foi importante manter o frasco aberto?

4 Unimontes A tirinha abaixo apresenta um diálogo entre dois animais. Observe-a.



Estabelecendo uma relação entre o diálogo apresentado e o método científico, analise as alternativas abaixo e assinale a correspondente à etapa de uma pesquisa que melhor justifica a apreensão de um dos animais e o pedido de calma do outro.

- A Levantamento de hipótese.
- B Conclusões.
- C Análise de resultados.
- D Experimentação.

5 Uerj Desde o início, Lavoisier adotou uma abordagem moderna da química. Essa era sintetizada pela sua fé na balança.

Paul Strathern. *O sonho de Mendeleiev: a verdadeira história da Química*. Rio de Janeiro: Jorge Zahar, 2002.

Do ponto de vista do método científico, essa frase traduz a relevância que Lavoisier atribuiu:

- A à teoria.
- B aos modelos.
- C às hipóteses.
- D aos experimentos.

6 UEL 2019 Um dos temas mais controversos da história da ciência diz respeito à origem da vida, pois existia a dúvida se ela teria surgido pela abiogênese (geração espontânea) ou pela biogênese. Por séculos, inúmeros pesquisadores propuseram e desenvolveram explicações, por meio de experimentos, como consequência de diferentes olhares.

Com base nos conhecimentos sobre abiogênese e biogênese, assinale a alternativa que relaciona, corretamente, o pesquisador, a hipótese por ele defendida e o experimento que deu sustentação para sua defesa.

- A John Tuberville Needham defendeu a abiogênese por meio de experimentos que demonstraram o surgimento de microrganismos em um caldo de carne aquecido e mantido em recipientes fechados.
- B Jean-Baptiste van Helmont defendeu a biogênese por meio de experimentos que demonstraram o surgimento de larvas em pedaços de carne em putrefação.
- C Lazzaro Spallanzani defendeu a biogênese por meio de estudos que demonstraram a origem da matéria que permitia o crescimento das plantas em vasos.
- D Felix Pouchet defendeu a biogênese por meio de experimentos a partir dos quais surgiam microrganismos pela fervura de um caldo nutritivo em frascos de vidro.
- E Louis Pasteur defendeu a abiogênese por meio de experimentos com uma mistura aquecida de água, feno e gás oxigênio (O_2), a partir da qual surgiam microrganismos.

7 Uece Embrulhar as goiabas para protegê-las contra o aparecimento de bichos é uma ação que lembra um experimento famoso, que foi idealizado para refutar a teoria da abiogênese, o qual demonstrou que larvas não surgem espontaneamente em carne. Esse experimento famoso foi realizado no século XVII, e seu idealizador foi:

- A Spallanzani.
- B Needham.
- C Pasteur.
- D Redi.

- 8 UPE/SSA 2017** Para explicar os fenômenos naturais, a ciência precisa de um bom observador e de experimentos que reproduzam, em parte, tais fenômenos. E foi o que Francesco Redi (1626-1698) fez para provar a Teoria da Biogênese. Nessa mesma época, havia outros cientistas que reforçavam a Hipótese da Geração Espontânea com diferentes experimentos. Assinale a alternativa que relaciona CORRETAMENTE o primeiro experimento de Redi, para provar a Biogênese, com o segundo experimento que sustentava a Abiogênese.

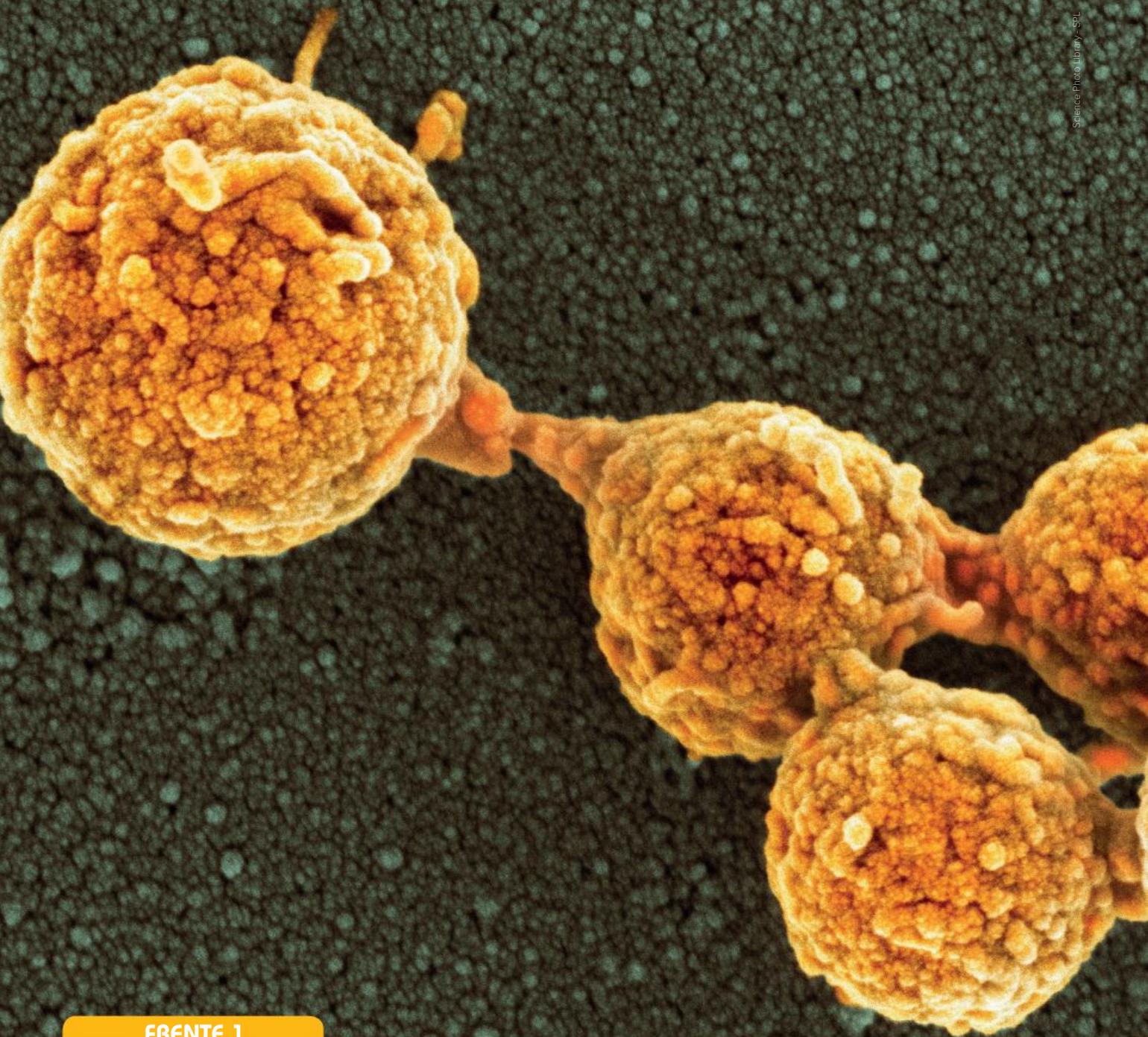
| | Biogênese | Abiogênese |
|---|--|--|
| A | Frascos contendo pedaços de carne, tampados com gaze e abertos. | Caldo de carne fervido em frascos de vidro e depois tampados e repousados por alguns dias. |
| B | Caldo nutritivo fervido num recipiente até ficar estéril e fechado por algumas semanas. Posteriormente aberto. | Farrapos de tecidos guardados e monitorados, observando a presença de organismos. |
| C | Substâncias nutritivas fervidas em balões de vidros hermeticamente fechados e posteriormente levadas ao microscópio. | Observação de insetos em diferentes estágios de putrefação de animais mortos. |
| D | Gases e vapor d'água injetados em balões de vidro para simular a atmosfera. | Frutos deixados ao ar livre e abertos após alguns dias. |
| E | Substâncias naturais orgânicas, injetadas em pedaços de carne. | Pedaços de carne e frutas frescas levados <i>in natura</i> para o microscópio. |

- 9 Uerj** Até o século XVII, o papel dos espermatozoides na fertilização do óvulo não era reconhecido. O cientista italiano Lazzaro Spallanzani, em 1785, questionou se seria o próprio sêmen, ou simplesmente o vapor dele derivado, a causa do desenvolvimento do óvulo. Do relatório que escreveu a partir de seus estudos sobre a fertilização, foi retirado o seguinte trecho:

[...] para decidir a questão, é importante empregar um meio conveniente que permita separar o vapor da parte figurada do sêmen e fazê-lo de tal modo que os embriões sejam mais ou menos envolvidos pelo vapor.

Dentre as etapas que constituem o método científico, esse trecho do relatório é um exemplo de:

- A análise de dados.
- B coleta de material.
- C elaboração da hipótese.
- D planejamento do experimento.



FRENTE 1

CAPÍTULO

5

Composição química dos seres vivos

Em 2010, o cientista Craig Venter e sua equipe produziram em laboratório uma molécula de DNA. Esse DNA sintético foi inserido em uma célula de bactéria (foto acima) da qual o material genético havia sido removido. O DNA sintético passou a controlar vários processos metabólicos da célula.

Esse tipo de procedimento, há algumas décadas, tinha feições de ficção científica. No entanto, é resultado de um longo aprendizado e de descobertas sobre os aspectos químicos da vida.

Introdução

Nos capítulos anteriores, estudamos alguns componentes das células. Também conhecemos determinados processos celulares, como a fotossíntese e a respiração. Agora vamos nos aprofundar nesses processos, em seus constituintes e em seus mecanismos.

Os componentes químicos dos seres vivos são divididos em dois grandes grupos: os **inorgânicos**, que geralmente não têm carbono em sua estrutura, como água e sais minerais, e os **orgânicos**, que contêm carbono em sua composição, como carboidratos, lipídeos, proteínas, vitaminas e ácidos nucleicos.

Água

A água desempenha inúmeros papéis nos seres vivos, destacando-se o de solvente e o de meio para reações.

Ela dissolve várias substâncias, atuando como um importante **solvente**. Quando uma substância se dissolve, passa a ter suas partículas (moléculas ou íons) mais afastadas, formando uma **solução**. A água é o solvente e a substância que nela se dissolve é o **soluto**. Em uma solução aquosa, as partículas apresentam movimento, o que aumenta sua possibilidade de interação com outras partículas, por meio do choque entre elas.

Reações químicas dependem da ocorrência de **choques efetivos** entre os reagentes. Por apresentarem maior mobilidade, as moléculas em solução têm sua energia cinética aumentada; isso favorece a ocorrência de choques entre partículas e, portanto, colabora para a realização de reações químicas. Dessa maneira, a água funciona como **meio para reações**. Em última análise, o metabolismo depende das reações químicas, as quais se processam em meio aquoso. Vale lembrar que as reações também são controladas por enzimas, que necessitam estar em meio aquoso para catalisar reações.

A **quantidade** e a **distribuição** de água no corpo apresentam **variações** notáveis. Tecidos com pouca água têm metabolismo baixo, tecidos com elevado teor de água apresentam grande atividade metabólica (Tab. 1).

| Idade (anos) | Percentual de água no organismo |
|--------------|---------------------------------|
| 0-2 | 75-80 |
| 2-5 | 70-75 |
| 5-10 | 65-70 |
| 10-15 | 63-65 |
| 15-20 | 60-63 |
| 20-40 | 58-60 |
| 40-60 | 50-58 |
| >60 | <58 |

| | | | | |
|---------------------|---|------------------------------|---|----------------------|
| Tecidos mais velhos | ↔ | Pequena atividade metabólica | ↔ | Baixo teor de água |
| Tecidos mais jovens | ↔ | Grande atividade metabólica | ↔ | Elevado teor de água |

Tab. 1 Teor de água e sua relação com idade e metabolismo.

O fato de a água facilitar reações e sua maior concentração ser encontrada em indivíduos de menor idade ajudam a explicar o fato de embriões terem atividade metabólica mais alta do que os indivíduos idosos (Tab. 2). Para mais detalhes, veja o texto complementar sobre reações químicas do metabolismo.

| Tecido ou órgão | Porcentagem em água (massa) |
|---------------------|-----------------------------|
| Encéfalo do embrião | 92 |
| Tecido nervoso | 84 |
| Músculos | 80 |
| Fígado | 73 |
| Pele | 71 |
| Pulmões | 70 |
| Rins | 60,8 |
| Tecido conjuntivo | 60 |
| Ossos | 48,2 |
| Tecido adiposo | 30 |
| Dentina | 12 |

Tab. 2 Porcentagem de água em alguns tecidos.

A água também atua no **transporte** de substâncias, pois, ao atuar como solvente, ela pode carregar partículas dissolvidas. É o que ocorre na seiva dos vegetais e no sangue dos animais. Outra função que a água desempenha é a de **controle térmico**. Ela tem grande contribuição no controle da temperatura devido à sua ação na **dissipação de calor** e pelo fato de ter **alto calor específico**. A Física explica com detalhes o alto calor específico: em termos mais práticos, significa que a água pode absorver muita energia térmica sem elevar consideravelmente sua temperatura. Nesse sentido, o caule dos cactos tem alto teor de água, e isso é adaptativo aos ambientes quentes onde essas plantas são encontradas, como desertos e caatinga.

Muitos seres vivos dissipam calor com a contribuição da água quando perdem vapor-d'água através da superfície. É o caso da transpiração vegetal, que ocorre principalmente nas folhas. No ser humano, há perda de vapor-d'água através da respiração pulmonar e do suor eliminado na superfície da pele.

Sais minerais

Os chamados sais minerais são **compostos minerais** que apresentam função **plástica** e **reguladora** no organismo, já que há minerais indispensáveis na atividade de algumas enzimas. Podem se apresentar na forma de **íons dissolvidos** na água (no interior das células, no fluido intersticial e no plasma sanguíneo). Há minerais que se encontram imobilizados, ou seja, **não dissolvidos**, mas que fazem parte de estruturas como os ossos; é o caso do cálcio e do fósforo, presentes em grande quantidade nos ossos na forma de fosfato de cálcio.

Um primeiro passo para uma familiarização com a grande variedade de minerais (Tab. 3) e uma real compreensão do significado dos minerais só é efetivamente assimilado no estudo da Biologia celular e da Fisiologia. A tabela a seguir tem apenas o caráter de uma apresentação dos minerais mais importantes.

| Papel geral | Mineral | Ação específica |
|-------------------------------------|----------------------------|---|
| Ação na membrana plasmática | Sódio, potássio e cloro | Sua concentração e movimentação por meio da membrana são fundamentais para vários processos, como impulso nervoso e contração muscular. |
| Componente de estruturas biológicas | Cálcio e fósforo | São componentes do fosfato de cálcio, abundante nos ossos; contribuem para a rigidez dos ossos. |
| | Fósforo | Integrante do fosfato, que faz parte da membrana plasmática (fosfolípidos). |
| | Cálcio e magnésio | Componentes da lamela média de células vegetais. |
| Contração muscular | Cálcio | Desencadeia a contração muscular. |
| Coagulação do sangue | Cálcio | Participa do processo de coagulação sanguínea. |
| Auxiliares na atividade de enzimas | Magnésio, zinco e manganês | Chamados de cofatores enzimáticos, unem-se a certas enzimas, sendo indispensáveis para sua atividade. |
| | Fósforo | É integrante do ATP. |
| Metabolismo energético | Magnésio | Faz parte da molécula de clorofila, fundamental para a realização de fotossíntese. |
| | Ferro | Integrante dos citocromos, que atuam na cadeia respiratória (processo que faz parte da respiração celular). |
| | Ferro | Integrante da molécula de hemoglobina, proteína presente nos glóbulos vermelhos. |
| Componente de macromoléculas | Ferro | Integrante da molécula de hemoglobina, proteína presente nos glóbulos vermelhos. |
| | Fósforo | Componente do DNA e do RNA. |

Tab. 3 Minerais importantes na estrutura e nas atividades dos seres vivos.

Carboidratos

São substâncias orgânicas também conhecidas como **hidratos de carbono, glícídios, glucídios** ou **sacarídeos**. Trata-se de um grupo muito grande de substâncias químicas, que incluem os açúcares (como a sacarose e a glicose) e os polissacarídeos (como a celulose e o amido).

Para iniciar o estudo dos carboidratos, faremos uma análise geral de alguns açúcares. Uma abordagem mais específica será feita pela Química Orgânica.

A **glicose** tem fórmula $C_6H_{12}O_6$. A molécula tem uma cadeia principal, constituída por seis átomos de carbono, aos quais se ligam átomos de hidrogênio, álcoois ($-OH$) e um aldeído.

Em Química Orgânica, é explicado que a glicose e outros açúcares apresentam molécula com forma cíclica (Fig. 1).

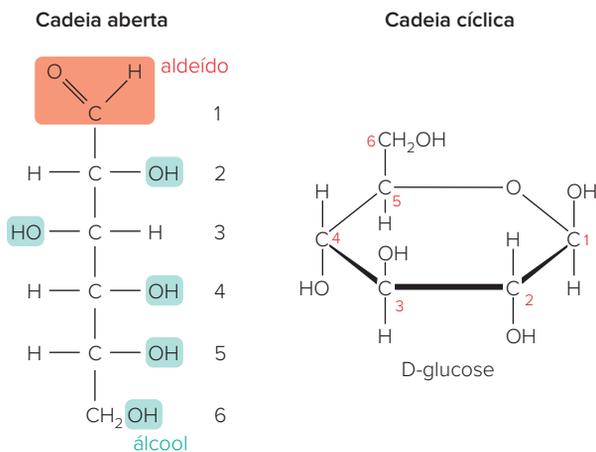


Fig. 1 Representação da molécula de glicose em cadeia aberta e em cadeia cíclica.

Glicose, frutose e galactose são açúcares que apresentam a mesma fórmula, mas têm diferentes arranjos de átomos; esses compostos são **isômeros** entre si. Uma molécula de glicose pode reagir com uma molécula de frutose, gerando sacarose e água (Fig. 2).



Fig. 2 A sacarose é um dissacarídeo resultante da reação entre os monossacarídeos glicose e frutose.

A reação de produção de sacarose é do tipo síntese por desidratação. A sacarose é constituída por duas unidades, que são dois açúcares; assim, a sacarose é classificada como um **dissacarídeo**. A glicose e a frutose são **monossacarídeos**. O amido é formado por inúmeras moléculas de glicose: é um **polissacarídeo**. Assim, os carboidratos são classificados em três grandes grupos: monossacarídeos, dissacarídeos e polissacarídeos.

Monossacarídeos e dissacarídeos

Os monossacarídeos são classificados com base no número de átomos de carbono. **Hexoses** têm seis átomos de carbono, enquanto **pentoses** possuem cinco carbonos. Há outros casos: trioses (3 carbonos), tetroses (4 carbonos) e heptoses (7 carbonos).

A fórmula geral dos monossacarídeos é $C_nH_{2n}O_n$. Assim, a fórmula da **ribose**, que é uma pentose, é $C_5H_{10}O_5$. A **desoxirribose** é outra pentose, mas como seu nome sugere, tem um átomo de oxigênio a menos; sua fórmula é $C_5H_{10}O_4$. A ribose é componente do RNA, e a desoxirribose faz parte

da molécula de DNA. Veja os principais monossacarídeos e seus papéis biológicos (Tab. 4).

| Monossacarídeos | Papel geral | Tipos | Localização |
|-----------------|--|---------------|---|
| Pentoses | Integrantes dos ácidos nucleicos. | Ribose | Componente do RNA. |
| | | Desoxirribose | Componente do DNA. |
| Hexoses | Fornecem energia para as atividades metabólicas. | Glicose | Sangue, uva e mel. |
| | | Frutose | Frutas em geral. |
| | | Galactose | Componente da lactose, açúcar do leite. |

Tab. 4 Principais monossacarídeos.

Os principais dissacarídeos são constituídos pela reunião de duas hexoses, com perda de água na sua formação. Quando ingerimos um dissacarídeo, ele é submetido a um processo de **digestão**; trata-se de uma reação química do tipo **hidrólise**, que envolve a participação de água e de uma enzima. Monossacarídeos ingeridos por uma pessoa são absorvidos sem sofrerem o processo de digestão, passando para a corrente sanguínea.

De maneira resumida veja as principais características dos três dissacarídeos mais importantes: **sacarose**, **lactose** e **maltose** (Tab. 5). Esses dissacarídeos têm papel energético no metabolismo.

| Dissacarídeo | Onde é encontrado | Enzima envolvida em sua hidrólise | Produtos da hidrólise |
|--------------|------------------------------------|-----------------------------------|-----------------------|
| Sacarose | Cana-de-açúcar e beterraba | Sacarase | Glicose e frutose |
| Maltose | Gerada durante a digestão do amido | Maltase | Glicose |
| Lactose | Leite | Lactase | Glicose e galactose |

Tab. 5 Os dissacarídeos mais comuns, com sua ocorrência e digestão (hidrólise).

Muitos seres humanos adultos apresentam pouca ou nenhuma lactase (enzima que degrada a lactose), não conseguindo realizar a digestão desse dissacarídeo. No entanto, podem consumir derivados de leite, como iogurte e queijo. Isso ocorre porque a obtenção desses produtos é feita com processo fermentativo, que degrada a lactose, e há a formação de ácido láctico, que o indivíduo absorve no intestino.

Polissacarídeos

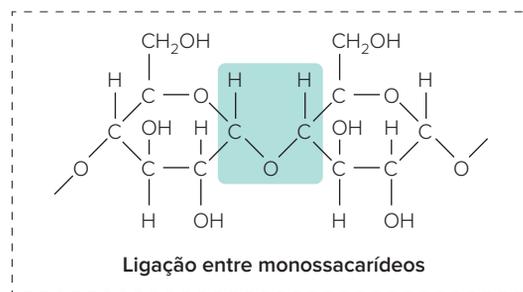
Polissacarídeos têm em sua composição grande número de moléculas de monossacarídeos. A glicose, por exemplo, faz parte de alguns polissacarídeos, como o amido, a celulose e o glicogênio. São **insolúveis em água**, enquanto monossacarídeos e dissacarídeos são solúveis em água. A solubilidade em água é fundamental

para o transporte de carboidratos por meio da seiva dos vegetais ou do sangue dos animais. Açúcares solúveis contribuem para o aumento de concentração de uma solução; isso se relaciona com pressão osmótica e será discutido mais adiante.

O **amido** é um polissacarídeo com função de **reserva energética vegetal**; é rico em alguns alimentos, como batata, arroz, mandioca, milho e banana. No ser humano, o amido é digerido pelas enzimas amilase salivar (presente na saliva) e amilase pancreática (componente do suco pancreático). A hidrólise de amido gera várias moléculas de maltose; posteriormente, a maltose é hidrolisada com a participação da enzima maltase, gerando duas moléculas de glicose.

O **glicogênio** é uma **reserva energética** presente em **fungos** e em **animais**. No organismo humano, há reservas de glicogênio no citoplasma de células do fígado e dos músculos. Após uma refeição rica em carboidratos, o sangue recebe grande quantidade de glicose; uma parte entra nas células do fígado e é convertida em glicogênio. No período entre duas refeições, o fígado vai degradando moléculas de glicogênio, gerando glicose, que é liberada para o sangue, que se encarrega de enviá-la para as demais células do organismo. Com isso, o sangue tem uma concentração de glicose adequada ao longo do dia. O controle do nível de glicose sanguínea é um complexo mecanismo homeostático, regulado por hormônios, como a **insulina** e o **glucagon**, estudados em capítulos posteriores de Fisiologia humana.

Tanto o glicogênio quanto o amido são polissacarídeos formados pela união de moléculas de glicose; amido e glicogênio têm estruturas que diferem quanto à disposição das moléculas de glicose (Fig. 3).



Exemplos:

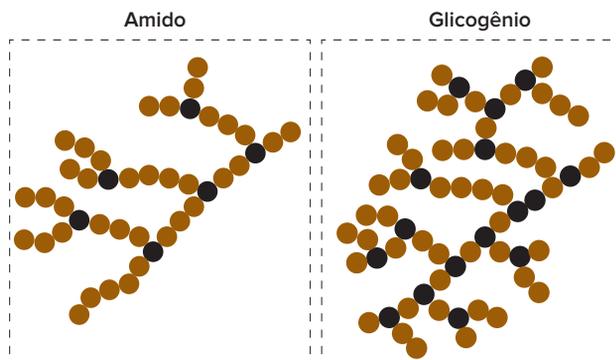


Fig. 3 A ligação entre monossacarídeos é fundamental para a formação dos polissacarídeos. Glicogênio e amido são formados pela união de moléculas de glicose, porém o amido apresenta uma estrutura menos ramificada e compacta.

A **celulose** é um polissacarídeo integrante da **parede celular** de células vegetais e de muitas algas. Contribui para a proteção da célula e para a sustentação esquelética do vegetal. Seres humanos não são capazes de digerir celulose, pois não apresentam a enzima celulase. Alguns microrganismos, como bactérias e protozoários ciliados, possuem celulase. Há animais, como bois, cavalos e cupins, que possuem esses tipos de microrganismos no estômago ou no intestino; assim, eles podem ter a celulose como base de sua dieta.

A celulose é um importante componente da dieta humana. É abundante em verduras, bagaço de frutas (como a laranja e a tangerina), casca de frutas (como a maçã) e casca de grãos (milho, feijão). Apesar de não ser digerida, ela ajuda a aumentar a motilidade do intestino e retém água, o que torna mais fácil a eliminação de fezes. A presença de celulose no alimento diminui a absorção de gorduras no intestino. Pessoas que ingerem regularmente alimentos ricos em fibras de celulose diminuem riscos à saúde, reduzindo, por exemplo, os níveis de lipídeos no sangue, e problemas com hemorroidas e câncer do reto.

A **quitina** é um polissacarídeo constituído por monossacarídeos que contêm **nitrogênio** na molécula. Esse polissacarídeo é componente do **exoesqueleto de artrópodes** e é integrante da **parede celular de fungos**. Deve-se notar que os fungos compartilham dois polissacarídeos com animais: glicogênio e quitina. Assim, apresentamos os principais aspectos de alguns polissacarídeos (Tab. 6).

| Polissacarídeo | Monossacarídeo componente | Localização | Papel |
|----------------|--|---|---|
| Amido | Glicose | Tecidos de reserva de vegetais, como batata, arroz, milho, mandioca e banana. | Reserva energética de vegetais. |
| Glicogênio | Glicose | Citoplasma de fungos e de animais (principalmente no fígado e nos músculos). | Reserva energética de fungos e de animais. |
| Celulose | Glicose | Parede celular de vegetais e de muitas algas. | Proteção de células e sustentação mecânica de vegetais. |
| Quitina | N-acetilglucosamina (monossacarídeo que contém nitrogênio) | Exoesqueleto de artrópodes e parede celular de fungos. | Proteção e sustentação mecânica. |

Tab. 6 Os principais polissacarídeos e seus papéis biológicos.

Lipídeos

Os lipídeos constituem um grupo bastante diversificado em termos químicos. Essa diversidade também está relacionada às funções que desempenham nos seres vivos, atuando como componentes de membranas, isolantes

térmicos e reservas energéticas. Eles próprios ou seus derivados têm também função de vitaminas e hormônios. As moléculas desse grupo são **longas cadeias carbônicas** com **baixa solubilidade em água**. Lipídeos compreendem glicerídeos (óleos e gorduras), ceras, fosfolipídeos e esteroides. Vários desses tópicos serão retomados no estudo da Fisiologia Humana e da Biologia Celular e na disciplina de Química e Química Orgânica. O que se segue é uma discussão inicial desse importante assunto.

Glicerídeos

Conhecidos popularmente como óleos e gorduras, os glicerídeos resultam de uma reação de síntese por desidratação, envolvendo uma molécula de glicerol e de três ácidos graxos, com a formação de três moléculas de água (Fig. 4).

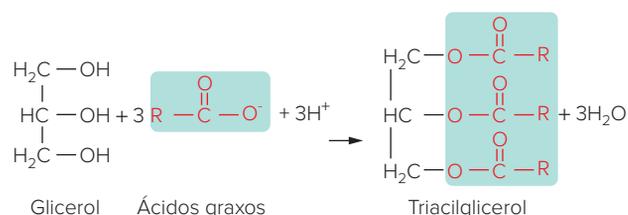


Fig. 4 Reação de formação de glicerídeo.

O **glicerol** tem três carbonos na molécula, cada qual ligado a um grupo álcool ($-\text{OH}$); assim, o glicerol é um triálcool. **Ácidos graxos** são ácidos carboxílicos de cadeia longa, tendo em uma extremidade da molécula o grupo carboxila (Fig. 5).

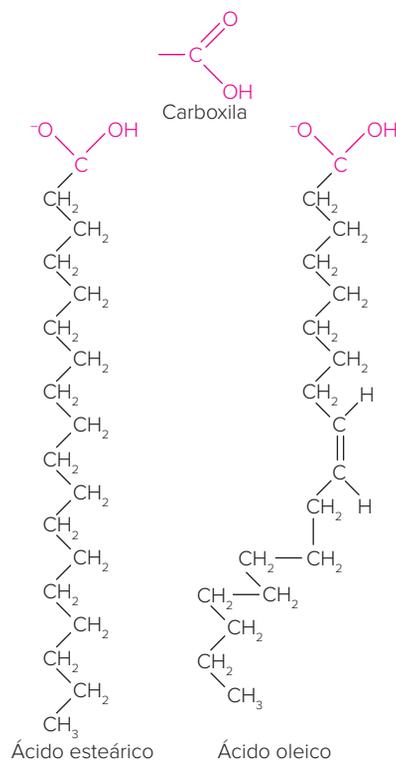


Fig. 5 Ácidos graxos apresentam longa cadeia de carbono e um ácido carboxílico em sua extremidade.

Os glicérides são importantes **reservas energéticas** de animais e de vegetais. **Óleos** normalmente são **líquidos** e encontrados em vegetais, em frutos (azeitona) e sementes, como o óleo de milho, soja e amendoim; o óleo de mamona é empregado como lubrificante de motores. **Gorduras** normalmente são **sólidas** e encontradas em **animais**, por exemplo, no tecido subcutâneo. Além de sua função de reserva, as gorduras funcionam como isolante térmico e amortecedores de impacto e contribuem para a flutuabilidade de animais marinhos, como focas, pinguins e baleias.

Ceras

São produzidas pela reação entre um ou mais ácidos graxos com um álcool (que não é o glicerol). As ceras contribuem para a **impermeabilização** de estruturas, como a superfície do exoesqueleto de insetos e a epiderme de vegetais, a casca da maçã e as folhas da carnaubeira, uma palmeira abundante no Nordeste brasileiro. A cera de carnaubeira tem vários usos industriais, como a produção de lustra-móveis e de graxa para sapatos.

Fosfolipídeos

São componentes da **membrana plasmática** das células. A membrana tem natureza lipoproteica (lipídeos + proteínas) e agora fica reforçado que os lipídeos são fosfolipídeos. Os fosfolipídeos fazem parte das membranas que envolvem organelas como mitocôndrias, retículo endoplasmático, cloroplastos e outras. Sua molécula apresenta uma “cabeça” e duas “pernas”. As “pernas” são de ácidos graxos, enquanto a cabeça tem fosfato em sua composição (Fig. 6).

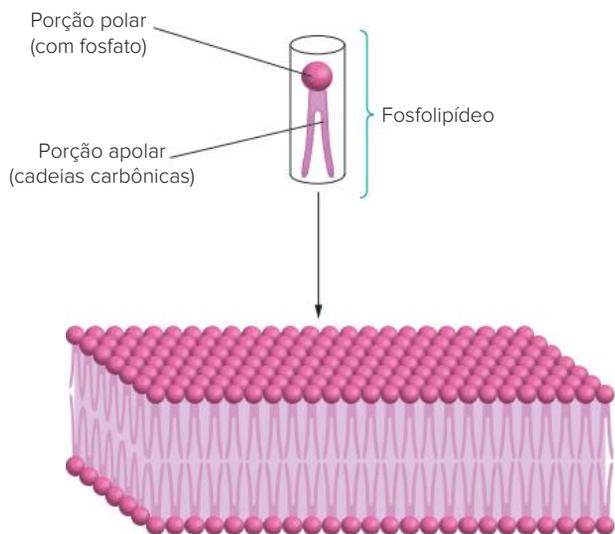


Fig. 6 Organização de uma molécula de fosfolipídeo e sua participação como integrante da membrana plasmática de uma célula.

Esteroides

Esteroides são moléculas bastante diferentes dos demais lipídeos; têm uma estrutura básica de quatro anéis interligados e podem apresentar funções orgânicas diversas desempenhando papéis importantes no funcionamento do organismo. Sua classificação como lipídeo

deve-se principalmente à sua característica lipossolúvel. O exemplo mais notável é o **colesterol**, bastante conhecido por sua associação com doenças cardiovasculares, assunto tratado na fisiologia da circulação. Por outro lado, o colesterol é um **componente estrutural** da membrana das células animais, mas não é encontrado em vegetais. Os óleos de milho e de soja, por exemplo, não têm colesterol. Alguns alimentos de origem animal tem alto teor de colesterol, como a gema de ovo e a gordura (banha, toucinho). O colesterol é empregado no metabolismo celular para a síntese de hormônios esteroides (Fig. 7), como a **testosterona** (hormônio masculino) e o **estrógeno** (hormônio feminino).

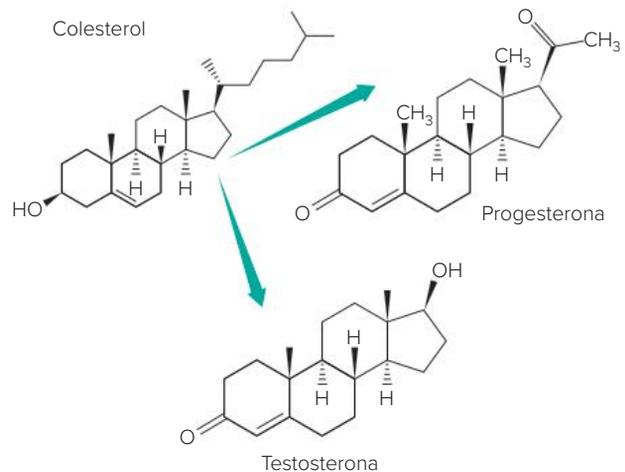


Fig. 7 Estrutura química de alguns esteroides.

Assim, pode-se concluir que os lipídeos têm papéis diversificados (Tab. 7), como reserva energética (óleos e gorduras), estrutural (componentes da membrana plasmática) e de controle do metabolismo (alguns hormônios esteroides), entre outros.

| Tipo de lipídeo | Estrutura química | Funções |
|-------------------------------|---|--|
| Glicérides (óleos e gorduras) | Glicerol unido a três moléculas de ácidos graxos. | Reserva energética, amortecimento de impacto, isolamento térmico e flutuabilidade. |
| Ceras | Álcool (não o glicerol) unido a uma ou mais moléculas de ácidos graxos. | Impermeabilização de estruturas. |
| Fosfolipídeos | Duas moléculas de ácidos graxos unidas a uma “cabeça” que contém fosfato. | Componentes da membrana plasmática e de membranas de organelas. |
| Esteroides | Apresentam um núcleo com quatro anéis interligados. | Colesterol é componente estrutural da membrana plasmática animal. A partir dele, são produzidos hormônios esteroides e a vitamina D. |

Tab. 7 Lipídeos: estrutura química e papéis biológicos.

Revisando

- 1 Quais são as duas grandes categorias de componentes químicos dos seres vivos? Cite em cada uma delas os exemplos principais.

- 2 Cite quatro papéis biológicos da água.

- 3 Estabeleça uma relação de teor de água com a idade do indivíduo e também com o nível de atividade metabólica dos tecidos.

- 4 Cite exemplos em que a água é utilizada no transporte de materiais nos seres vivos.

- 5 **Uece 2019** As moléculas de água permanecem unidas entre si por uma propriedade chamada de
A adesão. B coesão. C capilaridade. D tensão superficial.

- 6 **Uerj 2020** Algumas embalagens de alimentos apresentam no rótulo a informação “contém glúten”, obrigatória por resolução da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). O glúten apresenta, em sua composição, uma molécula que não deve ser consumida por portadores da doença celíaca, uma enfermidade autoimune crônica do intestino delgado.

Essa molécula do glúten, inadequada para os celíacos, é classificada como:

- A lipídeo B vitamina C proteína D carboidrato

- 7 **Udesc 2019 (Adapt.)** O organismo humano necessita de uma série de elementos químicos diferentes que são ingeridos em forma de íons de sais minerais.

Associe os íons relacionados na Coluna A com a sua função descrita na Coluna B.

Coluna A

- I. Zinco
- II. Ferro
- III. Iodo
- IV. Sódio
- V. Cálcio

Coluna B

- Atua na coagulação do sangue.
- Componente de várias enzimas, algumas envolvidas na digestão.
- Componente dos hormônios da tireoide.
- Mais importante íon positivo extracelular; ação no impulso nervoso.
- Componente da proteína responsável pelo transporte de gases no sangue.

- 8 Quais são os três grandes grupos de carboidratos?

9 Cite duas pentoses importantes e em que moléculas orgânicas são encontradas.

10 Cite três hexoses de importância energética.

11 Cite três dissacarídeos e os monossacarídeos resultantes da digestão de cada um deles.

12 Quais são os papéis biológicos dos polissacarídeos amido, glicogênio, celulose e quitina?

13 Em relação aos lipídeos, cite os papéis biológicos de glicerídeos, fosfolipídeos, ceras e esteroides.

Exercícios propostos

1 **Fuvest** Os adubos inorgânicos industrializados, conhecidos pela sigla NPK, contêm sais de três elementos químicos: nitrogênio, fósforo e potássio. Qual das alternativas indica as principais razões pelas quais esses elementos são indispensáveis à vida de uma planta?

A Nitrogênio – É constituinte de ácidos nucleicos e proteínas; Fósforo – É constituinte de ácidos nucleicos e proteínas; Potássio – É constituinte de ácidos nucleicos, glicídios e proteínas.

B Nitrogênio – Atua no equilíbrio osmótico e na permeabilidade celular; Fósforo – É constituinte de ácidos nucleicos; Potássio – Atua no equilíbrio osmótico e na permeabilidade celular.

C Nitrogênio – É constituinte de ácidos nucleicos e proteínas; Fósforo – É constituinte de ácidos nucleicos; Potássio – Atua no equilíbrio osmótico e na permeabilidade celular.

D Nitrogênio – É constituinte de ácidos nucleicos, glicídios e proteínas; Fósforo – Atua no equilíbrio osmótico e na permeabilidade celular; Potássio – É constituinte de proteínas.

E Nitrogênio – É constituinte de glicídios; Fósforo – É constituinte de ácidos nucleicos e proteínas; Potássio – Atua no equilíbrio osmótico e na permeabilidade celular.

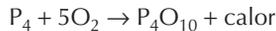
2 **UFRGS (Adapt.)** Associe os elementos químicos da primeira coluna com as funções orgânicas da segunda coluna.

- | | |
|-------------|----------------------------------|
| 1. Magnésio | Formação do tecido ósseo. |
| 2. Potássio | Transporte de oxigênio. |
| 3. Iodo | Assimilação de energia luminosa. |
| 4. Cálcio | Equilíbrio de água no corpo. |
| 5. Sódio | Transmissão de impulso nervoso. |
| 6. Ferro | |

A sequência numérica correta, de cima para baixo, na segunda coluna, é:

- A 4 – 3 – 1 – 5 – 2
B 5 – 6 – 3 – 4 – 1
C 4 – 6 – 1 – 5 – 2
D 5 – 4 – 3 – 6 – 1
E 6 – 4 – 2 – 3 – 1

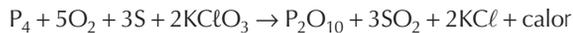
- 3 PUC-Campinas** O fósforo branco P_4 é tão reativo que deve ser guardado em água para não se inflamar espontaneamente:



O fósforo vermelho, muito mais seguro, encontra-se na lixa da caixinha de fósforos. Quando riscado, transforma-se em P_4 que pega fogo.

O calor gerado inicia a reação entre as substâncias presentes na cabeça do palito.

A reação global é:



Luis Fernando Pereira. *Folha de S. Paulo*, 10 jun. 2004. (Adapt.).

O fósforo (P) é um importante nutriente para as plantas. Isso porque ele é componente de moléculas orgânicas como as de:

- A DNA.
- B glicídios.
- C celulose.
- D ácidos graxos.
- E sacarose.

4 Enem 2019

As algas são uma opção sustentável na produção de biocombustível, pois possuem estrutura simples e se reproduzem mais rapidamente que os vegetais, além da grande capacidade de absorverem dióxido de carbono. Esses organismos não são constituídos por tecidos heterogêneos, entretanto, assim como os vegetais, possuem parede celular.

Algas podem substituir metade do petróleo e inaugurar química verde (Agência Fapesp, 16/08/2010). Disponível em: www.inovacaotecnologica.com.br. Acesso em: 1 ago. 2012 (adaptado).

Para obtenção de biocombustível a partir de algas e vegetais, é necessário utilizar no processo a enzima

- A amilase.
- B maltase.
- C celulase.
- D fosfatase.
- E quitinase.

- 5 IFPE 2019** Sobre os componentes químicos da célula, assinale a alternativa CORRETA.

- A O amido e o glicogênio são reservas energéticas constituídas por ácidos graxos e glicerol.
- B Um excelente exemplo de proteína estrutural é a celulose, componente da parede celular das células vegetais.
- C Proteínas são macromoléculas orgânicas compostas por aminoácidos.
- D Os fosfolipídios e a esfingomielina são lipídios compostos encontrados, predominantemente, na parede celular de bactérias gram-positivas.
- E A quitina é a proteína que compõe a parede celular dos fungos.

- 6 Cefet-MG** Os polissacarídeos, açúcares complexos, são nutrientes de origem vegetal e, no homem, apresentam-se como substância de reserva na forma de:

- A amido.
- B quitina.
- C celulose.
- D glicogênio.

- 7 Uece** Sabe-se que o carboidrato é o principal fator a contribuir para a obesidade, por entrar mais diretamente na via glicolítica, desviando-se para a produção de gordura, se ingerido em excesso. Uma refeição composta de bolacha (amido processado industrialmente) e vitamina de sapoti (sapoti, rico em frutose), leite (rico em lactose) e açúcar (sacarose processada industrialmente) pode contribuir para o incremento da obesidade, por ser, conforme a descrição acima, visivelmente rica em:

- A lipídios.
- B proteínas.
- C glicídios.
- D vitaminas.

- 8 Unesp** O destino de uma molécula de celulose presente nas fibras encontradas na alface ingerida por uma pessoa, numa refeição, é:

- A entrar nas células e ser “queimada” nas mitocôndrias, liberando energia para o organismo.
- B ser “desmontada” no tubo digestório, fornecendo energia para as células.
- C servir de matéria-prima para a síntese da glicose.
- D entrar nas células e ser utilizada pelos ribossomos na síntese de proteínas.
- E ser eliminada pelas fezes, sem sofrer alteração no tubo digestório.

9 Unirio

Quanto mais se investiga mais assustador fica o escândalo dos remédios falsificados. [...] A empresa é acusada de ter produzido quase 1 milhão de comprimidos de farinha como sendo o medicamento Androcur, usado no tratamento de câncer de próstata.

Veja, set. 1998.

O principal componente químico da farinha é o amido, que é um:

- A lipídio.
- B poliéter.
- C peptídeo.
- D poliéster.
- E polissacarídeo.

- 10 Cefet-CE** Os lipídeos apresentam importantes funções nos seres vivos, destacando-se, entre eles, os triglicerídeos. Apresenta uma molécula presente na formação de um triglicerídeo:

- A monossacarídeo.
- B aminoácido.
- C glicerol.
- D dipeptídeo.
- E dissacarídeo.

- 11 UFPR (Adapt.)** Os lipídios são substâncias insolúveis em água e solúveis em solventes orgânicos que desempenham diversas funções nos seres vivos. Um dos importantes papéis dos lipídios nos seres vivos é:
- A atuar como catalisadores biológicos.
 - B servir como fonte de reserva energética.
 - C formar integralmente proteínas celulares.
 - D garantir a solubilidade dos outros compostos em água.
 - E conter as informações genéticas dos seres vivos.

- 12 Famerp 2020** Um exame *anti-doping* confirmou que Ben Johnson, corredor dos 100 metros, utilizou, nos Jogos Olímpicos de 1988, a substância estanozolol,

um tipo de esteroide proibido em competições por ter efeito anabolizante na musculatura. A substância utilizada pelo atleta é um tipo de

- A proteína, que acelera o metabolismo das fibras musculares.
- B lipídio, que estimula a síntese proteica nas fibras musculares.
- C lipídio, que aumenta a síntese de LDL e melhora a atividade cardíaca.
- D ácido nucleico, que ativa os genes responsáveis pela força muscular.
- E proteína, que favorece a retenção de água utilizada no metabolismo muscular.

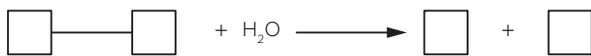
Texto complementar

As principais reações químicas do metabolismo

Entre as inúmeras reações do metabolismo, destacam-se três grandes modalidades: hidrólise, síntese por desidratação e oxirredução.

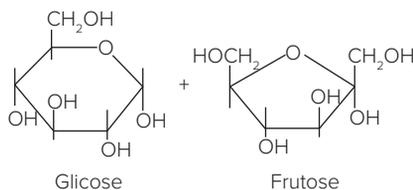
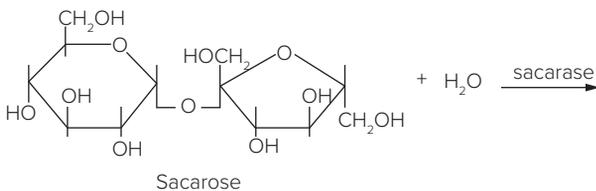
Hidrólise

Nesse tipo de reação, uma molécula reage com água, dando origem a duas moléculas menores.



Hidrólise.

A hidrólise é comum nos processos digestivos. Ocorre, por exemplo, na conversão de proteínas em seus aminoácidos componentes. Na digestão do açúcar de cana (a sacarose), que ocorre no intestino, são produzidas duas moléculas, uma de glicose e uma de frutose.



Hidrólise da sacarose.

Síntese por desidratação

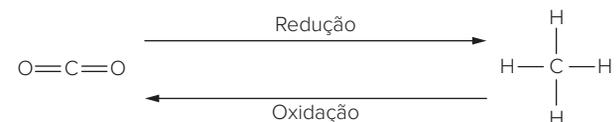
Esse tipo de reação envolve a reunião de moléculas menores, gerando uma molécula maior e produzindo água. Em células vegetais, por exemplo, forma-se sacarose a partir de glicose e frutose.



Desidratação.

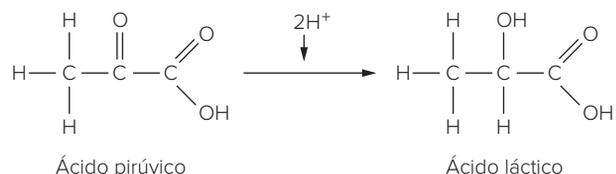
Oxirredução

As reações de oxidação e de redução no metabolismo celular, muitas vezes, envolvem átomos de hidrogênio. Seu ganho corresponde a um processo de redução, e sua perda, a um processo de oxidação.



Oxirredução.

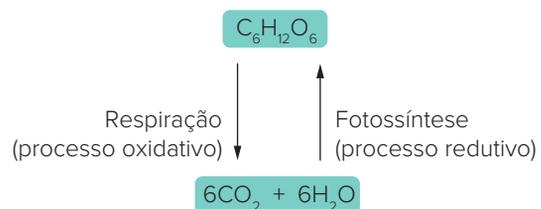
No final da fermentação láctica, ocorre a reação que converte ácido pirúvico em ácido láctico.



Exemplo de reação de redução.

Trata-se, portanto, de uma reação de redução. Geralmente, nos processos metabólicos, as reações de oxidação liberam energia, enquanto as reações de redução acumulam energia.

Considerando globalmente a fotossíntese e a respiração celular, podemos considerar a respiração um processo oxidativo, que libera energia, enquanto consideramos a fotossíntese um processo redutivo, que constrói uma molécula que armazena energia, a glicose.



Respiração e fotossíntese: exemplos de oxidação e redução, respectivamente.

Resumindo

Há dois tipos de componentes químicos dos seres vivos: substâncias inorgânicas (água e sais minerais) e substâncias orgânicas (carboidratos, lipídeos, proteínas, ácidos nucleicos e vitaminas).

Água

A água desempenha inúmeros papéis nos seres vivos: solvente, meio para reações, transporte e controle térmico. Ela é um solvente e a substância que nela se dissolve é o soluto. Em uma solução aquosa, as partículas apresentam movimento, o que aumenta sua possibilidade de interação com outras partículas, através de choques entre elas. Dessa maneira, a água funciona como meio para reações. O metabolismo depende das reações químicas, controladas por enzimas, que necessitam estar em meio aquoso para catalisar reações.

A quantidade e a distribuição de água no corpo apresentam variações, sendo mais elevada em tecidos com alta atividade metabólica; embriões têm atividade metabólica mais alta do que os indivíduos idosos e possuem maior teor de água.

A água atua no transporte de substâncias, como na seiva dos vegetais e no sangue dos animais. Ela desempenha a função de controle térmico devido à sua ação na dissipação de calor e pelo fato de ter alto calor específico. Muitos seres vivos dissipam calor quando perdem vapor-d'água através da superfície.

Sais minerais

Sais minerais são compostos minerais que apresentam função plástica e reguladora no organismo. Podem se apresentar na forma de íons dissolvidos na água ou imobilizados (não dissolvidos), como o cálcio e o fosfato dos ossos.

Os minerais desempenham importantes papéis no organismo:

- Ação na membrana plasmática: sódio, potássio, cloro.
- Componente de estruturas biológicas: cálcio, fósforo e magnésio.
- Contração muscular: cálcio.
- Coagulação do sangue: cálcio.
- Auxiliares na atividade de enzimas (cofatores): magnésio, zinco, manganês.
- Metabolismo energético: fósforo, magnésio, ferro.
- Componente de macromoléculas: fósforo, ferro.

Carboidratos

São substâncias orgânicas também conhecidas como hidratos de carbono, glicídeos, glucídeos ou sacarídeos. Incluem os açúcares (como a sacarose e a glicose) e os polissacarídeos (como a celulose e o amido).

Os carboidratos são classificados em três grandes grupos: monossacarídeos, dissacarídeos e polissacarídeos. A glicose tem fórmula $C_6H_{12}O_6$. Glicose, frutose e galactose são açúcares que apresentam a mesma fórmula molecular, mas têm diferentes arranjos de átomos. Uma molécula de glicose pode reagir com uma molécula de frutose, gerando sacarose e água. A reação de produção de sacarose é do tipo síntese por desidratação. A sacarose é classificada como um dissacarídeo. A glicose e a frutose são monossacarídeos. O amido é formado por inúmeras moléculas de glicose; é um polissacarídeo.

Monossacarídeos e dissacarídeos

Os monossacarídeos são classificados com base no número de átomos de carbono. Hexoses têm seis átomos de carbono, enquanto pentoses possuem cinco carbonos.

A fórmula geral dos monossacarídeos é $C_nH_{2n}O_n$. Assim, a fórmula da ribose, que é uma pentose, é $C_5H_{10}O_5$. A desoxirribose tem um átomo de oxigênio a menos; sua fórmula é $C_5H_{10}O_4$. A ribose é componente do RNA, e a desoxirribose faz parte da molécula de DNA. Hexoses, como glicose, frutose e galactose, fornecem energia para as atividades metabólicas.

Os principais dissacarídeos são constituídos pela reunião de duas hexoses, com perda de água na sua formação. Por outro lado, quando ingerimos um dissacarídeo, ele é submetido a um processo de digestão; trata-se de uma reação química do tipo hidrólise, que envolve a participação de água e de uma enzima. Monossacarídeos ingeridos por uma pessoa são absorvidos sem sofrerem o processo de digestão, passando para a corrente sanguínea.

Os três dissacarídeos mais importantes são sacarose, lactose e maltose; eles desempenham papel energético no metabolismo. Suas hidrólises geram hexoses:

Sacarose → Glicose e frutose
Maltose → 2 glicoses
Lactose → Glicose e galactose

Polissacarídeos

Polissacarídeos têm em sua composição grande número de moléculas de monossacarídeos. A glicose faz parte do amido, da celulose e do glicogênio. Polissacarídeos são insolúveis em água, enquanto monossacarídeos e dissacarídeos são solúveis em água.

O amido é um polissacarídeo com função de reserva energética vegetal. O glicogênio é uma reserva energética presente em fungos e em animais (principalmente no fígado e nos músculos). A celulose é um polissacarídeo componente da parede celular de células vegetais e de muitas algas. Contribui para a proteção da célula e para a sustentação esquelética do vegetal. Seres humanos não são capazes de digerir celulose, pois não apresentam a enzima celulase. A quitina é um polissacarídeo constituído por monossacarídeos que contêm nitrogênio na molécula. Esse polissacarídeo é componente do exoesqueleto de artrópodes e é integrante da parede celular de fungos.

Lipídeos

Lipídeos compreendem glicerídeos (óleos e gorduras), ceras, fosfolipídeos e esteroides. Lipídeos têm papéis diversificados, conforme sua classificação:

- glicerídeos (óleos e gorduras): reserva energética, amortecedor de impacto, isolamento térmico e fluidez;
- ceras: impermeabilização de estruturas;
- fosfolipídeos: componentes da membrana plasmática e de membranas de organelas;
- esteroides: colesterol é componente estrutural da membrana plasmática animal. Por meio dele são produzidos hormônios esteroides.

As principais reações químicas do metabolismo

Entre as inúmeras reações do metabolismo, destacam-se três grandes modalidades: hidrólise, síntese por desidratação e oxirredução.

Quer saber mais?



Site

- Mais informações sobre a água
<<https://www.thoughtco.com/water-chemistry-facts-and-properties-609401>>.

Exercícios complementares

1 PUC-PR Quais dos produtos orgânicos são característicos de metabolismo de organismos vivos?

- A Ácido sulfúrico, glicerina, sulfato de metila.
- B Metanol, etanol, polietileno.
- C Ácido cítrico, cetonas, acetileno, PVC.
- D Glicídios, lipídios, aminoácidos e proteínas.
- E Solventes clorados, soda cáustica e peróxido de hidrogênio.

2 UFSC 2019

Que a água é essencial para a vida, todo mundo sabe. O corpo humano é constituído por 66% de água. Contudo, a hidratação excessiva pode ser fatal. Existem diversos casos relatados de pessoas que ingeriram grandes quantidades de água em curto espaço de tempo e que morreram ou desenvolveram algum grau de hiponatremia, que basicamente significa sal insuficiente no sangue. Nesses casos, o sangue fica com excesso de água, o que facilita a entrada dessa substância nas células. Os sintomas incluem dor de cabeça, fadiga, náuseas, vômito e desorientação mental.

Scientific American Brasil. Disponível em: <https://www2.uol.com.br/sciam/noticias/agua_demais_pode_fazer_mal_e_ate_matar.html>. [Adaptado]. Acesso em: 25 ago. 2018.

Com base no texto e nos conhecimentos sobre fisiologia celular e animal, é correto afirmar que:

- 01 a água atua como um excelente regulador térmico nos animais por possuir a propriedade física chamada de calor específico muito baixa.
- 02 a entrada de água nas células ocorre porque o citoplasma é hipotônico em relação ao sangue.
- 04 a absorção excessiva de água gera um aumento no volume celular; algumas células, como as do tecido conjuntivo frouxo não serão prejudicadas, enquanto outras, como os neurônios, podem sofrer danos.
- 08 através da urina não se elimina só água, mas também substâncias nitrogenadas e, em algumas situações, até glicose.
- 16 o aumento na produção do hormônio antidiurético (ou vasopressina) pelos rins facilita a eliminação de água.
- 32 em muitas reações químicas nas células a água atua como reagente (reações de hidrólise) e em outras como produto (síntese por desidratação); um exemplo desta última é a digestão da sacarose.
- 64 as propriedades de ligação entre as moléculas de água com outras substâncias no interior das células devem-se ao fato de as moléculas de água não serem polarizadas.

Soma:

3 A energia que usamos para realizar os movimentos provém da degradação dos alimentos que ingerimos. Entre os nutrientes que ingerimos, indique o mais utilizado na produção desta energia.

- A Proteína.
- B Carboidrato.
- C Lipídeo.
- D Sais minerais.
- E Água.

4 UEG

A ingestão diária de leite pode causar perturbações digestivas em milhões de brasileiros que apresentam intolerância a esse alimento, a qual é provocada pela deficiência de lactase no adulto, uma condição determinada geneticamente e de prevalência significativa no Brasil.

Ciência Hoje, v. 26, n. 152, p. 49, ago. 1999. (Adapt.).

Tendo em vista o tema apresentado acima, é incorreto afirmar:

- A a lactose, presente no leite, bem como outros carboidratos de origem animal representam uma importante fonte de energia na dieta humana.
- B a lactase, assim como outras enzimas, tem sua atividade influenciada por diversos fatores, tais como a temperatura e o pH.
- C a lactase é uma enzima que age sobre a lactose, quebrando-a em duas moléculas, sendo uma de maltose e outra de galactose.
- D o efeito simultâneo da desnutrição e das infecções intestinais pode resultar em deficiência secundária de lactase, aumentando ainda mais o número de pessoas com intolerância à lactose.

5 Unirio

Uma substância elaborada a partir da carapaça da lagosta está se revelando eficaz no tratamento de queimaduras, feridas e úlceras. O remédio, batizado de Reteded, é fabricado a partir de um polímero conhecido como quitina.

Jornal do Brasil, 30 ago. 1997.

A quitina é um aminopolissacarídeo e, portanto, possui arranjo estrutural similar ao existente na:

- A insulina.
- B lecitina.
- C glicina.
- D celulose.
- E borracha natural.

6 Unicamp 2020

Um dos pratos mais apreciados pelos brasileiros é o tradicional arroz com feijão, uma combinação balanceada de diversos nutrientes importantes para a saúde humana.

a) A combinação de arroz e feijão fornece todos os aminoácidos essenciais ao organismo. A tabela abaixo apresenta variações na quantidade de alguns aminoácidos essenciais por categorias de alimentos.

| Aminoácidos essenciais | Categorias de alimentos | | | | | |
|------------------------|--|-------|--------|------|----------|----------|
| | Milho | Arroz | Feijão | Soja | Verduras | Gelatina |
| Metionina | ✓ | ↑↑ | ↓↓ | ↓↓ | ↓↓ | ↓↓ |
| Isoleucina | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ |
| Leucina | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ |
| Lisina | ↓↓ | ↓↓ | ↑↑ | ↑↑ | ✓ | ↓↓ |
| Fenilalanina | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ |
| Treonina | ↓↓ | ↓↓ | ↑↑ | ↑↑ | ✓ | ✓ |
| Triptofano | ↓↓ | ✓ | ↓↓ | ✓ | ✓ | ↓↓ |
| Valina | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ |
| LEGENDA | ↑↑ alta quantidade do aminoácido presente no alimento ↓↓ baixa quantidade do aminoácido presente no alimento ✓ quantidade ideal do aminoácido presente no alimento | | | | | |

(Adaptado de Marchini e outros, *Aminoácidos*. São Paulo: ILSI Brasil-International Life Sciences Institute do Brasil, 2016, p. 18.)

Considere uma época de escassez em que é necessário substituir o feijão do combinado “arroz e feijão” por outro alimento. Tendo como base as informações fornecidas, que alimento da tabela poderia ser escolhido? Justifique sua resposta.

b) Considere a seguinte afirmação: “O arroz, embora seja um alimento saudável, deve ser consumido por uma pessoa com diabetes tipo 2 sob orientação profissional para controle de glicemia.” Explique a afirmação, levando em consideração as transformações que o arroz sofre na digestão e as características do diabetes tipo 2.

7 Cefet-MG

Referindo-se à composição química da célula, é correto afirmar que os(as):

- A sais minerais, dentre outras funções, mantêm o controle osmótico das células.
- B lipídios são compostos orgânicos de função energética, com alta solubilidade em água.
- C carboidratos são os principais produtos orgânicos a desempenhar função estrutural na composição das células.
- D proteínas presentes na membrana plasmática desempenham a função de reserva celular, sendo normalmente utilizadas como fonte de energia primária.

8 Cefet-MG 2020

O glicogênio é uma reserva energética em animais, formado por milhares de unidades de glicose. O principal órgão de armazenamento concentrado desse polissacarídeo é o fígado. Em situações de hipoglicemia, as células alfa do pâncreas liberam o hormônio glucagon, que promove o aumento da glicemia por meio da degradação do glicogênio hepático em glicose, tornando-a disponível para ser transportada para o sangue.

Disponível em: <<https://www.portaleducacao.com.br/conteudo/artigos/enfermagem/efeitos-do-glucagon-no-organismo/34855>>.
Acesso em: 19 de setembro de 2019. (adaptado)

Uma vantagem do armazenamento de glicose na forma de glicogênio é que o mesmo reduz a osmolaridade, evitando que a célula

- A gere muita energia.
- B aumente o seu volume.
- C perca moléculas de glicose.
- D fique resistente ao glucagon.

9 PUC-PR O colesterol tem sido considerado um vilão nos últimos tempos, uma vez que as doenças cardiovasculares estão associadas a altos níveis desse composto no sangue. No entanto, o colesterol desempenha importantes funções no organismo.

Analise os itens a seguir.

- I. O colesterol é importante para a integridade da membrana celular.
- II. O colesterol participa da síntese dos hormônios esteroides.
- III. O colesterol participa da síntese dos sais biliares.

Está(ão) corretas:

- A somente I.
- B somente II.
- C somente III.
- D somente I e II.
- E I, II e III.

10 Uece 2019

Relacione, corretamente, os minerais apresentados a seguir com algumas de suas funções, numerando a Coluna II de acordo com a Coluna I.

Coluna I

1. Cálcio
2. Ferro
3. Sódio
4. Flúor

Coluna II

- É um componente importante dos ossos e dos dentes, é essencial à coagulação sanguínea e tem ação em nervos e músculos.
- É um componente dos ossos e dos dentes, e auxilia na prevenção da cárie dentária.
- É um componente da hemoglobina, da mioglobina e de enzimas respiratórias, e é fundamental para a respiração celular.
- É importante no balanço de líquidos do corpo; é essencial para a condução do impulso nervoso e tem ação nos músculos.

A sequência correta, de cima para baixo, é:

- A 4, 1, 3, 2.
- B 1, 4, 2, 3.
- C 3, 2, 1, 4.
- D 2, 3, 4, 1.

11 UEL Os esquemas a seguir mostram as quantidades relativas de proteínas (P) e de lipídios (L) em diversos tipos de carnes.

Frango

| | |
|---|---|
| P | L |
|---|---|

Ganso

| | |
|---|---|
| P | L |
|---|---|

Porco

| | |
|---|---|
| P | L |
|---|---|

Coelho

| | |
|---|---|
| P | L |
|---|---|

Uma pessoa com colesterol elevado deve abster-se de ingerir:

- A frango e ganso.
- B frango e porco.
- C ganso e porco.
- D frango e coelho.
- E porco e coelho.



FRENTE 2

CAPÍTULO

1

Evolução: conceitos e evidências

A era do gelo é um fato científico. Durante essa era, encerrada há cerca de dez mil anos, havia muitos animais diferentes dos atuais, como o mamute, pertencente à mesma família dos elefantes, que apresentava a presa observada na fotografia. Estudos recentes indicam que os últimos indivíduos morreram na Ilha Wrangel, Rússia, há cerca de quatro mil anos. Nosso planeta é marcado por mudanças no ambiente físico e nos seres vivos.

Um olhar sobre o tempo

A história humana tem como marco inicial a escrita; o período anterior é considerado a Pré-história. Os primeiros documentos escritos foram encontrados na Mesopotâmia e datam de aproximadamente 4000 a.C. No entanto, há um passado mais remoto ainda. Ampliando essa noção de tempo, a espécie humana faz parte de um período da história do planeta conhecido como era Cenozoica, que corresponde aos últimos 65 milhões de anos. O Cenozoico é também conhecido como a “idade dos mamíferos”, pois foi nesse período que esses animais superaram o domínio dos répteis. O Mesozoico é a “idade dos répteis”, que ocorreu de 240 a 65 milhões de anos atrás. Entre os répteis do Mesozoico estavam os dinossauros, que, apesar da sua grande diversidade, foram extintos. Durante o Mesozoico, os continentes formavam um único bloco, a Pangeia, posteriormente fragmentando nos continentes atuais, em um processo que se estendeu pelo Cenozoico.

Os cientistas identificaram o período Paleozoico de 560 a 240 milhões de anos atrás, antes mesmo do Mesozoico. O Paleozoico mostra uma grande diversificação da vida em meio aquático e a ocupação do ambiente terrestre. No Paleozoico ocorre o primeiro grande evento de extinção em massa no planeta; talvez a extinção dos dinossauros seja mais famosa, mas não foi a única.

Paleozoico, Mesozoico e Cenozoico são algumas referências do tempo geológico. Poderíamos voltar ainda mais no tempo, incluindo o Proterozoico (anterior ao Paleozoico) mas, por enquanto, isso basta para termos uma noção de que o planeta passou e passa por grandes modificações. Isso não é obra de ficção. Trata-se do resultado de um estudo sistemático, envolvendo diversas áreas, como Física, Astronomia, Geologia, Biologia e outras (Fig. 1).



Fig. 1 Delimitação das eras geológicas em milhões de anos.

Durante muito tempo, o pensamento ocidental foi guiado pela visão de mundo de filósofos como Aristóteles e Platão. Muitos de seus conceitos foram incorporados pela Igreja Católica e eram tidos como verdadeiros dogmas, que influenciaram a Física e a Astronomia. Uma das mais conhecidas concepções é a do **geocentrismo**, isto é, a Terra como centro do universo. Seus opositores eram vistos como hereges e sujeitos a penalidades severas, como excomunhão, tortura e até morte. Foi a partir do Renascimento (entre os séculos XIII e XVII) que essas concepções foram mudadas, principalmente com os trabalhos de Copérnico, Galileu, Kepler e de Newton. A concepção da Igreja (com suas influências aristotélicas e platônicas) era de um mundo estático, com os seres vivos sem mudanças. Essa é a visão denominada

fixismo. No entanto, o século XVIII começou a apresentar uma grande variedade de evidências descobertas por geólogos, como Charles Lyell, de que o planeta era mais antigo do que se imaginava. Também aumentaram as descobertas de restos de seres vivos bizarros, não encontrados na fauna e na flora atuais; eram os **fósseis**, inicialmente investigados na Europa e mais abundantes nas proximidades de rios e corredeiras.

Pescadores e exploradores passaram a se deparar com mamutes inteiros preservados no gelo, em **icebergs**, por exemplo (Fig. 2). Como explicar a existência dessas formas estranhas de organismos? No final do século XVIII, alguns cientistas, a exemplo de Copérnico e de Galileu, começaram a contrariar os dogmas aristotélicos, mostrando a possibilidade de mudanças nos seres vivos ao longo do tempo. Essa ideia estabeleceu o conceito de **evolução**, desenvolvido no século XIX pelo naturalista francês Jean-Baptiste Lamarck e, posteriormente, pelo inglês Charles Robert Darwin.



Fig. 2 Mamute no gelo: um raro caso de fóssil que apresenta preservação total, incluindo as partes moles do organismo.

O conceito de adaptação

Seres vivos estão adaptados ao seu ambiente. O organismo tem estruturas e funcionamento que possibilitam seu ajuste às condições ambientais, permitindo a sobrevivência e a reprodução da espécie naquele ambiente. Entre as aves, por exemplo, encontramos o beija-flor e o pinguim, cada qual adaptado a um ambiente específico (Fig. 3).



Fig. 3 O beija-flor é capaz de pairar no ar com seu rápido batimento de asas. Assim, pode aproximar-se de flores e delas obter o néctar do qual se alimenta.

O beija-flor vive em ambientes quentes e úmidos, possui asas empregadas no voo, e seu bico é bastante longo; alimenta-se de insetos e de néctar colhido de flores que normalmente apresentam forma de tubo. Possui penas que contribuem para seu voo e constituem elementos de atração sexual, sendo os machos mais vistosos que as fêmeas. Seu corpo é muito pequeno e dissipa calor com grande rapidez; ele teria que comer o tempo todo para manter seu organismo em funcionamento. No entanto, à noite ele entra em hibernação; sua temperatura sofre redução e, assim, seu gasto de energia é menor.

O pinguim vive na Antártida e em locais frios do hemisfério Sul. Sua fonte de alimento é o peixe, obtido nas águas muito frias do seu ambiente. Suas penas são extremamente reduzidas e suas asas funcionam como nadadeiras. As patas posteriores têm dedos unidos por membranas, o que contribui para a natação. Sob a pele, os pinguins têm uma espessa camada de gordura que, além de reserva alimentar, funciona como isolante térmico e facilita sua flutuação na água.

Na visão do fixismo, cada uma dessas aves sempre apresentou suas características atuais; elas não sofreram mudanças ao longo do tempo. Um apoio a essa visão é a interpretação literal dos escritos da *Bíblia*, no livro de Gênesis. Ali é narrada a origem dos seres vivos a partir de criação divina; por isso o fixismo também é denominado **criacionismo**. Assim, as diversas espécies teriam sido criadas todas de uma única vez e já adaptadas ao ambiente; desde então, elas permaneceriam como foram geradas. Assim, na visão fixista, os seres vivos não sofrem modificações ao longo do tempo.

No entanto, a partir do século XVIII, muitos cientistas acumularam evidências de que o planeta sofre grandes modificações e também de que os seres vivos modificam-se ao longo do tempo, adaptando-se ao ambiente em que se encontram. Isso corresponde ao conceito de transformismo, ou seja, as espécies apresentam um processo de adaptação dinâmica ao ambiente. **Evolução** representa o mecanismo pelo qual as características das espécies modificam-se ao longo do tempo; as modificações ocorridas nesse processo relacionam-se à adaptação dos seres vivos ao ambiente.

Beija-flores e flores que foram polinizadas por eles sofreram modificações ao longo de seus processos evolutivos; uma espécie interferiu na evolução da outra. Isso é um exemplo de **coevolução**: um processo em que diferentes formas de vida passam por mudanças evolutivas de modo simultâneo e interdependente.

O conceito de evolução também implica que as espécies não surgiram todas ao mesmo tempo. Por meio de muitas evidências, como as proporcionadas pelos fósseis, foi possível estabelecer quando muitas espécies surgiram na Terra (Fig. 4). Ao longo do tempo, houve um aumento do número de famílias e de grupos taxonômicos acima de famílias. Isso significa que houve aumento da biodiversidade e não que os seres vivos são estáveis, como propõe o fixismo.



Fig. 4 O criacionismo considera que a adaptação dos seres vivos é estática; para o transformismo, a adaptação é um processo dinâmico.

Evidências de evolução

Os cientistas empregam em seus estudos diversas evidências da ocorrência de evolução:

- fósseis;
- estudos comparativos de anatomia, embriologia e de bioquímica;
- estruturas vestigiais;
- distribuição geográfica.

Fósseis

O estudo dos fósseis constitui a Paleontologia. Fósseis são restos ou vestígios de seres vivos de épocas remotas. Entendem-se por épocas remotas os períodos anteriores à escrita (Pré-históricos). Vestígios de seres vivos são marcas deixadas por organismos do passado; as mais notáveis são as pegadas de vertebrados, presentes em lama ou mesmo em lava vulcânica. Nesse caso, não há partes preservadas do organismo, como ossos ou garras, e sim o contorno das patas. Esses vestígios revelam informações acerca de algum ser vivo do passado.

Restos de seres vivos constituem as partes de um organismo que foram preservadas após sua morte. Geralmente se faz uma distinção entre dois tipos de resto: partes duras (como ossos, dentes, cascos, conchas) e partes moles (como músculos, nervos, vísceras). Partes duras são mais facilmente preservadas; as partes moles em geral entram em decomposição e raramente são conservadas (Fig. 5). Um animal abatido em uma pradaria tem sua carne devorada por carnívoros predadores; necrófagos (como abutres) comem suas vísceras e tendões. Moscas depositam ovos no cadáver do animal, e esses ovos se convertem em larvas, que devoram com grande rapidez boa parte da carcaça. Muitos animais, ainda, alimentam-se da medula óssea (“tutano”), partindo alguns dos ossos remanescentes. Com o tempo, os ossos restantes são, muitas vezes, pisoteados por animais que passam pelo local e ainda sofrem a ação do vento, da chuva e da variação térmica. Tempos depois pode não restar praticamente nada do animal morto. No entanto, se o animal morrer dentro de um rio ou em suas proximidades, acaba sendo recoberto por sedimentos, os quais podem ser convertidos em uma estrutura rochosa, capaz de preservar os restos desse organismo. Muitos fósseis foram originados de maneira similar a essa, e ajudam a explicar a história evolutiva. Sua idade é estimada por um método denominado *datação radiativa*, que será explicado no curso de Química desta coleção.



Fig. 5 Exemplos de fósseis que podem se apresentar na forma de vestígios ou de partes de organismos.

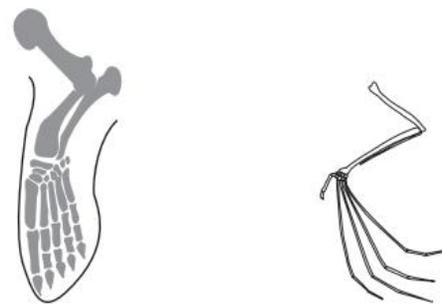
Partes moles de organismos podem ser preservadas, como é o caso de mamutes no gelo, citado no início deste capítulo. Outra modalidade de preservação de partes moles é por meio de resinas vegetais, liberadas, por exemplo, em galhos partidos. Essas resinas contêm substâncias bactericidas e podem cair sobre um ser vivo. O animal acaba morrendo e suas partes moles não entram em decomposição; a resina enrijecida corresponde ao âmbar (Fig. 6).



Fig. 6 Uma aranha aprisionada em âmbar fica totalmente preservada; a resina mata os microrganismos decompositores e isola o animal fossilizado de agentes externos.

Anatomia comparada

Comparações anatômicas são consideradas como evidências evolutivas. Um exemplo é o membro anterior de uma foca (nadadeira) e de um morcego (asa). Esses animais são mamíferos que vivem em ambientes diferentes, a foca em meio aquático e o morcego em meio aéreo. A arquitetura óssea dessas estruturas é admiravelmente similar, apesar de seu aspecto externo ser diferente (Fig. 7).



Nadadeira de foca

Asa de morcego

Semelhanças anatômicas

Parentesco evolutivo com ancestral comum

Fig. 7 A nadadeira da foca e a asa do morcego têm semelhanças anatômicas; isso é indicativo de parentesco evolutivo entre eles.

Essas semelhanças internas revelam parentesco evolutivo, isto é, foca e morcego descendem de um **ancestral comum**. Esse ancestral originou espécies diferentes; isso significa que esses seres vivos resultaram de um processo de evolução.

Embriologia comparada

O desenvolvimento embrionário de diversos vertebrados mostra uma notável semelhança, principalmente nos primeiros estágios. Essas semelhanças no desenvolvimento embrionário revelam parentesco evolutivo, ou seja, esses grupos descendem de um mesmo ancestral. Esse ancestral originou diferentes espécies; isso quer dizer que ao longo do tempo ocorreram mudanças nesses seres vivos e que, portanto, houve evolução (Fig. 8).

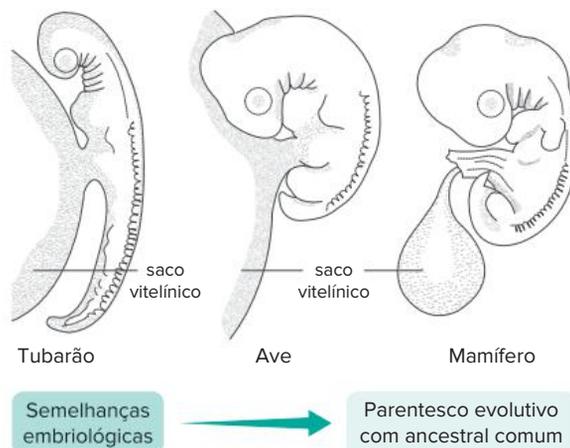


Fig. 8 A semelhança entre embriões de diferentes grupos de animais é indicativa de parentesco evolutivo.

Estruturas vestigiais

São estruturas bastante reduzidas em uma espécie e desenvolvidas em outras. Por exemplo, nos lagartos, o fêmur (osso da coxa) está ligado à cintura pélvica. As serpentes não possuem membros locomotores, e os ossos correspondentes à cintura pélvica são bastante reduzidos, considerados como estruturas vestigiais (Fig. 9). Ancestrais comuns de serpentes e lagartos tinham cintura pélvica desenvolvida.

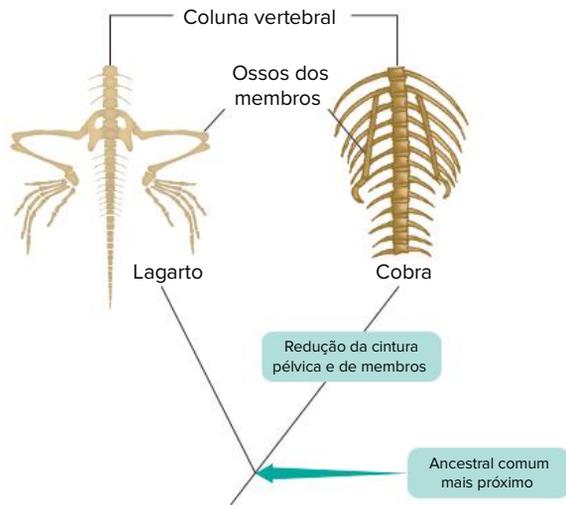


Fig. 9 Estruturas vestigiais em uma espécie são mais desenvolvidas em outra espécie. Isso constitui uma modalidade de semelhança anatômica, que é indicativa de parentesco evolutivo.

O apêndice cecal no ser humano é bastante reduzido, sendo também considerado uma estrutura vestigial.

Semelhanças bioquímicas

Trata-se de um método mais sofisticado que compara macromoléculas (proteínas ou DNA) de organismos pertencentes a espécies diferentes. A maior semelhança de suas moléculas é indicativa de parentesco evolutivo próximo, ou seja, isso significa que as espécies são originárias de um ancestral comum mais recente. Por exemplo, a análise do DNA de seres humanos, gorilas, orangotangos e chimpanzés revelou que o DNA do chimpanzé tem maior semelhança com o DNA humano do que com o do gorila, e menor semelhança ainda com o DNA do orangotango. A partir disso, pode-se concluir que:

- homem e chimpanzé têm um ancestral comum recente;
- o ancestral de gorila, chimpanzé e homem é mais antigo;

- o orangotango compartilha um ancestral mais remoto ainda com gorila, chimpanzé e homem (Fig. 10).

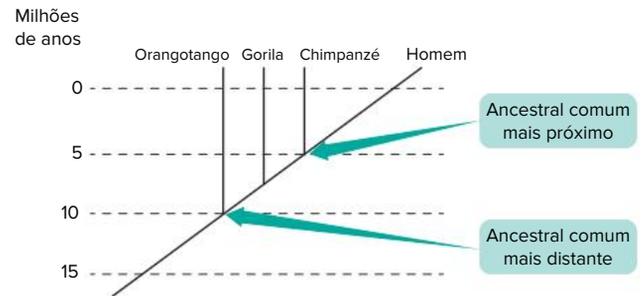


Fig. 10 Espécies que apresentam ancestral comum mais próximo têm mais semelhança de DNA.

Distribuição geográfica

Espécies que vivem mais afastadas tendem a apresentar menos semelhanças do que aquelas que vivem mais próximas, adaptando-se às condições específicas do local. Um caso bem elucidativo é o de ilhas vulcânicas, que surgem a partir do fundo do oceano e, quando emergem, não apresentam organismos vivos em sua superfície. Com o tempo, são colonizadas por seres vivos provenientes de outras áreas, como os do continente. Assim, a comunidade continental é mais antiga que a da ilha vulcânica. Por exemplo, consideremos uma espécie hipotética de pássaro que habitava o continente; alguns indivíduos dessa espécie passaram a ocupar uma ilha vulcânica surgida a centenas de quilômetros. As condições da ilha são peculiares e diferentes do ambiente continental. Os pássaros da ilha adaptam-se às condições peculiares da ilha e tornam-se diferentes dos pássaros continentais (Fig. 11). Veremos exemplos desse tipo de adaptação na descrição da viagem de Charles Darwin, que passou pelo arquipélago de Galápagos e estudou pássaros denominados tentilhões.

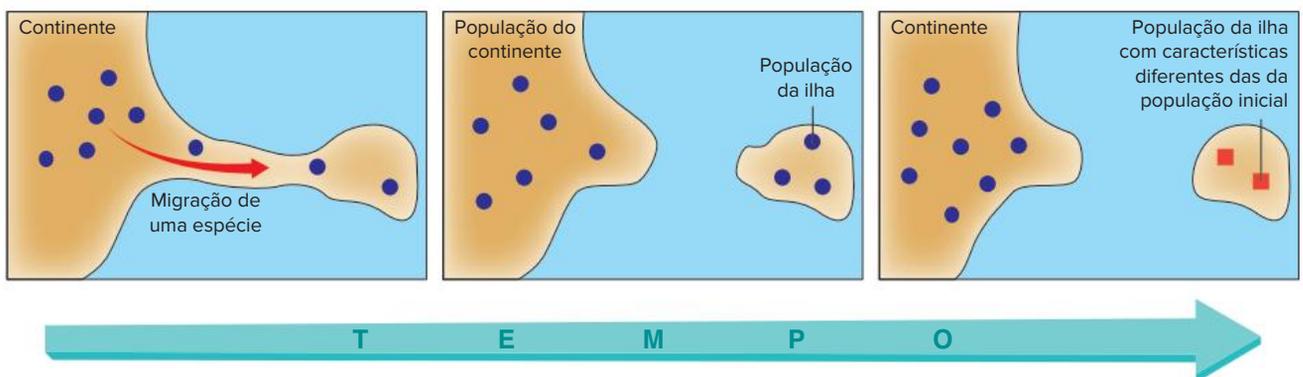


Fig. 11 Um ancestral que migra para outros ambientes pode gerar populações com características diferentes das iniciais. Isso evidencia um processo evolutivo.

Jean-Baptiste Lamarck (1744-1829)

Em 1809, o francês Jean-Baptiste Lamarck publica seu livro *Filosofia zoológica*, expondo suas ideias sobre evolução dos seres vivos. Para Lamarck, os seres vivos tendem a um aumento de complexidade, isto é, passam de formas mais simples para mais complexas. Lamarck considera que o ambiente gera a necessidade de adaptação dos seres vivos. Essa necessidade desencadeia um esforço de adaptação: o animal utiliza mais intensamente algumas partes do corpo do que outras; as partes mais utilizadas desenvolvem-se, e as menos empregadas acabam reduzindo-se. Isso representa a chamada “lei do uso e desuso”.

Outra ideia adotada por Lamarck foi chamada de **herança dos caracteres adquiridos**. Segundo esse conceito de hereditariedade, as modificações adquiridas por um organismo, ao longo de sua vida, poderiam ser repassadas aos seus descendentes. Por exemplo, o pescoço da girafa evoluiu gradualmente após muitas gerações de ancestrais espicharem seus pescoços na tentativa de alcançar as folhas nos galhos mais altos das árvores.



Fig. 12 Aspectos principais da visão de Lamarck.

O tamanduá é um mamífero que se alimenta de formigas e cupins. Possui uma língua longa e pegajosa, capaz de alcançar e capturar insetos usados como alimento. Não possui dentes e engole os insetos sem realizar mastigação. Como seria uma explicação lamarckista para essas adaptações do tamanduá? O ancestral do tamanduá teria língua pouco desenvolvida e teria dentes. Com a necessidade de se alimentar de formigas e cupins passou a realizar um esforço, utilizando sua língua, que se desenvolveu; não utilizou mais seus dentes, que acabaram se reduzindo (“lei do uso e desuso”). As mudanças ocorridas em cada animal seriam transmitidas aos seus descendentes (“lei da herança dos caracteres adquiridos”). Depois de muitas gerações, os tamanduás passaram a ter língua longa e ficaram desprovidos de dentes (Fig. 13).



Fig. 13 Explicação lamarckista: o tamanduá tem língua longa e não possui dentes devido à necessidade de se alimentar de formigas e cupins.

Essa explicação é incorreta, porque:

- nem todas as estruturas se desenvolvem quando são muito usadas ou sofrem atrofia quando são pouco empregadas. O fato de uma pessoa ler bastante não provoca aumento do volume do globo ocular nem dota os olhos de maior capacidade visual;
- não ocorre a transmissão de características adquiridas durante a vida. Veremos na Frente 1 que a transmissão ocorre por meio de genes presentes nas células reprodutoras (os gametas).

Charles Robert Darwin (1809-1882)

Charles Darwin apresentou uma explicação para o processo evolutivo cinquenta anos depois de Lamarck, em 1859, no livro *A origem das espécies*. Um ano antes ele havia publicado em uma revista um artigo em que expunha alguns pontos de seu pensamento sobre evolução. A mesma revista continha o artigo de um naturalista mais jovem do que Darwin, Alfred Russel Wallace, que trazia basicamente as mesmas ideias de Darwin. Wallace havia enviado uma carta a Darwin para que ele opinasse sobre seu trabalho “Tendência de as espécies se afastarem indefinidamente do seu modelo original”. Darwin foi apanhado de surpresa: o trabalho expunha, de maneira clara, as ideias que ele próprio havia desenvolvido há vários anos. No entanto, não tinha publicado uma linha sobre o assunto (Fig. 14).

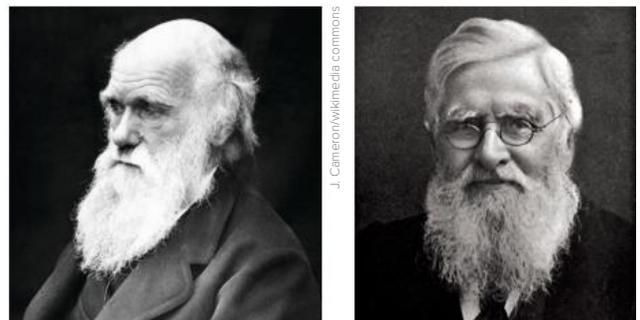


Fig. 14 Darwin (à esquerda) e Wallace (à direita) chegaram, independentemente, a ideias muito semelhantes sobre o processo de evolução dos seres vivos.

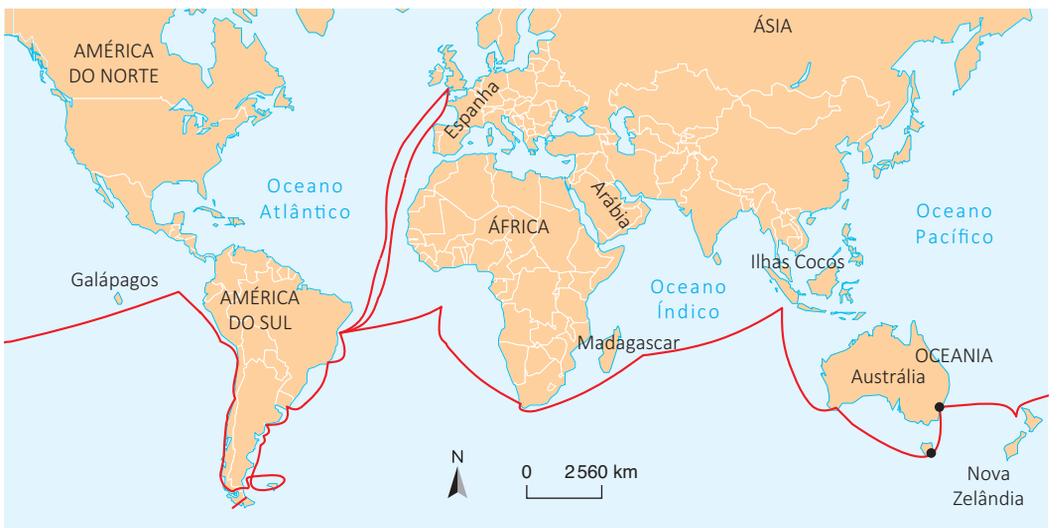
Um pouco de história

As descobertas de Darwin sobre evolução remontam a um dos pontos fundamentais de sua vida: a viagem que realizou quando tinha 22 anos de idade, a bordo do navio HMS Beagle, em uma expedição de cinco anos. Essa viagem foi sugerida por Henslow, seu antigo professor do seminário, onde teve a formação de pastor da igreja anglicana. Darwin partiu da Inglaterra com a visão fixista, predominante em sua época. Levou um exemplar do livro *Princípios de Geologia*, de Charles Lyell, que descrevia grandes modificações pelas quais o planeta passava, resultantes de causas naturais, como chuva, vento, atividade vulcânica, terremotos, entre outras.

Um trecho de grande importância em sua viagem foi a passagem pela América do Sul. A expedição passou pelo Brasil, pelo Uruguai e pela Argentina. Na foz do rio da Prata, Darwin descobriu alguns fósseis; um deles lembrando o tatu, mas bem maior.

Posteriormente, a expedição percorreu a costa do Chile e passou algumas semanas no arquipélago de Galápagos, situado a aproximadamente mil quilômetros do Equador. Galápagos tem treze principais ilhas vulcânicas; cada ilha tem um tipo diferente de jabuti gigante. Os jabutis diferem de uma ilha para outra pelo formato do casco, do bico, do pescoço e por outras características. Uma explicação plausível para esses tipos diferentes era que os animais apresentavam semelhanças (todos podiam facilmente ser caracterizados como jabutis); essa semelhança era indicativa de parentesco, ou seja, os diferentes tipos eram provenientes de um ancestral comum, que ocupou as várias ilhas do arquipélago. Esse ancestral teria originado os diferentes tipos de jabutis através de evolução.

Mapa-múndi e a expedição de Darwin



No mapa: Percurso da expedição de que Darwin participou.

Outros organismos investigados por Darwin, em Galápagos, foram os tentilhões, pássaros provenientes do continente sul-americano. Em Galápagos, os tentilhões diversificaram-se e adaptaram-se às condições de cada ilha, principalmente ao tipo de alimento disponível: insetos, sementes ou cactos. Uma espécie utiliza espinhos de cactos como ferramentas para retirar insetos alojados em troncos de árvores; essa espécie lembra o modo de alimentação do pica-pau que usa seu bico rígido e longo para comer insetos do tronco de árvores. Darwin explicou a diversidade dos tentilhões como resultado de modificações ocorridas a partir de um ancestral comum (Fig. 15).

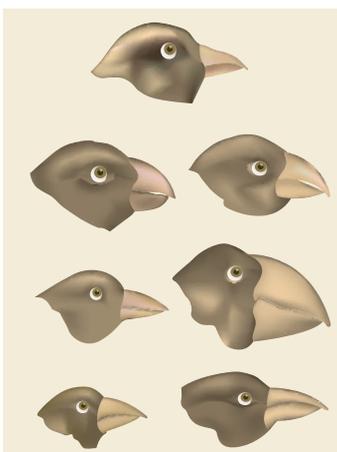


Fig. 15 As espécies de tentilhões estudadas por Darwin apresentam bicos adaptados a diferentes tipos de alimentos. Darwin considerou que essas espécies eram procedentes de um ancestral comum.

Uma pista: a seleção artificial

De volta à Inglaterra, Darwin está convencido de que os seres vivos estão sujeitos a mudanças evolutivas. Procura, então, explicações para o mecanismo de modificações das espécies. Uma parte da resposta é obtida pela observação de espécies domésticas. O ser humano provocou grandes modificações nas espécies de animais domésticos, como cavalos, cães e gado bovino. Darwin descobriu que essas mudanças eram baseadas na **seleção artificial**: o ser humano seleciona nas ninhadas os animais que apresentam as características que ele deseja obter na espécie. Esses indivíduos são separados do restante da ninhada e, quando atingem a idade adulta, são cruzados com outros dotados das mesmas características. Repetindo-se esse processo durante várias gerações, são obtidas novas linhagens de animais domésticos que atendem a uma necessidade específica do ser humano (Fig. 16).



Fig. 16 As diversas raças de cães são produto da seleção artificial.

A influência de Malthus

O problema para Darwin passou a ser o de identificar o mecanismo que causa as modificações que ocorrem na natureza, sem a interferência proposital do ser humano. Darwin relata que obteve sua resposta lendo o trabalho de Thomas Malthus sobre populações (*Um ensaio sobre populações*).

Aqui, não discutiremos a pertinência ou não das ideias de Malthus, mas destacaremos como elas influenciaram o trabalho de Darwin (Wallace também foi inspirado por Malthus e por Lyell!).

Vamos considerar os seguintes pontos propostos por Malthus sobre a população humana mundial.

- A população cresce em progressão geométrica (os matemáticos mostram que um crescimento desse tipo é representado graficamente por uma hipérbole).
- A produção de alimento cresce em progressão aritmética (isso significa que o crescimento é linear, sendo representado por uma reta).

Em outras palavras, Malthus afirma que o ritmo de crescimento populacional é muito mais rápido que o da produção alimentar. Então, ele conclui que haveria, no futuro, falta de alimento para todos, acarretando grande luta pela sobrevivência. Quando Darwin leu isso, concluiu que na natureza havia uma intensa luta pela sobrevivência. Podemos acompanhar seu raciocínio:

- os seres de uma espécie apresentam diferenças entre si;
- uma espécie tem potencialidade para apresentar crescimento exponencial;
- isso não ocorre porque os recursos são limitados, como o alimento, que não é suficiente para todos. As populações acabam ficando mais ou menos estáveis ao longo do tempo;
- há uma grande luta pela sobrevivência e muitos são eliminados;
- apenas alguns sobrevivem: os mais adaptados;
- é o ambiente que promove a “escolha” dos mais adaptados; o ambiente realiza a **seleção natural** (Fig. 17).

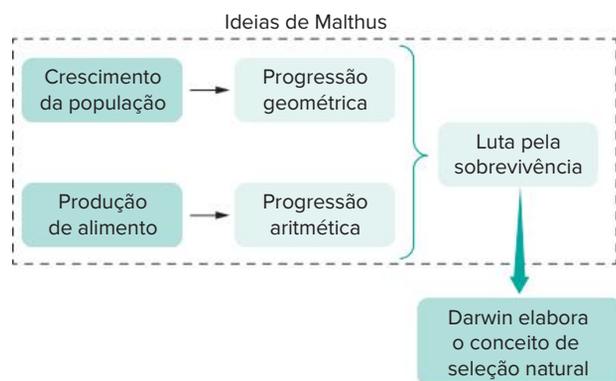


Fig. 17 Influência das ideias de Malthus sobre Darwin, que elaborou o conceito de seleção natural.

Assim, a variabilidade é submetida à seleção natural e os mais adaptados passam a predominar. Esse mecanismo de adaptação dos seres vivos ao ambiente, proposto por Darwin, é conhecido como **darwinismo**.

Um exemplo

O organismo está adaptado ao ambiente em relação ao seu conjunto de características e não apenas de uma característica isoladamente. Por exemplo, os leões são adaptados ao predatismo na savana africana; eles apresentam vários atributos que os tornam predadores muito eficientes: sentidos aguçados, força, velocidade etc. Além disso, têm uma cor que os torna menos visíveis às presas; é uma tonalidade de marrom, semelhante à da vegetação, principalmente no período de seca (Fig. 18).



Schuyler Shepherd/Wikimedia Commons

Fig. 18 A coloração da leoa contribui para que ela não seja notada por suas presas.

A compreensão do mecanismo proposto por Darwin fica mais fácil com a utilização de um exemplo hipotético. Consideremos uma determinada espécie de roedor, que apresenta dois tipos de indivíduos: alguns têm pelo branco e outros possuem pelo marrom. Suponha que o ambiente tenha uma curta estação chuvosa durante o ano e que, na maior parte do tempo, o ambiente tenha água apenas nos rios que cortam a região. Durante a seca prolongada, a vegetação rasteira, representada por gramíneas, assume uma coloração parda.

Os animais de pelo marrom são menos notados por seus predadores, enquanto os brancos ficam bem destacados. Com isso, os brancos são capturados com mais frequência e sua quantidade fica bastante reduzida, em contraste com os de pelo marrom, que se tornam mais abundantes. O ambiente realiza a seleção natural, eliminando os roedores brancos e possibilitando a sobrevivência e a reprodução dos roedores marrons, que se revelaram mais adaptados. A variabilidade é submetida à seleção natural e passam a predominar os organismos mais adaptados (Fig. 19).

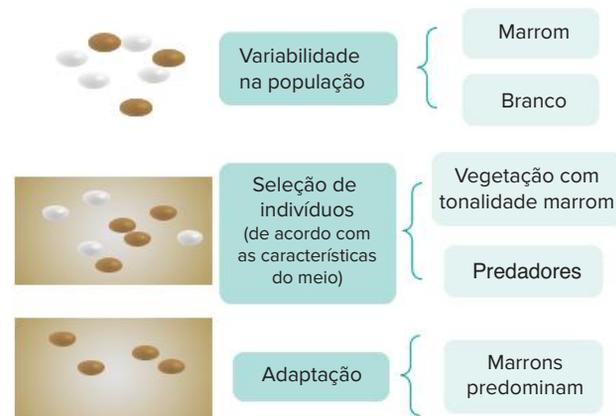


Fig. 19 Esquema do darwinismo. A variabilidade é submetida à seleção natural, passando a predominar os mais adaptados.

Seleção sexual

Os indivíduos mais adaptados apresentam maior probabilidade de sobrevivência, tendem a viver mais tempo e a deixar maior número de descendentes. Dessa maneira, suas características são mantidas nas gerações seguintes.

Darwin descreveu outra modalidade de seleção entre muitas espécies, a seleção sexual. Os indivíduos que conseguem se acasalar também exibem características que permitem atrair parceiros sexuais, como a presença de coloração vistosa e comportamentos apropriados.

Comparação

Darwin e Lamarck propuseram explicações evolucionistas para o processo de adaptação dos seres vivos ao ambiente. Lamarck considerava que o ambiente gera necessidade de adaptação e desencadeia um esforço, pelo qual a espécie modifica-se e torna-se adaptada ao meio. Pode-se dizer que o mecanismo proposto por Lamarck é um processo de **adaptação ativa**, pois envolve esforço dos indivíduos.

Darwin considera que o ambiente promove a seleção dos mais adaptados. A adaptação não é produto do esforço dos organismos; isso significa que o mecanismo proposto por Darwin é um processo de **adaptação passiva** (Fig. 20).

O bico longo do beija-flor é uma adaptação à obtenção de néctar contido no fundo de flores que apresentam a forma de tubo. Essa adaptação é descrita de maneira diferente, segundo a visão darwinista ou lamarckista.

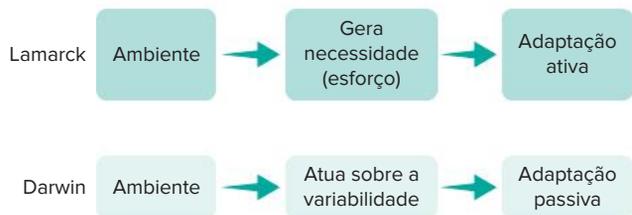


Fig. 20 O papel do ambiente na visão de Lamarck e de Darwin.

Frase lamarckista: O beija-flor tem bico longo para alcançar o néctar do fundo das flores. O significado dessa frase é: o beija-flor tem bico longo porque tem necessidade de alcançar o néctar do fundo das flores.

Frase darwinista: O beija-flor pode alcançar o néctar do fundo das flores porque tem bico longo.

Neodarwinismo ou teoria sintética da evolução

A publicação do livro *A origem das espécies* foi um grande sucesso em termos de vendas, em muitos países. No entanto, o livro contrariava a visão fixista predominante da época e isso gerou muitas críticas desfavoráveis. Um ponto de fragilidade do trabalho de Darwin era o processo de surgimento de variabilidade. Esse assunto é explicado pela genética, que efetivamente começa a existir para o mundo em 1900, com a redescoberta dos trabalhos de Mendel, considerado o pai da genética, cujos trabalhos permaneceram desconhecidos durante sua vida.

Após a primeira edição de *A origem das espécies*, Darwin tentou explicar melhor seu trabalho; chegou mesmo a utilizar conceitos lamarckistas, como a “lei da herança dos caracteres adquiridos”. Darwin morreu em 1882 e não conseguiu elaborar uma explicação satisfatória para a variabilidade dos seres vivos. Isso só foi feito depois de 1900, com o auxílio da genética. Surge, então, o darwinismo ampliado, o **neodarwinismo** ou **teoria sintética da evolução** (Fig. 21); trata-se da reunião de duas áreas da biologia: a evolução e a genética, ampliando a compreensão da natureza.



Fig. 21 Neodarwinismo, ou Teoria sintética da evolução, e os processos de ampliação da variabilidade dos seres vivos.

Atualmente sabemos que a variabilidade é determinada por vários fatores, como a formação de gametas por meiose, a fecundação e as mutações. A Frente 1 ocupa-se de explicar tudo isso, discutindo uma noção sobre mutações; a meiose será analisada detalhadamente (incluindo os fenômenos da segregação independente e o *crossing-over* ou recombinação genética).

Mutações geram novos tipos de genes e constituem a fonte básica de variabilidade, que é ampliada pela recombinação genética. Mutações ocorrem aleatoriamente; não dependem da necessidade dos seres vivos. O ambiente atua sobre o organismo portador da mutação pela seleção natural, assim, mutações favoráveis são preservadas na população. A seguir são apresentados os exemplos clássicos de neodarwinismo.

Insetos e DDT

O DDT foi o primeiro inseticida amplamente usado para combater insetos nocivos. Sua aplicação em larga escala ocorreu durante a Segunda Guerra Mundial, na Europa, para combater piolhos, agentes transmissores de tifo. Posteriormente, o DDT foi empregado no combate de pragas agrícolas e no controle de insetos transmissores de outras doenças, como malária e febre amarela. No entanto, com o tempo, o DDT deixou de ter a mesma eficiência; algumas populações de insetos sobreviviam mesmo com aplicações contínuas do produto.

Consideremos uma população de mosquitos transmissores de malária. As aplicações do DDT mostram-se eficientes, já que ocorre uma redução considerável dos mosquitos. Com o tempo e com seguidas aplicações de DDT, os mosquitos já não são mais afetados. Devemos, então, considerar dois tipos de mosquito: os sensíveis (morrem com a aplicação do produto) e os resistentes (sobrevivem na presença do DDT).

A explicação para o ocorrido é que no início havia grande quantidade de mosquitos sensíveis e um pequeno número de resistentes; isso caracteriza a **variabilidade** da espécie.

A aplicação de DDT eliminou os indivíduos sensíveis, mas os resistentes sobreviveram e se multiplicaram, passando a predominar; o DDT seria correspondente a um agente de **seleção natural**, e o predomínio de mosquitos resistentes corresponde à **adaptação** da espécie ao ambiente. Aqui vale a explicação darwinista:

A variabilidade é submetida à seleção natural e passam a predominar os mais adaptados.

Os indivíduos resistentes estavam presentes na população antes de ser feita a aplicação de DDT. Os resistentes são **mutantes**; eles não se tornaram mutantes porque tinham necessidade de adaptar-se ao inseticida (Fig. 22).



Fig. 22 A adaptação de insetos a um inseticida é explicada pelo neodarwinismo.

Enfim, pode-se concluir que, com o uso prolongado do DDT, ocorreu a seleção de mutantes resistentes.

Bactérias e antibióticos

Bactérias podem causar inúmeras doenças em seres humanos, como sífilis, tuberculose, tétano entre outras. O tratamento dessas doenças normalmente é realizado com o uso de antibióticos. Vamos supor que uma doença bacteriana específica seja tratada com eficiência empregando-se certo antibiótico. Depois de alguns anos, é comum que o antibiótico deixe de funcionar em pacientes que apresentam aquela mesma doença bacteriana repetidas vezes. Por que isso ocorre? Muitas vezes são dadas explicações incorretas:

- “as bactérias acostumaram-se com o antibiótico”;
- “as bactérias adquiriram resistência ao antibiótico”.

Na verdade, a explicação é a mesma que foi utilizada para os mosquitos e o DDT: na população existiam bactérias sensíveis ao antibiótico e bactérias mutantes resistentes; o antibiótico selecionou as resistentes, que passaram a predominar na população. Dessa forma, o antibiótico perdeu sua eficácia (Fig. 23).

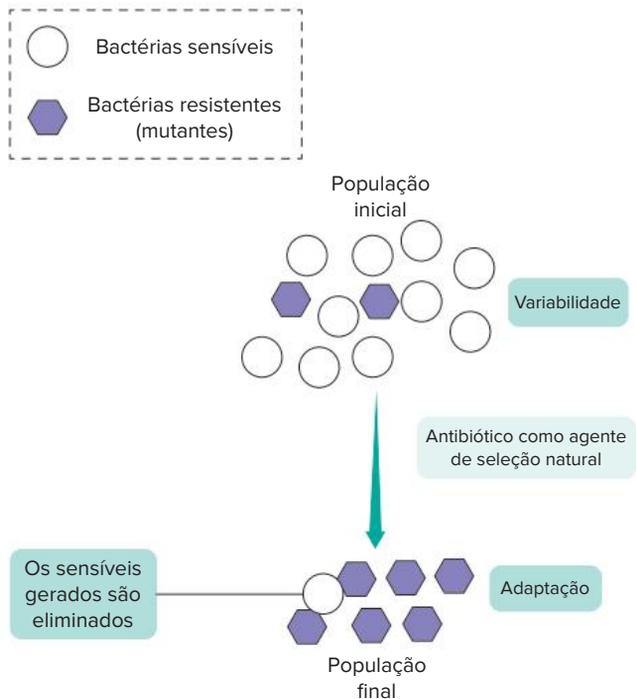


Fig. 23 A adaptação de bactérias a um antibiótico é explicada pelo neodarwinismo.

Mariposas

Considere um exemplo **hipotético**. Em uma floresta as árvores têm os troncos cobertos de líquens, apresentando, por isso, coloração clara. Nesse ambiente há uma espécie de mariposa com duas variedades: claras e escuras (também chamada melânica). Pássaros predadores avistam com mais facilidade as mariposas escuras, e elas são devoradas em maior quantidade. Com isso, passam a predominar as mariposas claras, mais bem adaptadas ao ambiente.

Caso uma fábrica seja instalada nas imediações e ela libere fuligem para o ar, os troncos das árvores ficam mais escuros. Nessa condição, as mariposas claras ficam mais destacadas e são devoradas pelos pássaros predadores. As mariposas escuras predominam nessas condições ambientais; são as mais adaptadas a esta nova condição ambiental (Fig. 24).

No início deste item está escrito que o exemplo é hipotético. Isso se deve ao fato de o clássico caso das mariposas da Inglaterra ter perdido sua credibilidade. O trabalho de Kettlewell realizado na década de 1950, na Inglaterra, não teve o rigor científico adequado, pois foram empregados modelos de papel e não foi verificada a ação de pássaros em mariposas reais.

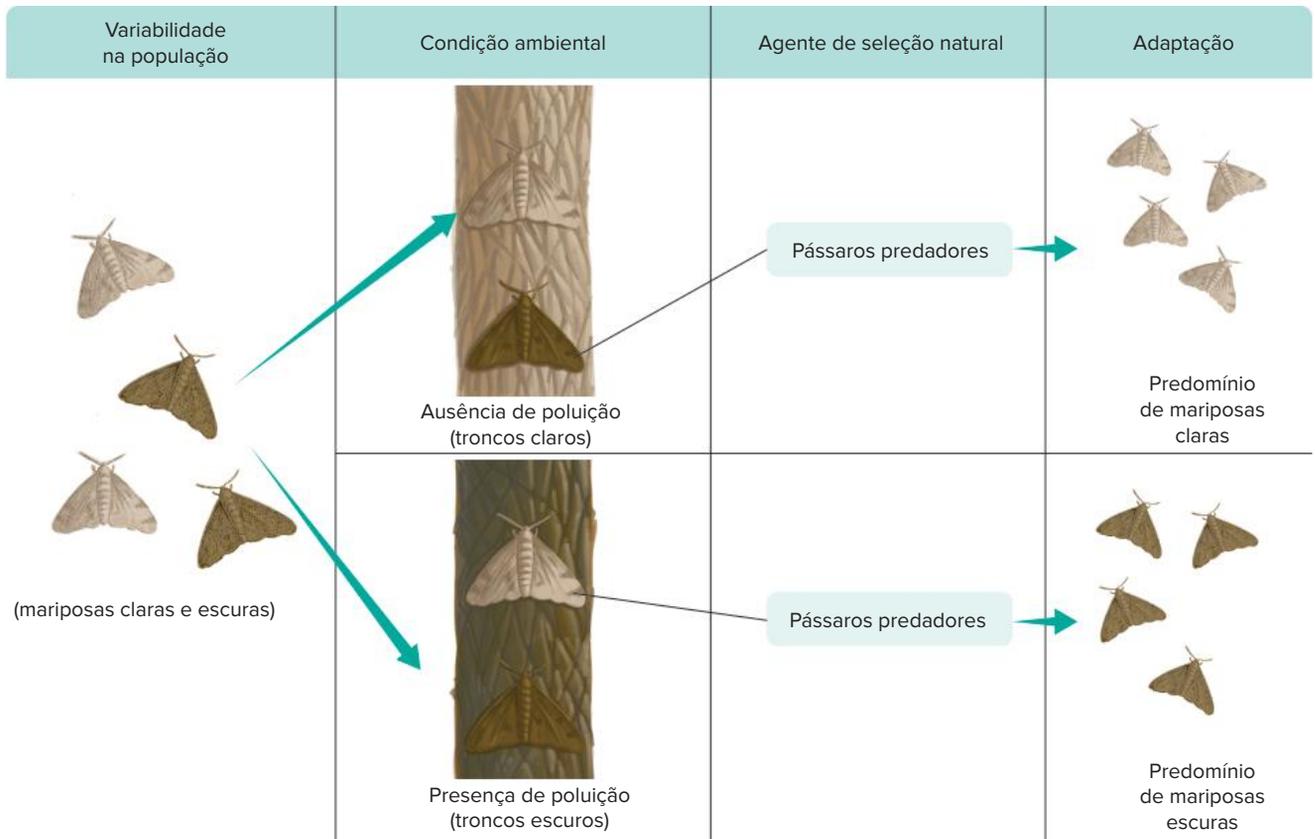


Fig. 24 O predomínio de mariposas escuras em troncos escuros é uma adaptação ao ambiente.

Revisando

1 Relacione evolucionismo ou fixismo aos seguintes aspectos.

a) Seres vivos sem modificações ao longo do tempo:

b) Seres vivos com modificações ao longo do tempo:

2 Relacione evolucionismo ou fixismo aos seguintes tipos de adaptação.

a) Dinâmica:

b) Estática:

3 Defina fósseis.

4 Cite três tipos de evidências de evolução baseados em semelhanças entre seres vivos.

5 O que são estruturas vestigiais?

6 Cite as duas “leis” que constituem o fundamento do trabalho de Lamarck sobre evolução.

7 Para Lamarck a _____ de adaptação desencadeia as mudanças adaptativas nos seres vivos. Preencha corretamente a frase anterior.

8 Qual é o conceito central do trabalho de Darwin acerca da evolução dos seres vivos? Que outro cientista chegou a uma conclusão semelhante à de Darwin?

9 O ser humano modifica espécies domésticas principalmente por meios de cruzamentos orientados. Como é denominado esse processo?

10 Na natureza, indivíduos podem ter caracteres capazes de atrair parceiros para o acasalamento. Como se chama esse mecanismo?

11 Compare darwinismo e lamarckismo com base no papel do ambiente para a adaptação dos seres vivos.

12 Qual é a outra denominação do neodarwinismo? Qual foi o ponto do darwinismo que foi completado com o neodarwinismo?

Exercícios propostos

1 **PUC-RS (Adapt.)** Responda à questão, somando os valores dos itens numerados de 1 a 4, correspondentes a estudos que são úteis na investigação da evolução biológica de um táxon.

1. Anatomia e embriologia comparadas.
2. Similaridade com o DNA de outros táxons.
3. Registros paleontológicos (fósseis).
4. Existência de órgãos vestigiais.

A alternativa que contém o somatório de todos os itens corretos é:

- A 6 D 9
B 7 E 10
C 8

2 **UFSC** O quadro, a seguir, mostra a comparação do número de aminoácidos diferentes, nas cadeias polipeptídicas da hemoglobina de vários mamíferos. A análise bioquímica de polipeptídeos e proteínas, além de outras evidências, permite aos cientistas traçarem as linhas evolutivas dos diferentes grupos de seres vivos.

| Espécies comparadas | Número de aminoácidos diferentes |
|------------------------|----------------------------------|
| homem × chimpanzé | 0 |
| homem × gorila | 2 |
| homem × macaco Rhesus | 12 |
| macaco Rhesus × gorila | 14 |
| homem × cavalo | 43 |
| cavalo × gorila | 45 |

Com respeito ao quadro e às evidências da evolução dos seres vivos, assinale a(s) proposição(ões) correta(s).

- 01 O fato de encontrarmos a enzima tripsina desde protozoários até mamíferos não serve como uma evidência bioquímica do processo evolutivo.
- 02 Além do estudo das proteínas, o sequenciamento do DNA também permite estudos evolutivos.
- 04 Quanto à hemoglobina, o quadro mostra que o gorila é uma espécie mais próxima do homem do que o chimpanzé.
- 08 Análises cromossômicas também permitem traçar linhas evolutivas.
- 16 Com relação à hemoglobina, o cavalo apresenta maior similaridade com o gorila do que com o homem.
- 32 O fato de não haver diferenças entre a hemoglobina do chimpanzé e a do homem nos permite classificá-los como pertencentes ao mesmo gênero.

Soma:

3 UEPG 2018 Os seres vivos são fruto do processo evolutivo. Cada espécie tem suas peculiaridades, suas adaptações ao meio, que lhes conferem maiores chances de sobrevivência e de deixar descendentes. Assinale o que for correto sobre algumas teorias evolutivas.

- 01 Segundo a teoria de Lamarck, no processo de adaptação dos organismos ao meio, o uso de determinadas partes do corpo faz com que elas se desenvolvam, e a falta de uso (desuso) faz com que se atrofiem, características que podiam ser transmitidas aos descendentes.
- 02 De acordo com a teoria de Lamarck, o grau de desenvolvimento muscular obtido por exercícios físicos poderia ser transmitido aos descendentes, sob o princípio da lei da transmissão dos caracteres adquiridos.
- 04 Segundo Darwin, todos os organismos descendem, com modificações, de ancestrais comuns; além disso, a seleção natural atua sobre as variações individuais, favorecendo as mais aptas.
- 08 O processo de seleção natural proposto pela teoria Darwinista tem a finalidade de desenvolver intencionalmente adaptações dos organismos a determinadas situações. Por exemplo, ao tratar-se uma infecção, as bactérias irão mutar e se tornar resistentes ao uso de determinados antibióticos.

Soma:

4 UEL 2017 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.

- A 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.
- B Os indivíduos que sobrevivem e se reproduzem, a cada geração, são os que apresentam determinadas características relacionadas com a adaptação às condições ambientais.
- C Algumas características conferem a seus portadores vantagens para explorar o meio ambiente de forma a tornar a sobrevivência e a reprodução mais eficientes.
- D A variação casual apresenta-se em primeiro lugar e a atividade ordenada do meio ambiente vem posteriormente, ou seja, a variação independe do meio.
- E A adaptação é o inevitável produto final de processos fisiológicos requeridos pelas necessidades dos organismos de fazer face às mudanças de seu meio ambiente.

5 UFRN Há 150 anos, Darwin publicou o livro *A origem das espécies*, no qual apresentou sua concepção sobre a evolução dos seres vivos.



Então, conte-nos dos tempos em que você conheceu Charles Darwin.

Disponível em: <www.cartoonstock.com>. Acesso em: 17 jul. 2009. (Adapt.).

De acordo com a teoria proposta por Darwin, é correto afirmar que:

- A as alterações sofridas no organismo, ao longo da vida, são transmitidas aos descendentes.
- B a recombinação gênica é o mecanismo que garante a variedade entre os indivíduos, a cada geração.
- C os indivíduos mais bem adaptados a novas condições têm maiores chances de sobrevivência.
- D o fenômeno das mutações garante variações vantajosas de estrutura, de hábito e de instinto.

6 Fuvest Em 2009, comemoram-se os 150 anos da publicação da obra *A origem das espécies*, de Charles Darwin. Pode-se afirmar que a história da biologia evolutiva iniciou-se com Darwin porque ele:

- A foi o primeiro cientista a propor um sistema de classificação para os seres vivos, que serviu de base para sua teoria evolutiva da sobrevivência dos mais aptos.
- B provou, experimentalmente, que o ser humano descende dos macacos, num processo de seleção que privilegia os mais bem adaptados.
- C propôs um mecanismo para explicar a evolução das espécies, em que a variabilidade entre os indivíduos, relacionada à adaptação ao ambiente, influi nas chances de eles deixarem descendentes.

- D demonstrou que mudanças no DNA, ou seja, mutações, são fontes da variabilidade genética para a evolução das espécies por meio da seleção natural.
- E foi o primeiro cientista a propor que as espécies não se extinguem, mas se transformam ao longo do tempo.

7 Enem Alguns anfíbios e répteis são adaptados à vida subterrânea. Nessa situação, apresentam algumas características corporais, por exemplo, ausência de patas, corpo anelado que facilita o deslocamento no subsolo e, em alguns casos, ausência de olhos. Suponha que um biólogo tentasse explicar a origem das adaptações mencionadas no texto utilizando conceitos da teoria evolutiva de Lamarck. Ao adotar esse ponto de vista, ele diria que:

- A as características citadas no texto foram originadas pela seleção natural.
- B a ausência de olhos teria sido causada pela falta de uso dos mesmos, segundo a lei do uso e desuso.
- C o corpo anelado é uma característica fortemente adaptativa, mas seria transmitida apenas à primeira geração de descendentes.
- D as patas teriam sido perdidas pela falta de uso e, em seguida, essa característica foi incorporada ao patrimônio genético e então transmitidas 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.

8 UFSCar O Museu de Arte de São Paulo recebeu neste ano a mostra sobre o naturalista inglês Charles Darwin, que propôs no século XIX um mecanismo para explicar a evolução das espécies. Esse mecanismo é a:

- A seleção estabilizadora, que tende a promover o controle do tamanho das populações e melhor utilização dos recursos do ambiente.
- B seleção sexual, que se baseia na semelhança entre os indivíduos da mesma espécie, o que promove o sucesso reprodutivo e crescimento populacional.
- C seleção natural, que pressupõe a existência de variação entre indivíduos, sendo que aqueles portadores de características adaptativas têm maiores chances de sobrevivência e reprodução.
- D lei do mais apto, que se baseia na existência de indivíduos mais competitivos com melhor desempenho na obtenção de recursos do ambiente.
- E seleção natural, que se baseia na existência de um grande número de indivíduos semelhantes entre si, que integram uma mesma espécie e que são igualmente aptos ao sucesso reprodutivo.

9 UFPR 2019 Sobre o processo evolutivo, é correto afirmar:

- A As mutações genéticas ocorrem com o objetivo de promover adaptação dos organismos ao ambiente.
- B Alterações na sequência de aminoácidos do DNA dos organismos podem ser vantajosas, neutras ou desvantajosas para seus portadores.

- C Em uma população, uma característica vantajosa tende a aumentar de frequência na geração seguinte pela ação da seleção natural.
- D Os organismos de uma população biológica são idênticos entre si, potencializando a ação da seleção natural.
- E Os organismos atuais estão se modificando geneticamente para se adaptar às mudanças climáticas, como o aquecimento global.

10 Fuvest O conhecimento sobre a origem da variabilidade entre os indivíduos, sobre os mecanismos de herança dessa variabilidade e sobre o comportamento dos genes nas populações foi incorporado à teoria da evolução biológica por seleção natural de Charles Darwin. Diante disso, considere as seguintes afirmativas.

- I. A seleção natural leva ao aumento da frequência populacional das mutações vantajosas num dado ambiente; caso o ambiente mude, essas mesmas mutações podem tornar seus portadores menos adaptados e, assim, diminuir de frequência.
- II. A seleção natural é um processo que direciona a adaptação dos indivíduos ao ambiente, atuando sobre a variabilidade populacional gerada de modo casual.
- III. A mutação é a causa primária da variabilidade entre os indivíduos, dando origem a material genético novo e ocorrendo sem objetivo adaptativo.

Está correto o que se afirma em:

- A I, II e III.
- B I e III, apenas.
- C I e II, apenas.
- D I, apenas.
- E III, apenas.

11 Fuvest No início da década de 1950, o vírus que causa a doença chamada de mixomatose foi introduzido na Austrália para controlar a população de coelhos, que se tornara uma praga. Poucos anos depois da introdução do vírus, a população de coelhos reduziu-se drasticamente. Após 1955, a doença passou a se manifestar de forma mais branda nos animais infectados e a mortalidade diminuiu. Considere as explicações para esse fato descritas nos itens de I a IV.

- I. O vírus promoveu a seleção de coelhos mais resistentes à infecção, os quais deixaram maior número de descendentes.
- II. Linhagens virais que determinavam a morte muito rápida dos coelhos tenderam a se extinguir.
- III. A necessidade de adaptação dos coelhos à presença do vírus provocou mutações que lhes conferiram resistência.
- IV. O vírus induziu a produção de anticorpos que foram transmitidos pelos coelhos à prole, conferindo-lhe maior resistência com o passar das gerações.

Estão de acordo com a teoria da evolução por seleção natural apenas as explicações:

- A I e II.
- B I e IV.
- C II e III.
- D II e IV.
- E III e IV.

- 12 PUC-Campinas** A figura abaixo é um *cartoon* sobre a origem das serpentes.

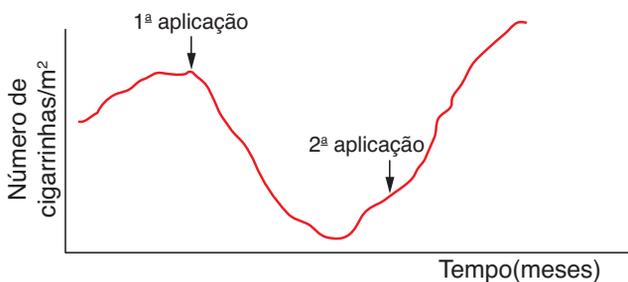


Disponível em: <www.cartoonstock.com/directory/s/make.asp>.

De acordo com a teoria neodarwinista:

- A as pernas dos lagartos desapareceram porque não eram utilizadas.
- B os ancestrais das serpentes eram lagartos com pernas.
- C os descendentes de lagartos sem pernas são serpentes.
- D os lagartos são menos evoluídos do que as serpentes.
- E todos os descendentes dos lagartos tornaram-se serpentes.

- 13 UFMG** Analise este gráfico, em que está representado o efeito de duas aplicações de inseticida em uma plantação de cana-de-açúcar infestada de cigarrinhas.



Com base nas informações desse gráfico e em outros conhecimentos sobre o assunto, é incorreto afirmar que:

- A para ocorrer uma nova redução da população, é necessário mudar o tipo de inseticida ou a forma de controle da cigarrinha.
- B após a primeira aplicação do inseticida, se evidencia a eficiência deste pela queda acentuada no número de cigarrinhas ocorrida nesse período.
- C depois da segunda aplicação do inseticida, os organismos resistentes se tornam mais numerosos que os sensíveis.
- D feita a primeira aplicação do inseticida, ocorre alteração no genótipo dos insetos sensíveis, o que resulta no decréscimo da população.

- 14 Unifesp** De acordo com a teoria da evolução biológica, os seres vivos vêm se modificando gradualmente ao longo das gerações, desde o seu surgimento na Terra, em um processo de adaptação evolutiva. Segundo essa teoria:
- A os indivíduos mais bem adaptados transmitem as características aos descendentes.
 - B ocorre a seleção de características morfológicas adquiridas pelo uso frequente.
 - C a seleção natural apenas elimina aqueles indivíduos que sofreram mutação.
 - D as mutações são dirigidas para genes específicos que proporcionam maior vantagem aos seus portadores.
 - E as mutações dirigidas são seguidas da seleção aleatória das mais adaptativas.

- 15 Unifesp** Considere as seguintes proposições.

- I. Os mais fortes sobrevivem independentemente da situação e do ambiente.
- II. A seleção natural visa ao aperfeiçoamento da espécie e sua adaptação ao meio.
- III. Não é possível compreender adaptação desvinculada de informações sobre o ambiente e a descendência.

Segundo os princípios do darwinismo e da teoria sintética da evolução, está correto o que se afirma em:

- A I, apenas.
- B II, apenas.
- C III, apenas.
- D I e II, apenas.
- E I, II e III.

- 16 Fuvest** De maneira geral, os machos mais vigorosos, que apresentam maior adaptação ao lugar que ocupam na natureza, deixam maior número de descendentes.

Essa afirmação é de Charles Darwin, em *A origem das espécies*.

- a) Qual a ideia fundamental da teoria darwinista contida na afirmação?
- b) Relacione a afirmação de Darwin com o fenômeno da delimitação de território, largamente observado entre os animais vertebrados.

- 17 Enem** As cobras estão entre os animais peçonhentos que mais causam acidentes no Brasil, principalmente na área rural. As cascavéis (*Crotalus*), apesar de extremamente venenosas, são cobras que, em relação a outras espécies, causam poucos acidentes a humanos. Isso se deve ao ruído de seu “chocalho”, que faz com que suas vítimas percebam sua presença e as evitem. Esses animais só atacam os seres humanos para sua defesa e se alimentam de pequenos roedores e aves. Apesar disso, elas têm sido caçadas continuamente, por serem facilmente detectadas. Ultimamente os cientistas observaram que essas cobras têm ficado mais silenciosas, o que passa a ser um problema, pois, se as pessoas não as percebem, aumentam os riscos de acidentes.

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

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

18 UFRRJ Em uma determinada cidade, houve um aumento excessivo do número de gatos de rua, que passaram a invadir as casas em busca de alimentos. Visando a controlar o número de gatos na região, foi introduzido um vírus que desencadeava uma reação infecciosa e levava o animal à morte. No primeiro surto, 92% dos gatos infectados morreram; no segundo surto, morreram 75% dos gatos infectados; no surto seguinte, apenas 25% a 40% dos gatos infectados morreram, e a sua população tornou a crescer. Do ponto de vista evolutivo, como você explica o que ocorreu com a população de gatos?

19 Enem Libras 2017 Hospitais de diferentes regiões do país registram casos de contaminação pela superbactéria *Klebsiella pneumoniae carbapenamase* (KPC), que apresenta resistência à maioria dos medicamentos. Acredita-se que o uso inadequado de antibióticos tenha levado à seleção dessas formas mais resistentes. De acordo com as teorias darwinistas e neodarwinianas, o surgimento dessa superbactéria ocorreu por

- A aumento da especiação.
- B crescimento populacional.
- C variações no material gênico.
- D ampliação da irradiação adaptativa.
- E potencialização da convergência adaptativa.

20 UEM Em relação à teoria da Evolução, assinale a alternativa correta.

- A Segundo Lamarck, a principal força que promove a evolução é a seleção natural.
- B Segundo Charles Darwin, a principal força evolutiva é a mutação.
- C Todos os seres humanos existentes são provenientes de um único casal que viveu há 200.000 anos.
- D A seleção natural possibilita a perpetuação de características que conferem maior capacidade de deixar descendentes.
- E As mutações geram características novas que sempre conferem maior capacidade de deixar descendentes em relação às características antigas.

21 UFC Um problema para a teoria da evolução proposta por Charles Darwin no século XIX dizia respeito ao surgimento da variabilidade sobre a qual a seleção

poderia atuar. Segundo a Teoria Sintética da Evolução, proposta no século XX, dois fatores que contribuem para o surgimento da variabilidade genética das populações naturais são:

- A mutação e recombinação genética.
- B deriva genética e mutação.
- C seleção natural e especiação.
- D migração e frequência gênica.
- E adaptação e seleção natural.

22 PUC-SP Apesar de todos os alertas dos médicos, o uso de antibióticos de modo inadequado causa cada vez mais infecções resistentes [provocadas por bactérias].

[...] Médicos sugerem que a melhor forma de combater o problema é usar os antibióticos sempre na dose prescrita e pelo tempo certo.

Veja, n. 42, 2003.

Com relação ao desenvolvimento das linhagens de bactérias resistentes a antibióticos referido no texto, assinale a afirmativa incorreta.

- A Por mutações ao acaso, surgem bactérias resistentes aos antibióticos.
- B Com a eliminação das bactérias sensíveis aos antibióticos, as bactérias mutantes proliferam dando origem a linhagens resistentes.
- C Ocorrem mutações nas bactérias para adaptá-las aos antibióticos, de modo que a resistência é transmitida a seus descendentes.
- D Ao matar as bactérias sensíveis, o antibiótico deixa disponíveis às bactérias resistentes os recursos do ambiente.
- E Com a utilização de antibióticos, bactérias resistentes são selecionadas.

23 UEL 2016 O uso indiscriminado e abusivo de agrotóxicos, como os herbicidas, pode acarretar a necessidade da utilização de concentrações cada vez mais frequentes e maiores de substâncias presentes nesses produtos, para obter os efeitos esperados. Depois de um longo período de tempo, esse agrotóxico não surtirá mais os efeitos desejados, ou seja, exterminar as ervas daninhas, que competem pelos nutrientes do solo em plantações de soja.

Acerca da explicação para esse fenômeno, assinale a alternativa correta.

- A As pequenas doses do agrotóxico desenvolveram resistência nas ervas daninhas.
- B As ervas daninhas resistentes foram selecionadas pelo uso do agrotóxico.
- C As ervas daninhas se acostumaram e se adaptaram ao agrotóxico.
- D As ervas daninhas submetidas ao agrotóxico tornaram-se dependentes da substância.
- E O agrotóxico modificou as ervas daninhas, induzindo mutações.

24 UEL Em relação à evolução biológica de coelhos de uma determinada região:

- I. o coelho evoluiu de ancestrais de orelhas curtas que se desenvolveram gradativamente pelo esforço do animal em ouvir a chegada dos predadores;
- II. os ancestrais dos coelhos apresentavam tamanhos variáveis de orelhas; o predatismo dos carnívoros selecionou aqueles de orelhas mais longas;
- III. os coelhos de orelhas longas conseguem deixar um maior número de descendentes que os de orelhas curtas;
- IV. os coelhos de orelhas longas, adquiridas pela necessidade de perceber a aproximação dos predadores, transmitem essas características para seus descendentes.

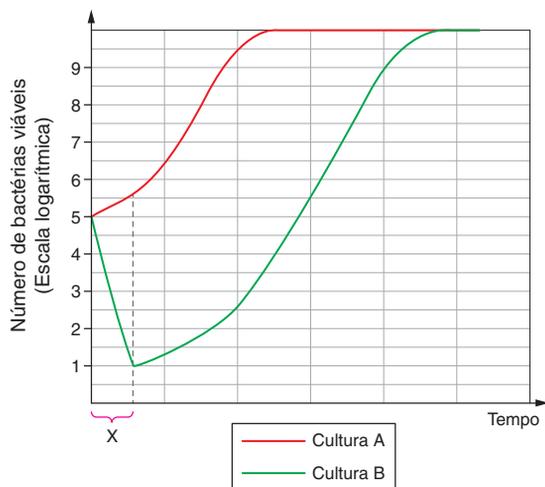
Considerando as afirmativas acima, selecione a alternativa correta.

- A I e II são lamarckistas e III e IV são darwinistas.
- B II e III são lamarckistas e I e IV são darwinistas.
- C I e IV são lamarckistas e II e III são darwinistas.
- D III e IV são lamarckistas e I e II são darwinistas.
- E I e III são lamarckistas e II e IV são darwinistas.

25 Fuvest Uma colônia de bactérias em que todos os indivíduos se originaram de uma única célula era incapaz de metabolizar lactose. Durante várias gerações, essas bactérias foram cultivadas em meio que continha glicose e lactose. Dessa cultura, foram retiradas duas amostras com quantidades iguais de células, que foram transferidas para novos meios de cultura: o meio A continha apenas glicose e o meio B apenas lactose, como únicas fontes de carbono.

O gráfico abaixo mostra as curvas de crescimento bacteriano nas culturas A e B.

- a) Como surgiram as bactérias capazes de sobreviver na cultura B?
- b) Dê a razão para a diferença entre as curvas A e B no intervalo X.



26 FMTM Uma população de bactérias foi combatida eficientemente com um determinado antibiótico por um certo tempo. Posteriormente, o antibiótico perdeu seu efeito, pois a população de bactérias tornou-se resistente.

- a) De que forma Lamarck explicaria a aquisição da resistência pela população de bactérias?
- b) De que forma você explicaria esses fatos, segundo a teoria evolutiva de Darwin?

27 Enem PPL 2017

Atualmente, o medicamento de escolha para o tratamento da esquistossomose causada por todas as espécies do verme *Schistosoma* e o praziquantel (PQZ). Apesar de ser eficaz e seguro, seu uso em larga escala e tratamentos repetitivos em áreas endêmicas têm provocado a seleção de linhagens resistentes.

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

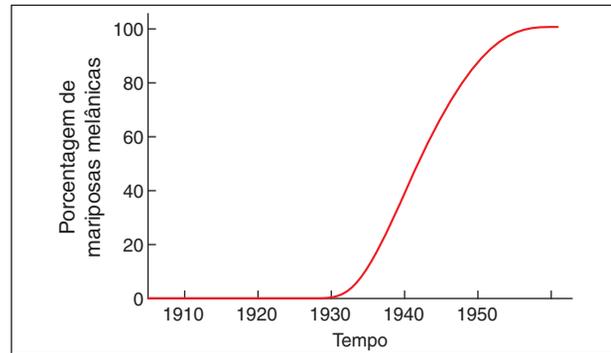
Qual é o mecanismo de seleção dos vermes resistentes citados?

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

28 UFPR Um levantamento populacional de borboletas realizado no final do século XVIII, no norte da Inglaterra, revelou um grande número de borboletas claras e uma minoria de cor escura, todas da mesma espécie. Um levantamento idêntico, realizado 50 anos mais tarde, constatou uma inversão do quadro, sendo a maioria das borboletas encontradas de cor escura e apenas umas poucas de cor clara. Durante esse período de 50 anos, um grande número de indústrias se instalou na região; seu combustível, carvão, produzia uma acentuada poluição, caracterizada por uma cobertura fuliginosa negra, tanto nas construções como nas plantas. Como poderia ser explicada evolutivamente a mudança na proporção de borboletas claras e escuras?

29 PUC-SP O gráfico abaixo refere-se à porcentagem da forma escura ou melânica da mariposa *Biston betularia*, durante várias décadas, numa área de grande desenvolvimento industrial.

Até aproximadamente 1930, a área era dominada pela forma clara da mariposa e, a partir desse período, sua população começou a declinar.



A partir da análise do gráfico e das afirmações contidas no trecho anterior, assinale a alternativa incorreta.

- A A expansão de indivíduos favoreceu o aumento populacional da forma melânica.
- B Com o desenvolvimento industrial, a seleção natural passou a desfavorecer a forma clara.
- C O gene que determina a forma melânica passou, por volta de 1930, a apresentar vantagem seletiva sobre o gene que determina a coloração clara.
- D O declínio da população de mariposas claras, por volta de 1930, deveu-se ao fato de a poluição tê-las tornado alvo mais fácil dos predadores do que as mariposas melânicas.
- E A expansão da população de mariposas melânicas não tem relação com a mudança ambiental, sendo devida à dominância do gene que determina a forma melânica sobre o gene que determina a forma clara.

30 Uece 2018 Atente às seguintes afirmações sobre a teoria moderna da evolução, também conhecida como teoria sintética:

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

É correto o que se afirma somente em

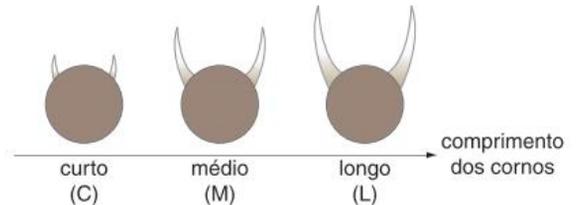
- A I e II.
- B II.
- C I e III.
- D III.

31 Unicamp 2013 Olhos pouco desenvolvidos e ausência de pigmentação externa são algumas das características comuns a diversos organismos que habitam exclusivamente cavernas. Entre esses organismos, encontram-se espécies de peixes, anfíbios, crustáceos, aracnídeos, insetos e anelídeos. Em relação às características mencionadas, é correto afirmar que:

- A O ambiente escuro da caverna induz a ocorrência de mutações que tornam os organismos albinos e cegos, características que seriam transmitidas para as gerações futuras.
- B Os indivíduos que habitam cavernas escuras não utilizam a visão e não precisam de pigmentação; por isso, seus olhos atrofiam e sua pele perde pigmentos ao longo da vida.
- C As características típicas de todos os animais de caverna surgiram no ancestral comum e exclusivo desses animais e, portanto, indicam proximidade filogenética.
- D A perda de pigmentação e a perda de visão nesses animais são características adaptativas selecionadas pelo ambiente escuro das cavernas.

Tipos de seleção natural

Há três modalidades de seleção natural: estabilizadora, direcional e disruptiva. A compreensão fica facilitada com um exemplo hipotético. Suponha que uma espécie de búfalo apresente indivíduos classificados em relação ao comprimento do corno: curto, médio ou longo. Suponha que em alguma situação um tipo de corno seja mais vantajoso do que outro. Esse tipo seria favorecido pela seleção natural e poderia se tornar predominante na população. Dependendo do tipo que é mais favorecido, a seleção seria classificada de uma maneira específica.



Esquema do comprimento dos cornos de búfalos.

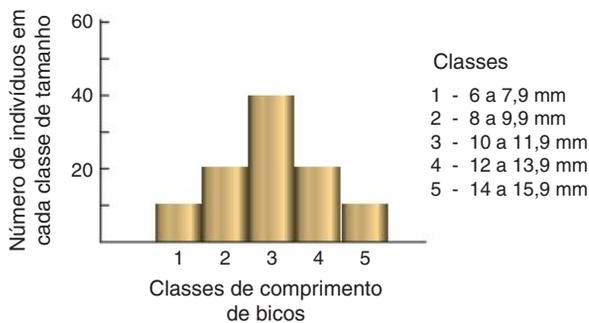
- Seleção estabilizadora: resulta no predomínio do tipo médio.
- Seleção direcional: resulta no predomínio do tipo longo ou curto (um dos extremos).
- Seleção disruptiva: resulta no predomínio dos tipos longo e curto (os dois extremos).



As três modalidades de seleção natural.

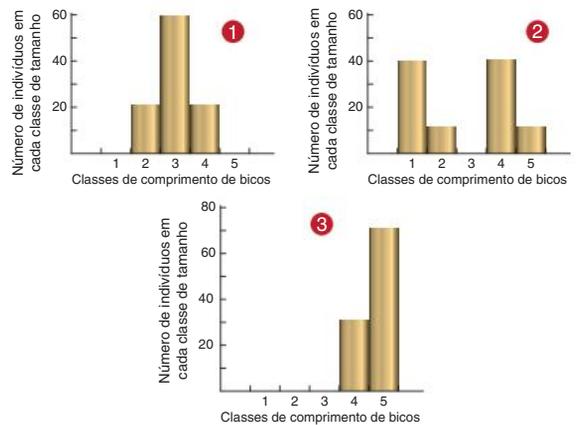
Exercícios resolvidos

1 Unesp (Adapt.) Pesquisadores que estudavam a população de uma espécie de ave que se alimenta de sementes, habitante de uma ilha, mediram o comprimento dos bicos de cem indivíduos. A figura representa a distribuição de frequência de indivíduos em cada classe de comprimento de bicos.



Após uma seca prolongada, a maioria das plantas da ilha que produziam sementes pequenas morreu, predominando na área plantas com sementes grandes. Sucessivas gerações de aves foram submetidas a essa condição.

Considerando que há uma relação direta entre o tamanho dos bicos e o tamanho das sementes que as aves conseguem quebrar e comer, foram elaborados três gráficos para representar a tendência esperada, após algumas gerações, na distribuição de frequência de comprimento de bicos na população.



Assinale a alternativa que indica o gráfico que melhor representa a tendência esperada e o nome que se dá ao processo responsável por essa mudança na frequência.

- A Gráfico 3; seleção natural.
- B Gráfico 1; isolamento reprodutivo.
- C Gráfico 2; isolamento geográfico.
- D Gráfico 3; isolamento reprodutivo.
- E Gráfico 1; seleção natural.

Responda às questões:

- Identifique o tipo de seleção natural verificada no final do processo descrito (após a seca prolongada).
- Identifique o tipo de seleção natural que ocorreu antes da seca.

Resolução:

Alternativa correta: A. Ocorreu um nítido processo de seleção natural; sobreviveram apenas os mais adaptados.

- III. A seleção é direcional, pois resultou na sobrevivência de um tipo extremo, isto é, os de bico mais longo (categorias 4 e 5).
- IV. Antes da seca havia predomínio do tipo médio (categoria 3); isso caracteriza a seleção estabilizadora.

- 2 Em uma ilha existem iguanas de tamanho pequeno, médio e grande. Um navio passou pela ilha e os tripulantes esqueceram um casal de cães. Esses animais procriaram

e geraram muitos descendentes. Iguanas passaram a ser fonte de alimento para os cães. No entanto, os iguanas pequenos conseguiam esconder-se nas fendas das rochas e não eram importunados. Os grandes eram evitados pelos cães, cuja caça preferida era de iguanas de porte médio.

Identifique o tipo de seleção natural que ocorreu e justifique.

Resolução:

Ocorreu seleção disruptiva, pois resultou na sobrevivência e no predomínio dos extremos (iguanas pequenas e grandes).

Resumindo

• Um olhar sobre o tempo

Paleozoico, Mesozoico e Cenozoico são eras do tempo geológico do planeta. O Cenozoico é conhecido como a “idade dos mamíferos”. A história humana tem como marco inicial a escrita (aproximadamente 4.000 anos a.C.).

Muitos dos conceitos dos filósofos Aristóteles e Platão foram incorporados pela Igreja Católica e eram tidos como verdadeiros dogmas. A concepção da Igreja (com suas influências aristotélicas e platônicas) era de um mundo estático, com os seres vivos sem mudanças. Essa é a visão denominada fixismo. No século XVIII começaram a surgir evidências de que o planeta era mais antigo do que se imaginava e que passava por grandes transformações. Alguns cientistas mostraram a possibilidade de ocorrência de mudanças nos seres vivos ao longo do tempo. Essa ideia estabeleceu o conceito de evolução.

• O conceito de adaptação

Um organismo tem estruturas e funcionamento que possibilitam seu ajuste às condições ambientais, permitindo à espécie sobreviver e gerar descendentes que possibilitam sua permanência naquele ambiente.

Na visão do fixismo ou criacionismo, as espécies de seres vivos não sofrem modificações ao longo do tempo. Na visão do transformismo, as espécies apresentam um processo de adaptação dinâmica ao ambiente. Evolução representa o mecanismo por meio do qual as características das espécies modificam-se ao longo do tempo.

• Evidências de evolução

Os cientistas apontam diversas evidências da ocorrência de evolução:

- Fósseis.
- Estudos comparativos de anatomia, embriologia e bioquímica.
- Estruturas vestigiais.
- Distribuição geográfica.

• Jean-Baptiste Lamarck (1744-1829)

Em 1809, publica *Filosofia zoológica*. Para Lamarck, os seres vivos tendem a um aumento de complexidade; considera que o ambiente gera a necessidade de adaptação dos seres vivos, produzindo mudanças. Seu trabalho envolve a lei do uso e desuso e a lei da herança dos caracteres adquiridos.

• Charles Robert Darwin (1809-1882)

Darwin publicou, em 1859, o livro *A origem das espécies*. Outro cientista, Alfred Wallace, chegou às mesmas conclusões que Darwin.

Um passo importante na vida de Darwin foi a expedição da qual participou, dando a volta ao mundo. Na viagem, Darwin encontra evidências da ocorrência de evolução. De volta à Inglaterra, Darwin procura uma explicação para o mecanismo de evolução, observando pistas nas modificações conduzidas pelo ser humano com a seleção artificial.

Darwin chega ao conceito de seleção natural, tendo sido influenciado pelo trabalho de Thomas Malthus. O Darwinismo baseia-se em variabilidade, seleção natural e adaptação. Como exemplo, podemos citar a adaptação dos leões ao seu ambiente e ao seu modo de vida como resultado da seleção natural atuando sobre a variabilidade da espécie.

Os indivíduos que conseguem se acasalar exibem características que permitem atrair parceiros sexuais, como a presença de coloração vistosa e comportamentos apropriados; trata-se da seleção sexual.

• Comparação

Darwin e Lamarck apresentam pontos de vista semelhantes, mas divergem em alguns pontos, como em relação ao papel do ambiente no processo de adaptação dos seres vivos.

• Neodarwinismo ou teoria sintética da evolução

Darwin não elaborou uma explicação satisfatória para a variabilidade dos seres vivos. Isso só foi feito depois de 1900, com o auxílio da Genética. Surge então o darwinismo ampliado, o neodarwinismo ou teoria sintética da evolução; trata-se da reunião de duas áreas da Biologia: a Evolução e a Genética. A variabilidade é determinada principalmente por meiose, fecundação e mutações. Mutações geram novos tipos de genes e constituem a fonte básica de variabilidade, que é ampliada pela recombinação genética. Mutações ocorrem aleatoriamente; não dependem da necessidade dos seres vivos.

Essa teoria explica exemplos como a seleção de insetos resistentes a DDT, a seleção de bactérias resistentes a antibióticos e um hipotético exemplo da seleção de mariposas em bosques de acordo com a poluição.



Sites

- Consulte a página da Universidade de Berkeley, Califórnia, sobre as eras geológicas.
<www.ucmp.berkeley.edu/help/timeform.html>.
- Veja também um texto sobre o legado de Darwin.
<www.actionbioscience.org/evolution/berra.html>.

Exercícios complementares

1 UFPR Como se pode conhecer a história evolutiva dos organismos através do estudo comparativo entre as espécies de seres vivos atuais?

2 Fuvest A observação de faunas dos continentes do hemisfério Sul revela profundas diferenças.

Na América do Sul, existem preguiças, antas, capivaras, tamanduás e onças; na África, há leões, girafas, camelos, zebras e hipopótamos; na Austrália, cangurus, ornitorrincos e equídeos e, na Antártida, os pinguins. Entretanto, descobriram-se espécies fósseis idênticas nessas regiões. Assim, fósseis da gimnosperma *Glossopteris* foram encontrados ao longo das costas litorâneas da África, América do Sul, Austrália e Antártida, e ainda fósseis dos répteis *Cynognathus* e *Lystrosaurus* foram descobertos na América do Sul, África e Antártida. Para explicar esses fatos, formularam-se as seguintes hipóteses:

- A presença de fósseis idênticos, nos vários continentes, prova que todas as formas de vida foram criadas simultaneamente nas diversas regiões da Terra e se diferenciaram mais tarde;
- As faunas e floras atuais são resultado da seleção natural em ambientes diversos, isolados geograficamente;
- Os continentes, há milhões de anos, eram unidos, separando-se posteriormente.

Está correto o que se afirma em:

- | | |
|---------------------------|----------------------------|
| A I, apenas. | D II e III, apenas. |
| B II, apenas. | E I, II e III. |
| C I e III, apenas. | |

3 UFPR Apesar de bastante criticadas na época em que foram postuladas, as ideias propostas por Charles Darwin sobre o processo evolutivo dos seres vivos são hoje amplamente aceitas, uma vez que outras evidências colhidas empiricamente corroboram a Teoria da Evolução. Assinale a alternativa que não expressa uma evidência dessa teoria.

- O estudo dos fósseis ao longo dos tempos geológicos mostra um aumento da complexidade das formas de seres vivos.
- As características apresentadas por sucessivas gerações, dentro de uma espécie, são herdadas das gerações antecessoras.

- Algumas estruturas corporais desenvolvem-se quando muito utilizadas ou atrofiam-se quando não utilizadas, como, por exemplo, a musculatura dos animais.
- Quando se estudam os genomas, observa-se uma grande semelhança entre espécies muito próximas, como o homem e o chimpanzé.
- O funcionamento bioquímico das células de todos os organismos é semelhante, sugerindo que todos tiveram um ancestral comum.

Texto para as questões 4 e 5.

Darwin, empolgado com as maravilhas da natureza tropical, em Salvador e no Rio, registrou: A viagem do Beagle foi sem dúvida o acontecimento mais importante de minha vida e determinou toda a minha carreira. As maravilhas das vegetações dos trópicos erguem-se hoje em minha lembrança de maneira mais vívida do que qualquer outra coisa.

I. C. Moreira, "Darwin, Wallace e o Brasil". In: *Jornal da Ciência*, ano XXII, n. 625, p. 6, 11 jul. 2008. (Adapt.).

4 UEL Darwin, em sua teoria de seleção natural, forneceu uma explicação para as origens da adaptação. A adaptação aumenta a capacidade de um organismo de utilizar recursos ambientais para sobreviver e se reproduzir. Com base na série de observações e conclusões de Darwin e nos conhecimentos sobre o tema, considere as afirmativas a seguir.

- O tamanho das populações naturais mantém-se constante ao longo do tempo, sendo limitado por fatores ambientais, como a disponibilidade de alimento, locais de procriação e presença de inimigos naturais.
- Uma luta contínua pela existência ocorre entre indivíduos de uma população e a cada geração muitos morrem sem deixar descendentes; os que sobrevivem apresentam determinadas características relacionadas à adaptação.
- Os indivíduos de uma população possuem as mesmas características, o que influencia sua capacidade de explorar com sucesso os recursos naturais e de deixar descendentes.
- Os indivíduos mais adaptados se reproduzem e transmitem aos descendentes as características relacionadas a essa adaptação, favorecendo a permanência e o aprimoramento dessas características ao longo de gerações sucessivas.

Assinale a alternativa correta.

- A Somente as afirmativas I e II são corretas.
- B Somente as afirmativas I e III são corretas.
- C Somente as afirmativas III e IV são corretas.
- D Somente as afirmativas I, II e IV são corretas.
- E Somente as afirmativas II, III e IV são corretas.

5 UEL Com base no texto I e nos conhecimentos sobre o tema, considere as afirmativas a seguir.

- I. A ideia de evolução não era nova, contudo, foi Darwin que estabeleceu cientificamente o princípio da seleção natural como fator responsável pela evolução dos organismos.
- II. As conclusões expostas no livro *A origem das espécies* levaram ao aprimoramento dos estudos de Lamarck que embasavam a teoria da geração espontânea dos organismos.
- III. Em sua viagem, Darwin observou a ocorrência de processos biológicos semelhantes em áreas geográficas e com seres vivos diferentes, o que colaborou para a elaboração da Teoria da evolução pela seleção natural.
- IV. A Teoria da evolução pela seleção natural, conhecida por darwinismo, também foi desenvolvida por Alfred Wallace que, na mesma época, estudava o fenômeno evolutivo.

Assinale a alternativa correta.

- A Somente as afirmativas I e II são corretas.
- B Somente as afirmativas II e IV são corretas.
- C Somente as afirmativas III e IV são corretas.
- D Somente as afirmativas I, II e III são corretas.
- E Somente as afirmativas I, III e IV são corretas.

6 UFSCar (Adapt.) Em 2009 comemora-se o bicentenário do nascimento de Charles Darwin e os 150 anos da publicação da primeira edição do livro *A origem das espécies*. O que pouca gente sabe é que Darwin teve a colaboração de um alemão naturalizado brasileiro, Fritz Müller, que forneceu evidências empíricas da consistência da teoria da seleção natural através de seus estudos com crustáceos, realizados no litoral do estado de Santa Catarina. Os dois se corresponderam por 17 anos, até a morte de Darwin, em 1882.

De acordo com o proposto por Darwin e reforçado pelos estudos de Müller, qual o papel da seleção natural no processo de evolução?

7 Unesp Suponha que em determinado lugar haja oito casais de pássaros e apenas quatro pares deles procriem, por ano, somente quatro descendentes, e que estes continuem procriando a sua prole na mesma proporção; então, ao final de sete anos (uma vida curta, excluindo mortes violentas, para qualquer pássaro) haverá 2.048 pássaros ao invés dos dezesseis originais. Como este aumento é quase impossível, devemos concluir que ou

esses pássaros não criam nem metade da sua prole, ou a média de vida de um pássaro não chega, devido a acidentes, a sete anos. Ambas as formas de controle provavelmente ocorrerem.

Esse texto está nas páginas iniciais do manuscrito de Charles Darwin, *A respeito da variação de seres orgânicos na natureza*, lido em reunião da Sociedade Lineana, em Londres, no dia 1º de julho de 1858. No texto, Darwin utiliza-se da hipótese de:

- A Malthus sobre a velocidade de crescimento das populações, e demonstra que esta hipótese está errada, pois nas populações de animais silvestres a seleção natural impede o crescimento populacional.
- B Malthus sobre a velocidade de crescimento das populações, e conclui que a tendência ao crescimento exponencial das populações não se aplica às populações de animais silvestres.
- C Malthus sobre a velocidade de crescimento das populações e conclui que, apesar da tendência ao crescimento exponencial, fatores que causam a morte de filhotes e adultos controlam o crescimento populacional.
- D Hardy e Weinberg, segundo a qual o tamanho da população mantém-se constante ao longo das gerações, uma vez que é controlado por fatores como a morte acidental ou não sobrevivência da prole.
- E Hardy e Weinberg, segundo a qual, na ausência de fatores como seleção e mutação, a população manter-se-á em equilíbrio, uma vez que a taxa de natalidade será igual à de mortalidade.

8 UFJF 2019 Os carrapatos têm sido um sério problema em criações de bovinos no Brasil. Em um experimento hipotético sobre controle de carrapatos parasitos de bovinos, realizado em campo, uma substância sintética foi utilizada e eliminou 97% da população de carrapatos. Nos próximos dois anos de aplicação, a substância eliminou 87% e 50%, respectivamente, da população de carrapatos. Um ano após o fim do experimento, a população de carrapatos voltou a crescer. Os responsáveis pela interpretação do experimento atribuíram a mortalidade dos carrapatos a fatores evolutivos.

- a) Explique o que aconteceu com a população de carrapatos em termos evolutivos.
- b) Explique o que aconteceria com a população de carrapatos se, um ano após o final do experimento, fosse aplicado um novo carrapaticida de eficiência comprovada, recentemente desenvolvido.

9 Unesp 2013

“O tuco-tuco (*Ctenomys brasiliensis*) é um animal curioso, que se pode, em linhas gerais, descrever como roedor com hábitos de toupeira. [...] São animais noturnos, e alimentam-se especialmente de raízes de plantas, o que explica os túneis longos e superficiais que cavam. [...] O homem que nos trouxe afirmou que muito comumente

os tuco-tucos são encontrados cegos. O exemplar que eu conservava no álcool achava-se nesse estado. [...] Lamarck rejubilar-se-ia com este fato, se acaso o tivesse conhecido.”

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



Tuco-tuco brasileiro (*Ctenomys brasiliensis*), Blainville, 1826. (mamiferosdomundo.blogspot.com.br)

O texto foi escrito por Charles Darwin, em seu diário de bordo, em 26 de julho de 1832, à época com 23 anos de idade, quando de sua passagem pelo Brasil e Uruguai. Escrito antes que construísse sua Teoria da Evolução, o texto revela que Darwin conhecia a obra de Lamarck.

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

10 Unesp Considere as seguintes afirmações.

1. “O gafanhoto é verde porque vive na grama”.
2. “O gafanhoto vive na grama porque é verde”.

Na sua opinião, qual afirmação seria atribuída a Darwin e qual seria atribuída a Lamarck? Justifique sua resposta.

11 Uerj 2013 Segundo a perspectiva de alguns cientistas, as mudanças climáticas decorrentes do aquecimento global podem estar provocando mudanças nos processos adaptativos de seres vivos.

Justifique essa perspectiva com base nas seguintes propostas:

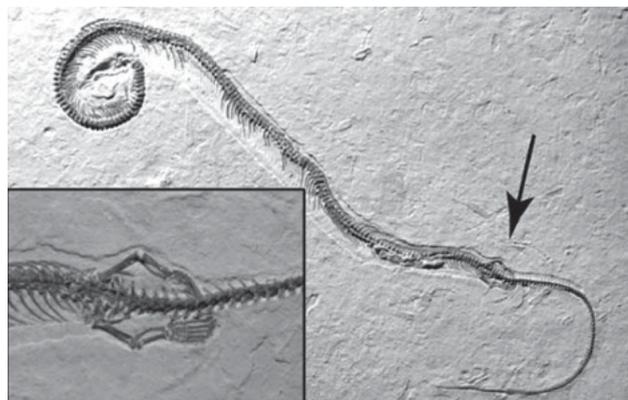
- teoria evolutiva de Lamarck;
- neodarwinismo.

12 Unesp Analise o texto a seguir, extraído da revista Newsweek.

Cientistas da Inglaterra e dos Estados Unidos fazem um alerta contra o uso exagerado de antibióticos. De tanto serem bombardeadas com penicilinas e inúmeros tipos de antibióticos, as bactérias resistentes prevalecerão sobre as normais e, portanto, estamos a caminho de um desastre médico.

- a) Como Darwin explicaria o aumento progressivo, entre as bactérias, de formas resistentes a antibióticos?
- b) Segundo os princípios neodarwinistas, por que estamos a caminho de um desastre médico?

13 Unicamp 2019 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.



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

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

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

14 Unicamp Em 1950, o vírus mixoma foi introduzido em uma região da Austrália para controlar o grande aumento de coelhos europeus. O primeiro surto de mixomatose matou 99,8% dos coelhos infectados. O surto seguinte matou 90%. No terceiro surto somente 40% a 60% dos coelhos infectados morreram e a população voltou a crescer novamente. O vírus é transmitido por mosquitos que só picam coelhos vivos. O declínio da mortalidade dos coelhos foi atribuído a fatores evolutivos.

- a) Do ponto de vista evolutivo, o que ocorreu com a população de coelhos?
- b) Como os mosquitos podem ter contribuído para diminuição da mortalidade dos coelhos?

15 UFSM 2014 Aproximadamente 30 milhões de hectares do planeta são afetados por sais, e de 0,25 a 0,5 milhão de hectares de área produtiva é perdido a cada ano em função da salinização do solo.

Fonte: FAO, 2002 apud Willadino & Camara, 2010. (adaptado)

A informação apresentada tem preocupado agricultores, ambientalistas e pesquisadores. Em busca de novos cultivares de plantas adaptadas a solos com maior salinidade, pesquisadores do mundo inteiro estão intensificando estudos sobre espécies de plantas halófitas, que são naturalmente adaptadas a altas concentrações de sais no solo. Considerando-se os mecanismos gerais de evolução por seleção natural, apresentados por Darwin e Wallace, é possível inferir:

- A Futuramente, todas as espécies cultivadas estarão adaptadas ao excesso de sais no solo, pois, ao longo do seu crescimento, cada indivíduo realizará adequações metabólicas profundas que garantirão sua sobrevivência.
- B Para que as plantas se adaptem a solos com alta salinidade, basta submetê-las lentamente a doses crescentes de solução salina, estimulando a ocorrência de mutações que as tornarão resistentes.
- C Poderão ocorrer mutações ao acaso em certos indivíduos, algumas delas conferindo resistência à alta salinidade e permitindo maior sucesso reprodutivo dos indivíduos portadores dessa mutação nos solos com alta salinidade, em comparação com aqueles indivíduos não portadores da mutação.
- D Poderão ocorrer mutações específicas, causadas pelo excesso de sais, que serão direcionadas pela planta para resistência à alta salinidade.
- E É inútil procurar novas plantas adaptadas à alta salinidade do solo além das já conhecidas, pois as espécies são imutáveis.

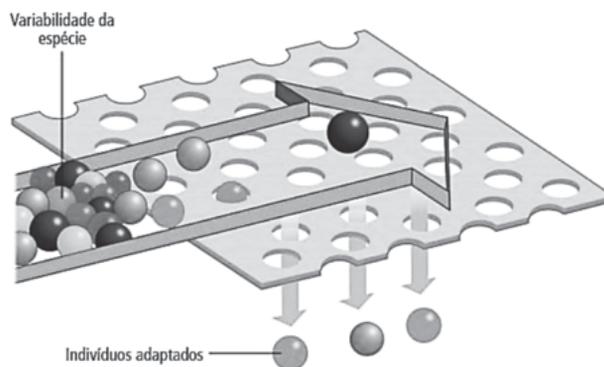
16 Unesp 2019 Aristóteles procurou explicar os fenômenos naturais a partir de argumentos teleológicos. A palavra teleologia provém de dois termos gregos, *telos* (fim, meta, propósito) e *logos* (razão, explicação), ou seja, uma “razão de algo em função de seus fins” ou uma “explicação que se serve de propósitos ou de fins”. Na explicação teleológica, se algo existe e tem uma finalidade, é porque existe uma razão para essa finalidade. Neste sentido, uma explicação teleológica estará centralizada na finalidade de alguma coisa. Por exemplo, na explicação teleológica, nossos dedos são articulados para que possamos manipular objetos, ao contrário da explicação não teleológica, que afirma que manipulamos objetos porque nossos dedos são articulados.

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

Considerando as características adaptativas dos organismos, a teleologia

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

17 UFSC 2018 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 reprodução dos indivíduos se modificam por causa da transmissão aos descendentes de novas características adquiridas, conforme proposto por Lamarck.
- 08 a teoria da evolução proposta por Darwin e Wallace foi elaborada após a descrição dos mecanismos genéticos que promovem a variabilidade da espécie.
- 16 os indivíduos adaptados não apresentarão variabilidade nas suas futuras gerações.
- 32 a seleção artificial pode ser explicada através do modelo didático, no qual a tela representa os critérios estabelecidos pelo homem com o objetivo de selecionar indivíduos com características de interesse.
- 64 os fatores ambientais prejudicam o processo evolutivo das espécies.

Soma:

18 UFRGS Existem duas grandes teorias que tentam explicar os mecanismos pelos quais os organismos evoluíram e continuam a evoluir. Tanto Lamarck como Darwin apresentam um fator como primordial para a evolução. A diferença é que, para Lamarck, este fator é a causa direta das variações e, para Darwin, este mesmo fator seria o que seleciona dentre as variações possíveis a mais adaptada. Este fator é:

- A o ambiente.
- B a grande capacidade de reprodução.
- C a competição.
- D a variação hereditária transmissível.
- E a migração.

19 UFMG Desenvolvida, há 150 anos, por Charles Darwin e Alfred Wallace, a ideia da seleção natural pode ser sustentada por observações científicas atuais. Assinale a alternativa que contém uma informação que não é sustentada pela Teoria evolutiva por seleção natural.

- A A reposição do fator de coagulação mediante transfusão de sangue aumenta a adaptabilidade dos hemofílicos.
- B Certas bactérias, em face de mudanças no ambiente, adquirem a capacidade de produzir novas substâncias.
- C O vírus HIV pode sofrer mutações, o que dificulta o tratamento de indivíduos soropositivos.
- D Os peixes cegos apresentam menor chance de sobrevivência em ambientes iluminados.

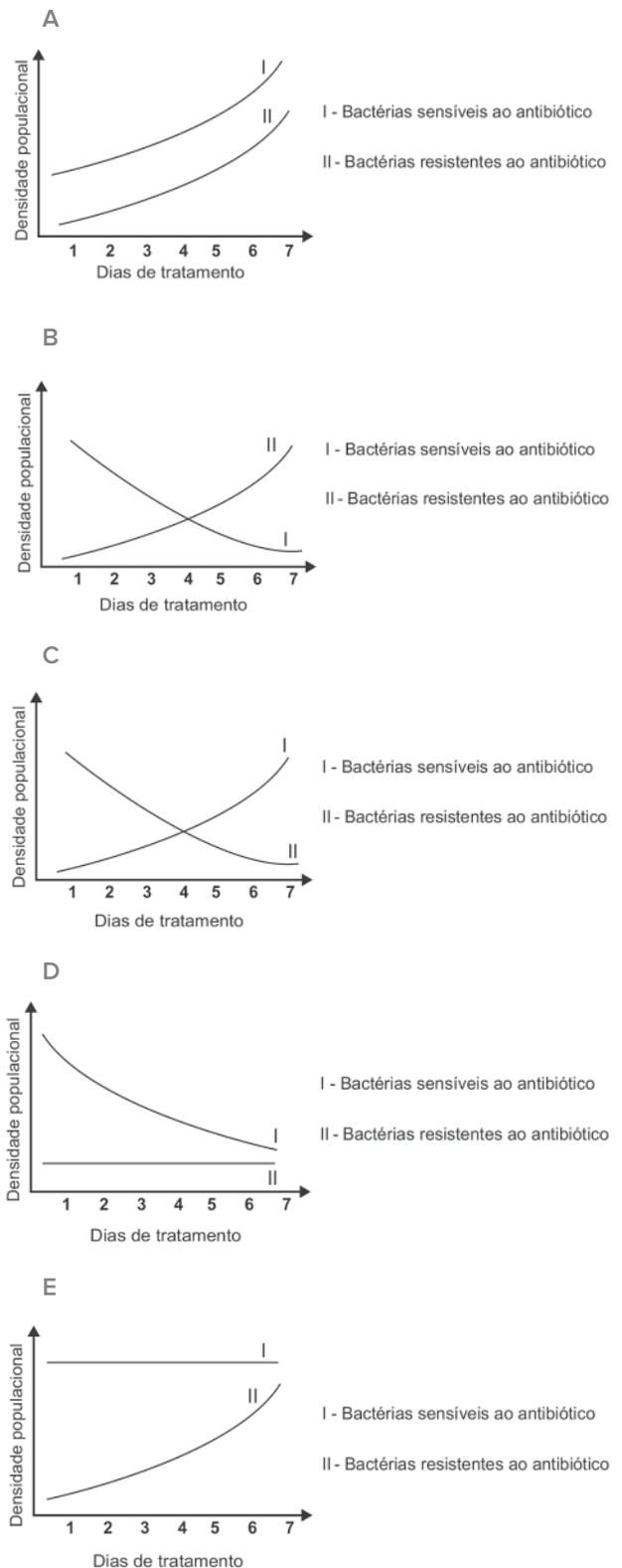
20 Unicamp Os animais podem sofrer mutações gênicas, que são alterações na sequência de bases nitrogenadas do DNA. As mutações podem ser espontâneas, como resultado de funções celulares normais, ou induzidas, pela ação de agentes mutagênicos, como os raios X. As mutações são consideradas importantes fatores evolutivos.

- a) Como as mutações gênicas estão relacionadas com a evolução biológica?
- b) Os especialistas afirmam que se deve evitar a excessiva exposição de crianças e de jovens em fase reprodutiva aos raios X, por seu possível efeito sobre os descendentes. Explique por quê.

21 Enem PPL 2015 As superbactérias respondem por um número crescente de infecções e mortes em todo o mundo. O termo superbactérias é atribuído às bactérias que apresentam resistência a praticamente todos os antibióticos. Dessa forma, no organismo de um paciente, a população de uma espécie bacteriana patogênica pode ser constituída principalmente por bactérias sensíveis a antibióticos usuais e por um número reduzido de superbactérias que, por mutação ou intercâmbio de material genético, tornaram-se resistentes aos antibióticos existentes.

FERREIRA, F. A.; CRUZ, R. S.; FIGUEIREDO, A. M. S. Superbactérias: o problema mundial da resistência a antibióticos. *Ciência Hoje*, n. 287, nov. 2011 (adaptado).

Qual figura representa o comportamento populacional das bactérias ao longo de uma semana de tratamento com um antibiótico comum?

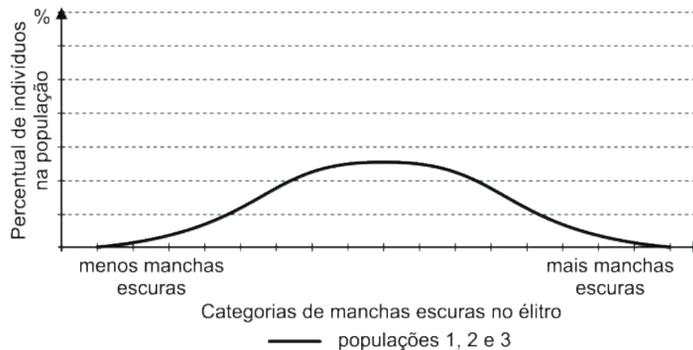


22 Unesp 2020 Os insetos da ordem Coleoptera têm dois pares de asas, mas as asas do par anterior, chamadas de élitros, são espessas e curvadas, protegendo as delicadas asas membranosas do par posterior. Além disso, os élitros podem apresentar manchas e cores específicas, contribuindo para a camuflagem do inseto no ambiente, como é o caso do *Penthea pardalis* (besouro leopardo).

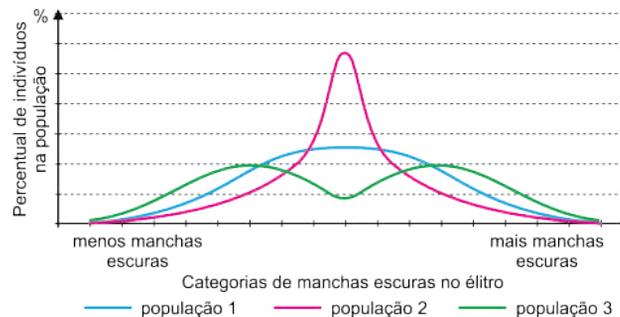
Um pesquisador coletou amostras representativas de três populações de besouros leopardo e classificou-os segundo a quantidade e a distribuição de manchas escuras nos élitros. Em cada uma das três populações, a variabilidade fenotípica pôde ser representada pela mesma curva, conforme o gráfico:



(www.fiocruz.br)



Dez anos após a primeira coleta, o pesquisador voltou aos locais anteriormente visitados e coletou novas amostras representativas das mesmas populações. As proporções fenotípicas da população 1 não sofreram alterações, mas as populações 2 e 3 apresentaram novas proporções de fenótipo, como mostram as curvas do gráfico:



Ao longo dos dez anos de intervalo entre as coletas, a população

- A 3 se estabeleceu em novos nichos ecológicos, nos quais foram selecionadas mutações que levaram à formação de duas novas espécies.
- B 1 não se modificou porque sobre ela não houve ação de seleção natural sobre a variabilidade fenotípica.
- C 3 sofreu intensa pressão seletiva, que favoreceu os indivíduos de fenótipos extremos e eliminou aqueles de fenótipos intermediários.
- D 1 manteve-se fenotipicamente uniforme porque a pressão seletiva favoreceu uma variante fenotípica específica.
- E 2 foi submetida a uma pressão seletiva, que desfavoreceu fenótipos menos escuros e fenótipos mais escuros e favoreceu os indivíduos de fenótipo intermediário.

23 Uerj (Adapt.) Considere as proposições a seguir, relacionadas ao conceito de evolução das espécies.

- I. O filósofo grego Anaximandro, que viveu por volta de 500 a.C., acreditava que os humanos evoluíram a partir de seres aquáticos parecidos com peixes. Esses seres teriam abandonado a água para se adaptar à vida terrestre por encontrarem melhores condições neste ambiente.
- II. Em 400 a.C., outro grego, Empédocles, propunha que homens e animais não surgiram como indivíduos completos, mas como partes de um corpo que se juntaram ao acaso, formando criaturas estranhas e fantásticas. Algumas delas, incapazes de se reproduzir, foram extintas, enquanto outras prosperaram.
- III. Sabe-se que mutações neutras, ou seja, aquelas que não alteram substancialmente a atividade biológica da proteína modificada, tendem a se acumular naturalmente a intervalos de tempo longos, porém estatisticamente regulares.

Aponte, para cada proposição dos primeiros evolucionistas citados, Anaximandro e Empédocles, a teoria evolutiva formulada no século XIX que a ela mais se assemelha e justifique sua resposta.



FRENTE 2

CAPÍTULO

2

Evolução

A jararaca-ilhoa (*Bothrops insularis*) só é encontrada na ilha da Queimada Grande, no litoral de São Paulo. É uma espécie bem peculiar de jararaca: apresenta hábitos arborícolas, e todos os indivíduos têm testículos e ovários. Essa espécie difere de outras jararacas do continente, como a *Jararaca jararaca*. A formação de uma nova espécie pode ter início com a separação geográfica entre dois ou mais grupos.

Conceito de espécie

Espécie é um grupo de indivíduos semelhantes, com capacidade real ou potencial de intercruzamento, resultando na formação de descendentes férteis; os seres de uma espécie são reprodutivamente isolados de outros grupos na natureza. A espécie constitui, portanto, uma unidade que se mantém através da reprodução entre seus membros.

O isolamento reprodutivo

Espécies diferentes são grupos de seres vivos que se encontram em isolamento reprodutivo. Isso significa que os seres de espécies diferentes podem estar em duas condições: sem cruzamento ou com cruzamento, porém sem capacidade de reprodução de descendentes férteis.

Quando espécies diferentes não se cruzam

É a condição mais comum na natureza. Muitas espécies não se cruzam por conta de diversas incompatibilidades:

- diferenças anatômicas do organismo como um todo ou de seus órgãos genitais;
- diferentes estações de acasalamento (diferenças ecológicas): algumas espécies têm o período de acasalamento restrito a certas épocas do ano; pode ocorrer que fêmea e macho pertencentes a espécies diferentes não estejam aptos à reprodução no mesmo período do ano;
- diferentes comportamentos de acasalamento (diferenças estacionais ou sazonais): há espécies com comportamentos inatos, geneticamente determinados, conhecidos como rituais de acasalamento. Macho e fêmea de espécies diferentes podem apresentar diferentes comportamentos de acasalamento, inviabilizando sua cópula;
- diferentes habitats (diferenças ambientais ou ecológicas): duas espécies podem ocupar diferentes locais em um mesmo ambiente e não se encontrar. Uma espécie hipotética de peixe que vive na superfície de uma lagoa e outra que se desenvolve no fundo dessa lagoa não têm condições de se acasalar.

Em todos os casos descritos não ocorreu acasalamento, então não houve fecundação nem se produziu um zigoto. Por isso, todos os casos apresentados são denominados mecanismos **pré-zigóticos** de isolamento reprodutivo.

Quando espécies diferentes se cruzam

Há casos em que seres de diferentes espécies se cruzam. A probabilidade de ocorrência de fecundação é maior em espécies que têm parentesco próximo. Um caso clássico é o cruzamento entre jumento e égua, resultando em híbridos masculinos (burros) ou femininos (mulas). O burro é estéril, e a mula pode ser fértil, gerando, em alguns casos, descendentes (quando cruzada com cavalo ou com jumento). No entanto, o casal burro-mula é estéril (Fig. 1).

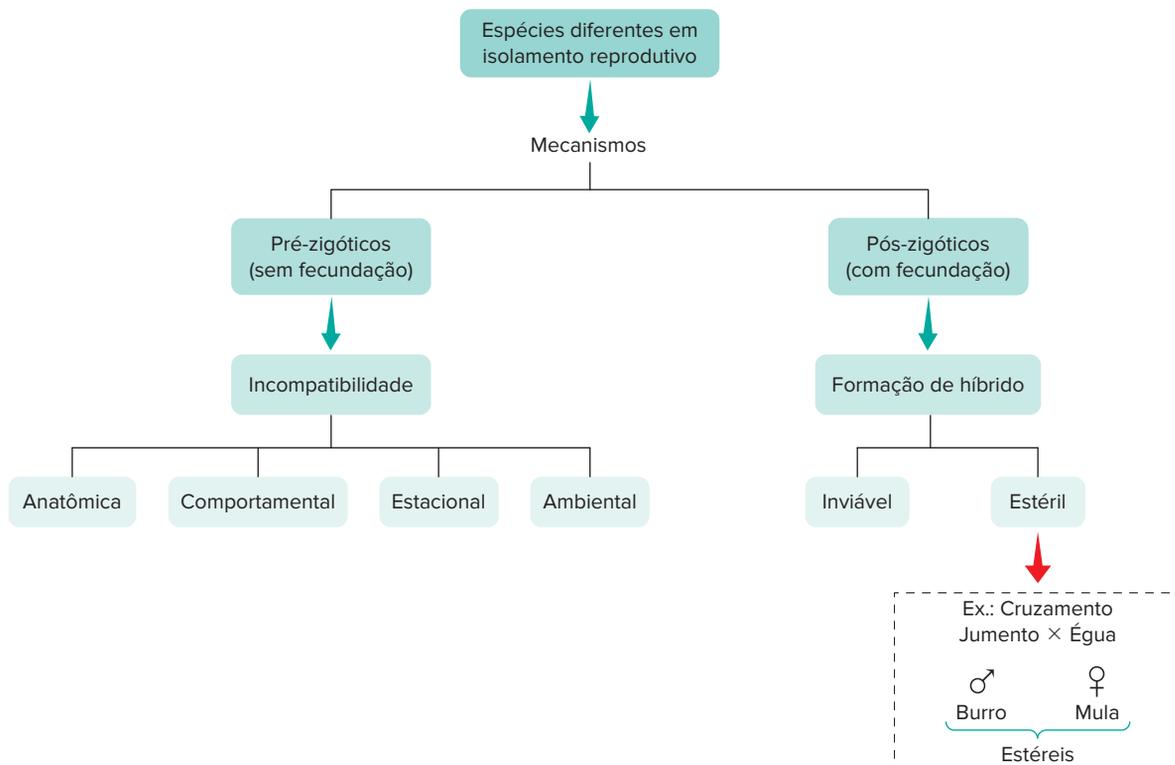


Fig. 1 Tipos de isolamento reprodutivo.

Em muitos casos, o cruzamento entre espécies resulta em embriões que não completam o desenvolvimento (com ocorrência de aborto) ou em indivíduos que nascem, mas são estéreis ou inviáveis.

Esses casos revelam a ocorrência de fecundação e formação de zigoto. São, portanto, casos de mecanismos **pós-zigóticos**, com formação de híbridos inviáveis ou estéreis.

Tipos de espécies

Considerando o ambiente que ocupam, há dois tipos de espécies: **simpátricas** e **alopátricas**.

Espécies simpátricas vivem no mesmo ambiente; pertencem, portanto, à mesma comunidade biológica. Animais da Savana Africana, por exemplo, são espécies simpátricas, como o leão, a zebra e a girafa. Espécies alopátricas vivem em ambientes diferentes; isso significa que estão em isolamento geográfico. O leão (da Savana Africana) e a jaguatirica (da Mata Atlântica) são espécies alopátricas (Fig. 2).

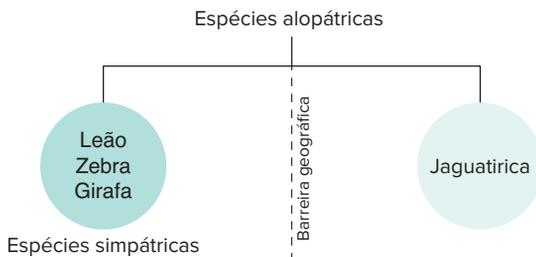


Fig. 2 Espécies simpátricas e alopátricas.

O mecanismo de especiação

Existem dois casos gerais de formação de novas espécies:

- **especiação alopátrica:** são formadas espécies em ambientes diferentes; esse processo inicia-se com o isolamento geográfico. É o caso que estudaremos neste capítulo;
- **especiação simpátrica:** ocorre a formação de novas espécies no mesmo ambiente, sem ter havido isolamento geográfico. Esse processo será estudado na Frente 1, em Genética, com a análise das aberrações cromossômicas (Fig. 3).

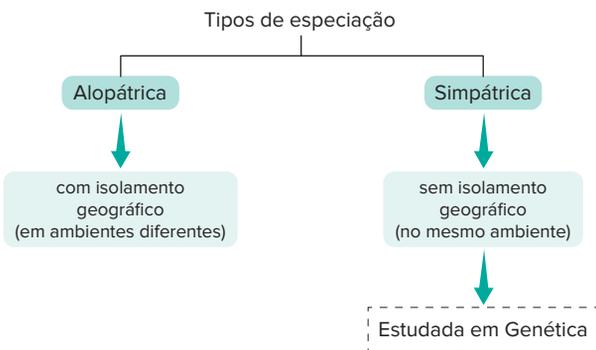


Fig. 3 Especiações simpátrica e alopátrica.

O início da especiação alopátrica ocorre com a separação de uma espécie em duas populações, por meio de uma barreira física intransponível, como montanhas, rios,

desertos e mares. As populações formadas passam a ficar em isolamento geográfico, e o fluxo de genes entre elas é interrompido.

Em cada população, surgem indivíduos portadores de mutações. A seleção natural atua em cada ambiente, eliminando as características desfavoráveis. Os indivíduos mais adaptados sobrevivem e passam a predominar na população.

A quantidade de mutações aumenta ao longo do tempo, e as diferenças entre os dois grupos tornam-se maiores. Caso desapareça a barreira física estabelecida inicialmente, os indivíduos dos dois grupos não ficam mais em isolamento geográfico; no entanto, os dois grupos podem ter chegado a um isolamento reprodutivo, passando a pertencer a espécies distintas (Fig. 4).

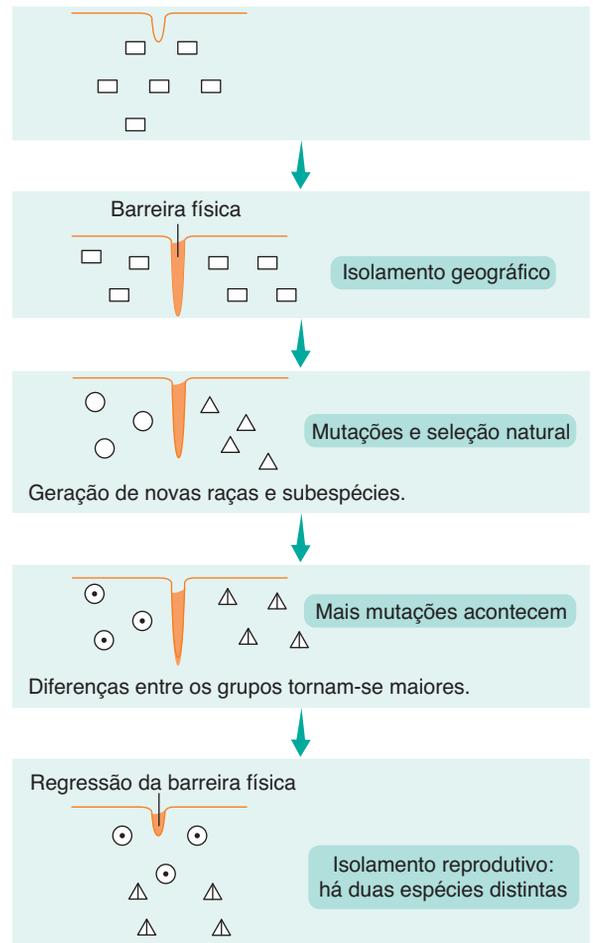


Fig. 4 Processos envolvidos na especiação alopátrica.

Durante o período em que os grupos ficaram isolados geograficamente, é possível que as diferenças entre eles tenham sido suficientes para caracterizar a formação de novas **raças** ou de novas **subespécies**. Raças diferentes são grupos dentro da mesma espécie; possuem diferenças, mas não estão isoladas reprodutivamente.

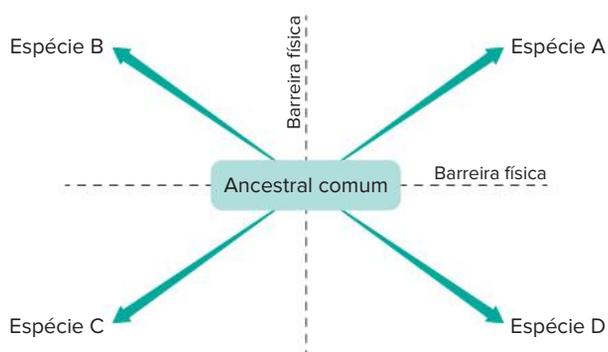
Irradiação adaptativa

Um ancestral pode ocupar diferentes ambientes; com o tempo, podem ser geradas espécies distintas, adaptadas às condições de cada ambiente. Essas espécies apresentam aspecto diferente, pois estão adaptadas a ambientes

diferentes, mas conservam semelhanças internas, já que são provenientes de um mesmo ancestral. Esse processo é denominado **irradiação adaptativa** (Fig. 5).

Um exemplo clássico é o da irradiação dos mamíferos a partir de um pequeno ancestral insetívoro (alimenta-se de insetos). Na fauna atual, encontram-se insetívoros, como as toupeiras, que são descendentes de um ancestral primitivo. Esse mesmo ancestral gerou outros mamíferos atuais, que apresentam grande variedade de adaptações, facilmente notadas em seus membros, permitindo que nadem, corram, agarrem, voem etc. Apesar de enormes diferenças, esses mamíferos guardam entre si características comuns, o que evidencia sua origem comum.

- Ancestral comum
- Ambientes diferentes
- Espécies com semelhanças internas



Exemplo:

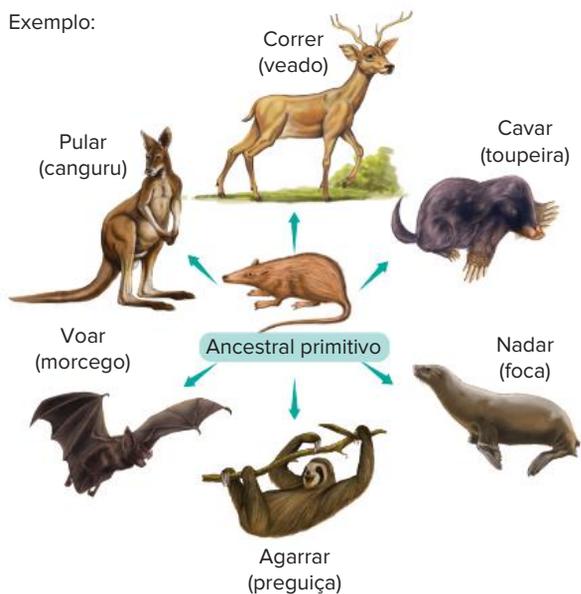


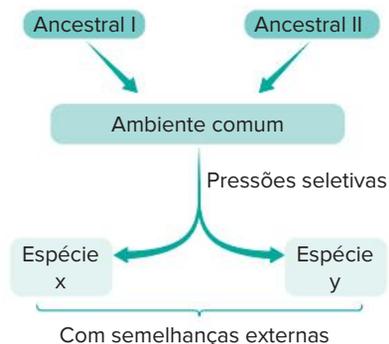
Fig. 5 Irradiação adaptativa dos mamíferos.

Convergência adaptativa

Diferentes seres vivos podem viver em um mesmo ambiente e são submetidos a pressões seletivas similares. Com o tempo, formam-se espécies que apresentam semelhanças externas (relacionadas às adaptações do mesmo ambiente).

Morcegos (mamíferos) e borboletas (insetos), por exemplo, não têm parentesco evolutivo recente; são provenientes de diferentes ancestrais, mas ambos apresentam asas que os adaptam ao voo (Fig. 6).

- Ancestrais diferentes
- Mesmo ambiente
- Espécies com semelhanças externas



Exemplo:

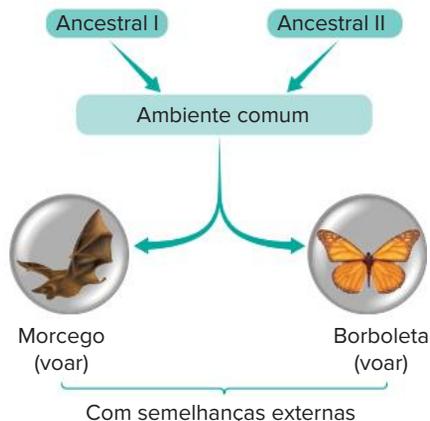


Fig. 6 Convergência adaptativa: espécies que evoluem em um ambiente comum.

Homologia e analogia

A nadadeira das focas e a asa dos morcegos apresentam a mesma arquitetura interna. Isso se deve ao fato de esses animais apresentarem ancestral comum. Essas estruturas (nadadeira e asa) originaram-se da mesma região do embrião. Homologia é a semelhança interna de duas estruturas, as quais têm mesma origem embrionária; logo, a asa de morcego e a nadadeira de foca são classificadas como estruturas **homólogas** (Fig. 7).

A asa de morcego e a asa de borboleta são diferentes em relação à sua arquitetura interna, mas são semelhantes externamente (estruturas delgadas e de grande superfície). Além disso, essas estruturas apresentam a mesma função (voo). Graças a essas características, elas podem ser classificadas como estruturas **análogas** (Fig. 7). Analogia é a semelhança externa entre duas estruturas, as quais apresentam a mesma função. Ela é decorrente de convergência adaptativa.

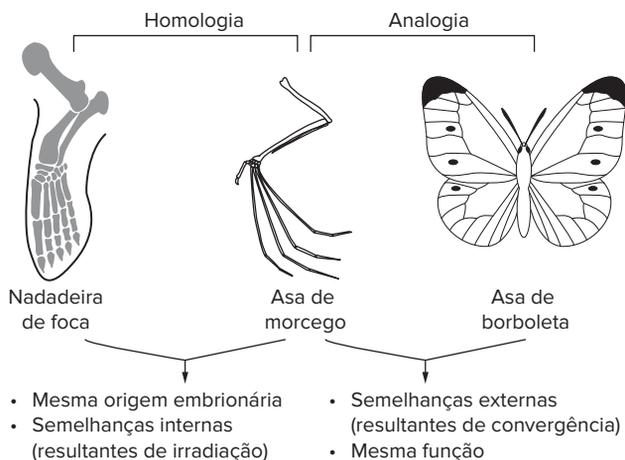


Fig. 7 Comparação entre homologia e analogia.

Interações ambientais

Predadores e suas presas apresentam adaptações resultantes de um processo evolutivo no qual um atua como agente de seleção natural do outro. Trata-se, portanto, de um caso de **coevolução**.

Várias espécies de predadores ou de presas apresentam características que as tornam mais adaptadas ao ambiente. Essas adaptações, descritas a seguir, constituem os casos de coloração de advertência, mimetismo e camuflagem.

Coloração de advertência

Alguns animais apresentam defesas químicas, como veneno ou odor desagradável. Além disso, eles podem ter um aspecto facilmente identificável por predadores potenciais. Esses predadores reconhecem e evitam as espécies dotadas dessa combinação (sinalização e defesa química). O cangambá (Fig. 8), por exemplo, tem pelo preto e uma faixa branca no dorso; também elimina secreções de odor desagradável. Devido a essas características, o cangambá é evitado por cães, raposas e coiotes.



Fig. 8 O cangambá tem coloração que é facilmente identificável por predadores. Também pode eliminar secreções com odor desagradável. Com essas características, o cangambá é evitado por predadores.

Mimetismo

Há casos em que uma espécie (**mimética**) torna-se, ao longo da evolução, semelhante a uma espécie dotada de defesas químicas (**modelo**). Com isso, a espécie modelo e a espécie mimética são evitadas por predadores. A serpente conhecida como coral verdadeira é peçonhenta e tem um padrão de cores ao longo do corpo (vermelho, branco e preto). Outra espécie não aparentada, a falsa coral, não é peçonhenta e apresenta padrão de cores similar. As duas espécies são evitadas por predadores.

A semelhança das espécies modelo e mimética pode ser considerada como um caso de convergência adaptativa: é uma semelhança resultante de pressões seletivas similares. O caso descrito (da coral verdadeira e falsa coral) é o de **mimetismo batesiano**, que é caracterizado por:

- espécies semelhantes;
- só uma espécie tem defesas químicas;
- as duas são evitadas por predadores.

Outro tipo de mimetismo, o **mimetismo mülleriano**, apresenta as seguintes características:

- espécies semelhantes;
- todas as espécies têm defesas químicas;
- todas as espécies são evitadas por predadores.

Camuflagem

Na coloração de advertência e no mimetismo, os animais chamam a atenção de eventuais predadores e são evitados por eles.

A **camuflagem** é praticamente o oposto: animais são semelhantes ao seu ambiente físico (em cor ou aspecto); isso os torna menos visíveis aos seus predadores ou às suas presas, como nos exemplos:

- uma cobra-cipó é um predador verde em uma floresta; isso facilita sua aproximação das presas;
- uma lebre branca, em um ambiente coberto de neve, fica menos visível aos seus predadores (Fig. 9).



Fabio Mitsuka Paschoal



Niaair/23rf.com

Fig. 9 A cobra-cipó é um predador verde em meio a uma vegetação verde, ficando menos visível para suas presas. A lebre branca fica menos visível aos predadores em um ambiente coberto de neve.

Revisando

1 Apresente o conceito clássico de espécie.

2 Cite os dois tipos principais de isolamento reprodutivo.

3 Diferencie espécies simpátricas de espécies alopátricas.

4 Na especiação alopátrica, coloque em ordem cronológica os seguintes eventos: isolamento reprodutivo, mutações, isolamento geográfico, formação de novas espécies e seleção natural.

5 Como podem surgir novas raças geográficas?

6 Defina irradiação adaptativa.

7 O que é convergência adaptativa?

8 Diferencie estruturas homólogas de estruturas análogas.

9 O que é mimetismo?

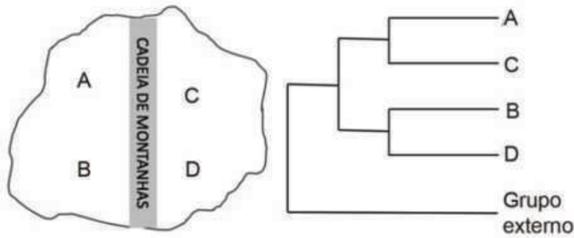
10 Como se denomina a semelhança entre seres vivos e o ambiente que os cerca? Qual é a vantagem dessa semelhança?

Exercícios propostos

- 1 UEL** O cruzamento entre indivíduos de uma população A e indivíduos de uma população B produz descendentes estéreis; entre indivíduos da população A e indivíduos da população C, o cruzamento produz indivíduos férteis; e entre indivíduos da população B e indivíduos da população C, o cruzamento não produz descendentes. Com base nesses resultados, conclui-se que:
- A A é de uma espécie e B e C são de outra.
 - B A, B e C são de uma mesma espécie.
 - C A, B e C são de três espécies distintas.
 - D A e B são de uma mesma espécie e C de outra.
 - E A e C são de uma mesma espécie e B de outra.
- 2 UEL** Na natureza, indivíduos de espécies diferentes raramente se acasalam. Algumas vezes isso acontece, resultando em embriões que não se desenvolvem ou em descendentes estéreis ou de fertilidade reduzida. Esse esforço reprodutivo, que nem sempre compensa, é resultado de:
- A recombinação gênica.
 - B mutação gênica.
 - C mecanismos que favorecem o acasalamento entre espécies diferentes.
 - D mecanismos que conduzem ao isolamento reprodutivo.
 - E ligação e permuta genética.
- 3 Enem PPL 2013** Lobos da espécie *Canis lycaon*, do leste dos Estados Unidos, estão inter cruzando com coiotes (*Canis latrans*). Além disso, indivíduos presentes na borda oeste da área de distribuição de *C. lycaon* estão se acasalando também com lobos cinzentos (*Canis lupus*). Todos esses cruzamentos têm gerado descendentes férteis.
- Scientific American Brasil, Rio de Janeiro, ano II, 2011 (adaptado).
- Os animais descritos foram classificados como espécies distintas no século XVIII. No entanto, aplicando-se o conceito biológico de espécie, proposto por Ernst Mayr em 1942, e ainda muito usado hoje em dia, esse fato não se confirma, porque
- A esses animais são morfologicamente muito semelhantes.
 - B o fluxo gênico entre as três populações é mantido.
 - C apresentam nichos ecológicos muito parecidos.
 - D todos têm o mesmo ancestral comum.
 - E pertencem ao mesmo gênero.
- 4 UFU 2018** Moscas não podem cruzar com rãs ou samambaias, mas as barreiras reprodutivas entre espécies afins também existem, como descrito nas situações a seguir.
- I. Duas espécies de cobra do gênero *Thamnophis* ocorrem na mesma área geográfica, mas uma delas vive principalmente na água, e a outra é terrestre.
 - II. Algumas subespécies de salamandra do gênero *Ensatina* vivem nas mesmas regiões e habitats, onde talvez elas possam ocasionalmente hibridizar. No entanto, a maioria dos híbridos não completa o desenvolvimento, e aqueles que conseguem são frágeis.
 - III. Os atobás-de-pés-azuis, habitantes das ilhas Galápagos, acasalam-se apenas depois de uma corte exclusiva da espécie. Parte do “roteiro” manda o macho levantar a pata azul, comportamento que chama a atenção da fêmea.
 - IV. Na América do Norte, as áreas geográficas de uma espécie de gambá que ocorre no Leste (*Spilogale putorius*) e no Oeste (*Spilogale gracilis*) se sobrepõem, mas *S. putorius* se reproduz no fim do inverno, e *S. gracilis* se reproduz no fim do verão.
- Quais situações indicam, respectivamente, uma barreira pós-zigótica e uma barreira prezigótica comportamental?
- A II e III.
 - B I e III.
 - C IV e II.
 - D II e IV.
- 5 UEL** A sequência de letras P, Q, R, S, T, U e V representam 7 populações vizinhas. P cruza-se livremente com Q, Q cruza-se com R, R com S e assim por diante. Através desses cruzamentos, os genes de P podem fluir até V e vice-versa. Suponha que as populações P e V desapareçam. Se isso acontecer, o número de espécies:
- A continuará a ser 7.
 - B passará a ser 6.
 - C passará a ser 5.
 - D passará a ser 2.
 - E continuará a ser 1.
- 6 PUC- Campinas** Os mecanismos de isolamento reprodutivo que operam antes do acasalamento são chamados de barreiras reprodutivas prezigóticas. Essas barreiras são importantes, pois evitam que indivíduos de espécies diferentes se cruzem e se reproduzam. Constituem barreiras reprodutivas prezigóticas, exceto:
- A Isolamento espacial – indivíduos de espécies diferentes podem selecionar lugares no ambiente para viver.
 - B Sincronismo no período fértil – se o período de acasalamento de duas espécies não se sobrepuser, elas estão isoladas reprodutivamente pelo tempo.
 - C Viabilidade reduzida do híbrido – a prole híbrida pode sobreviver com mais dificuldade do que a prole de indivíduos de mesma espécie.
 - D Adaptações anatômicas dos órgãos reprodutivos – diferenças no tamanho e forma dos órgãos reprodutivos podem evitar a união de gametas de espécies diferentes.

7 PUC-Rio 2017

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?

- A Simpátrica
- B Alopátrica
- C Parapátrica
- D Peripátrica
- E Coespeciação

8 Fatec A seguir são dadas algumas informações sobre evolucionismo.

- I. Populações novas que já podem ser consideradas como espécies distintas.
- II. População original homogênea.
- III. Acúmulo de diferenças genéticas entre as populações.
- IV. Estabelecimento de isolamento reprodutivo.
- V. Aparecimento de barreira geográfica.
- VI. Populações novas que já podem ser consideradas como raças distintas.

Assinale a alternativa que ordena em sequência a formação de duas espécies novas a partir de uma população ancestral.

- A II, V, VI, I, III e IV.
- B I, II, III, IV, V e VI.
- C IV, V, III, VI, I e II.
- D III, VI, I, II, IV e V.
- E II, V, III, VI, IV e I.

9 UFG Quando Darwin chegou ao arquipélago de Galápagos, em 1835, observou pássaros da família *Fringillidae* (tentilhões) e ficou impressionado com as treze espécies dessas aves nas diferentes ilhas. Uma explicação para o surgimento dessas espécies é a irradiação adaptativa, na qual os tentilhões:

- A apresentavam características semelhantes e hereditárias que surgiram a cada geração por acaso e não em resposta às necessidades adaptativas dos indivíduos.
- B surgiram a partir de um ancestral comum que emigrou do continente para as ilhas, ocupando-as, enquanto os diversos ambientes insulares selecionaram as aves mais adaptadas.
- C adquiriram características em consequência do uso mais ou menos acentuado de uma parte do organismo.
- D foram capazes de gerar descendentes férteis em resposta a uma competição entre os machos de uma mesma espécie em disputa pelas fêmeas.

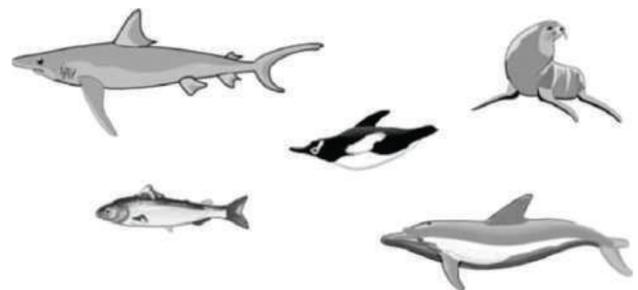
E surgiram em decorrência de uma barreira física que proporcionou um isolamento geográfico e causou a origem de aves diferenciadas.

10 Udesc 2018 Um tubarão e um golfinho possuem muitas semelhanças morfológicas, embora pertençam a grupos distintos. O tubarão é um peixe que respira por brânquias, e suas nadadeiras são suportadas por cartilagens. O golfinho é um mamífero, respira ar atmosférico por pulmões, e suas nadadeiras escondem ossos semelhantes aos dos nossos membros superiores. Portanto, a semelhança morfológica existente entre os dois não revela parentesco evolutivo. Eles adquiriram essa grande semelhança externa pela ação do ambiente aquático que selecionou nas duas espécies a forma corporal ideal ajustada à água.

Esse processo é conhecido como:

- A isolamento reprodutivo.
- B irradiação adaptativa.
- C homologia.
- D convergência adaptativa.
- E alopatria.

11 Unesp 2017 Na figura estão representados exemplares de peixes, de aves e de mamíferos.

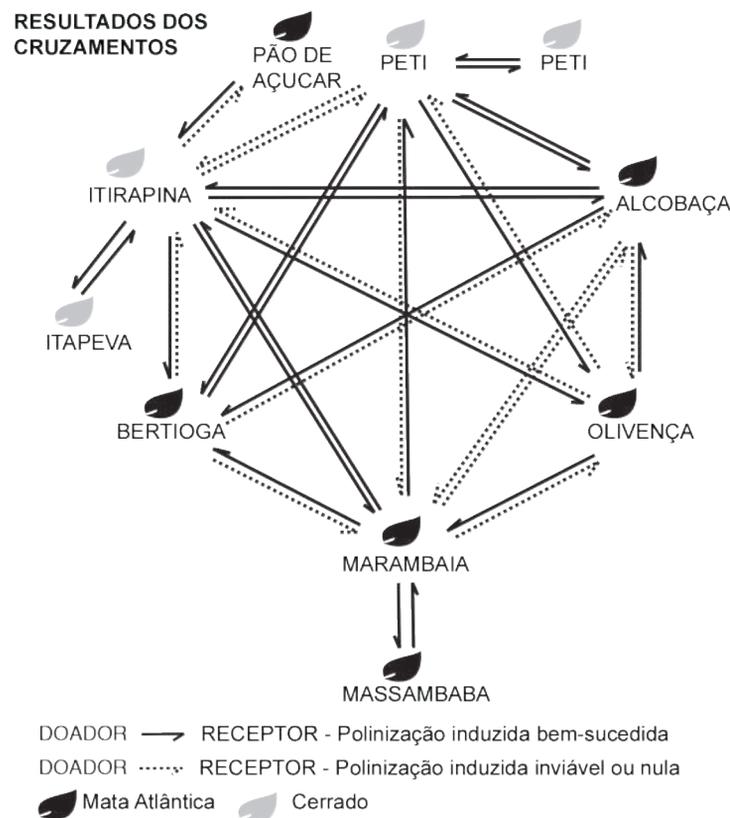


(<http://biologoemcena.blogspot.com.br>)

As semelhanças de formato dos corpos e dos membros locomotores nos animais representados decorrem

- A da mutação que ocorre nos indivíduos em resposta às exigências adaptativas de ambientes com diferentes características, o que leva à irradiação adaptativa.
- B da ação da seleção natural atuando sobre indivíduos em ambientes com diferentes características, o que leva à convergência adaptativa.
- C da ação da seleção natural atuando sobre indivíduos em ambientes com as mesmas características, o que leva à convergência adaptativa.
- D da mutação que ocorre casualmente em indivíduos que vivem em ambientes com as mesmas características, o que leva à irradiação adaptativa.
- E da ação da deriva genética, que permite a fixação de diferentes fenótipos em ambientes com diferentes características, o que leva à convergência adaptativa.

- 12 Ufal** Rãs, crocodilos e hipopótamos, quando estão com seus corpos submersos na água, mantêm os olhos e as narinas alinhados, rente à superfície da água. Mas eles descendem de ancestrais diferentes. Logo, a semelhança observada resulta de:
- A irradiação adaptativa. D variabilidade genética.
 B convergência adaptativa. E deriva genética.
 C mimetismo.
- 13 Unesp** No filme *Avatar*, de James Cameron (20th Century Fox, 2009), os nativos de Pandora, chamados Na'Vi, são indivíduos com 3 metros de altura, pele azulada, feições felinas e cauda que lhes facilita o deslocar por entre os galhos das árvores. Muito embora se trate de uma obra de ficção, na aula de Biologia os Na'Vi foram lembrados. Se esses indivíduos fossem uma espécie real, sem parentesco próximo com as espécies da Terra, e considerando que teriam evoluído em um ambiente com pressões seletivas semelhantes às da Terra, a cauda dos Na'Vi, em relação à cauda dos macacos, seria um exemplo representativo de estruturas:
- A homólogas, resultantes de um processo de divergência adaptativa.
 B homólogas, resultantes de um processo de convergência adaptativa.
 C análogas, resultantes de um processo de divergência adaptativa.
 D análogas, resultantes de um processo de convergência adaptativa.
 E vestigiais, resultantes de terem sido herdadas de um ancestral comum, a partir do qual a cauda se modificou.
- 14 Enem 2018** 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 não 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.



Em populações de quais localidades se observa um processo de especiação evidente?

- A Bertioga e Marambaia; Alcobaca e Olivença.
 B Itirapina e Itapeva; Marambaia e Massambaba.
 C Itirapina e Marambaia; Alcobaca e Itirapina.
 D Itirapina e Peti; Alcobaca e Marambaia.
 E Itirapina e Olivença; Marambaia e Peti.

15 Unesp Na época de Darwin, as Ilhas Galápagos abrigavam uma grande variedade de espécies de pássaros, hoje conhecidos como “Tentilhões de Darwin”, semelhantes entre si quanto à estrutura geral do corpo, mas diferentes quanto ao bico, adaptados a diferentes tipos de alimentos. Estas espécies diferentes originaram-se de uma população ancestral através de um processo conhecido por:

- A seleção natural.
- B evolução convergente.
- C convergência adaptativa.
- D coevolução.
- E oscilação genética.

16 Unicamp 2018 O mapa a seguir mostra duas áreas oceânicas, A e B.



(Fonte: Google Maps. Acessado em 10/07/2017.)

Um estudo mostrou que na localidade A são encontradas sete (7) espécies de camarões-pistola. Na localidade B são encontradas outras sete (7) espécies, sendo que cada espécie do local A tem uma espécie-irmã correspondente no local B (espécies-irmãs são espécies originadas de um mesmo ancestral comum recente). É correto afirmar que

- A o canal do Panamá permitiu que camarões-pistola migrassem de A para B, adaptando-se ao novo ambiente, diferenciando-se e originando novas espécies semelhantes às do lado A.
- B vulcões expeliram substâncias mutagênicas durante o Terciário, o que aumentou a variabilidade genética dos camarão-pistola, originando espécies-irmãs nas áreas oceânicas A e B.
- C o istmo do Panamá interpôs uma barreira geográfica, formando dois grupos isolados para cada espécie ancestral, que puderam então se diferenciar, originando espécies-irmãs nos oceanos A e B.
- D o impacto de um asteroide no final do Cretáceo levou a uma extinção em massa, fornecendo as condições para a radiação adaptativa dos camarões-pistola, com consequente formação de espécies-irmãs.

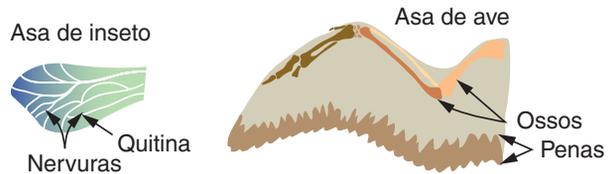
17 Vunesp A estrutura dos ossos sendo a mesma da mão de um homem, na asa de um morcego, na nadadeira de um golfinho e na pata de um cavalo – o mesmo número de vértebras no pescoço da girafa e no pescoço do elefante –, e inúmeros outros fatos desse tipo, explicam-se na teoria da descendência pelas pequenas e lentas modificações sucessivas.

Charles Darwin. *A origem das espécies*, 1859.

No trecho, Darwin apresenta como evidências da evolução:

- A os órgãos homólogos.
- B os órgãos análogos.
- C os órgãos vestigiais.
- D a seleção natural.
- E a mutação.

18 Unirio Com relação à figura a seguir, podemos afirmar que a semelhança morfológica entre os dois tipos de asas:



- A é o resultado da adaptação à execução de uma mesma função.
- B é consequência da irradiação adaptativa.
- C mostra homologia entre elas.
- D comprova a ancestralidade comum.
- E comprova a mesma origem embriológica.

19 UFPR O geneticista Jeremy Rifkin, em publicação recente, faz reflexões sobre o impacto das novas tecnologias e avanços da engenharia genética em nossas vidas. No que se refere à transferência de genes entre espécies diferentes, sugere que certos conceitos sejam repensados.

Uma espécie biológica [...] deve ser vista como um depósito de genes que são potencialmente transferíveis. Uma espécie não é meramente um volume de capa dura da biblioteca da natureza. Ela também é um livro de folhas soltas cujas páginas individuais, os genes, podem estar disponíveis para uma transferência seletiva e modificação de outras espécies.

Jeremy Rifkin. *O século da biotecnologia*. São Paulo: Makron Books do Brasil, 1999. p. 36.

Considerando o ponto de vista do autor, identifique nas alternativas abaixo o que é atualmente aceito como correto sobre espécie e especiação.

- 01 Populações de uma mesma espécie, geograficamente isoladas, sofrem as mesmas mutações e processos de seleção natural, o que lhes permite ajustar-se às circunstâncias de cada ambiente.
- 02 A condição inicial para que haja a formação de raças é a seleção natural.
- 04 O isolamento geográfico é uma das condições para que haja especiação.
- 08 As diferenças genéticas entre duas populações de uma mesma espécie, quando isoladas geograficamente, tendem a se acentuar.
- 16 Membros de uma mesma espécie inter cruzam-se livremente, dando origem a descendentes férteis.

Soma:

- 20 UFMA** Considerando-se “estruturas análogas as que possuem a mesma função, porém origens embrionárias diferentes, e estruturas homólogas as que possuem a mesma origem embrionária, podendo ou não apresentar as mesmas funções”, devemos afirmar que:
- A as asas do morcego são análogas às dos insetos.
 - B as asas das aves são análogas às dos insetos.
 - C os membros superiores dos homens, as nadadeiras das baleias e as asas dos morcegos são órgãos homólogos.
 - D as asas dos morcegos são homólogas às das aves.
 - E todas as alternativas estão corretas.

21 Unicamp (Adapt.) Ao estudar os animais de uma mata, pesquisadores encontraram borboletas cuja coloração se confundia com a dos troncos em que pousavam mais frequentemente; louva-a-deus e mariposas que se assemelhavam a folhas secas; e bichos-pau semelhantes a gravetos. Observaram que muitas moscas e mariposas assemelhavam-se morfológicamente a vespas e a abelhas e notaram, ainda, a existência de sapos, cobras e borboletas com coloração intensa, variando entre vermelho, laranja e amarelo. No relato dos pesquisadores estão descritos alguns exemplos de adaptações por eles caracterizadas como mimetismo e camuflagem. Identifique no texto um exemplo de camuflagem. Explique uma vantagem dessas adaptações para os animais.

22 Unesp 2017 Na natureza, a grande maioria dos gafanhotos é verde. No entanto, uma mutação genética incomum e pouco conhecida, chamada eritrismo, provoca alteração na produção de pigmentos, o que resulta em gafanhotos cor-de-rosa. Descobertos em 1887, esses gafanhotos raramente são encontrados.



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

Os gafanhotos cor-de-rosa são raros porque

- A a mutação reduz a variabilidade genética na população de gafanhotos, prejudicando a seleção natural de indivíduos cor-de-rosa.
- B concorrem por alimento com os gafanhotos verdes, que são mais eficientes por terem a mesma coloração das folhagens.
- C destacam-se visualmente e são facilmente encontrados e predados, enquanto os gafanhotos verdes se camuflam na natureza.

- D os gafanhotos verdes são mais numerosos na natureza e, portanto, se reproduzem e deixam muito mais descendentes.
- E são muito menos evoluídos que os gafanhotos verdes e por isso sobrevivem por pouco tempo na natureza.

23 PUC-RS Ao longo do processo evolutivo, plantas e animais estabeleceram padrões de relação muito interessantes.

As folhas, por exemplo, costumam acumular alcaloides que as fazem tóxicas ou lhes conferem paladar desagradável, desencorajando a ingestão pelos animais. Algumas espécies de animais, porém, não só conseguem tolerar a presença de alcaloides nas folhas, como os acumulam no organismo, tornando-se tóxicos ou desagradáveis ao paladar de seus predadores. Já as frutas maduras são doces e suculentas, convidando os animais a consumi-las, o que auxilia a dispersão das sementes. Entretanto, são pobres em proteínas, dificultando a sobrevivência de larvas de insetos que se alimentem exclusivamente da polpa da fruta, tornando-as menos atrativas para os animais maiores. As larvas de insetos, por sua vez, compensam a falta de proteínas ingerindo grandes quantidades de fruta. O processo evolutivo no qual características ou estruturas evoluem em espécies ecologicamente relacionadas, como resultado do processo de interação, denomina-se:

- A evolução simpátrica.
- B evolução alopátrica.
- C evolução simétrica.
- D evolução simultânea.
- E coevolução.

24 UEL 2017 Mimetismo é um termo utilizado em biologia, a partir da metade do século XIX, para designar um tipo de adaptação em que uma espécie possui características que evoluíram para se assemelhar com as de outra espécie. As observações do naturalista Henry Walter Bates, estudando borboletas na Amazônia, levaram ao desenvolvimento do conceito de mimetismo batesiano. É correto afirmar que o mimetismo batesiano é uma adaptação em que

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

Gradualismo e equilíbrio pontuado

Charles Darwin não enfatizou o processo de formação de duas espécies a partir de um ancestral. Sua concepção predominante era de modificações dentro da mesma espécie ao longo do tempo (portanto, Darwin destacava processos de anagênese). Essa visão é denominada *gradualismo*, ou seja, as mudanças evolutivas ocorrem aos poucos ao longo do tempo.

A tentativa de recuperar a história evolutiva de um determinado grupo de seres vivos frequentemente é cheia de falhas, dando a impressão de faltarem peças do quebra-cabeça. Um dos motivos é que o registro dos fósseis é bastante falho e incompleto. Isso se deve ao fato de que nem todo organismo pré-histórico morreu em condições que favorecessem a preservação de seus restos ou vestígios. Além disso, podem ocorrer alterações posteriores à formação de um fóssil, acarretando seu desaparecimento ou dificultando seu encontro pelos cientistas; isso se dá, por exemplo, com processos de erosão, atividade vulcânica, desvio do curso de um rio etc.

No entanto, o registro dos fósseis, mesmo com falhas, mostra que há períodos longos com relativa estabilidade nos seres vivos. Uma concepção evolucionista mais recente foi proposta por Stephen J. Gould, o *equilíbrio pontuado*. Essa proposta considera que há períodos com mudanças rápidas nos seres vivos após períodos de estabilidade; muitas espécies surgem bruscamente no registro fóssil e mudanças morfológicas bruscas estariam ligadas à especiação. Anelídeos, por exemplo, passaram a ter bruscamente a segmentação do corpo; posteriormente, ocorreram pequenas mudanças. Por outro lado, peixes pulmonados, após seu surgimento, não mostram mudanças notáveis há milhões de anos. Árvores filogenéticas são representadas de maneiras diferentes se forem construídas sob o ponto de vista do gradualismo ou do equilíbrio pontuado, como pode ser visto na figura a seguir.

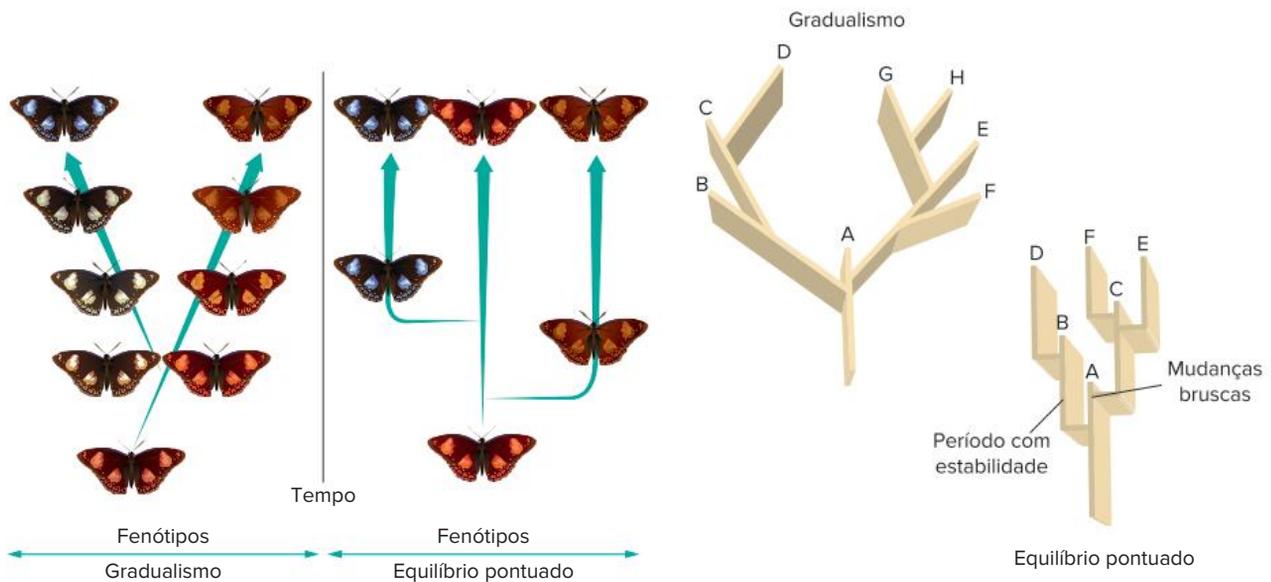


Fig. 10 Esquemas de gradualismo e equilíbrio pontuado.

Resumindo

- **Conceito de espécie**

Espécie é um grupo de indivíduos semelhantes, com capacidade real ou potencial de intercruzamento, resultando na formação de descendentes férteis.

- **O isolamento reprodutivo**

Há dois tipos de isolamento reprodutivo: pré-zigóticos e pós-zigóticos. Seres de espécies diferentes encontram-se em isolamento reprodutivo.

- **Tipos de espécies**

Espécies que vivem no mesmo ambiente são simpátricas; as que vivem em ambientes separados são alopátricas.

- **O mecanismo de especiação**

Especiação é a formação de novas espécies. Há dois tipos de especiação: alopátrica (com isolamento geográfico) e simpátrica (sem isolamento geográfico).

Na especiação alopátrica ocorrem: isolamento geográfico, mutações, seleção natural e isolamento reprodutivo; isso identifica a formação de novas espécies.

O isolamento geográfico pode levar à formação de novas raças ou de novas subespécies. Duas raças diferentes são grupos dentro da mesma espécie; possuem diferenças, mas não estão isoladas reprodutivamente.

- **Irradiação adaptativa**

Um ancestral pode ocupar diferentes ambientes; com o tempo, podem ser geradas espécies distintas, adaptadas às condições de cada ambiente.

- **Convergência adaptativa**

Diferentes ancestrais podem viver em um mesmo ambiente e são submetidos a pressões seletivas similares. Com o tempo, formam-se espécies que apresentam semelhanças externas.

- **Homologia e analogia**

Homologia é a semelhança interna de duas estruturas, as quais têm mesma origem embrionária. Analogia é a semelhança externa entre duas estruturas, as quais apresentam a mesma função.

- **Interações ambientais**

Coevolução: uma espécie atua como agente de seleção natural da outra ao longo do processo evolutivo de ambas. São os casos de coevolução: coloração de advertência, mimetismo e camuflagem.

- Coloração de advertência: uma espécie possui defesas químicas e coloração vistosa, o que faz com que ela seja evitada pelos predadores.
- Mimetismo: uma espécie (mimética) é semelhante a outra (modelo) e pode obter vantagens, como a proteção contra predadores.
- Camuflagem: uma espécie tem aspecto semelhante ao do seu ambiente, tornando-se menos visível para presas ou para predadores.

Quer saber mais?



Sites

- Consulte o texto sobre evolução, sua ligação com a genética, modificações dos seres vivos ao longo do tempo e noção de equilíbrio pontuado. <www.talkorigins.org/faqs/faq-intro-to-biology.html>.
- A representação das relações evolutivas entre os diversos grupos de seres vivos pode ser apreciada na “Árvore da vida”, alojada na *site* da Universidade do Arizona. <<http://tolweb.org/tree/>>.

Exercícios complementares

1 UFJF 2017 Recentemente, uma nova espécie de caramujo aquático foi descrita para a América do Norte. Os pesquisadores estavam estudando o que acreditavam se tratar de duas populações de uma espécie bem conhecida, quando observaram que os indivíduos da população ‘A’ apresentavam 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. O mecanismo de isolamento reprodutivo entre as populações de caramujos poderia ser do tipo prezigótico, 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:

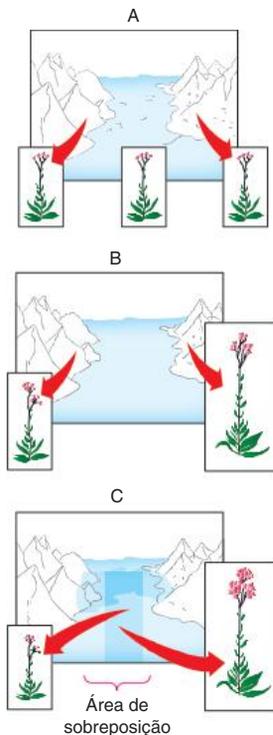
- A somente I, II, V.
- B somente I, II, III, IV.
- C somente I, III, IV, V.
- D somente III, IV, V.
- E I, II, III, IV e V.

2 Unicamp A biodiversidade brasileira, no que diz respeito a aranhas, pode ser ainda maior do que suspeitavam os cientistas. É o que apontam as últimas descobertas de uma equipe de pesquisadores brasileiros. Entre janeiro e julho de 2005, o grupo identificou nove espécies novas de aranha, a maioria da região Amazônica. Os pesquisadores também compararam geneticamente a espécie **Ericaella florezi** com outras do mesmo gênero e sugeriram que a especiação pode ter se iniciado com o aparecimento da Cordilheira dos Andes, há cerca de 12 milhões de anos.

Brasileiros acham nove espécies de aranha em 2005”.
Folha de S.Paulo, 22 ago. 2005. Disponível em: <www1.folha.uol.com.br/folha/ciencia/ult306u13625.shtml>.

- a) Por que o surgimento da Cordilheira dos Andes teria iniciado o processo de especiação?
- b) Que processos posteriores devem ter ocorrido para que essas aranhas se tornassem espécies distintas?

- 3 Unicamp** As figuras abaixo mostram o isolamento, por um longo período de tempo, de duas populações de uma mesma espécie de planta em consequência do aumento do nível do mar por derretimento de uma geleira.



W.K. Purves e col. *Vida, a ciência da biologia*. Artmed, 2005. p. 416. (Adapt.).

- a) Qual é o tipo de especiação representado nas figuras? Explique.
- b) Se o nível do mar voltar a baixar e as duas populações mostradas em B recolonizarem a área de sobreposição (figura C), como poderia ser evidenciado que realmente houve especiação? Explique.
- 4 Fuvest** Os fatos a seguir estão relacionados ao processo de formação de duas espécies a partir de uma ancestral.
- I. Acúmulo de diferenças genéticas entre as populações.
 - II. Estabelecimento de isolamento reprodutivo.
 - III. Aparecimento de barreira geográfica.
- a) Qual é a sequência em que os fatos anteriores acontecem na formação das duas espécies?
- b) Que mecanismos são responsáveis pelas diferenças genéticas entre as populações?
- c) Qual é a importância do isolamento reprodutivo no processo de especiação?
- 5 Unicamp (Adapt.)** Várias evidências científicas comprovam que as aves são descendentes diretas de espécies de dinossauros que sobreviveram ao evento de extinção em massa que assolou o planeta 65 milhões de anos atrás.

O achado mais recente, um dinossauro emplumado chamado *Epidexipteryx hui*, foi apresentado na revista *Nature*. Alguns dinossauros menores adquiriram a capacidade de voar, e foram eles, provavelmente, que sobreviveram ao cataclismo e deram origem às aves modernas.

Herton Escobar. *Curiosidades e maravilhas científicas do mundo em que vivemos*. Disponível em: <www.estadao.com.br/vidae/imagineso_265208,0.htm>. Acesso em: 27 out. 2008.

A capacidade de voar ocorre não só em aves mas também em mamíferos, como os morcegos, e em insetos. Os pesquisadores explicam que as asas podem ser órgãos homólogos, em alguns casos, e órgãos análogos, em outros. Indique em quais dos animais citados as asas são órgãos homólogos e em quais são órgãos análogos. Em que diferem esses dois tipos de órgãos?

- 6 Vunesp** Correlacione os fenômenos enumerados com os algarismos arábicos 1, 2, 3 e 4 às definições ou aos conceitos expressos nas afirmativas de I a IV.

1. Evolução.
 2. Mutação.
 3. Adaptação.
 4. Especiação.
- I. Modificações nas frequências gênicas das populações através do tempo, orientadas pela seleção natural.
 - II. Modificação ao acaso dos genes ou cromossomos, acarretando variação genética.
 - III. Modificações de estruturas e funções em um grupo, que favorecem sua sobrevivência.
 - IV. Determinada pelo isolamento reprodutivo, que pode ter como causa o isolamento geográfico.

A alternativa correta é:

- A** I-4; II-2; III-3; IV-1.
- B** I-3; II-1; III-2; IV-4.
- C** I-2; II-3; III-4; IV-1.
- D** I-1; II-2; III-3; IV-4.
- E** I-1; II-3; III-4; IV-2.
- 7 UEM** Assinale a alternativa incorreta sobre a teoria evolucionista.
- A** A adaptação consiste no ajustamento da espécie a certas condições do ambiente.
- B** Muitas espécies extinguíram-se porque não se ajustaram às modificações do ambiente que ocorreram ao longo da história geológica da Terra.
- C** Os fósseis são encontrados principalmente nas rochas magmáticas ou ígneas nas quais foram aprisionados.
- D** A forma hidrodinâmica do corpo de mamíferos marinhos como o golfinho e de peixes como o tubarão é um exemplo de adaptação ao meio aquático.
- E** A separação geográfica de dois grupos populacionais de uma mesma espécie pode resultar no isolamento reprodutivo, com formação de duas espécies.

8 UEM Considere os aspectos evolutivos dos seres vivos e assinale o que for correto.

- 01 Diversas variedades de plantas são produzidas por seleção artificial, como acontece com repolho, couve-flor, couve-de-bruxelas e brócolis, todas derivadas de uma espécie selvagem, a *Brassica oleracea*.
- 02 Um dos princípios básicos da evolução por seleção natural é que os indivíduos de uma mesma população não apresentam variações em seus caracteres, sendo, portanto, idênticos.
- 04 Um dos vários processos de fossilização ocorre em rochas sedimentares, sendo que suas camadas podem reservar fósseis de diferentes idades geológicas.
- 08 O registro fóssil sugere que os ancestrais da maioria dos filos animais atuais surgiram durante a fase de transição entre a era Pré-cambriana e a era Paleozoica.
- 16 Estruturas análogas refletem parentesco evolutivo e são decorrentes de modificações de uma forma primitiva, por um processo denominado de irradiação adaptativa.

Soma:

9 PUC-Rio 2016 O Istmo do Panamá é uma porção estreita de terra, situada na América Central, que faz a ligação entre as Américas do Norte e do Sul. Seu surgimento, há cerca de três milhões de anos, além de permitir a ligação entre esses dois continentes, interrompeu a conexão entre os Oceanos Atlântico e Pacífico até então existente no local. Em diferentes grupos de animais marinhos, foram reportados casos de especiação atribuídos ao surgimento do Istmo do Panamá.

- a) Qual tipo de especiação parece ter ocorrido nesses casos?
- b) Explique de que forma o surgimento do Istmo do Panamá teria iniciado esses processos de especiação.

10 UEPG Com relação ao conceito de evolução dentro do campo da Biologia, assinale o que for correto.

- 01 As mudanças que as espécies sofrem por evolução sempre as tornam mais aptas a sobreviver em seu ambiente.
- 02 Órgãos vestigiais constituem evidências anatômicas da evolução. São estruturas que não desempenham nenhuma função no organismo atual, mas que são homólogas a órgãos importantes de outras espécies.
- 04 Constituem evidências evolutivas o estudo da anatomia e embriologia comparada, o estudo dos fósseis e o estudo da bioquímica comparada.
- 08 Órgãos da mesma origem evolutiva que desempenham funções diferentes são denominados análogos.

Soma:

11 Uerj A enorme diversidade das formas de vida sempre encanta aqueles que tentam descrever e classificar espécies. A taxonomia moderna não leva em consideração apenas as características do animal, mas procura correlacioná-las a outros organismos, baseando-se em estruturas hereditárias.

Desse modo, à medida que se analisam as variações ocorridas na passagem do nível de espécie para o nível do reino, é possível observar que:

- A diminui a diversidade biológica.
- B diminui a relação de parentesco.
- C aumenta a semelhança histofisiológica.
- D aumenta o número de estruturas comuns.

12 Unesp 2019 O *Pezosiren portelli* foi um mamífero quadrúpede terrestre, ancestral das espécies de peixe-boi atuais, que viveu há 50 milhões de anos. Há 23 milhões de anos, havia na Amazônia um braço de mar, o Lago Pebas, habitado por peixes-boi de água salgada. Há 8 milhões de anos, este braço de mar fechou-se e confinou os animais em um ambiente de água doce. Ao longo da evolução, estes animais originaram o atual peixe-boi-da-amazônia.



(<http://revistaepoca.globo.com>. Adaptado.)

- a) Comparando-se os esqueletos do *P. portelli* e do peixe-boi-da-amazônia, há semelhança na organização anatômica dos membros anteriores. Como são classificados estes órgãos quanto à origem embrionária? Por que esta comparação evidencia a divergência evolutiva entre o *P. portelli* e as espécies de peixe-boi atuais?
- b) Justifique como o fechamento do braço de mar e o novo ambiente de água doce levaram à formação da espécie de peixe-boi na bacia do Rio Amazonas.

13 UEPG 2017 Assinale o que for correto sobre as evidências da evolução biológica.

- 01 Os fósseis são considerados evidências importantes da evolução biológica. Podem ser vestígios deixados por seres que viveram no passado, como ossos, dentes, organismos ou partes deles petrificados, e pegadas impressas em rochas, entre outros, permitindo deduzir o tamanho e a forma dos organismos.
- 02 Podemos citar como exemplos de evidência da evolução biológica os órgãos análogos. Trata-se de estruturas ou órgãos que compartilham de estrutura embrionária em comum, mas desempenham funções diferentes na idade adulta.
- 04 O mimetismo é uma adaptação onde duas espécies diferentes não compartilham semelhança alguma. Por serem muito diferentes, confundem os predadores, polinizadores, entre outros. É uma adaptação sempre desvantajosa para uma das espécies.
- 08 Os órgãos homólogos, ou seja, aquelas estruturas corporais com origens embrionárias diferentes e que desempenham funções semelhantes, são evidências da evolução biológica. Exemplo: asas de aves e asas de insetos utilizadas para o voo.
- 16 Uma evidência biológica importante é a adaptação dos seres vivos ao seu ambiente. A camuflagem é um exemplo de adaptação, visto que uma ou mais características corporais se assemelham ao ambiente, dificultando assim a sua localização por outros seres. Exemplo: a pelagem branca de alguns animais que vivem na neve.

Soma:

14 Uerj 2016



Espécie A

Espécie B

Espécie C

As imagens acima mostram três espécies de rãs venenosas encontradas na América do Sul, que se caracterizam por suas cores vivas. É possível observar que os padrões de coloração de alguns indivíduos da espécie A são semelhantes àqueles presentes nos indivíduos da espécie B, enquanto outros da espécie A se assemelham aos indivíduos da espécie C. Nomeie o fenômeno da presença de cores vivas em animais venenosos e explique sua vantagem para a sobrevivência desses animais.

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



FRENTE 2

CAPÍTULO

3

Fundamentos de Ecologia

A Ecologia estuda as relações entre os seres vivos e o ambiente, incluindo a nossa relação com as demais espécies. Infelizmente, a influência humana nos ecossistemas tem sido prejudicial, contribuindo para a redução da biodiversidade do planeta. A utilização de terras para a agricultura e para a pecuária é uma das grandes causas desse impacto.

Recapitulando e aprofundando conceitos

Nas primeiras aulas da frente 1, foram trabalhados alguns conceitos básicos de Ecologia, que são retomados a seguir (Fig. 1).

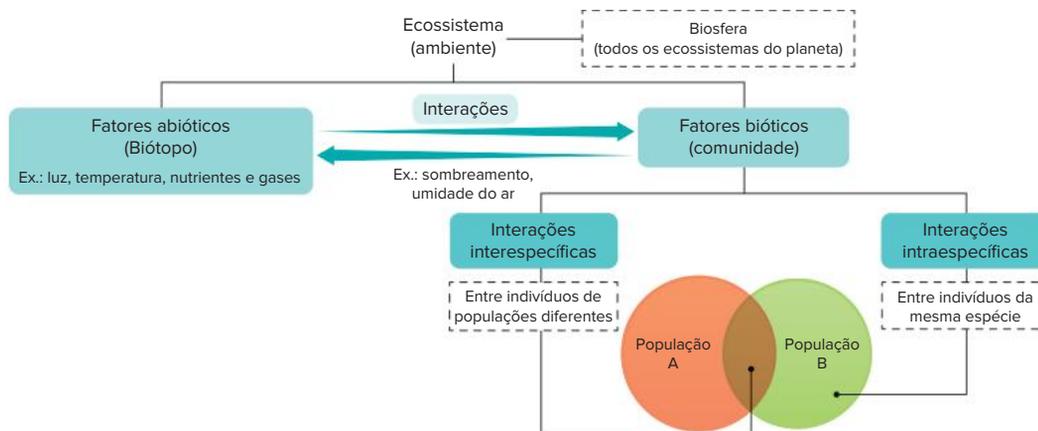


Fig. 1 Conceitos básicos de Ecologia e as interações existentes no ecossistema.

Espécie: conjunto de indivíduos semelhantes que podem se cruzar em condições naturais, gerando descendentes férteis.

População: conjunto de organismos da mesma espécie que vivem no mesmo ambiente.

Comunidade: conjunto de populações de um ambiente. É o mesmo que fatores bióticos; outros sinônimos são biocenose e cenobiose.

Fatores abióticos: são os componentes não vivos do ambiente, como luz, temperatura, nutrientes minerais, água, gases etc. Biótopo é o conjunto dos fatores abióticos.

Ecossistema: é o ambiente com seus componentes bióticos e abióticos. No ecossistema há interações entre a comunidade e os fatores abióticos. As interações ocorrem também entre os indivíduos de uma mesma população e entre indivíduos de populações diferentes. São exemplos de ecossistemas: um lago, uma floresta, um deserto, uma pradaria.

No caso de uma floresta, os componentes são os fatores abióticos (luz, temperatura, nutrientes minerais do solo, água, gases); a comunidade ou biocenose corresponde a todos os seres vivos presentes na floresta. Há diversas interações nesse ecossistema.

Os fatores abióticos como a água, a temperatura elevada e o suprimento elevado de luz permitem a realização de fotossíntese e o desenvolvimento de uma vegetação abundante, que serve de alimento para uma grande quantidade e variedade de herbívoros, os quais servem de alimento para outros animais. Assim, há interações entre diferentes espécies (**interespecíficas**).

Componentes da comunidade têm ação sobre os fatores abióticos. As plantas, por exemplo, promovem o

sombreamento, diminuindo a incidência de luz no solo; o que o deixa mais protegido da ação direta das chuvas evitando, assim, sua erosão. As plantas também perdem vapor de água em sua transpiração, afetando a umidade do ar.

Seres de uma mesma população interagem entre si (interações **intraespecíficas**) de diversas formas: podem competir por espaço e nutrientes, mas também podem ter uma ação cooperativa de busca de alimento ou de proteção. Uma interação evidente de uma espécie é a reprodução entre seus membros.

Biosfera: é o conjunto de todos os ecossistemas do planeta. Corresponde à parte do planeta onde há seres vivos, o que inclui o solo, a água e o ar. Há seres vivos em condições extremas, como em grandes altitudes (esporos de fungos e de bactérias), sob o gelo do Ártico, em grandes profundidades nos oceanos. Tudo isso constitui a biosfera, que poderia ser considerada como o grande ecossistema do planeta.

As divisões da biosfera

Biomass

Para que um ambiente seja considerado um bioma, ele deve necessariamente ocupar uma grande área. Além disso, suas características, em especial a vegetação e o clima, são mais relevantes para essa classificação do que as interações que nele ocorrem.

De acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), bioma é “um conjunto de vida vegetal e animal, constituído pelo agrupamento de tipos de vegetação que são próximos e que podem ser identificados

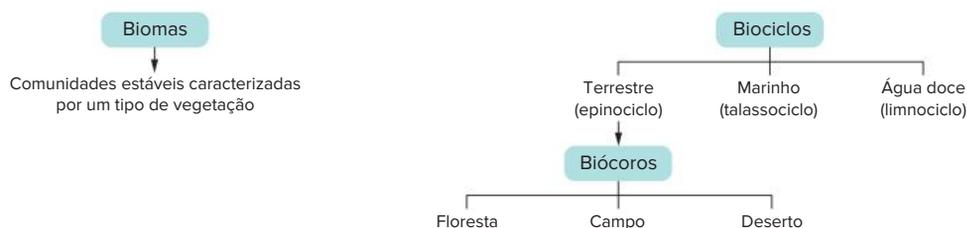


Fig. 2 A biosfera pode ser dividida em biomass e biociclos. O biociclo terrestre pode ser dividido em biócoros.

em nível regional, com condições de geologia e clima semelhantes e que, historicamente, sofreram os mesmos processos de formação da paisagem, resultando em uma diversidade de flora e fauna própria”.

As diversas florestas pluviais (como a Mata Atlântica e a Floresta Amazônica) existentes no mundo constituem o bioma de florestas pluviais. O bioma de pradaria, por sua vez, compreende todas as pradarias existentes no mundo.

Há ainda os biomas conhecidos como tundra, taiga, savanas, desertos e outros. Os biomas serão estudados mais detalhadamente nesta frente.

Biociclos

Há autores que consideram a biosfera dividida em três grandes biociclos: o terrestre (**epinociclo**), o marinho (**talassociclo**) e o de água doce (**limnociclo**).

Biócoros

O biociclo terrestre é dividido em quatro biócoros, conforme a cobertura vegetal; há os biócoros de **floresta**, de **savana**, de **campo** e de **deserto**.

O interior de um ecossistema e seus limites

O entendimento do ecossistema envolve os conceitos de ecótone, hábitat e nicho ecológico.

Ecótone

A terra apresenta inúmeros ecossistemas e cada um apresenta características próprias. Dois ecossistemas vizinhos apresentam uma **faixa de transição** entre eles, conhecida como ecótone. Normalmente, esse ambiente tem elevado número de espécies, pois são encontrados seres vivos dos dois ecossistemas e também espécies que só ocorrem nessa região. Por exemplo, a tundra localiza-se no Hemisfério Norte em uma área ártica e se caracteriza por uma vegetação de pequeno porte, como musgos, gramíneas, líquens e arbustos. Mais ao sul, em uma área subártica, há a taiga, constituída por uma típica floresta de coníferas (como pinheiros). Entre esses dois ecossistemas há um ecótone com vegetação de pequeno porte e algumas árvores esparsas, um tipo de conífera, o abeto negro, que não apresenta o porte avantajado dos pinheiros da taiga.

Hábitat

Hábitat é a **localização** da espécie em seu ecossistema, seria equivalente ao endereço da espécie em seu ambiente. O hábitat é o entorno da espécie, no qual ela encontra condições de sobrevivência e reprodução.

Um ecossistema apresenta diferentes hábitats. Em uma floresta, por exemplo, há espécies de insetos que vivem em locais determinados, como no interior do tronco de árvores, dentro do solo, sob troncos caídos, sugando seiva de partes tenras de plantas ou deslocando-se no alto das árvores em busca de néctar de flores.

Nicho ecológico

Uma espécie de ser vivo tem um **modo de vida** próprio. O modo de vida de uma espécie em seu hábitat constitui seu nicho ecológico, o que inclui a forma de nutrição, as diferentes interações com o ambiente e a forma de reprodução.

Leopardos, por exemplo, podem viver na savana africana. Eles vivem isolados, macho e fêmea só se reúnem para o acasalamento. A fêmea tem um ou dois filhotes e se encarrega de alimentá-los, protegê-los e ensiná-los a caçar e a evitar espécies ameaçadoras. Leopardos abatem suas presas e as arrastam para o alto de árvores; isso evita que sejam roubados por hienas e leões.

Essa breve descrição ilustra o nicho ecológico dos leopardos: a nutrição carnívora, a reprodução, a interação com árvores (que utilizam como abrigo), as interações com outros leopardos (acasalamento, os filhotes) e a interação com outras espécies de animais (suas presas e seus competidores). Cada espécie ocupa um nicho ecológico em seu ambiente e tem um papel na manutenção do equilíbrio ecológico – a **homeostase ambiental**.

Espécies que possuem exatamente o mesmo nicho ecológico competem intensamente; geralmente uma das espécies é eliminada e sobrevive a mais adaptada. Trata-se, portanto, de um processo de **seleção natural**.

Leopardos, hienas e leões têm algum grau de competição, mas não apresentam uma sobreposição total de nichos ecológicos (Fig. 3). Leopardos são solitários, enquanto hienas e leões formam grandes grupos; os leões são liderados por machos, e as hienas, por fêmeas. As táticas de caça e os tipos de presa que ingerem não são as mesmas. Essas espécies de carnívoros africanos não apresentam o mesmo nicho ecológico.



Fig. 3 Leopardos, hienas e leões são carnívoros que vivem na savana africana; cada uma dessas espécies ocupa um nicho ecológico distinto.

Ewan Chieseri/23rf.com

Stefanie Van Der Vindem/23rf.com

Jeffrey Soimflickr

Os seres vivos e as relações alimentares

A comunidade de um ecossistema apresenta dois tipos de organismo em relação à nutrição: os autótrofos e os heterótrofos.

Autótrofos

Autótrofos são seres vivos capazes de produzir matéria orgânica a partir de substâncias inorgânicas. Há autótrofos que utilizam luz na síntese de compostos orgânicos e realizam **fotossíntese**. São exemplos de autótrofos as plantas, as algas e algumas bactérias (como as cianobactérias). Outros autótrofos produzem matéria orgânica sem a utilização de energia luminosa; realizam **quimiossíntese**, que é o caso de alguns procariontes, como bactérias e arqueas (Fig. 4).

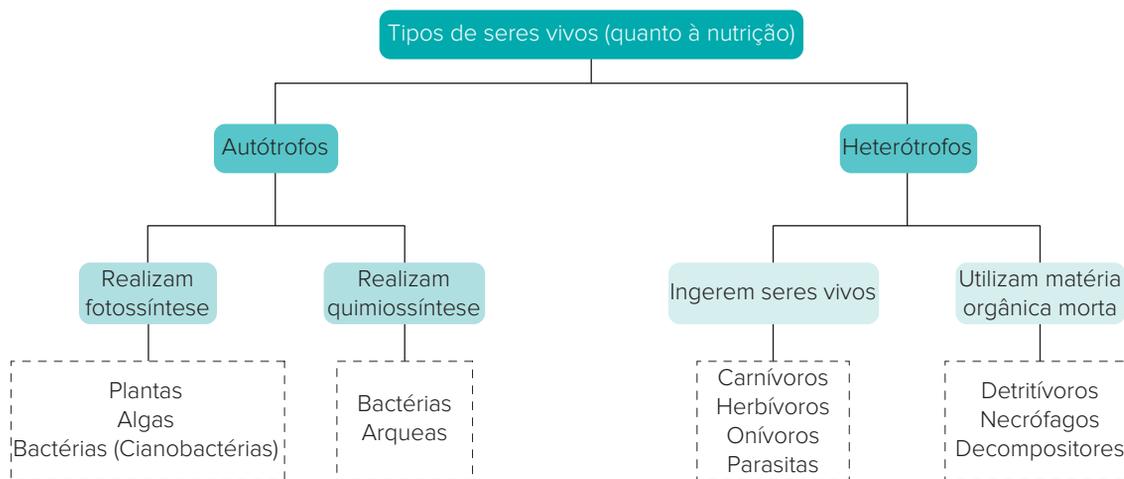


Fig. 4 Os diversos tipos de seres vivos, classificados quanto à sua nutrição.

Os materiais orgânicos produzidos pelos autótrofos são utilizados no metabolismo, fornecendo energia e materiais para a construção do organismo.

Heterótrofos

Organismos heterótrofos são incapazes de produzir matéria orgânica a partir de inorgânica, assim, têm de se alimentar (direta ou indiretamente) de seres autótrofos para conseguir uma nutrição adequada.

Há heterótrofos que se comportam como **predadores**; matam suas presas e as utilizam como alimento. Outros heterótrofos atuam como **parasitas** e vivem à custa de algum hospedeiro, causando prejuízo ao seu organismo.

Os que se alimentam de animais são **carnívoros**, os que se nutrem de plantas ou algas são **herbívoros**, enquanto **onívoros** comem plantas e animais.

Há heterótrofos que se nutrem de matéria orgânica morta. São os **detritívoros**, os **necrófagos** e os **decompositores**. Esses são essenciais na reciclagem da matéria.

Detritívoros são animais que se nutrem de detritos de matéria orgânica morta presente na forma de partículas, as quais são encontradas em excrementos de animais, folhas caídas no solo e animais em processo de decomposição. Exemplos de detritívoros são: minhocas, nematódeos, lagostas, camarões, insetos (besouros, cupins), pássaros e piolhos-de-cobra.

Necrófagos são animais que se nutrem de células e tecidos mortos em processo de decomposição, como urubus e larvas de muitas moscas.

Decompositores degradam a matéria orgânica morta presente em cadáveres ou em excrementos de animais.

São decompositores os fungos e as bactérias, e sua atividade gera **resíduos inorgânicos**, como água, gás carbônico e nutrientes minerais. Esses resíduos são utilizados por organismos autótrofos como matéria-prima para a produção de compostos orgânicos.

Níveis tróficos e cadeia alimentar

Os autótrofos são denominados **produtores**, pois produzem matéria orgânica. Entre os heterótrofos há dois tipos de organismo: **decompositores** e **consumidores**. Os decompositores são as bactérias e os fungos; eles degradam matéria orgânica e geram resíduos inorgânicos. Os consumidores ingerem matéria orgânica e incluem herbívoros, carnívoros, onívoros, parasitas, necrófagos e detritívoros.

Entre os consumidores há as seguintes categorias:

- **consumidores primários**: nutrem-se de produtores; têm comportamento de herbívoro;
- **consumidores secundários**: alimentam-se de consumidores primários, podem atuar como carnívoros;
- **consumidores terciários**: utilizam consumidores secundários como alimento.

Produtores, consumidores e decompositores são **níveis tróficos** (níveis de nutrição). Esses níveis tróficos são integrantes de uma **cadeia alimentar**, ou seja, uma sequência em que um organismo serve de alimento para outro.

Na savana africana, por exemplo, o capim (produtor) é comido por uma zebra (consumidor primário ou de primeira ordem). A zebra é devorada por leões (consumidores secundários ou de segunda ordem). Quando um leão morre, seu corpo é atacado por bactérias e fungos (decompositores) (Fig. 5).

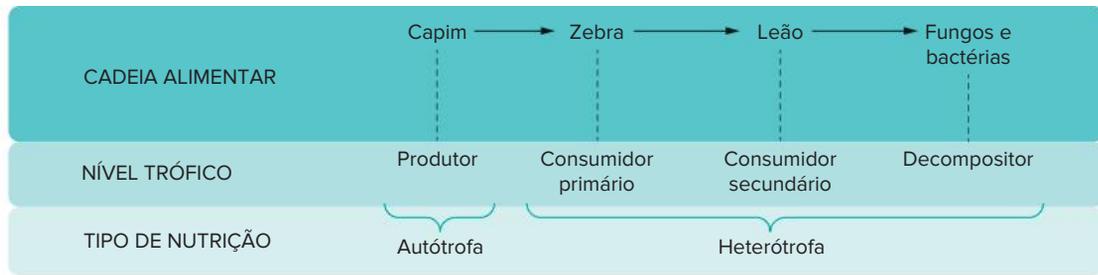


Fig. 5 Exemplo de cadeia alimentar com os níveis tróficos e os tipos de nutrição indicados.

Revisando

1 O que é nicho ecológico?

2 É correto afirmar que o papel da espécie no ambiente corresponde ao hábitat? Explique.

3 O que é a faixa de transição entre ecossistemas vizinhos?

4 Defina bioma.

5 Cite os três níveis tróficos de um ecossistema.

6 O que são necrófagos?

7 Defina detritívoros.

Exercícios propostos

- 1 Udesc 2019** Assinale a alternativa que completa **corretamente** a informação.

Ao conjunto de populações que interagem em um mesmo hábitat de maneira direta ou indireta chamamos de

- A ecossistema
- B comunidade biológica
- C biótopo
- D biosfera
- E nicho ecológico

- 2 Uece 2017** Ecologia é uma ciência ampla e complexa, direcionada ao entendimento do funcionamento da natureza, que apresenta conceitos específicos utilizados para definir as relações dos seres vivos entre si e destes com o meio. Considerando os conceitos ecológicos, é correto afirmar que

- A um ecossistema corresponde a uma região de transição entre duas comunidades, onde se encontra grande número de espécies e, por conseguinte, grande número de nichos ecológicos.
- B a cadeia alimentar é definida pelas interações entre fatores bióticos e abióticos, ou seja, pela transferência de energia dos organismos vivos entre si e entre estes e os demais elementos de seu ambiente.
- C analogicamente, um hábitat corresponde ao “endereço” de um ser vivo na natureza, enquanto um nicho ecológico pode ser comparado à “profissão” desempenhada por uma espécie em um determinado ecossistema.
- D biótopo corresponde a áreas geográficas sempre localizadas em elevadas altitudes, nas quais vivem determinadas comunidades compostas predominantemente por espécies endêmicas.

- 3 UFSM** Na região da quarta colônia italiana, no estado do RS, encontram-se fragmentos de mata Atlântica, o que levou essa região a ser incorporada à Reserva da Biosfera da mata Atlântica, reconhecida pela Unesco em 1993. A importância dessa Reserva reside na grande biodiversidade presente e no impedimento de sua extinção. Qual dos conceitos ecológicos a seguir abrange mais elementos da biodiversidade?

- A Espécie
- B População
- C Nicho
- D Comunidade
- E Hábitat

4 Fuvest

Para compor um tratado sobre passarinhos é preciso por primeiro que haja um rio com árvores e palmeiras nas margens.
E dentro dos quintais das casas que haja pelo menos goia [beiras.

E que haja por perto brejos e iguarias de brejos.
É preciso que haja insetos para os passarinhos.
Insetos de pau sobretudo que são os mais palatáveis.
A presença de libélulas seria uma boa.
O azul é importante na vida dos passarinhos porque os passarinhos precisam antes de ser belos ser eternos.
Eternos que nem uma fuga de Bach.

Manoel de Barros. *De passarinhos.*

No texto, o conjunto de elementos, descrito de forma poética em relação aos passarinhos, pode ser associado, sob o ponto de vista biológico, ao conceito de:

- A bioma.
- B nicho ecológico.
- C competição.
- D cooperação.
- E sucessão ecológica.

- 5 Unifesp** Considere as afirmações a seguir.

- I. A comunidade de São Januário, localizada no médio São Francisco, é formada basicamente por mulheres de todas as idades, por meninos e homens velhos.
- II. Próximo à nascente do rio, existem somente peixes detritívoros (alimentam-se de detritos). À medida que o rio se alarga, podem ser vistos peixes que se alimentam de algas, plantas, artrópodes e até de outros peixes.
- III. As cercárias, larvas da esquistossomose, alojam-se nos tecidos de alguns caramujos. Esses tecidos abrigam grande quantidade de cercárias, por possuírem fibras musculares menos justapostas.

Três importantes conceitos em Ecologia estão presentes nas afirmações apresentadas. Tais conceitos podem ser identificados em I, II e III, respectivamente, como:

- A migração, hábitat e comensalismo.
- B população, sucessão e nicho ecológico.
- C população, nicho ecológico e hábitat.
- D comunidade, predação e nicho ecológico.
- E comunidade, teia alimentar e parasitismo.

- 6 UFRN** Em um trecho de seu livro *Viagem do Beagle*, Charles Darwin relata:

Dormimos no vilarejo de Luján... da província de Mendoza... [Argentina]. À noite, sofri um verdadeiro ataque... de benchucas, uma espécie de Reduviídeo, o grande percevejo preto dos Pampas.

O inseto referido por Darwin corresponde ao que se chama, no Brasil, de barbeiro. O barbeiro se alimenta de sangue de vertebrados e pode ser encontrado em frestas de paredes de casas de taipa. Nesse caso, essas frestas constituem:

- A sua biosfera.
- B sua biocenose.
- C seu nicho ecológico.
- D seu hábitat.

7 Enem 2012 O menor tamanduá do mundo é solitário e tem hábitos noturnos, passa o dia repousando, geralmente em um emaranhado de cipós, com o corpo curvado de tal maneira que forma uma bola. Quando em atividade, se locomove vagarosamente e emite som semelhante a um assobio. A cada gestação, gera um único filhote. A cria é deixada em uma árvore à noite e é amamentada pela mãe até que tenha idade para procurar alimento. As fêmeas adultas têm territórios grandes e o território de um macho inclui o de várias fêmeas, o que significa que ele tem sempre diversas pretendentes à disposição para namorar!

Ciência Hoje das Crianças, ano 19, n. 174, nov. 2006 (adaptado).

Essa descrição sobre o tamanduá diz respeito ao seu

- A hábitat.
- B biótopo.
- C nível trófico.
- D nicho ecológico.
- E potencial biótico.

8 IFPE 2016 Observe o poema abaixo.

O capim nasce da terra / Tão viçoso tão verdinho /
Tem no solo minerais / Que alimentam ele todinho
Depois vira um alimento / Vem os bichos no momento
Comem o capim no caminho
Um alegre veadinho / Vem ali para pastar
Aparece é um leão / Com uma fome de matar
O leão vem e detona / É assim que funciona
A cadeia alimentar

SALES, Allan. Disponível em: <http://allancordelista.blogspot.com.br/2008/02/cadeia-alimentar-letra-de-msica-dapea.html>. Acesso em: 21 set. 2015.

No texto acima, **o capim, o veado e o leão**, respectivamente, são exemplos de

- A produtor, consumidor primário e consumidor secundário.
- B consumidor primário, consumidor secundário e produtor.

- C produtor, consumidor secundário e decompositor.
- D produtor, consumidor primário e consumidor terciário.
- E decompositor, produtor e consumidor primário.

9 UFMT Durante uma excursão ao Pantanal, um grupo de turistas observou uma anta que se alimentava de gramíneas em um campo, mais à frente avistaram um veado recém-morto que, segundo o guia, provavelmente teria sido abatido por uma onça. Seguindo viagem encontraram a carcaça de um quati em adiantado estado de decomposição. Chegando à fazenda-pousada, onde se instalaram, foi servido um churrasco feito com a carne de um boi abatido na própria fazenda e uma salada de alface.

Sobre o texto, julgue os itens.

- As gramíneas são produtoras, a anta e o veado são consumidores de 1ª ordem.
- As onças e os turistas são consumidores de 2ª ordem.
- Os organismos responsáveis pela decomposição do quati são principalmente fungos e bactérias.
- A anta é um herbívoro e a onça é um predador.

10 UEL Considere o texto:

A cutia é um roedor de hábitos noturnos muito comum nas matas brasileiras onde vive em tocas. Ao cair da noite, ela sai de sua toca à procura de alimento, que consiste em frutos e raízes. Seus inimigos naturais são carnívoros de médio porte.

A descrição como um todo refere-se a:

- A hábitat.
- B nicho ecológico.
- C ecossistema.
- D comunidade.
- E população.

Texto complementar

Limite de tolerância, nicho ecológico e ecótono

O fato de uma espécie ocupar um nicho ecológico em seu hábitat tem dois significados:

1. a espécie tem uma função (ou papel) no ambiente a que pertence.
2. a espécie apresenta um conjunto de adaptações que lhe permite sobreviver e se reproduzir. Essas adaptações possibilitam:
 - obter alimento;
 - sobreviver às interações com outras espécies (predadores, parasitas, competidores);
 - deixar descendentes férteis e viáveis;
 - resistir a fatores físicos e químicos do meio.

Limite de tolerância é a capacidade que uma espécie tem de sobreviver aos fatores físicos e químicos do ambiente, dentro de uma faixa compreendida entre o valor mínimo e um valor máximo de cada fator. Os fatores relacionados à tolerância são temperatura, abundância de água, pH, salinidade etc.

Algumas espécies de peixes só conseguem sobreviver em água com alta salinidade – seu limite de tolerância à salinidade é estreito. Outras espécies sobrevivem no mar e na água doce, podendo migrar de um meio para outro – seu limite de tolerância à salinidade é amplo.

A truta tem desenvolvimento ótimo de seus ovos em temperaturas mais baixas (4 °C), enquanto o ótimo para os ovos de rã é em torno de 22 °C. Veja a figura a seguir.

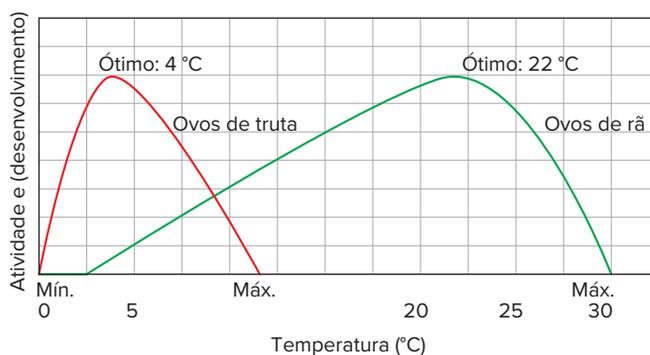


Fig. 6 Desenvolvimento de ovos de truta e rã em diferentes temperaturas.

Acima ou abaixo do ótimo, o desenvolvimento é menor; em valores próximos ao limite máximo e ao limite mínimo ocorre menor taxa de sobrevivência, visto que essas são condições estressantes. Fora da faixa do limite de tolerância ocorre a morte.

Uma espécie só pode ocupar um nicho ecológico se estiver adaptada a todos os fatores que compõem seu limite de tolerância. Uma implicação disso é a existência do ecótono. À medida que a distância do ecossistema próprio da espécie aumenta, os fatores físicos são obtidos em valores cada vez mais distantes do ótimo, inviabilizando a sobrevivência. Por outro lado, as condições vão se tornando mais favoráveis para outras espécies.

Resumindo

Recapitulando e aprofundando conceitos

Espécie: grupo que pode apresentar cruzamento e formação de descendentes férteis.

População: organismos da mesma espécie que vivem no mesmo ambiente.

Comunidade: conjunto de populações de um mesmo ambiente. Sinônimos: fatores bióticos, biocenose ou cenobiose.

Fatores abióticos: componentes não vivos do ambiente. Biótopo é o conjunto de fatores abióticos.

Ecossistema: ambiente com sua comunidade e fatores abióticos em interação. No ecossistema há interações interespecíficas (entre seres de espécies diferentes) e interações intraespecíficas (entre organismos da mesma espécie).

Biosfera: é o conjunto de todos os ecossistemas do planeta.

As divisões da biosfera

Biomassas: ecossistemas com vegetação e clima semelhantes.

Biociclos: são o terrestre, o marinho e o de água doce.

Biócoros: o biociclo terrestre tem três biócoros (floresta, campo e deserto).

O interior de um ecossistema e seus limites

Ecótono: transição entre ecossistemas.

Habitat: local onde a espécie vive, no qual encontra condições de sobrevivência e reprodução.

Nicho ecológico: modo de vida da espécie; corresponde ao papel desempenhado pela espécie em seu ambiente. Duas espécies que vivem no mesmo habitat e ocupam o mesmo nicho ecológico têm elevado nível de competição; geralmente uma delas é eliminada.

Os seres vivos e as relações alimentares

Autótrofos: são capazes de produzir matéria orgânica a partir de matéria inorgânica. Há autótrofos que realizam fotossíntese (plantas, algas e algumas bactérias) e outros que realizam quimiossíntese (algumas bactérias e arqueas).

Heterótrofos: não são capazes de produzir matéria orgânica a partir de matéria inorgânica. Entre eles há predadores e parasitas. Há heterótrofos carnívoros, herbívoros e onívoros. Muitos heterótrofos consomem matéria orgânica morta, como detritívoros, necrófagos e decompositores (bactérias e fungos). Decompositores convertem matéria orgânica em inorgânica e são fundamentais para a reciclagem de matéria na natureza.

Níveis tróficos e cadeia alimentar: os níveis tróficos são produtores (autótrofos), consumidores e decompositores (bactérias e fungos). Nos ecossistemas há cadeias alimentares constituídas por sequências de organismos nas quais um serve de alimento para outro.

Produtor → consumidor primário → consumidor secundário → decompositores



Sites

- Escala de tempo geológico
<www.ucmp.berkeley.edu/help/timeform.html>.

- Charles Darwin
<<https://www.thoughtco.com/who-is-charles-darwin-1224477>>.

Exercícios complementares

- 1 **FGV** Indique a afirmativa correta.
Uma população compreende:
- A todos os organismos que vivem em uma área específica.
 - B organismos que estejam interagindo entre si em um lugar.
 - C tipos semelhantes de organismos em um lugar.
 - D todos os membros das mesmas espécies que habitam uma área específica.
 - E todos os animais que vivem em uma determinada região.

- 2 **Unifesp 2018** Em Galápagos, Charles Darwin fez várias observações sobre os tentilhões, aves que habitam diferentes ilhas desse arquipélago.

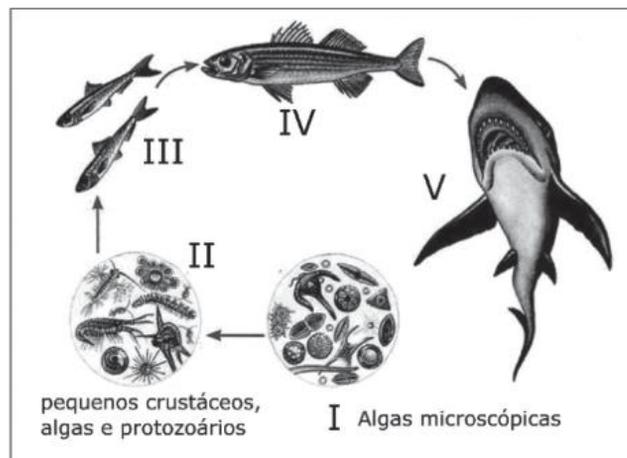
Em uma dessas ilhas, tais observações levaram às seguintes constatações:

1. Os tentilhões pertenciam a várias espécies distintas.
2. Algumas dessas espécies habitavam a vegetação esparsa, próxima ao solo e outras habitavam o alto das árvores da vegetação mais densa.
3. Os diferentes tipos de bicos encontrados nessas espécies estavam associados à obtenção de diferentes tipos de alimentos, segundo o ambiente em que viviam.

Usando exclusivamente as informações do texto, responda:

- a) A ilha é habitada por duas populações de tentilhões? Os tentilhões presentes nessa ilha ocupam dois diferentes habitats? Justifique suas respostas.
- b) Nas condições apresentadas pelo texto, ocorre competição interespecífica por espaço e alimento nessa ilha? Justifique sua resposta.

- 3 **UEPG 2018** A matéria e a energia de um ecossistema passam de um ser vivo para o outro por meio da nutrição e essa sequência de seres, em que um serve de alimento para o outro, é chamada de cadeia alimentar. Considerando-se o esquema representativo abaixo, assinale o que for correto.



Adaptado de: Linhares, S.; Gewandsznajder, F. *Biologia hoje*. 15ª ed. Volume 3. Editora Ática. São Paulo. 2010.

- 01 (I) decompositor; (II) produtor; (III) consumidor primário; (IV) consumidor secundário; (V) predador terciário.
- 02 Em (I), estão representados os organismos autotróficos, ou produtores do ecossistema, visto que são capazes de transformar compostos inorgânicos em compostos orgânicos que servirão de alimento aos seres heterotróficos.
- 04 (I) produtor; (II) consumidor primário; (III) consumidor secundário; (IV) consumidor terciário; (V) consumidor quaternário.
- 08 Nas cadeias alimentares dos ecossistemas aquáticos, a quantidade de matéria e energia disponível aumentam de um nível trófico para o outro, por isso, observamos um grande número de consumidores.

Soma:

- 4 **Fuvest** Fungos, minhocas e urubus têm hábitos alimentares que permitem reuni-los em um mesmo grupo.
- a) Que papel esses organismos desempenham nas cadeias alimentares de que participam?
 - b) Qual a importância de sua atividade para o ambiente?

5 Fuvest 2017 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 heterotrófica; a drósera é um decompositor.
- E é autotrófica e a larva da mosca é heterotrófica; a drósera é um produtor.

6 UFPR Ecossistema é um complexo sistema de relações mútuas, com transferência de energia e de matéria entre o meio abiótico e os seres vivos de uma determinada região. Com relação a essa definição, é correto afirmar que:

- 01 um ecossistema compreende apenas os seres vivos de uma determinada região, isto é, os elementos bióticos da região.
- 02 os elementos bióticos de um ecossistema podem ser classificados em produtores, consumidores e decompositores.
- 04 os elementos produtores são autótrofos, isto é, produzem a matéria orgânica necessária à sua manutenção a partir de substâncias inorgânicas.
- 08 os elementos consumidores são heterótrofos, isto é, não produzem matéria orgânica a partir de substâncias inorgânicas, obtendo-a dos organismos que já possuem.
- 16 os elementos decompositores são microrganismos que decompõem os restos de outros seres, restituindo compostos orgânicos ao meio ambiente.
- 32 os animais carnívoros ou herbívoros são decompositores porque, alimentando-se de outros seres, os destroem.

Soma:



Leões obtendo sua porção de energia que, em última análise, é procedente do Sol.

FRENTE 2

CAPÍTULO

4

Energia e matéria no ecossistema

Um dos fundamentos do funcionamento dos ecossistemas é que a energia tem fluxo unidirecional, ou seja, não é reciclada. A energia entra sob a forma de luz, é convertida em energia química e acaba sendo dissipada na forma de calor.

A matéria tem fluxo cíclico, ou seja, é constantemente reciclada no ambiente. Os **ciclos biogeoquímicos** constituem o caminho circular percorrido por átomos e moléculas na natureza.

O fluxo de energia

Teia alimentar

Um ecossistema apresenta inúmeras cadeias alimentares entrelaçadas, constituindo **teias** ou **redes alimentares**. Uma teia alimentar apresenta os níveis tróficos de produtores, consumidores e decompositores (Fig. 1). Os produtores sintetizam matéria orgânica a partir de matéria inorgânica e fornecem matéria orgânica para os demais componentes da teia alimentar. Os decompositores recebem matéria orgânica de todos os níveis tróficos, degradam-na e geram resíduos inorgânicos, contribuindo para a reciclagem de matéria na natureza. Os consumidores utilizam matéria orgânica procedente de produtores (comportando-se como consumidores primários) ou de outros consumidores (atuando como consumidores secundários, terciários entre outros). Em uma teia alimentar, um organismo que é consumidor secundário em uma cadeia alimentar pode ser consumidor primário em outra, ou seja, ele pode mudar seu nível trófico dependendo da cadeia analisada.

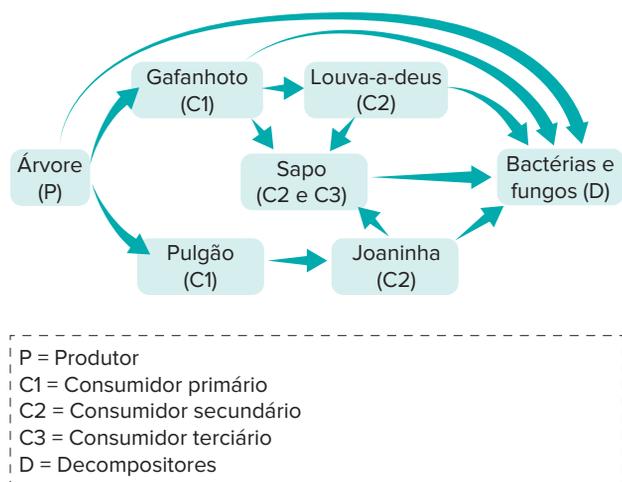


Fig. 1 Exemplo de teia alimentar. As setas indicam transferência de matéria de um nível trófico para outro.

As setas utilizadas na representação de uma teia alimentar indicam transferência de matéria de um nível trófico para outro. Os decompositores fornecem matéria inorgânica para os produtores (Fig. 2).

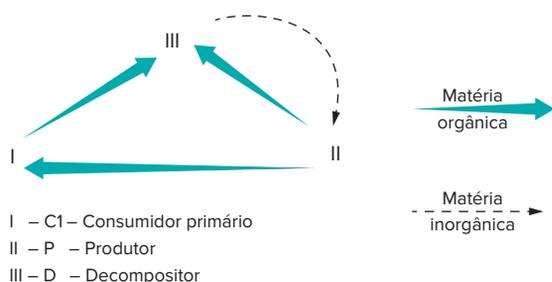


Fig. 2 Representação dos principais níveis tróficos em uma teia alimentar. Os produtores (II) fornecem matéria orgânica, e os decompositores (III) recebem matéria orgânica dos demais níveis tróficos e liberam matéria inorgânica para o ambiente.

Fungos e bactérias não são sempre decompositores. Por exemplo, saúvas são formigas que levam folhas cortadas para o interior do formigueiro e as utilizam para o desenvolvimento de bolores (fungos), os quais são usados como alimento. As plantas de onde as folhas são retiradas correspondem aos produtores; os bolores são consumidores primários, e as saúvas são consumidores secundários (Fig. 3).

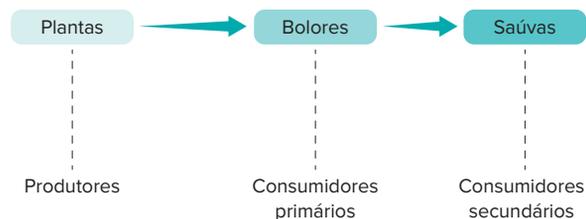


Fig. 3 Cena de uma cadeia alimentar em andamento. Saúvas são formigas que levam folhas cortadas para o interior do formigueiro. Sobre os pedaços de folhas, desenvolvem-se bolores (fungos), que são comidos pelas saúvas.

Pirâmides ecológicas

Pirâmides ecológicas são diagramas que mostram as quantidades de componentes dos diferentes níveis tróficos de uma cadeia alimentar. São construídas com retângulos sobrepostos. O retângulo colocado em posição inferior representa os produtores; acima dele, fica o retângulo referente aos consumidores primários, seguido do retângulo indicativo dos consumidores secundários e assim por diante. Os decompositores podem ser indicados com um retângulo que fica ao lado da pirâmide ou com retângulo com base menor ligada ao retângulo referente aos produtores (Fig. 4).

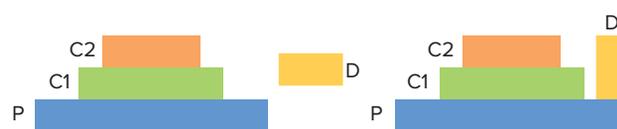


Fig. 4 Representações genéricas de pirâmides ecológicas, com a indicação dos níveis tróficos.

Há três tipos de pirâmides ecológicas: de números, ou frequência, de biomassa e de energia.

Pirâmide de números, ou frequência

É uma pirâmide que se baseia no **número de indivíduos** de cada nível trófico da cadeia alimentar. Consideremos a seguinte cadeia alimentar:

Capim (P) → gafanhoto (C1) → sapo (C2) → bactérias e fungos (D).

O número de plantas de capim é maior que o número de gafanhotos, já que, ao longo de sua vida, um gafanhoto come mais do que uma planta de capim. Utilizando um raciocínio análogo, percebemos que o número de gafanhotos é maior que o número de sapos. Assim, a pirâmide de números representativa dessa cadeia tem base mais larga do que o ápice. A quantidade de bactérias e de fungos é muito maior do que a dos demais níveis tróficos, assim, normalmente, só é indicada a presença dos decompositores, sem indicação de sua quantidade (Fig. 5).

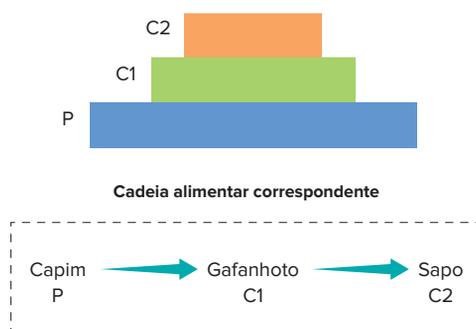


Fig. 5 Nesse exemplo, o número de produtores é maior que o número de consumidores primários, cujo número é maior que o de consumidores secundários.

Considerando outra cadeia alimentar:

Árvore (P) → pulgões (C1) → protozoários parasitas (C2) → bactérias e fungos (D).

Nessa cadeia, o número de árvores é menor do que o número de pulgões, pois uma árvore pode prover alimento a vários pulgões. Já os pulgões estão em menor número do que protozoários parasitas. A pirâmide de números referente a essa cadeia tem base mais estreita que o ápice; diz-se que é uma pirâmide invertida (Fig. 6).

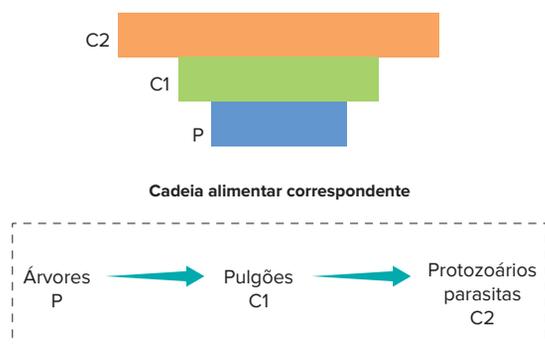


Fig. 6 Nesse exemplo, o número de árvores é menor que o número de pulgões, os quais estão em menor número que o de protozoários parasitas.

Pirâmide de biomassa

Biomassa é a totalidade da massa dos integrantes de um nível trófico ou de toda a comunidade de um ecossistema. Normalmente, considera-se o **peso seco** do nível trófico, isto é, sem computar a quantidade de líquido presente nos organismos.

Em **ambientes terrestres**, a massa de todos os produtores é maior do que a massa de todos os consumidores primários. A massa dos consumidores primários é maior que a dos consumidores secundários e assim sucessivamente. Dessa forma, a pirâmide de biomassa representativa de uma cadeia alimentar terrestre tem base mais larga do que o ápice (Fig. 7).



Fig. 7 Pirâmide de biomassa característica de uma cadeia alimentar de ambiente terrestre. A massa de todos os produtores é maior que a massa dos consumidores primários.

Em **ambientes aquáticos**, como no mar aberto, a base da cadeia alimentar é constituída por **fitoplâncton** (algas e cianobactérias). O fitoplâncton serve de alimento para o **zooplâncton**, formado por crustáceos, protozoários e diversos tipos de larvas. O zooplâncton é comido por peixes, baleias e outros organismos.

Vamos considerar apenas a massa imediata de fitoplâncton (P) e de zooplâncton (C1) coletados do mar. Verifica-se que a massa do fitoplâncton é bem menor do que a massa do zooplâncton; a pirâmide representativa dessa cadeia é, portanto, invertida. Isso ocorre porque o fitoplâncton é constituído por organismos unicelulares, que se reproduzem por bipartição, um processo bastante rápido. O zooplâncton, por sua vez, apresenta reprodução mais lenta. Assim, uma massa menor de fitoplâncton pode alimentar uma massa bem maior de zooplâncton (Fig. 8).

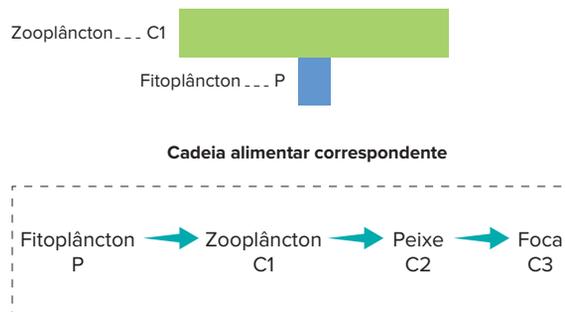


Fig. 8 Base da pirâmide: o fitoplâncton é constituído por algas e cianobactérias. O zooplâncton é formado por crustáceos, protozoários e diversos tipos de larvas. A diferença entre suas biomassas é possível, pois os componentes do fitoplâncton têm reprodução mais rápida do que os do zooplâncton.

Pirâmide de energia

Essa pirâmide representa a **energia química** (originada de matéria orgânica) de cada nível trófico. Não há pirâmide de energia invertida, como será visto adiante. A principal fonte de energia para os ecossistemas é a **luz**. A energia luminosa é convertida em energia química pela **fotossíntese**. A matéria orgânica é empregada pelos seres vivos para obtenção de energia (pela respiração celular ou fermentação) e para a construção das estruturas do organismo. Assim, de toda a matéria orgânica gerada na fotossíntese pelos produtores, uma grande parcela é consumida na respiração, que também libera calor, dissipado no ambiente.

Produtividade primária bruta (PPB) é o total de matéria orgânica gerada pelos produtores por meio da fotossíntese. **Produtividade primária líquida** (PPL) é o saldo de matéria orgânica resultante entre a produção (PPB) e o consumo pela **respiração** (R) dos produtores.

$$PPL = PPB - R$$

PPL é, portanto, a matéria orgânica disponível para os consumidores primários (Fig. 9).

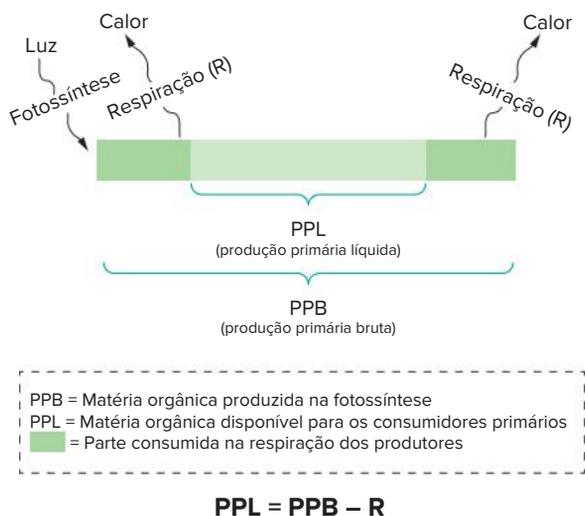


Fig. 9 Representação esquemática da energia no nível trófico dos produtores, envolvendo as modalidades: energia luminosa, energia química (matéria orgânica) e energia térmica (calor).

Os consumidores primários ingerem matéria orgânica proveniente dos produtores. Uma parte da matéria orgânica é perdida na forma de resíduos (fezes, por exemplo). Isso significa que nem toda a matéria orgânica disponível é efetivamente aproveitada pelo nível trófico seguinte. Uma parcela do alimento é digerida, e os nutrientes são enviados aos tecidos pelo sangue. Nos tecidos, os nutrientes são empregados na construção das estruturas celulares e na obtenção de energia, por meio da respiração celular. Isso se dá também com outros consumidores (secundários, terciários etc.), ou seja, uma parte da energia ingerida do nível trófico anterior é “gasta” em processos celulares. Com as perdas (por meio de restos e da respiração celular), a quantidade de energia diminui ao longo da cadeia alimentar; por isso, a pirâmide de energia nunca é invertida (Fig. 10).

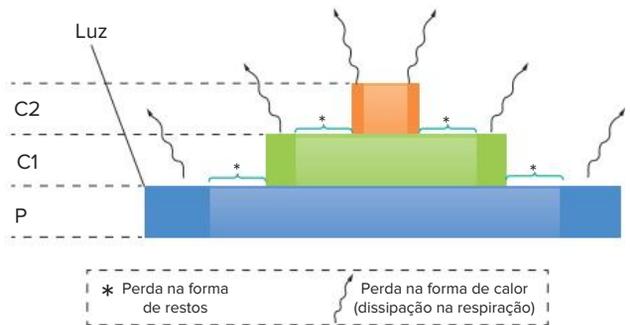


Fig. 10 Representação de pirâmide de energia e as perdas energéticas ao longo da cadeia alimentar.

O fluxo da matéria – Ciclos biogeoquímicos

Discutiremos a seguir três importantes ciclos de matéria na natureza: água, carbono e nitrogênio. O ser humano interfere bastante nesses ciclos, principalmente por meio da poluição, que será estudada de maneira detalhada mais adiante.

Ciclo da água, ou ciclo hidrológico

Nosso planeta apresenta água sob três formas: líquida, sólida (neve e gelo) e em forma de vapor. A água líquida está em rios, lagos, chuvas, solo e oceanos. Cerca de 70% da superfície da Terra é recoberta por água, principalmente pelos oceanos.

Em termos de volume, a distribuição é a seguinte:

- oceanos: correspondem a cerca de 97,5% do volume de água disponível;
- neve e gelo: encontrados nas calotas polares e no pico de grandes montanhas. Correspondem aproximadamente a 2% do volume de água disponível;
- restante: pouco mais de 0,5% do restante da água está presente no solo, nos lagos e nos rios.
- o vapor corresponde a 0,001% do total.

Cerca de 70% da água doce do planeta encontra-se na forma de neve e de gelo. Uma parcela da neve e do gelo presentes em montanhas é responsável pela formação de rios. O aquecimento global altera alguns aspectos da distribuição da água no planeta (Fig. 11).

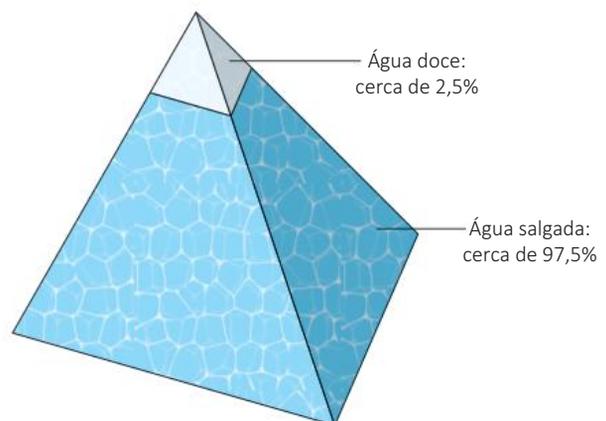


Fig. 11 Representação da distribuição de água no planeta.

Uma parte da água presente nos oceanos e na terra sofre **evaporação**. O vapor sofre **condensação** e ocorre precipitação sobre os oceanos e sobre a terra (continentes e ilhas). A precipitação se dá na forma de chuva, neve ou gelo (granizo). Em algumas regiões, é muito importante o orvalho, que deixa água líquida na superfície do solo. A precipitação que ocorre sobre a terra tem os seguintes destinos: uma parte da água escoar sobre a superfície e fluir em direção a lagos, rios e oceanos; outra parte infiltra-se no solo e acumula-se nos lençóis freáticos. A água dos lençóis freáticos pode aflorar, contribuindo para a formação de lagos e rios. A água da terra flui em direção aos oceanos pelos rios, pela superfície do solo e pelo fluxo da água subterrânea (Fig. 12).

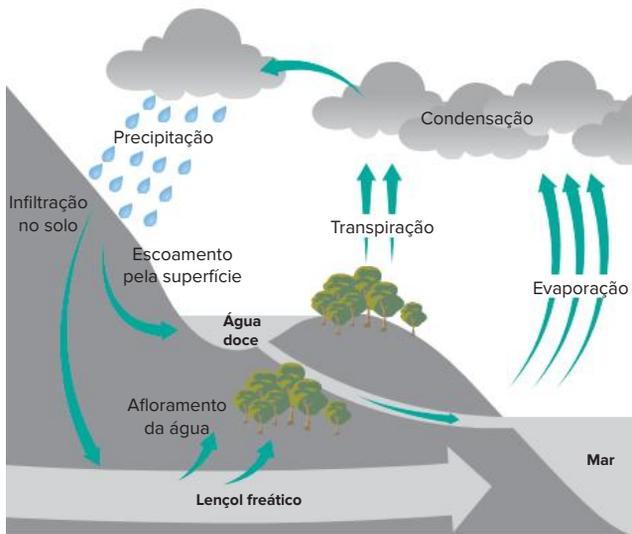


Fig. 12 Representação do ciclo da água na natureza.

Os seres vivos também participam do ciclo da água pela ingestão de água e pela sua devolução para o meio por processos como excreção e transpiração. Na frente 1 é discutido o papel da água no metabolismo, no qual ela atua como solvente, favorece a ocorrência de reações químicas e realiza transporte de vários materiais (como ocorre no sangue e na seiva).

As plantas retiram água pelas raízes. A água é transportada até as folhas pelos vasos condutores de seiva e é utilizada na fotossíntese e na transpiração. **Transpiração vegetal** é a perda de água na forma de vapor para o ar. **Eva-potranspiração** é a totalidade do vapor lançado na atmosfera pelos processos de evaporação e de transpiração. Animais obtêm água bebendo-a e consumindo alimentos, que sempre têm algum teor de água. Existem processos metabólicos que geram água, como a respiração celular. Animais perdem água pela respiração pulmonar, pelo suor, pelas fezes e pela urina. A água perdida por animais é convertida em vapor, contribuindo para a formação do vapor atmosférico (Fig. 13).

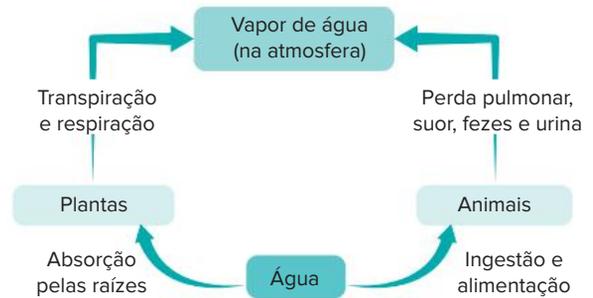


Fig. 13 Participação dos seres vivos no ciclo da água.

Ciclo do carbono

O ciclo do carbono passa necessariamente pelo **gás carbônico (CO₂)**, também chamado de dióxido de carbono, que está presente no ar e dissolvido na água. O CO₂ é utilizado por produtores nos processos de quimiossíntese ou fotossíntese, que geram matéria orgânica. Uma parte da matéria orgânica gerada pelos produtores é utilizada em sua respiração celular, que libera energia e desprende gás carbônico.

Produtores servem de alimento para consumidores. Produtores e consumidores mortos são degradados pelos decompositores. Consumidores liberam gás carbônico por meio da respiração celular. Os decompositores também realizam respiração para obtenção de energia e, com isso, eliminam CO₂ no meio. Pode-se empregar o termo **decomposição** para indicar a liberação de CO₂ efetuada pelos decompositores (Fig. 14).

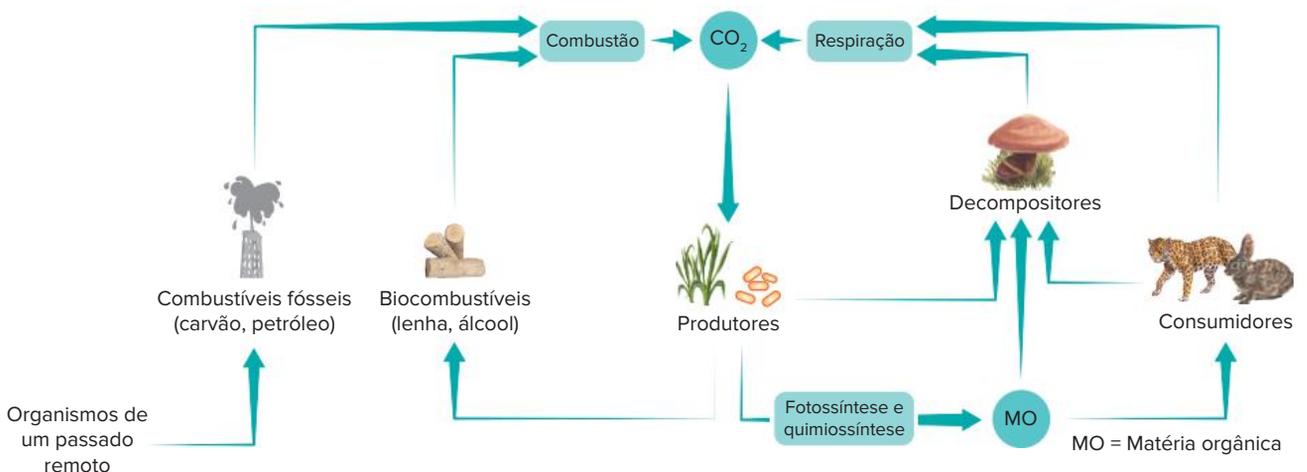


Fig. 14 Ciclo do carbono na natureza.

Outra parte importante do ciclo do carbono envolve a queima de combustíveis, processo que também libera CO_2 , utilizado pelos produtores na síntese de matéria orgânica. O aumento de CO_2 na atmosfera tem sido apontado como um dos principais fatores de intensificação do **efeito estufa** e, conseqüentemente, do aquecimento global.

O ciclo do carbono relaciona-se com dois tipos de combustível: os combustíveis fósseis e os biocombustíveis. **Combustíveis fósseis**, como o carvão mineral e o petróleo, originaram-se de organismos que viveram há milhões de anos e que não foram totalmente decompostos após a sua morte. Alguns desses organismos, enquanto vivos, realizaram fotossíntese, ou seja, retiraram CO_2 do ambiente e, com o auxílio de energia luminosa, produziram matéria orgânica que, após transformações, gerou algum tipo de combustível fóssil. Seres vivos, como plantas (principalmente do grupo das pteridófitas), geraram **carvão mineral**, enquanto organismos do plâncton, em mares rasos, deram origem ao **petróleo**. O processo detalhado da formação de carvão mineral e de petróleo é descrito em Química orgânica e em Geografia. Combustíveis fósseis são recursos **não renováveis**, pois seu consumo ocorre de modo mais rápido do que sua formação. Seu uso atual envolve apenas o desprendimento de CO_2 pela combustão. A retirada de CO_2 do ambiente ocorreu há milhões de anos pelos produtores que originaram esses combustíveis. Nos últimos cem anos, o emprego de combustíveis fósseis foi o principal fator de aumento dos níveis de CO_2 na atmosfera.

Os **biocombustíveis** (como a lenha e o álcool) são derivados de biomassa proveniente de organismos atuais. A **lenha** é derivada de plantas, e o **álcool** é produzido a partir da fermentação do açúcar (de cana, por exemplo). A energia dos biocombustíveis origina-se da fotossíntese, convertendo CO_2 , água e luz em energia química da matéria orgânica. Os combustíveis (combustíveis fósseis e biocombustíveis) são provenientes da matéria orgânica produzida pela fotossíntese, ou seja, em última análise, são produtos da conversão da luz solar em energia química. Biocombustíveis são recursos **renováveis**, ou seja, sua reposição pela natureza ocorre em pouco tempo. O ser humano interfere na geração de biocombustíveis efetuando o plantio dos vegetais que lhes dão origem. Seu uso

envolve desprendimento de CO_2 (pela sua combustão), mas também há a retirada desse gás durante o desenvolvimento das plantas empregadas em sua produção. Isso propicia alguma contribuição para o controle da concentração de gás carbônico na atmosfera.

As queimadas fazem parte do ciclo do carbono, pois há liberação de gás carbônico com a queima das florestas e plantações. Além de provocarem diversos transtornos ambientais (erosão do solo, risco à biodiversidade), são responsáveis pela maior parte da emissão de CO_2 no Brasil.

Ciclo do nitrogênio

Na natureza, o nitrogênio encontra-se na forma **inorgânica** (amônia, gás nitrogênio, nitrito e nitrato) e na forma **orgânica** (aminoácidos, bases nitrogenadas). O ciclo do nitrogênio é repleto de detalhes. A seguir serão descritos os aspectos mais gerais desse ciclo. Mais detalhes serão abordados no Texto Complementar.

Nutrição, síntese, excreção e decomposição

Plantas e outros produtores sintetizam substâncias orgânicas nitrogenadas (como aminoácidos e bases nitrogenadas) por meio de substâncias inorgânicas retiradas do ambiente, como a **amônia (NH_3)**, o **nitrito (NO_2^-)** e o **nitrato (NO_3^-)**. O nitrato é o mais abundante; a amônia normalmente encontra-se na forma de íon **amônio (NH_4^+)**. As plantas realizam, principalmente, a absorção de nitrato e de amônio do solo pelas suas raízes. Esses materiais são utilizados na produção de substâncias nitrogenadas: os aminoácidos, empregados na síntese de proteínas, e as bases nitrogenadas, utilizadas na síntese de ATP e de ácidos nucleicos (DNA e RNA).

Os animais obtêm substâncias orgânicas nitrogenadas pela nutrição, de origem animal ou vegetal. O organismo dos animais apresenta nitrogênio sob a forma de substâncias inorgânicas (como a amônia) e orgânicas, como aminoácidos, proteínas, DNA, RNA e ATP. A amônia é produzida como resíduo do metabolismo celular e é uma excreta nitrogenada. Há animais que eliminam outros resíduos nitrogenados, como **ureia** ou **ácido úrico**. No ambiente, a ureia e o ácido úrico são convertidos em amônia pela atuação de bactérias decompositoras (Fig. 15).

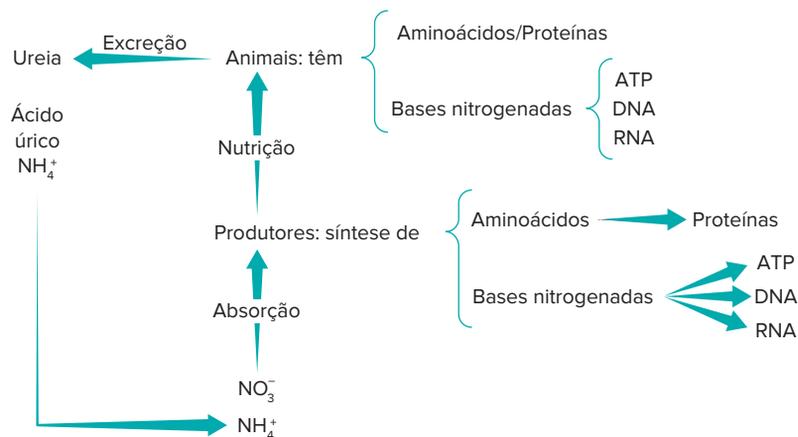


Fig. 15 Plantas retiram materiais inorgânicos nitrogenados do solo e produzem substâncias orgânicas nitrogenadas, as quais são empregadas na alimentação de animais. A excreção animal libera substâncias nitrogenadas que podem ser utilizadas pelas plantas.

Amonificação e nitrificação

Quando animais (consumidores) e produtores morrem, eles são atacados por decompositores, que degradam a matéria orgânica e a convertem em matéria inorgânica, como CO_2 e NH_3 . A produção de amônia por meio da decomposição é o processo denominado **amonificação**. Essa amônia fica disponível no solo e pode ser empregada pelos produtores na síntese de compostos nitrogenados. No entanto, a maior parte da amônia é utilizada por bactérias quimiossintetizantes, conhecidas genericamente por **bactérias nitrificantes**. Essas bactérias convertem amônia em nitrato (o processo é denominado **nitrificação**); com isso, liberam energia, utilizada na produção de matéria orgânica na quimiossíntese (Fig. 16).

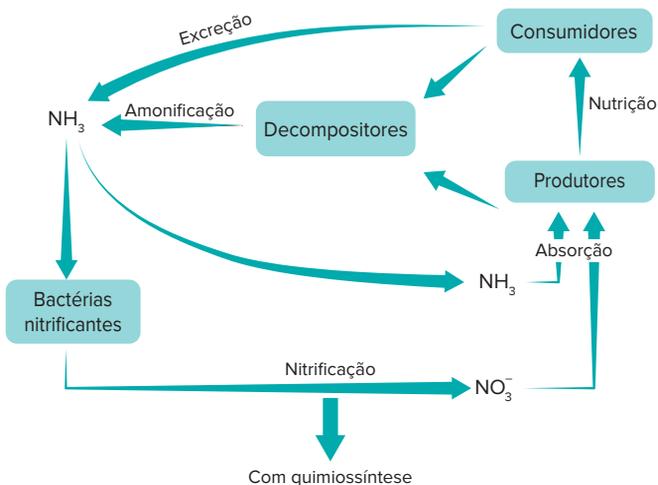


Fig. 16 A amônia gerada na excreção e na amonificação é utilizada na nitrificação, processo que produz nitrato.

Fixação de nitrogênio e desnitrificação

O gás nitrogênio (N_2) é o mais abundante da atmosfera. Bactérias desnitrificantes convertem o nitrato em gás nitrogênio, no processo conhecido como **desnitrificação**. Essas bactérias são encontradas em locais pobres em gás oxigênio, como pântanos e grandes profundezas do oceano.

O gás nitrogênio não é utilizado por plantas nem por animais em seu metabolismo. Algumas bactérias realizam a fixação biológica de nitrogênio, que é convertido em amônia. As bactérias que realizam esse processo são genericamente denominadas **bactérias fixadoras de nitrogênio** (Fig. 17).

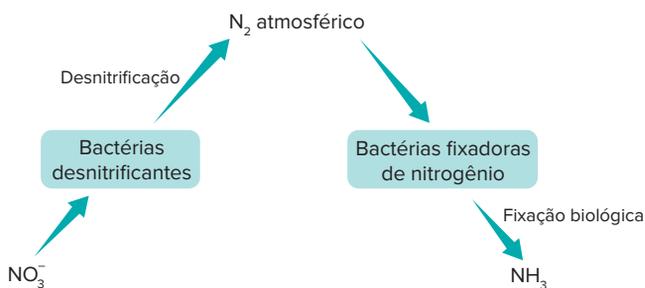


Fig. 17 O nitrogênio atmosférico gerado na desnitrificação é convertido em amônia pela fixação biológica.

As bactérias fixadoras de nitrogênio incluem algumas cianobactérias e outras bactérias, como os **rizóbios**. Elas convertem N_2 em amônia, que é utilizada na síntese de compostos nitrogenados, como aminoácidos. Muitas cianobactérias fixadoras vivem em meio aquático ou em solos úmidos, como em certas regiões da Ásia, contribuindo para a elevada produção dos arrozais em vários países (Fig. 18).

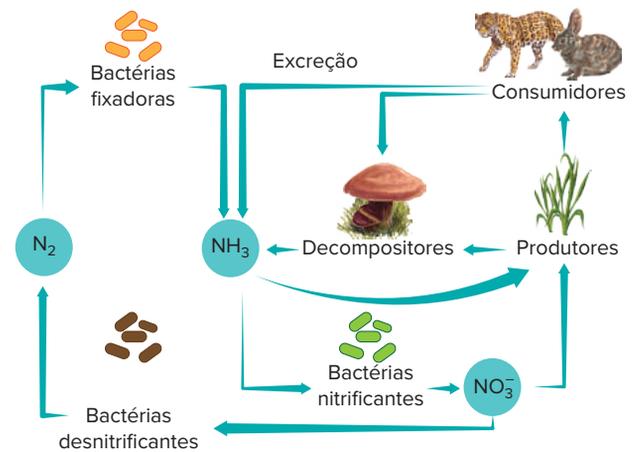


Fig. 18 Aspectos principais do ciclo do nitrogênio na natureza.



Fig. 19 Foto da raiz de uma leguminosa com nódulos repletos de rizóbios. As leguminosas são empregadas em técnicas agrícolas que enriquecem o solo com compostos nitrogenados, como a adubação verde e a rotação de culturas.

Os rizóbios (principalmente do gênero *Rhizobium*) vivem associados a raízes de **leguminosas** (feijão, soja, ervilha, lentilha, pau-brasil). Essas bactérias invadem a raiz de uma leguminosa e se multiplicam no interior de células, provocando a formação de um nódulo (uma dilatação) com grande quantidade delas (Fig. 19). A relação entre a leguminosa e os rizóbios é do tipo **mutualismo**, uma relação obrigatória em que as duas espécies são beneficiadas, pois a bactéria obtém abrigo e alimento orgânico, enquanto a planta recebe um suprimento de compostos nitrogenados necessários ao seu metabolismo. O solo onde a leguminosa se desenvolve também se torna rico em substâncias nitrogenadas, beneficiando outras plantas nas proximidades. Assim, o plantio de leguminosas é benéfico para o solo, pois abrigam em suas raízes bactérias fixadoras de nitrogênio, que enriquecem o solo com compostos nitrogenados.

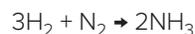
Jeremy Kemp/Wikipedia

Determinado terreno pode ter o plantio de leguminosas com outra cultura (um cereal, por exemplo). Quando uma leguminosa e a outra variedade de planta forem cultivadas juntas, tem-se um processo de adubação denominado **adubação verde**. Caso a leguminosa e a outra variedade de planta sejam cultivadas em períodos diferentes, o processo é denominado **rotação de cultura**.

Outras modalidades de fixação de nitrogênio

Existem duas outras modalidades de fixação do nitrogênio: a fixação atmosférica e a fixação industrial. Na **fixação atmosférica**, ocorre a reação entre gás oxigênio e gás nitrogênio, com a presença de grande quantidade de energia, liberada quando há raios ou faíscas elétricas; dessa maneira, forma-se o nitrato, que pode ser levado à superfície da terra pela chuva.

A **fixação industrial** tem como principal caminho a síntese de Haber-Bosch, processo que utiliza gás hidrogênio e gás nitrogênio submetidos à alta temperatura (450 °C) e elevada pressão (200 atm) para a formação de amônia.



A amônia pode ser empregada na produção de fertilizantes, produtos de limpeza (amoníaco), ácido nítrico e outros (Fig. 20).

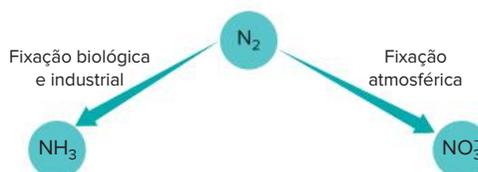


Fig. 20 Modalidades de fixação de nitrogênio.

Revisando

1 Quais são os três principais níveis tróficos de uma teia alimentar?

2 Cite os três tipos de pirâmides ecológicas. Qual delas nunca é invertida?

3 O que é peso seco?

4 Que tipo de ambiente pode ter pirâmide de biomassa invertida? Quais são os componentes do nível trófico dos produtores e do nível de consumidores primários nesse ambiente?

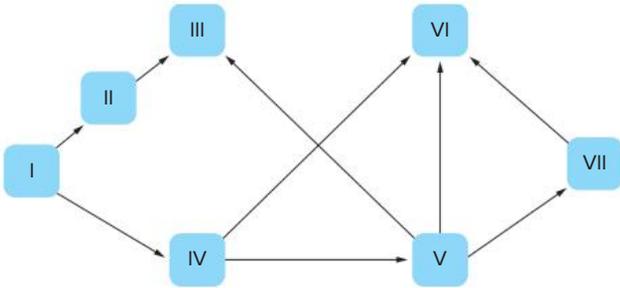
5 Ao longo da cadeia alimentar ocorrem perdas de energia. Cite os dois principais modos de perdas energéticas na cadeia alimentar.

6 O ciclo da água envolve a participação do vapor de água. Na natureza, quais são os processos principais de formação de vapor e de sua conversão em água líquida?

7 Onde se encontra a maior parte da água do planeta?

Exercícios propostos

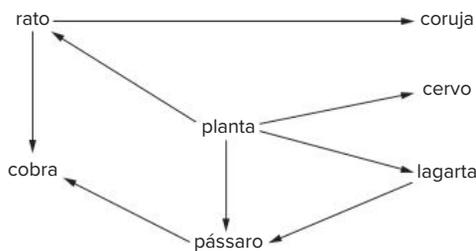
- 1 CPS/Etec-SP 2019** As relações alimentares entre os diversos organismos de um ecossistema são denominadas teias alimentares. Essas teias são formadas por diversas cadeias alimentares interligadas entre si, por meio de linhas, que unem os diversos componentes da comunidade, evidenciando suas relações quanto ao aspecto alimentar.



Considerando a teia alimentar representada na figura, pode-se afirmar corretamente que os organismos

- A II, III e IV são exclusivamente consumidores de primeira ordem.
 B V e VII são consumidores de primeira e segunda ordem.
 C IV e VII são exclusivamente decompositores.
 D III são consumidores de segunda e terceira ordem.
 E I são exclusivamente seres vivos parasitas.

- 2 UFRGS 2018** Observe o diagrama abaixo que representa uma teia alimentar.



Assinale com **V** (verdadeiro) ou **F** (falso) as afirmações abaixo, referentes à teia alimentar.

- O pássaro pode ocupar tanto o segundo como o terceiro nível trófico.
 O rato e a lagarta são consumidores primários e estão no segundo nível trófico.
 Três níveis tróficos ocorrem na teia.
 A coruja é consumidora secundária e está no segundo nível trófico.

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

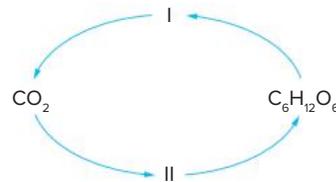
- A V – V – F – F.
 B F – F – V – F.
 C V – F – F – V.
 D V – V – F – V.
 E F – V – V – V.

- 3 UEPG** Sobre ecossistemas, assinale o que for correto.

- 01 Os organismos heterótrofos de um ecossistema são aqueles que não dependem do alimento fabricado pelos produtores.
 02 Os ecossistemas apresentam dois componentes estruturais básicos, intimamente relacionados: os componentes abióticos, que são os seres vivos, e os componentes bióticos, que podem ser físicos, químicos ou geológicos.
 04 A estrutura de qualquer ecossistema sempre é composta de três categorias básicas de organismos: os produtores, os consumidores e os decompositores; cada um dos quais ocupa um nível trófico diferente.
 08 Os decompositores, como os fungos, não são considerados consumidores porque se alimentam dos restos dos demais componentes do ecossistema.
 16 Os produtores ocupam o primeiro nível trófico em qualquer ecossistema. Correspondem aos organismos autótrofos, principalmente os que realizam fotossíntese.

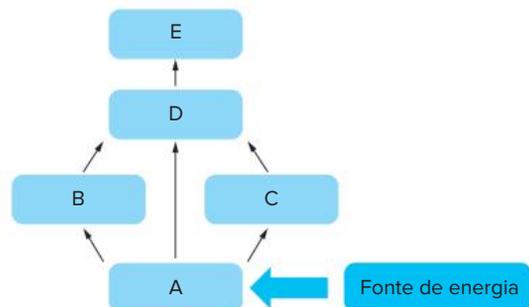
Soma:

- 4 UFSM** Observe o esquema a seguir, que é uma simplificação do ciclo do carbono.



Nesse ciclo, se I representar os:

- A consumidores, II representará os decompositores.
 B consumidores, II representará os produtores.
 C produtores, II representará os consumidores.
 D produtores, II representará os decompositores.
 E decompositores, II representará os consumidores.
- 5 UFPR** Uma teia alimentar representa a complexidade das trocas energéticas de um ecossistema. Considere a teia hipotética a seguir.



Com base nesse esquema, considere as seguintes afirmativas.

- I. A espécie A é um produtor e base de sustentação do fluxo energético no ecossistema; proporcionalmente, deve representar a espécie de maior biomassa.
- II. Nessa teia, somente B poderia ser considerado potencialmente competidor de C.
- III. Alterações drásticas (aumento ou diminuição) na população C devem resultar em impacto sobre A e D, mas não nas demais.
- IV. O tipo de fonte de energia é importante na manutenção ou extinção de uma comunidade.

Assinale a alternativa correta.

- A Somente as afirmativas I, III e IV são verdadeiras.
- B Somente as afirmativas II, III e IV são verdadeiras.
- C Somente as afirmativas I e IV são verdadeiras.
- D Somente as afirmativas I e II são verdadeiras.
- E Somente as afirmativas II e III são verdadeiras.

6 Fuvest A energia luminosa fornecida pelo Sol:

- A é fundamental para a manutenção das cadeias alimentares, mas não é responsável pela manutenção da pirâmide de massa.
- B é captada pelos seres vivos no processo da fotossíntese e transferida ao longo das cadeias alimentares.
- C tem transferência bidirecional nas cadeias alimentares por causa da ação dos decompositores.
- D transfere-se ao longo dos níveis tróficos das cadeias alimentares, mantendo-se invariável.
- E aumenta à medida que é transferida de um nível trófico para outro nas cadeias alimentares.

7 PUC-RS 2015 Um jogo hipotético para computador ensina temas da ecologia na manutenção do equilíbrio dos ecossistemas. No nível inicial, a poluição e a redução de sol e chuva afetaram a disponibilidade de vegetais e, conseqüentemente, desencadearam morte de herbívoros e de carnívoros. Na tentativa de contornar o dano ao ambiente, o jogador deve usar a ferramenta “Transferência de Energia em Teias Alimentares e Níveis Tróficos” e, com ela,

- A retirar espécies exóticas introduzidas no ambiente, evitando o excesso de competição.
- B introduzir a ação de ambientalistas especializados na conservação das espécies em risco.
- C iniciar a campanha de esclarecimento sobre sustentabilidade e desenvolvimento sustentável.
- D aumentar a biomassa de organismos heterótrofos, mudando a estrutura da pirâmide alimentar.
- E aproveitar a decomposição da matéria orgânica morta para favorecer as plantas com um solo fértil.

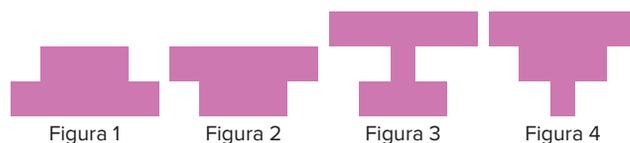
8 Fuvest 2016 Em relação ao fluxo de energia na biosfera, considere que

- I. A representa a energia captada pelos produtores;
- II. B representa a energia liberada (perdida) pelos seres vivos;
- III. C representa a energia retida (incorporada) pelos seres vivos.

A relação entre A, B e C na biosfera está representada em:

- A $A < B < C$.
- B $A < C < B$.
- C $A = B = C$.
- D $A = B + C$.
- E $A + C = B$

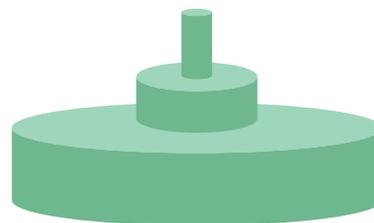
9 FGV-SP As figuras a seguir apresentam pirâmides ecológicas que expressam, graficamente, a estrutura dos níveis tróficos de uma cadeia alimentar em termos de energia, biomassa ou número de indivíduos. A base das pirâmides representa os produtores, no primeiro nível trófico.



Das quatro figuras apresentadas, pode-se dizer corretamente que:

- A as figuras 1 e 4 podem representar pirâmides de energia.
- B a figura 1 é a única que pode representar uma pirâmide de biomassa.
- C a figura 2 pode representar uma pirâmide de biomassa na cadeia alimentar fitoplâncton → zooplâncton.
- D a figura 3 é característica de uma pirâmide de números na situação em que o produtor é de grande porte, como na cadeia alimentar árvores → macacos → piolhos.
- E a figura 4 pode representar uma pirâmide de energia na cadeia alimentar capim → ratos → cobras.

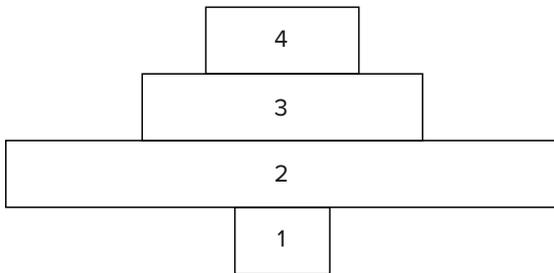
10 Fuvest



O esquema representa o fluxo de energia entre os níveis tróficos (pirâmide de energia) de um ecossistema. Essa representação indica, necessariamente, que:

- A o número de indivíduos produtores é maior do que o de indivíduos herbívoros.
- B o número de indivíduos carnívoros é maior do que o de indivíduos produtores.
- C a energia armazenada no total das moléculas orgânicas é maior no nível dos produtores e menor no nível dos carnívoros.
- D cada indivíduo carnívoro concentra mais energia do que cada herbívoro ou cada produtor.
- E o conjunto dos carnívoros consome mais energia do que o conjunto de herbívoros e produtores.

- 11 UFPR 2019** Pode-se representar o número de indivíduos de cada nível trófico por uma pirâmide de números. O diagrama a seguir representa uma pirâmide de números.



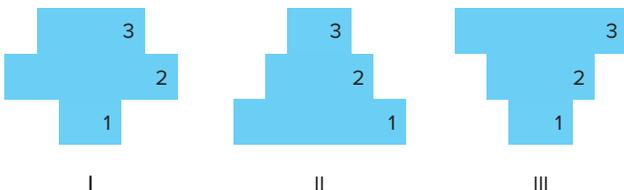
Assinale a alternativa que identifica corretamente os organismos indicados no diagrama.

- A 1 = árvore – 2 = pulgão – 3 = joaninha – 4 = pássaro.
 B 1 = capim – 2 = pulgão – 3 = joaninha – 4 = pássaro.
 C 1 = árvore – 2 = pássaro – 3 = joaninha – 4 = pulgão.
 D 1 = bezerro – 2 = capim – 3 = homem – 4 = parasita intestinal do homem.
 E 1 = capim – 2 = bezerro – 3 = homem – 4 = parasita intestinal do homem.

- 12 Unesp 2018** 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.)



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

- A I, II e 3.
 B II, II e 3.
 C I, II e 2.
 D II, III e 1.
 E III, III e 2.

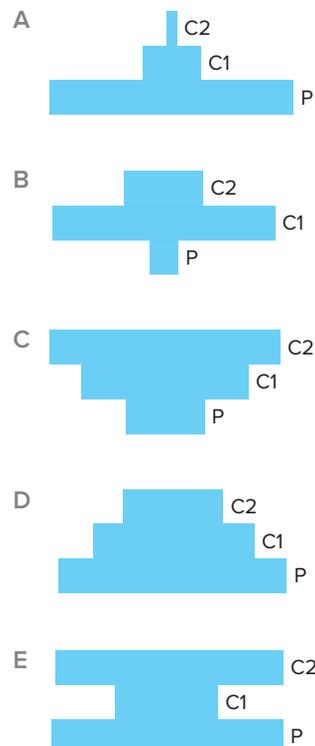
- 13 UEPG 2018** As relações entre os diferentes níveis tróficos de cada ecossistema são representadas por gráficos que lembram pirâmides. Assinale o que for correto sobre as pirâmides ecológicas.

- 01 A pirâmide de números indica o número de indivíduos em cada nível trófico. Por exemplo, na pirâmide com o ápice para cima (pirâmide direta) é necessário grande número de produtores para alimentar uns poucos herbívoros, os quais serão alimento para um número menor ainda de carnívoros.

- 02 A pirâmide de biomassa pode apresentar-se invertida, como ocorre eventualmente no caso dos oceanos. Os produtores são representados por algas microscópicas com ciclo de vida curto, e de rápido aproveitamento pelo zooplâncton, dando a falsa impressão de que uma biomassa pequena suporta uma biomassa maior de consumidores primários.
 04 A pirâmide de energia é construída levando-se em conta a biomassa acumulada por unidade de área ou volume, por unidade de tempo, em cada nível trófico. A pirâmide de energia é independente do tamanho dos organismos.
 08 Geralmente, a pirâmide de energia apresenta-se invertida, visto que em todo processo de transformação de energia há sempre liberação de energia na forma de calor, sendo esta aproveitada no nível trófico seguinte. Os organismos de biomassa grande apresentam maior energia disponível, em relação àqueles de biomassa pequena.
 16 A pirâmide de biomassa leva em consideração o número de indivíduos, o tamanho, a composição química dos diferentes tecidos, o fator tempo e a biomassa acumulada por unidade de área. Por isso, é considerada a melhor maneira de expressar graficamente a transferência de matéria e energia de um nível trófico para outro.

Soma:

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



- 15 UFSCar** O diagrama seguinte representa uma pirâmide de energia.



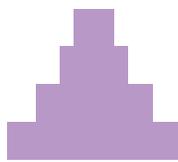
A largura de cada nível dessa pirâmide, quando analisada de baixo para cima, representa:

- A** a quantidade de energia disponível para o nível trófico seguinte.
B o número de produtores, consumidores primários e consumidores secundários, respectivamente.
C o tamanho dos produtores, consumidores primários e consumidores secundários, respectivamente.
D a quantidade de energia perdida, quando se passa de um nível trófico para o seguinte.
E a produtividade primária bruta, a produtividade primária líquida e a produtividade secundária líquida, respectivamente.

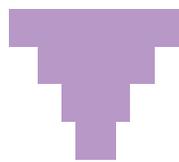
- 16 Unesp** Observe, inicialmente, as duas cadeias alimentares.

1. árvore → preguiças → pulgas → protozoários.
2. milho → roedores → cobras → gaviões.

Observe os modelos de pirâmides a seguir.



Pirâmide I



Pirâmide II

É correto afirmar, com relação às cadeias 1 e 2 e aos modelos de pirâmides I e II, que:

- A** a pirâmide I pode representar tanto o número de indivíduos como a quantidade de energia disponível, em cada nível trófico da cadeia 2.
B a pirâmide II pode representar tanto o número de indivíduos como a quantidade de energia disponível, em cada nível trófico da cadeia 1.
C a pirâmide II pode representar a quantidade de energia disponível em cada nível trófico da cadeia 2.
D a pirâmide I pode representar o número de indivíduos em cada nível trófico da cadeia 1.
E a pirâmide I pode representar o número de indivíduos da cadeia 2, e a pirâmide II, a quantidade de energia disponível em cada nível trófico da cadeia 1.
- 17 Enem** Os ingredientes que compõem uma gotícula de nuvem são o vapor de água e um núcleo de condensação de nuvens (NCN). Em torno desse núcleo, que consiste em uma minúscula partícula em suspensão no ar, o vapor

de água se condensa, formando uma gotícula microscópica, que, devido a uma série de processos físicos, cresce até precipitar-se como chuva.

Na floresta Amazônica, a principal fonte natural de NCN é a própria vegetação. As chuvas de nuvens baixas, na estação chuvosa, devolvem os NCNs, aerossóis, à superfície, praticamente no mesmo lugar em que foram gerados pela floresta. As nuvens altas são carregadas por ventos mais intensos, de altitude, e viajam centenas de quilômetros de seu local de origem, exportando as partículas contidas no interior das gotas de chuva. Na Amazônia, cuja taxa de precipitação é uma das mais altas do mundo, o ciclo de evaporação e precipitação natural é altamente eficiente.

Com a chegada, em larga escala, dos seres humanos à Amazônia, ao longo dos últimos 30 anos, parte dos ciclos naturais está sendo alterada. As emissões de poluentes atmosféricos pelas queimadas, na época da seca, modificam as características físicas e químicas da atmosfera amazônica, provocando o seu aquecimento, com modificação do perfil natural da variação da temperatura com a altura, o que torna mais difícil a formação de nuvens.

Paulo Artaxo et al. "O mecanismo da floresta para fazer chover". In: *Scientific American Brasil*, ano 1, n. 11, abr. 2003, p. 38-45. (Adapt.).

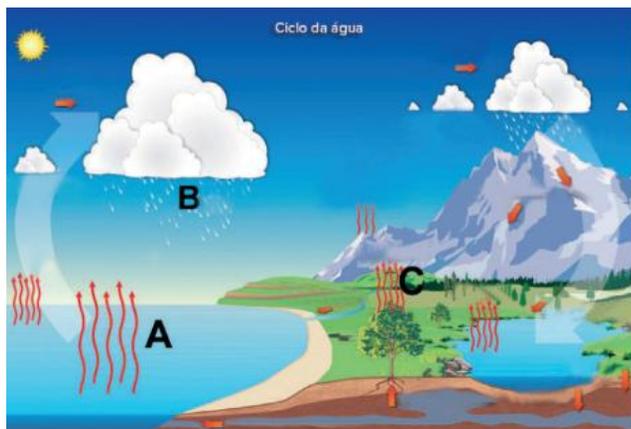
Na Amazônia, o ciclo hidrológico depende fundamentalmente:

- A** da produção de CO_2 oriundo da respiração das árvores.
B da evaporação, da transpiração e da liberação de aerossóis que atuam como NCNs.
C das queimadas, que produzem gotículas microscópicas de água, as quais crescem até se precipitarem como chuva.
D das nuvens de maior altitude, que trazem para a floresta NCNs produzidos a centenas de quilômetros de seu local de origem.
E da intervenção humana, mediante ações que modificam as características físicas e químicas da atmosfera da região.

- 18 Enem** A falta de água doce no planeta será, possivelmente, um dos mais graves problemas deste século. Prevê-se que, nos próximos vinte anos, a quantidade de água doce disponível para cada habitante será drasticamente reduzida. Por meio de seus diferentes usos e consumos, as atividades humanas interferem no ciclo da água, alterando:

- A** a quantidade total, mas não a qualidade da água disponível no planeta.
B a qualidade da água e sua quantidade disponível para o consumo das populações.
C a qualidade da água disponível, apenas no subsolo terrestre.
D apenas a disponibilidade de água superficial existente nos rios e lagos.
E o regime de chuvas, mas não a quantidade de água disponível no planeta.

19 Uema 2019 O ciclo da água é um ciclo biogeoquímico que garante que a água circule pelo meio físico e pelos seres vivos. Esse processo depende da luz solar, que garante a evaporação da água, dando início ao ciclo. O vapor de água sobe para camadas mais altas da atmosfera e condensa-se, formando nuvens, pequenas gotículas de água no estado líquido. Quando essas nuvens ficam carregadas, ocorre a precipitação (chuva), ou na forma líquida ou nas formas de granizo e de neve. A água da chuva, então, retorna para a Terra, podendo seguir diferentes caminhos, como voltar para lagos e rios ou infiltrar-se no solo, conforme a imagem a seguir.

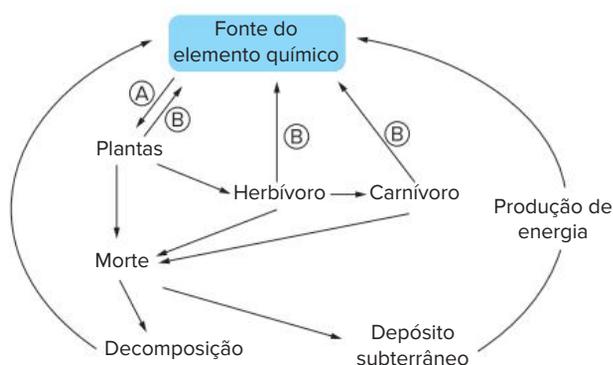


SANTOS, Vanessa dos. Ciclo da água, 2019. Disponível: <https://brasilecola.uol.com.br/biologia/ciclo-agua.htm> (Adaptado).

Os fenômenos expressos em A, B e C são, respectivamente, conhecidos como

- A fluxo superficial, evaporação e condensação.
- B infiltração, escoamento de neve derretida e transporte.
- C fluxo da água subterrânea, absorção das plantas e fluxo na superfície.
- D transpiração, sublimação e infiltração.
- E evaporação, precipitação e transpiração.

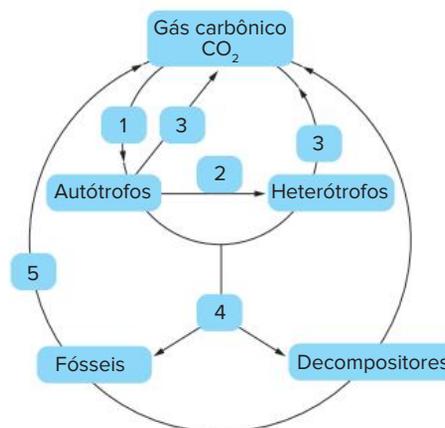
20 FGV-SP Os organismos mantêm constante troca de matéria com o ambiente. Os elementos químicos são retirados do ambiente pelos organismos, utilizados e novamente devolvidos ao meio, definindo os chamados ciclos biogeoquímicos. A figura representa um desses ciclos.



É correto dizer que a figura representa o ciclo:

- A do fósforo, e as setas A e B representam, respectivamente, o trifosfato de adenosina (ATP) e o difosfato de adenosina (ADP).
- B do oxigênio, e as setas A e B representam, respectivamente, a fotossíntese e a respiração.
- C da água, e as setas A e B representam, respectivamente, a precipitação e a evapotranspiração.
- D do nitrogênio, e as setas A e B representam, respectivamente, a biofixação e a desnitrificação.
- E do carbono, e as setas A e B representam, respectivamente, a fotossíntese e a respiração.

21 UFG O esquema a seguir representa o ciclo do carbono na biosfera.



Sobre as etapas desse ciclo biogeoquímico, é correto afirmar que em:

- A 1 há produção de gás carbônico e água.
- B 2 há produção de oxigênio e glicose.
- C 3 há consumo de glicose e oxigênio.
- D 4 há consumo de água e gás carbônico.
- E 5 há consumo de água e glicose.

22 Enem 2016 Ao percorrer o trajeto de uma cadeia alimentar, o carbono, elemento essencial e majoritário da matéria orgânica que compõe os indivíduos, ora se encontra em sua forma inorgânica, ora se encontra em sua forma orgânica. Em uma cadeia alimentar composta por fitoplâncton, zooplâncton, moluscos, crustáceos e peixes ocorre a transição desse elemento da forma inorgânica para a orgânica.

Em qual grupo de organismos ocorre essa transição?

- A Fitoplâncton.
- B Zooplâncton.
- C Moluscos.
- D Crustáceos.
- E Peixes.

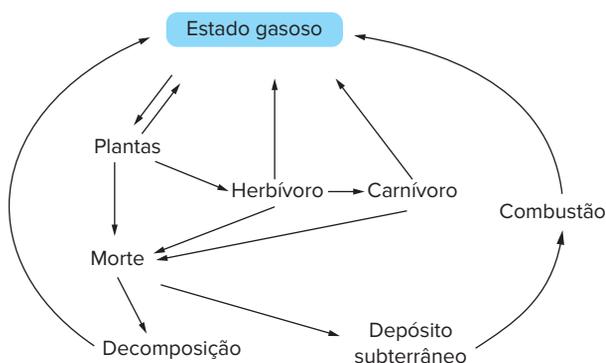
23 CPS A dinâmica do “ciclo do carbono” é muito variável, quer no espaço, quer no tempo. As emissões de carbono ocorrem devido às ações dos seres vivos ou devido a outros fenômenos, como uma erupção vulcânica que, por exemplo, provoca um aumento temporário de carbono na atmosfera.

O sequestro (absorção) do carbono da atmosfera (CO_2) é feito principalmente pelos seres clorofilados que, no processo de fotossíntese, sintetizam a molécula da glicose ($\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$).

Para manter armazenado, por longo prazo, o carbono que foi retirado da atmosfera, é aconselhável:

- A controlar as atividades vulcânicas.
- B transformar as florestas em zonas agrícolas.
- C instalar hortas em grande parte das residências.
- D impedir o desflorestamento e estimular o reflorestamento.
- E diminuir a biodiversidade, facilitando os cálculos sobre as atividades respiratórias.

- 24 Enem 2016** Os seres vivos mantêm constantes trocas de matéria com o ambiente mediante processos conhecidos como ciclos biogeoquímicos. O esquema representa um dos ciclos que ocorrem nos ecossistemas.



O esquema apresentado corresponde ao ciclo biogeoquímico do(a):

- A água.
- B fósforo.
- C enxofre.
- D carbono.
- E nitrogênio.

- 25 Uece** Apesar de o nitrogênio estar presente na atmosfera de forma bastante abundante, este elemento não pode ser diretamente absorvido pelos vegetais. Os organismos conseguem o nitrogênio essencial à vida pela absorção de nitratos presentes no solo e na água. Os nitratos encontram-se disponíveis para a utilização, pelos seres vivos, pela:

- A ação dos fungos decompositores.
- B decomposição de rochas a partir do intemperismo.
- C ação de bactérias do gênero *Rhizobium*.
- D presença de micorrizas nas raízes das plantas.

- 26 PUC-Campinas** O biodiesel resulta da reação química desencadeada por uma mistura de óleo vegetal (soja, milho, mamona, babaçu e outros) com álcool de cana. O ideal é empregar uma mistura do biodiesel com diesel de petróleo cuja proporção ideal ainda será definida. Quantidades exageradas de biodiesel fazem decair o desempenho do combustível.

Leguminosas, como a soja, são cultivadas com diversas finalidades. Uma delas deve-se à sua importância no ciclo do nitrogênio (N_2), uma vez que, em suas raízes, instalam-se bactérias que:

- A fixam o gás nitrogênio do ar.
- B transformam amônia em nitritos.
- C enriquecem o solo em amônia.
- D transformam nitritos em nitratos.
- E eliminam N_2 para o solo.

27 UFJF 2020

Em 2011, o zootecnista da Embrapa Luiz Carlos Guilherme desenvolveu em seu doutorado o “Sistema integrado alternativo para produção de alimentos: agricultura familiar”, conhecido como “Sisteminha”. Ele consiste em um sistema integrado de produção de alimentos que contribui com a segurança e soberania alimentar dos seus beneficiários, em geral pessoas em situação de vulnerabilidade. O elemento central da tecnologia desenvolvida é a criação de peixes em um tanque construído com materiais de baixo custo, onde funciona um sistema de recirculação e filtragem. Com um balde, um cano de PVC, uma mangueira de limpeza de piscina e uma garrafa pet constrói-se o biofiltro. Nessa estrutura bactérias agem na decomposição dos resíduos metabólicos produzidos pelos peixes, como é o caso da amônia. A amônia, altamente tóxica para os peixes, é transformada pelas bactérias presentes no filtro em nitrito ou nitrato. Assim, parte da água do tanque de peixes é utilizada como biofertilizante na irrigação da cultura de hortaliças. O resíduo gerado no cultivo dos peixes também pode ser reaproveitado para a formação de composto e produção de húmus de minhoca.

No texto acima são descritas duas etapas do ciclo do nitrogênio. Assinale a alternativa CORRETA:

- A Fixação e amonificação.
- B Nitrificação e desnitrificação.
- C Amonificação e nitrificação.
- D Fixação e nitrificação.
- E Amonificação e desnitrificação.

28 Enem 2017

Uma grande virada na moderna história da agricultura ocorreu depois da Segunda Guerra Mundial. Após a guerra, os governos haviam 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. 2016 (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

- 29 PUC-Rio** Johanna Dobereiner foi uma pesquisadora pioneira no Brasil, que correlacionou a maior produção de biomassa vegetal em leguminosas, com a presença de nódulos em suas raízes. Essas estruturas estão relacionadas a que processo a seguir descrito?
- A Desnitrificação.
 B Fixação de N_2 .
 C Fixação do CO_2 .
 D Respiração das raízes.
 E Amonificação.
- 30 UFJF** Um dos motivos para que se recomende a utilização de leguminosas na recuperação de áreas degradadas é a possibilidade de essas plantas se associarem a determinadas bactérias, permitindo que elas possam:
- A aumentar a solubilização do fósforo pela produção de fosfatases.
 B reduzir a perda de água e aumentar a fotorrespiração.
 C utilizar o nitrogênio atmosférico como fonte primária para a produção de aminoácidos.
 D aumentar a absorção do alumínio e do manganês.
 E reduzir a acidez do solo e aumentar o tamanho das raízes.

31 Enem PPL 2019

A cada safra, a quantidade de café beneficiado é igual à quantidade de resíduos gerados pelo seu beneficiamento. O resíduo pode ser utilizado como fertilizante, pois contém cerca de 6,5% de pectina (um polissacarídeo), aproximadamente 25% de açúcares fermentáveis (frutose, sacarose e galactose), bem como resíduos de alcaloides (compostos aminados) que não foram extraídos no processo.

LIMA, L. K. S. *et al.* Utilização de resíduo oriundo da torrefação do café na agricultura em substituição à adubação convencional. *ACSA – Agropecuária Científica no Semi-Árido*, v. 10, n. 1, jan.-mar., 2014 (adaptado).

Esse resíduo contribui para a fertilidade do solo, pois

- A possibilita a reciclagem de carbono e nitrogênio.
 B promove o deslocamento do alumínio, que é tóxico.
 C melhora a compactação do solo por causa da presença de pectina.
 D eleva o pH do solo em função da degradação dos componentes do resíduo.
 E apresenta efeitos inibidores de crescimento para a maioria das espécies vegetais pela cafeína.

Texto complementar

Detalhes do ciclo do nitrogênio

Foi apresentada uma noção geral dos papéis de inúmeros tipos de bactérias no ciclo do nitrogênio. Agora serão mostrados detalhes sobre algumas bactérias e sobre outros seres vivos que participam desse ciclo.

A nitrificação é um processo que converte amônia em nitrato. As bactérias que a realizam são quimiossintetizantes. Ela é dividida em duas etapas: nitrosação e nitratação. A **nitrosação** é realizada por bactérias do gênero *Nitrosomonas*, que convertem NH_3 em nitrito (NO_2^-), que é eliminado no ambiente, sendo utilizado pelas bactérias que realizam nitratação. A **nitratação** é feita por bactérias do gênero *Nitrobacter*, que transformam nitrito em nitrato, que é eliminado no ambiente e pode ser absorvido pelas plantas.



Fig. 21 Esquema do processo de nitrificação.

O que se passa na nitrificação ilustra o que ocorre no ciclo do nitrogênio como um todo: a bactéria recebe algum material nitrogenado do ambiente, utiliza esse material em seu metabolismo e gera um resíduo, que é empregado por outro ser vivo. Isso pode ser visto na tabela que se segue.

| Material nitrogenado | Bactérias que o utilizam | Resíduo gerado | Bactérias que utilizam o resíduo |
|----------------------|---|----------------|----------------------------------|
| NH_3 | Nitrificantes; é empregado para a realização de quimiossíntese. | NO_3^- | Desnitrificantes |
| NO_3^- | Desnitrificantes; é utilizado na respiração celular anaeróbia dessas bactérias. | N_2 | Fixadoras de nitrogênio |
| N_2 | Fixadoras de nitrogênio; é usado para formar amônia, que as bactérias empregam na síntese de aminoácidos. | NH_3 | Nitrificantes |

Tab. 1 Organismos atuantes na transformação dos materiais nitrogenados.

Amônia, nitrato e gás nitrogênio têm diferentes origens e empregos pelos seres vivos. A amônia é gerada nos processos de excreção, amonificação e fixação (biológica e industrial). É utilizada por produtores (processo de absorção) e por bactérias nitrificantes. O nitrato é gerado na fixação atmosférica e na nitrificação e é utilizado por produtores e por bactérias desnitrificantes. O gás nitrogênio é gerado na desnitrificação e é utilizado na fixação biológica, industrial e atmosférica.

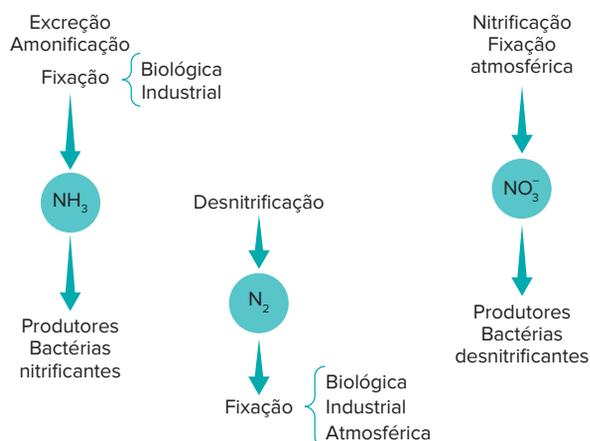


Fig. 22 Materiais nitrogenados e processos envolvidos no ciclo no nitrogênio.

Resumindo

O fluxo de energia

Teia alimentar

Um ecossistema apresenta teias ou redes alimentares. Uma teia alimentar apresenta os níveis tróficos de produtores, consumidores (primários, secundários, terciários) e decompositores. Por esses níveis há fluxo de energia na forma de matéria orgânica.

Pirâmides ecológicas

Há três tipos de pirâmides ecológicas: de números (frequência), de biomassa e de energia.

- **Pirâmide de números, ou frequência:** indica o número de indivíduos de cada nível trófico da cadeia alimentar. A pirâmide de números pode ser invertida, com a base mais estreita do que o ápice.
- **Pirâmide de biomassa:** normalmente é construída considerando-se o peso seco do nível trófico (sem computar a quantidade de líquido dos organismos). Em ambientes aquáticos, a pirâmide de biomassa pode ser invertida; a massa de fitoplâncton é menor do que a massa de zooplâncton.
- **Pirâmide de energia:** representa a energia química (matéria orgânica) de cada nível trófico. Não há pirâmide de energia invertida. A energia flui de modo unidirecional, com as modalidades: luz, energia química da matéria orgânica e calor. Ao longo da cadeia alimentar ocorrem perdas na forma de restos e de calor.

Produtividade primária bruta (PPB) é o total de matéria orgânica gerada pelos produtores por meio da fotossíntese. Produtividade primária líquida (PPL) é o saldo de matéria orgânica resultante entre a produção (PPB) e o consumo pela respiração (R).

$$PPL = PPB - R$$

O fluxo da matéria – ciclos biogeoquímicos

Ciclo da água, ou hidrológico

Nosso planeta apresenta água sob três formas: líquida, sólida (neve e gelo) e vapor. A água líquida está em rios, lagos, chuva, solo e oceanos. Os oceanos têm cerca de 97,1% do total da água do planeta.

Uma parte da água presente nos oceanos e na terra sofre evaporação. O vapor sofre condensação e ocorre precipitação sobre os oceanos e o solo; uma parte da água da terra flui para o mar. Com a evaporação, completa-se essa parte do ciclo.

As plantas retiram água pelas raízes e perdem-na pelas folhas, na forma de vapor, por meio da transpiração. Os animais obtêm água de duas formas: ingerindo-a e consumindo alimentos; perdem água pela respiração pulmonar, pelo suor, pelas fezes e pela urina. A água perdida por animais é convertida em vapor.

Ciclo do carbono

O CO_2 é utilizado por produtores nos processos de quimiossíntese ou fotossíntese, que geram matéria orgânica, que é transferida para consumidores e decompositores. Nos diferentes níveis tróficos, uma parte da matéria orgânica é utilizada em sua respiração celular, que desprende gás carbônico. Pode-se empregar o termo “decomposição” para indicar a liberação de CO_2 efetuada pelos decompositores.

A queima de combustíveis (biocombustíveis e combustíveis fósseis) libera CO_2 . O aumento de CO_2 contribui para a intensificação do efeito estufa e do aquecimento global. Biocombustíveis são recursos renováveis: sua reposição ocorre em pouco tempo pela natureza. As queimadas provocam transtornos ambientais (erosão do solo, risco à biodiversidade) e são responsáveis pela maior parte da emissão de CO_2 no Brasil.

Ciclo do nitrogênio

Na natureza, o nitrogênio encontra-se na forma inorgânica (amônia, gás nitrogênio, nitrato) e na forma orgânica (aminoácidos, bases nitrogenadas).

Nutrição, síntese, excreção e decomposição

Produtores absorvem amônia (NH_3) e nitrato (NO_3^-) e sintetizam substâncias orgânicas nitrogenadas, como aminoácidos e bases nitrogenadas. Os animais obtêm substâncias orgânicas nitrogenadas pela nutrição; pela excreção eliminam amônia.

Nitrificação

Decompositores atuam sobre consumidores e produtores mortos; com sua atividade, liberam amônia (amonificação). A amônia é empregada por produtores e por bactérias nitrificantes, que são quimiossintetizantes. Essas bactérias convertem amônia em nitrato (nitrificação); com isso, liberam energia utilizada na produção de matéria orgânica.

Fixação de nitrogênio e desnitrificação

Bactérias desnitrificantes convertem o nitrato em gás nitrogênio (desnitrificação). Essas bactérias são encontradas em locais pobres em gás oxigênio (pântanos e grandes profundezas do oceano).

Bactérias fixadoras de nitrogênio convertem gás nitrogênio em amônia (fixação biológica de nitrogênio). As bactérias fixadoras de nitrogênio incluem algumas cianobactérias e outras bactérias, como os rizóbios (*Rhizobium*), que formam nódulos em raízes de leguminosas (feijão, soja, ervilha, lentilha, pau-brasil). A relação entre a leguminosa e os rizóbios é do tipo mutualismo. As leguminosas abrigam em suas raízes bactérias fixadoras de nitrogênio, que enriquecem o solo com compostos nitrogenados; são utilizadas em técnicas agrícolas (adubação verde e rotação de cultura).

Outras modalidades de fixação de nitrogênio

A fixação atmosférica corresponde à reação entre gás oxigênio e gás nitrogênio quando há raios ou faíscas elétricas. A fixação industrial envolve a síntese de Haber-Bosch, processo que utiliza gás hidrogênio e gás nitrogênio submetidos à alta temperatura (450°C) e elevada pressão (200 atm), formando-se a amônia.

Quer saber mais?



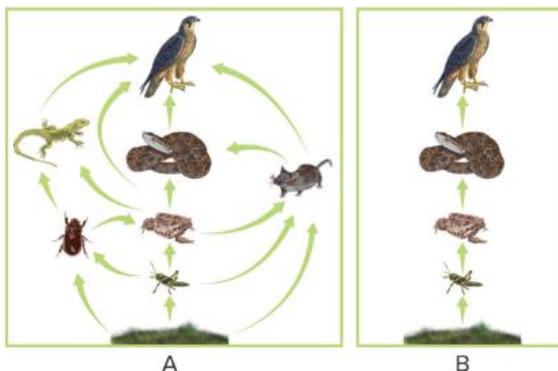
Site

- Energia e ciclagem dos nutrientes

<https://midia.atp.usp.br/impressos/redefor/EnsinoBiologia/Ecologia_2011_2012/Ecologia_v2_07.pdf>.

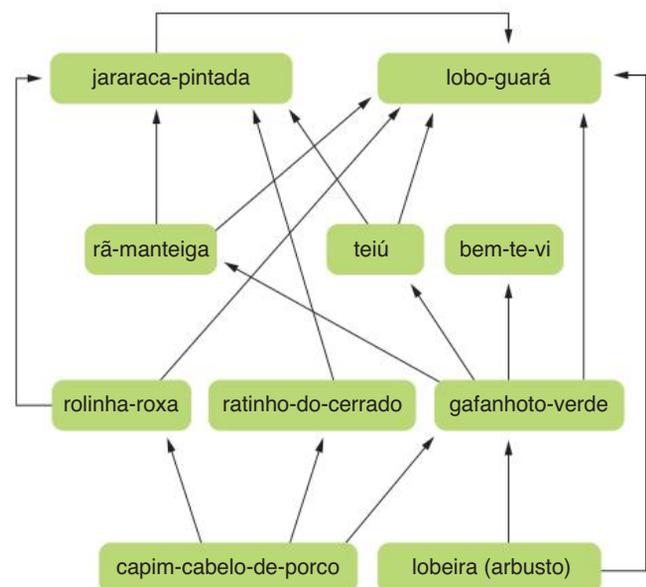
Exercícios complementares

- 1 **UFJF (Adapt.)** As figuras a seguir mostram relações tróficas em duas comunidades (A e B). Utilize as figuras para responder aos itens que se seguem.



- a) A comunidade A corresponde a uma rede trófica e a comunidade B corresponde a uma cadeia trófica. Explique essa afirmativa.
- b) Qual das duas comunidades continuará funcionando após a perda de uma população de organismos consumidores? Justifique sua resposta.

- 2 **Fuvest 2020** Em um cerrado campestre bem preservado, ocorre a teia trófica representada no esquema.



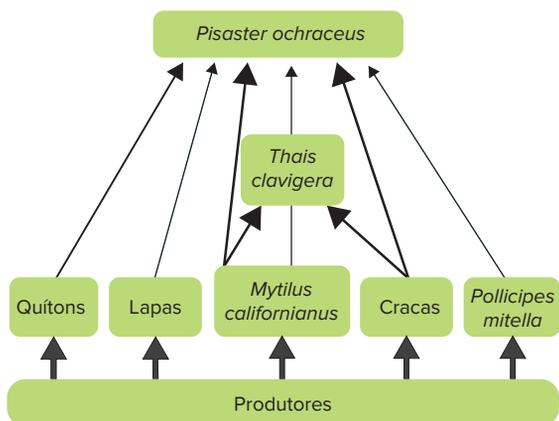
- a) Cite uma espécie dessa teia alimentar que ocupa mais de um nível trófico, especificando quais são eles.
- b) Cite cinco espécies de uma cadeia alimentar que faça parte dessa teia. Desenhe um esquema da pirâmide de energia desse ambiente.
- c) Com relação à dinâmica dessa teia alimentar, descreva o efeito indireto da extinção local do bem-te-vi sobre a população do predador de topo dessa teia (ou seja, aquele que preda sem ser predado por nenhum outro componente da teia). Caso o capim-cabelo-de-porco venha a sofrer uma grande queda em sua biomassa, qual interação biológica seria esperada entre os consumidores primários que se alimentam desse recurso?

3 Unifesp Considere um organismo que esteja posicionado numa teia alimentar exclusivamente como consumidor secundário. Para sua sobrevivência, necessita de água, carbono, oxigênio e nitrogênio. O número mínimo de organismos pelos quais esses elementos passam antes de se tornarem disponíveis, da forma em que se encontram em sua fonte na natureza, para esse consumidor secundário, será:

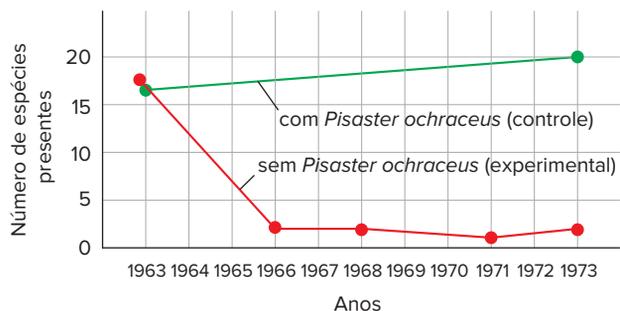
| | Água | Carbono | Oxigênio | Nitrogênio |
|---|------|---------|----------|------------|
| A | 0 | 1 | 1 | 3 |
| B | 0 | 2 | 0 | 3 |
| C | 0 | 3 | 1 | 4 |
| D | 1 | 2 | 0 | 4 |
| E | 1 | 3 | 1 | 3 |

4 Unifesp 2017 Na costa oeste da América do Norte, as comunidades marinhas que ocupam a zona rochosa entremarés são biologicamente diversas. Nessa zona, ocorrem mexilhões da espécie *Mytilus californianus*, que é dominante e concorre fortemente por espaço com as demais espécies presentes. A estrela-do-mar *Pisaster ochraceus* é o principal predador de *Mytilus californianus*, além de outros organismos, como ilustra a teia alimentar em que a espessura das setas é proporcional à frequência de alimentação.

Robert Paine, pesquisador da Universidade de Washington, realizou um experimento no qual examinou o efeito da remoção de *Pisaster ochraceus* sobre o número das demais espécies presentes nessa zona ao longo de dez anos. Os resultados são apresentados no gráfico.



(<http://cslls-text3.c.u-tokyo.ac.jp>. Adaptado.)



(Campbell Biology, 2009. Adaptado.)

- a) Em qual nível trófico da teia alimentar a energia química disponível é menor? Justifique sua resposta.
- b) Por que a retirada de *Pisaster ochraceus* interferiu no número de espécies presentes na zona entremarés em que o experimento foi realizado?

5 UFSC Considere que em determinada região existam 6 populações de seres vivos. A população 1 é constituída de vegetais e a população 6 de microrganismos decompositores. A população 2 se alimenta da população 4 que, por sua vez, se alimenta somente da população 1. A população 5 se alimenta da população 2 e da população 4. Por fim, a população 3 se alimenta da população 5.

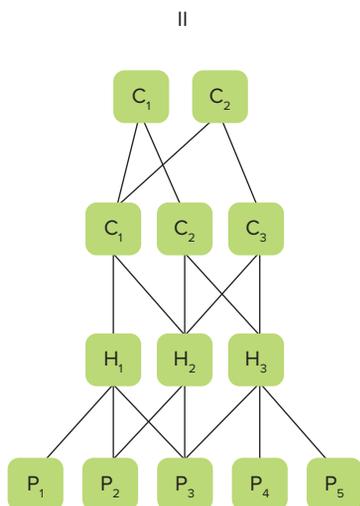
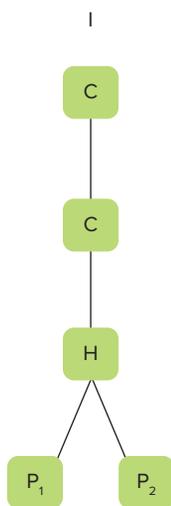
De acordo com estas informações, assinale a(s) proposição(ões) correta(s).

- 01 Se a população 3 desaparecer, espera-se que as populações 2 e 4 diminuam.
- 02 A única população que ocupa mais de um nível trófico é a 3.
- 04 A população 3 ocupa o primeiro nível trófico e a população 1 ocupa o último.
- 08 Existem relações de predatismo e competição entre as populações 2 e 5.
- 16 Todas as populações, exceto a 1, são carnívoras.
- 32 A situação apresentada caracteriza uma teia com duas cadeias alimentares.

Soma:

6 UFJF 2016 As relações alimentares dos seres vivos em um ecossistema podem ser representadas através de diagramas denominados teias tróficas. As figuras I e II representam duas teias tróficas hipotéticas. Os traços indicam a relação alimentar e as letras significam as espécies (P: planta; H: herbívoro; C: carnívoro).

- Qual é o componente trófico importante, responsável pela reciclagem dos elementos químicos, que não consta nas figuras?
- Considerando que no processo de fotossíntese a energia é transformada, e não produzida, designar os organismos da base da teia trófica como produtores é correto? Justifique.

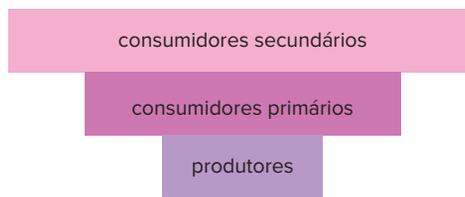


- Qual das duas teias tróficas apresenta menor perda na transferência energética? Justifique.

7 Uerj O gráfico a seguir é uma pirâmide ecológica e demonstra as relações tróficas em uma comunidade. A alternativa que indica, respectivamente, o tipo de pirâmide e o aumento que ela representa é:

- de biomassa – do peso seco em função do tamanho dos organismos.

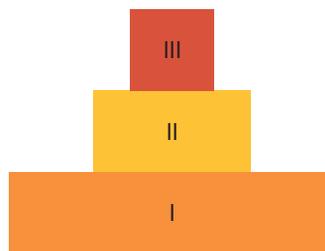
- de energia – do teor de calorias, pela maior velocidade de ciclagem.



- de energia – das populações de consumidores primários e secundários.
- de números – da quantidade de organismos, sem considerar a biomassa.

8 UFMS O diagrama a seguir representa uma pirâmide de energia. Com relação a essa pirâmide, assinale a alternativa correta.

- O nível I representa os produtores.
- No nível II, é encontrado um organismo decompositor.
- A pirâmide poderia ter a forma invertida se representasse I – uma árvore, II – pulgões e III – protozoários.



- A unidade utilizada para representar esse tipo de pirâmide é o número de indivíduos.
- A maior quantidade de energia é encontrada no nível trófico II.

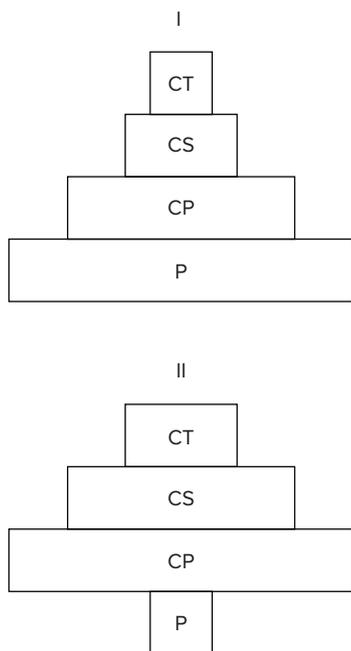
9 Unicamp A produtividade primária em um ecossistema pode ser avaliada de várias formas. Nos oceanos, um dos métodos para medir a produtividade primária utiliza garrafas transparentes e garrafas escuras, totalmente preenchidas com água do mar, fechadas e mantidas em ambiente iluminado. Após um tempo de incubação, mede-se o volume de oxigênio dissolvido na água das garrafas. Os valores obtidos são relacionados à fotossíntese e à respiração.

- Por que o volume de oxigênio é utilizado na avaliação da produtividade primária?
- Explique por que é necessário realizar testes com os dois tipos de garrafas.
- Quais são os organismos presentes na água do mar responsáveis pela produtividade primária?

10 Fuvest 2018 As figuras I e II mostram pirâmides ecológicas de biomassa para dois ecossistemas.

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

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



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

- 11 Ufes 2015** A escassez de água é um problema cada vez mais severo em todo o mundo. Na região Norte do Brasil, a interação entre a floresta e os recursos hídricos, associada ao movimento de rotação da Terra, transfere, anualmente, cerca de 8 trilhões de metros cúbicos de água para outras regiões do país. Essa água, que não é utilizada pela população que vive na região Norte, representa um serviço ambiental colossal prestado ao país pelo principal bioma dessa região, uma vez que sustenta o agronegócio brasileiro e o regime de chuvas, responsável pelo abastecimento do lençol freático e dos reservatórios produtores de hidroeletricidade nas regiões Sul e Sudeste do país.

(Disponível em: <http://agencia.fapesp.br/19541#.U-4B59h3YTc>. Acesso em: 18 ago. 2014. Adaptado).

- Identifique o bioma da região Norte do Brasil, mencionado no texto, que fornece água para outras regiões do país.
- Explique qual é a contribuição dos seres vivos para o ciclo da água.
- Explique como o desmatamento afeta o regime de chuvas mencionado no texto.

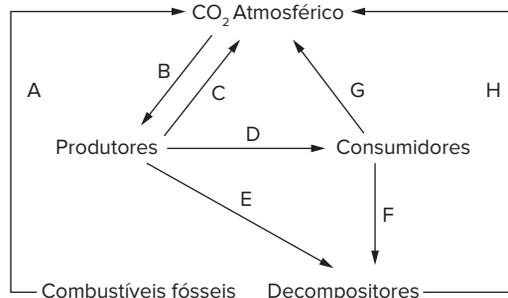
- 12 UFJF 2019** O rompimento da Barragem de Fundão, no Município de Mariana/MG, ocorrido em 5 de novembro de 2015, é considerada a maior tragédia ambiental da história do Brasil. Milhões de metros cúbicos de rejeitos de mineração foram liberados e permanecem

no ambiente. Uma das formas de reduzir a mobilidade dos rejeitos de mineração que se encontram ao longo da Bacia do Rio Doce é proporcionar a revegetação dos locais afetados.

- Qual seria o papel da revegetação relacionado ao ciclo do Carbono? Explique.
- Caracterize as taxas de decomposição e de produção primária na primeira camada superficial do ambiente terrestre atingido, após revegetação.

- 13 UEL 2017** A utilização de combustíveis fósseis pela espécie humana tem restituído à atmosfera, na forma de CO_2 , átomos de carbono que ficaram fora de circulação durante milhões de anos. O ciclo do carbono consiste na passagem de átomos de carbono (C) presentes nas moléculas de gás carbônico (CO_2) disponíveis no ecossistema para moléculas que constituem as substâncias orgânicas dos seres vivos (proteínas, glicídios, lipídios etc.) e vice-versa. Relacione as afirmativas a seguir com as etapas do ciclo do carbono indicadas no esquema.

- Grande parte das substâncias orgânicas incorporadas pelos herbívoros são degradadas na respiração celular e o carbono, liberado na forma de gás carbônico.



- O gás carbônico é captado pelos organismos fotossintetizantes e seus átomos são utilizados na síntese de moléculas orgânicas.
- O carbono constituinte da biomassa é transferido aos herbívoros.
- Parte das moléculas orgânicas produzidas na fotossíntese é degradada pelo próprio organismo em sua respiração celular e o carbono, devolvido ao ambiente na forma de gás carbônico.
- O carbono constituinte da biomassa é restituído ao ambiente com a morte do organismo.

Assinale a alternativa que contém a associação correta.

- I-C, II-B, III-F, IV-G, V-A.
- I-D, II-C, III-B, IV-G, V-F.
- I-G, II-B, III-D, IV-C, V-E.
- I-G, II-C, III-D, IV-A, V-H.
- I-H, II-D, III-B, IV-C, V-A.

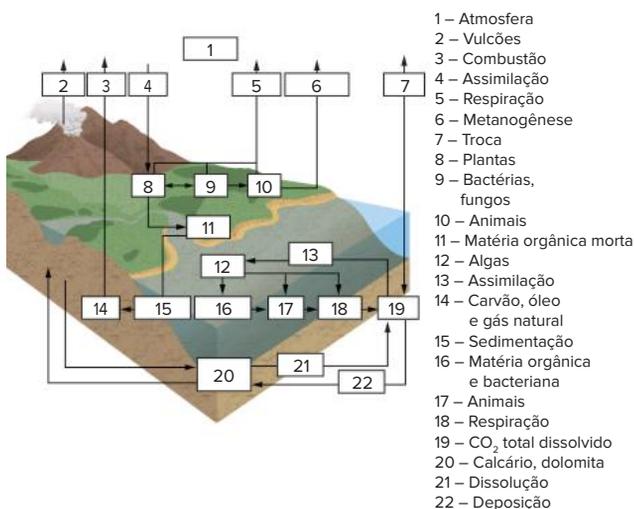
- 14 Enem PPL 2019** O nitrogênio é essencial aos seres

14 Enem PPL 2019 O nitrogênio é essencial aos seres vivos e pode ser adquirido pelas plantas, através da absorção pelas raízes, e pelos animais, através da alimentação. Sua utilização na agricultura de forma inadequada tem aumentado sua concentração no ambiente, e o excesso, que é transportado para os cursos-d'água, tem causado a eutrofização. Contudo, tal dano ambiental pode ser minimizado pela adoção de práticas sustentáveis, que aprisionam esse elemento no solo, impedindo seu escoamento para rios e lagos.

O método sustentável visando a incorporação desse elemento na produção, prevenindo tal dano ambiental, é o(a)

- A adição de minhocas na terra.
- B irrigação da terra antes do plantio.
- C reaproveitamento do esterco fresco.
- D descanso do solo sem adição de culturas.
- E fixação biológica nas raízes por bactérias.

15 Uerj O esquema adiante representa o ciclo do carbono na biosfera. Nele estão indicados os reservatórios desse elemento e seus processos de transferência entre os reservatórios.



Robert E. Ricklefs. *A economia da natureza*. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2003. (Adapt.).

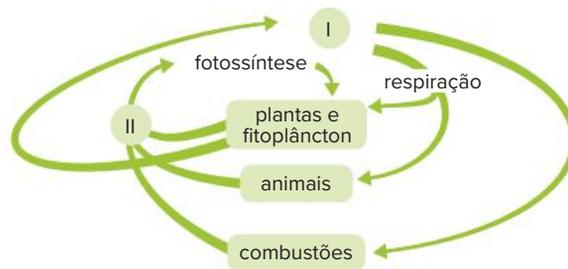
- a) Nomeie e descreva o processo de transferência que é acelerado pela ação do ser humano.
- b) Explique como o desequilíbrio no ciclo do carbono causado por essa ação antropogênica pode afetar a temperatura terrestre.

16 Ufes O carbono é o constituinte básico de todos os compostos orgânicos, sendo utilizado como fonte primária de energia pelos seres vivos. Quanto a sua utilização por esses organismos, é correto afirmar que:

- A os autótrofos e os heterótrofos devolvem o carbono à atmosfera na forma de CO₂, através da respiração ou da fotossíntese.
- B o dióxido de carbono atmosférico absorvido pelos animais entra na síntese dos carboidratos que, juntamente com proteínas e lipídeos, formam os seus tecidos.

- C a quantidade de energia contida nas moléculas de gordura e carboidratos passará ao longo da cadeia alimentar, de um organismo para o outro, aumentando a cada nível trófico.
- D as bactérias dos nódulos radiculares fixam o carbono atmosférico e fornecem parte dele à planta hospedeira.
- E o carbono é incorporado ao esqueleto dos vertebrados e de alguns invertebrados, como os foraminíferos e moluscos.

17 UFSC O esquema a seguir representa, de forma simplificada, os ciclos do carbono e do oxigênio.

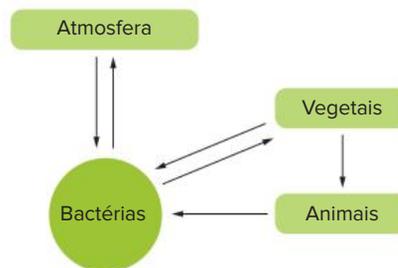


Assinale a(s) proposição(ões) correta(s).

- 01 I e II representam, respectivamente, o O₂ e o CO₂.
- 02 A necessidade de O₂ para a respiração explica o aparecimento dos animais antes dos vegetais na Terra.
- 04 Praticamente, todo o oxigênio livre da atmosfera e da hidrosfera tem origem biológica, no processo de fotossíntese.
- 08 O oxigênio se encontra no meio abiótico como integrante do ar atmosférico, ou no meio biótico como constituinte das moléculas orgânicas dos seres vivos.
- 16 Alguns fatores, como excessivas combustões sobre a superfície da Terra, têm determinado o aumento gradativo de taxa de CO₂ na atmosfera.
- 32 A manutenção das taxas de oxigênio e gás carbônico no ambiente depende de dois processos opostos: a fotossíntese e a respiração.

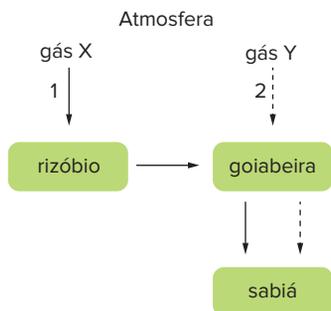
Soma:

18 Fuvest



- a) O esquema mostra, de maneira simplificada, o ciclo de que elemento químico?
- b) Que informação, dada pelo esquema, permite identificar esse elemento químico?
- c) Cite duas classes de macromoléculas presentes nos seres vivos, que contenham esse elemento químico.

- 19 Uerj** A atividade metabólica dos seres vivos atua no processo de fixação de gases encontrados na atmosfera. No esquema a seguir, são mostrados alguns organismos que participam de importantes processos de fixação dos gases atmosféricos X e Y.



Nomeie os gases X e Y. Em seguida, indique como se realizam suas respectivas etapas iniciais de fixação, representadas no esquema pelas setas 1 e 2.

- 20 UFRJ** O crescimento da soja (*Glycinia max*) é influenciado por bactérias fixadoras de nitrogênio (do gênero *Rhizobium*), que vivem em associação com suas raízes. As plantas obtêm nitratos das bactérias e, em troca, as bactérias recebem nutrientes úteis para seu crescimento. Pesquisadores formularam a hipótese de que as plantas só transfeririam nutrientes para as bactérias em resposta à obtenção dos nitratos.

Para testar essa hipótese, os pesquisadores mantiveram as bactérias em associação com as raízes de uma mesma planta de soja, mas em duas condições experimentais diferentes.

Condição A: atmosfera com nitrogênio suficiente para a multiplicação das bactérias, mas insuficiente para que nitratos fossem liberados;

Condição B: atmosfera normal, com nitrogênio suficiente para multiplicação de bactérias e para a liberação de nitratos.

Os resultados obtidos mostraram que as bactérias na condição A se multiplicaram com metade da eficiência daquelas na condição B.

Esses resultados experimentais corroboram ou invalidam a hipótese testada? Justifique sua resposta.

- 21 Fuvest** Num campo, vivem gafanhotos que se alimentam de plantas e servem de alimento para passarinhos. Estes são predados por gaviões. Essas quatro populações se mantiveram em números estáveis nas últimas gerações.
- Qual é o nível trófico de cada uma dessas populações?
 - Explique de que modo a população de plantas poderá ser afetada se muitos gaviões imigrarem para esse campo.
 - Qual é a trajetória dos átomos de carbono que constituem as proteínas dos gaviões desde sua origem inorgânica?
 - Qual é o papel das bactérias na introdução do nitrogênio nessa cadeia alimentar?

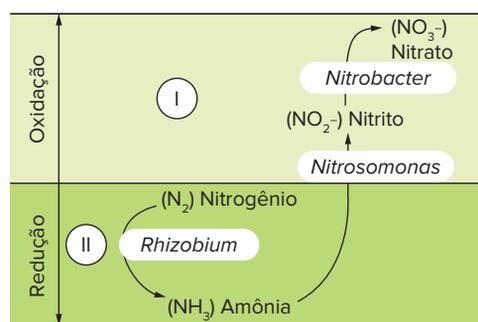
- 22 Udesc** Com relação aos ciclos biogeoquímicos, analise as seguintes afirmativas.

- No ciclo do carbono: as cadeias de carbono formam as moléculas orgânicas através dos seres autotróficos, por meio da fotossíntese, na qual o gás carbônico é absorvido, fixado e transformado em matéria orgânica pelos produtores. O carbono volta ao ambiente através do gás carbônico, por meio da respiração.
- No ciclo do oxigênio: o gás oxigênio é produzido durante a construção de moléculas orgânicas pela respiração e consumido quando essas moléculas são oxidadas na fotossíntese.
- No ciclo da água: a energia solar possui um papel importante, pois ela permite que a água, em estado líquido, sofra evaporação. O vapor de água, nas camadas mais altas e frias, condensa-se e forma nuvens que, posteriormente, precipitam-se na forma de chuva, e a água dessa chuva retorna ao solo formando rios, lagos, oceanos ou, ainda, se infiltrando no solo e formando os lençóis freáticos.
- No ciclo do nitrogênio: uma das etapas é a de fixação do nitrogênio, na qual algumas bactérias utilizam o nitrogênio atmosférico e fazem-no reagir com oxigênio para produzir nitrito, que será transformado em amônia no processo de nitrificação.

Assinale a alternativa correta.

- Somente as afirmativas II e IV são verdadeiras.
- Somente as afirmativas I e II são verdadeiras.
- Somente as afirmativas I, III e IV são verdadeiras.
- Somente as afirmativas II, III e IV são verdadeiras.
- Somente as afirmativas I e III são verdadeiras.

- 23 PUC-Minas** O esquema ilustra um importante ciclo biogeoquímico fundamental para a manutenção da vida em nosso planeta.



- Analisado o esquema, assinale a afirmação incorreta.
- O processo de desnitrificação não está representado no esquema apresentado.
 - O processo I depende exclusivamente da amônia produzida no processo II.
 - Rhizobium* é uma bactéria que pode infeccionar raízes de algumas dicotiledôneas, causando a formação de nódulos.
 - A ocorrência do processo II se opõe ao processo de desnitrificação, realizado por algumas bactérias do solo.

24 Enem PPL 2019 O alemão Fritz Haber recebeu o Prêmio Nobel de química de 1918 pelo desenvolvimento de um processo viável para a síntese da amônia (NH_3). Em seu discurso de premiação, Haber justificou a importância do feito dizendo que:

“Desde a metade do século passado, tornou-se conhecido que um suprimento de nitrogênio é uma necessidade básica para o aumento das safras de alimentos; entretanto, também se sabia que as plantas não podem absorver o nitrogênio em sua forma simples, que é o principal constituinte da atmosfera. Elas precisam que o nitrogênio seja combinado [...] para poderem assimilá-lo.

Economias agrícolas basicamente mantêm o balanço do nitrogênio ligado. No entanto, com o advento da era industrial, os produtos do solo são levados de onde cresce a colheita para lugares distantes, onde são consumidos, fazendo com que o nitrogênio ligado não retorne à terra da qual foi retirado.

Isso tem gerado a necessidade econômica mundial de abastecer o solo com nitrogênio ligado. [...] A demanda por nitrogênio, tal como a do carvão, indica quão diferente nosso modo de vida se tornou com relação ao das pessoas que, com seus próprios corpos, fertilizam o solo que cultivam.

Desde a metade do último século, nós vínhamos aproveitando o suprimento de nitrogênio do salitre que a natureza tinha depositado nos desertos montanhosos do Chile. Comparando o rápido crescimento da demanda com a extensão calculada desses depósitos, ficou claro que em meados do século atual uma emergência seríssima seria inevitável, a menos que a química encontrasse uma saída.”

HABER, F. *The Synthesis of Ammonia from its Elements*.

Disponível em: www.nobelprize.org. Acesso em: 13 jul. 2013 (adaptado)

De acordo com os argumentos de Haber, qual fenômeno teria provocado o desequilíbrio no “balanço do nitrogênio ligado”?

- A O esgotamento das reservas de salitre no Chile.
- B O aumento da exploração de carvão vegetal e carvão mineral.
- C A redução da fertilidade do solo nas economias agrícolas.
- D A intensificação no fluxo de pessoas do campo para as cidades.
- E A necessidade das plantas de absorverem sais de nitrogênio disponíveis no solo.

25 UEPG Na natureza, átomos como os de nitrogênio, hidrogênio, carbono e oxigênio não são criados ou destruídos, nem transformados uns nos outros. A matéria que constitui os componentes dos ecossistemas é constantemente reciclada. Fala-se então de ciclo da matéria ou ciclos biogeoquímicos. Sobre este tema, assinale o que for correto.

- 01 Nos ciclos biogeoquímicos, a atividade dos decompositores é fundamental. Eles degradam os restos dos animais e vegetais, devolvendo ao solo a água e ao ar os materiais que constituem esses restos, que podem então ser reutilizados.
- 02 Quatro categorias de bactérias participam do ciclo de nitrogênio: fixadoras, decompositoras, nitrificantes e desnitrificantes.
- 04 As leguminosas são capazes de absorver, pelas folhas, nitrogênio atmosférico, a partir do qual sintetizam nitratos.
- 08 Todas as moléculas orgânicas dos seres vivos – carboidratos, proteínas, lipídios e ácidos nucleicos – apresentam átomos de carbono em sua composição.
- 16 O fósforo, um dos elementos que circulam nos ecossistemas, é de grande importância para a vida. Ele faz parte dos ácidos nucleicos, do ATP e dos fosfolipídios, além de constituir, nos animais, um componente mineral dos ossos e dos dentes.

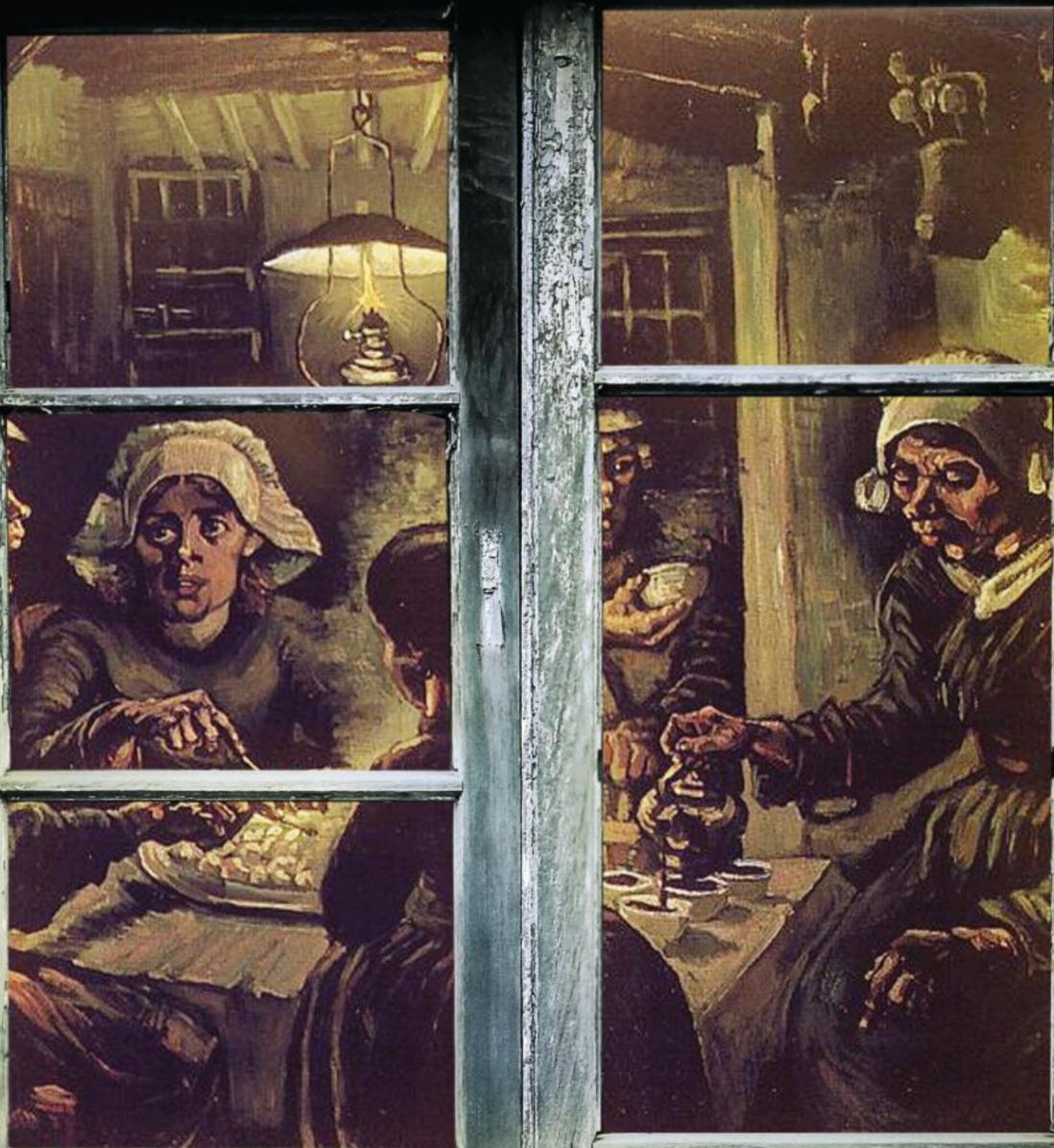
Soma:

26 UFG Durante o período de desova dos salmões no Hemisfério Norte, são despejados no ecossistema 80 kg de nitrogênio derivados da captura desses peixes pelos ursos. Esse cálculo foi realizado para uma extensão de 250 metros de rio.

Scientific American, n. 52, 2006. Brasil. (Adapt.).

De acordo com o texto, a decomposição dos restos orgânicos do salmão é um importante fator para o ciclo do nitrogênio num ecossistema do hemisfério Norte. A ausência das bactérias do gênero *Nitrosomonas* pode provocar nesse ecossistema:

- A diminuição da disponibilidade de nitrato com conseqüente redução da absorção desse íon pelas plantas.
- B elevação de nitrito no solo e conseqüente intoxicação dos microrganismos.
- C aumento do processo de nitrificação com conseqüente elevação da absorção de nitrito pelas plantas.
- D queda de bactérias do gênero *Rhizobium*, diminuindo a fixação simbiótica de nitrogênio.
- E redução de íon amônio e conseqüente diminuição da síntese de clorofila.



VINCENT VAN GOGH

FRENTE 2

CAPÍTULO

5

Populações, comunidades e sucessão ecológica

A batata é originária da América do Sul e foi levada pelos europeus ao seu continente, onde passou a constituir a base da alimentação em vários países. No final do século XIX, houve uma praga causada por um fungo parasita, que dizimou as plantações de batata da Irlanda. Isso provocou a morte de cerca de um milhão de irlandeses. O mesmo número de indivíduos emigrou em busca de melhores condições de sobrevivência. Esse é um exemplo da interação entre seres vivos; essas interações interferem na dinâmica das populações.

Introdução

Uma comunidade é constituída por várias populações, sendo que cada população é formada por seres de uma mesma espécie. Há dois tipos principais de relações entre seres vivos da comunidade: as intraespecíficas e as interespecíficas. As relações **intraespecíficas** ocorrem entre organismos da mesma população, enquanto as relações **interespecíficas** ocorrem entre organismos de diferentes populações da comunidade (Fig. 1).

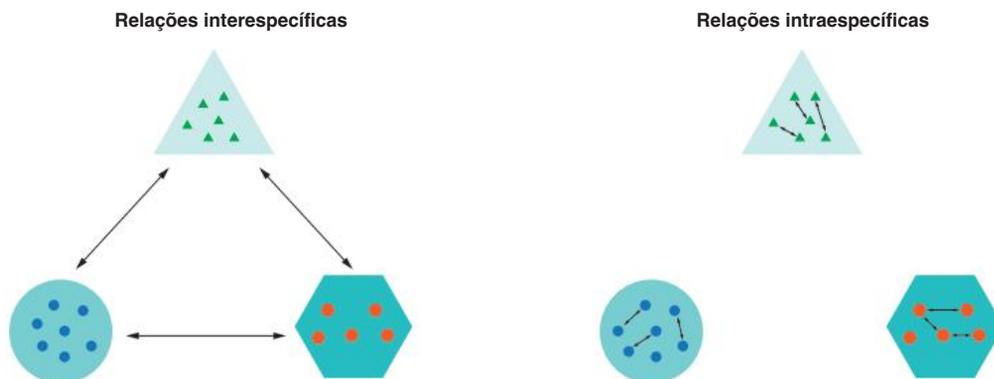


Fig. 1 As relações ecológicas ocorrem entre seres da mesma espécie (intraespecíficas) e entre seres de diferentes espécies (interespecíficas).

Os seres que integram uma comunidade apresentam vários tipos de interações com o ambiente, como mimetismo, camuflagem e coloração de advertência, que foram discutidas no capítulo 2 desta coleção. Neste capítulo, estudaremos três tópicos: populações, relações interespecíficas e sucessão ecológica.

Populações

Uma população é constituída por organismos de uma mesma espécie, vivendo em um mesmo ambiente, durante um determinado intervalo de tempo. Todas as onças-pintadas que vivem atualmente no Pantanal Mato-Grossense, por exemplo, constituem uma população.

Os seres de uma mesma espécie podem apresentar relações positivas (sem prejuízo para nenhum dos participantes) ou relações negativas (com prejuízo para algum participante).

Relações intraespecíficas positivas

Há dois tipos de relações intraespecíficas positivas: colônia e sociedade. Uma **colônia** é um grupo de seres vivos que tem como característica a existência de ligação física entre os indivíduos que a formam. Em certas colônias, há uma especialização de seus integrantes, com divisão de funções. Na Frente 3, são apresentados casos de colônias em grupos animais, como em poríferos e cnidários (Fig. 2).

Sociedade é um grupo de animais sem ligação física entre os indivíduos que a constituem. No grupo, pode haver divisão de funções, e os indivíduos dependem do conjunto para a sua sobrevivência. Entre os insetos, há vários casos de sociedades, como o das formigas, abelhas e o dos cupins. Mamíferos também têm vários casos de grupos socialmente definidos, como lobos, chimpanzés e gorilas. No caso dos gorilas, há um macho que lidera o grupo. Ele se relaciona com várias fêmeas e com elas gera seus descendentes. Os outros machos são mantidos em submissão ao líder, que cuida dos conflitos internos do grupo e o protege de perigos externos (Fig. 3).

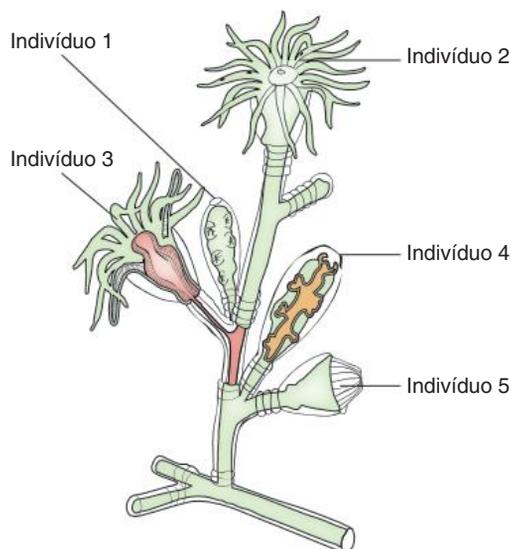


Fig. 2 Colônia de cnidários.

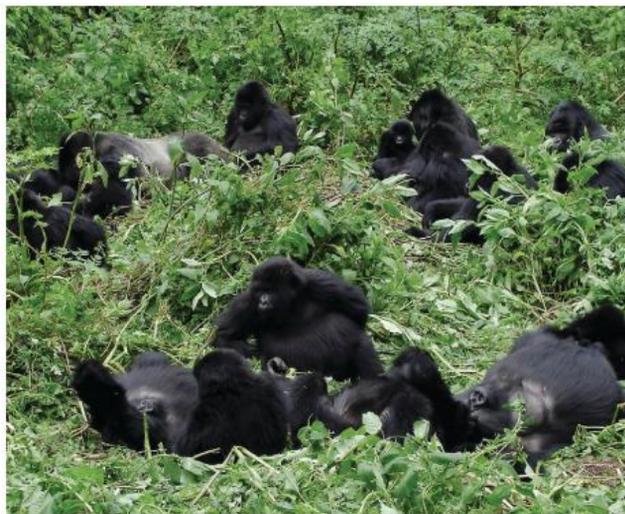


Fig. 3 Um grupo de gorilas apresenta organização em sociedade, com cooperação entre os indivíduos e divisão de funções.

Relações intraespecíficas negativas

Pode ocorrer prejuízo na interação entre seres de uma mesma espécie, como nos casos de canibalismo e de competição. O **canibalismo** é a relação em que um indivíduo alimenta-se de outro da mesma espécie. Há casos de canibalismo entre invertebrados e entre vertebrados. Entre as aranhas, por exemplo, muitas espécies apresentam o macho menor do que a fêmea. Após o acasalamento, a fêmea pode devorar o macho. Esse comportamento, prejudicial ao macho, traz benefício para a espécie, pois os nutrientes do organismo do macho não são utilizados por outra espécie e a ausência do macho reduz a competição com os descendentes gerados.

A **competição intraespecífica** envolve disputa por recursos do ambiente. Plantas da mesma espécie, ao crescerem muito próximas, disputam espaço, luz, água e sais minerais. Entre animais da mesma espécie, pode ocorrer competição por água, território, alimento e parceiro para acasalamento. O aspecto negativo da competição intraespecífica é que há grande gasto de energia no processo e alguns indivíduos não sobrevivem à competição acentuada. Por outro lado, a competição é um componente da seleção natural, permitindo a sobrevivência e a reprodução dos indivíduos mais adaptados dentro da espécie.

Densidade populacional

A densidade da população é a relação entre o número de indivíduos e o espaço ocupado por eles. O espaço pode ser expresso em área (como em uma população de roedores de uma pradaria) ou em volume (como em uma população de uma espécie de peixe de uma lagoa).

A densidade populacional pode variar com alterações que ocorrem no espaço. Uma lagoa, por exemplo, pode passar por um processo de assoreamento e ter seu volume reduzido. Se o número de peixes não é afetado, essa população passa a ter um aumento de densidade. A variação do número de indivíduos é outro fator que altera a densidade populacional (Fig. 4). O número de indivíduos pode ser aumentado pela **natalidade** (geração de novos indivíduos por meio da reprodução) e pela **imigração** (chegada de indivíduos provenientes de outros locais). A redução do número de indivíduos ocorre por **mortalidade** (a morte de indivíduos da população) e por **emigração** (os indivíduos que saem da população para outros locais).



Fig. 4 Esquema que representa possíveis alterações do número de indivíduos de uma população.

Em suma, a variação do número de indivíduos de uma população depende de dois fatores: acréscimo e retirada de indivíduos. O acréscimo se dá por natalidade (N) e por imigração (I); a retirada ocorre por mortalidade (M) e por emigração (E).

Há três casos possíveis para a variação do número de indivíduos de uma população:

- $N + I > M + E$: há mais indivíduos acrescentados do que retirados, o que leva ao crescimento da população;
- $N + I < M + E$: há menos indivíduos acrescentados do que retirados, o que diminui a população;
- $N + I = M + E$: o número de indivíduos acrescentados é o mesmo que o número de indivíduos retirados, mantendo a população estável.

Crescimento populacional

A imigração contribui para o aumento do número de indivíduos, mas é a reprodução (relacionada à natalidade) que assegura a manutenção da espécie ao longo do tempo. A capacidade de reprodução de uma espécie é o seu potencial biótico. O **potencial biótico** de ratos é maior do que o dos elefantes, pois ratos têm gestação mais curta e prole mais numerosa. Em condições ideais de alimento, espaço e outros fatores, uma população de ratos poderia aumentar rapidamente em um curto intervalo de tempo. No entanto, o ambiente costuma apresentar limitações à expansão de uma população, como a presença de predadores ou pequena disponibilidade de alimento.

Resistência ambiental é o conjunto de fatores presentes no meio capazes de restringir o desenvolvimento de uma população. Os fatores de resistência ambiental incluem espaço limitado, pequena disponibilidade de alimento e problemas de natureza climática (como seca prolongada e inundações). Há outros fatores que dificultam o crescimento de uma população, como o acúmulo de resíduos (gás carbônico e amônia) e a presença de parasitas, competidores e predadores (Fig. 5).



Fig. 5 O número de indivíduos de uma população é o resultado da interação do potencial biótico com a resistência ambiental.

Quando uma população cresce sem a presença de fatores de resistência ambiental, é denominada **população não controlada**. Isso ocorre, por exemplo, quando uma bactéria é colocada em um tubo de ensaio contendo nutrientes e submetida a uma temperatura favorável à sua atividade metabólica. Essa única bactéria tem todas as condições ambientais favoráveis: espaço, alimento e temperatura adequada; seu ambiente não tem resíduos metabólicos, parasitas, predadores nem competidores. Nessas condições, essa espécie de bactéria reproduz-se por bipartição a cada intervalo de 20 minutos. Assim, essa população de bactérias apresenta, durante algumas horas, crescimento exponencial (Fig. 6). Essa curva representa o potencial biótico da espécie.

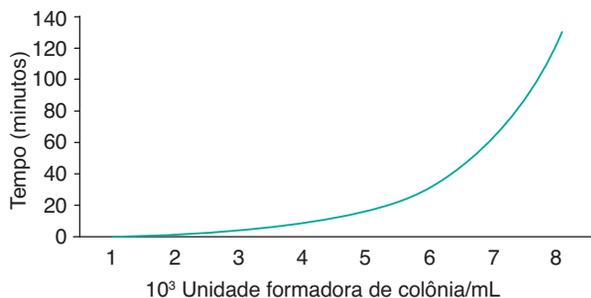


Fig. 6 Gráfico representativo de população de bactérias em tubo de ensaio, com condições ideais. Durante algumas horas, essa população tem crescimento exponencial.

No entanto, com um grande número de descendentes, as condições ambientais começam a se deteriorar: o espaço torna-se reduzido, o alimento deixa de ser suficiente, acumulam-se resíduos e passa a existir competição entre os indivíduos. Com tudo isso, a população acaba declinando e pode se extinguir.

Na natureza, são mais comuns os casos de populações controladas, isto é, sujeitas à interferência da resistência ambiental, como a presença de predadores e espaço limitado. Consideremos uma população de camundongos que é mantida confinada em um local com espaço limitado, sem possibilidade de emigração ou de imigração. Essa população recebe todas as condições adequadas de temperatura e alimento e não tem interações prejudiciais com outras espécies (predadores, parasitas e competidores). Assim, atuam dois fatores no crescimento dessa população: o potencial biótico da espécie (camundongos têm alta capacidade reprodutiva) e a resistência ambiental (o fator fundamental é o espaço limitado).

Nessas condições, a população começa com alguns indivíduos e acaba atingindo a capacidade limite do ambiente, ou seja, chega ao número máximo de indivíduos que o ambiente pode suportar. Ao longo do desenvolvimento da população, podem ser distinguidas quatro fases. Na primeira fase, há pequeno crescimento inicial, pois a população está se adaptando às condições do novo ambiente. Na segunda fase, o crescimento é muito rápido, pois a espécie está adaptada ao ambiente e ainda não utiliza todos os recursos disponibilizados pelo meio. A terceira fase é caracterizada por uma diminuição no ritmo de crescimento, pois a população começa a enfrentar a resistência do meio, dificultando seu crescimento. Já na quarta fase, ocorre a estabilização da população, pois não há mais recursos no meio que permitam que ela cresça. A população fica sujeita apenas a pequenas variações, ao longo do tempo, no número de indivíduos, mantendo um equilíbrio com o meio (Fig. 7). Nos experimentos com camundongos, a estabilização é obtida com parada da atividade reprodutiva. Há casos em que os animais continuam se reproduzindo, mas passa a ocorrer grande mortalidade, inclusive de recém-nascidos, que deixam de ser cuidados pelas mães. A curva descrita é denominada **sigmoide** (em forma de “S”) e é também conhecida como curva **logística**.

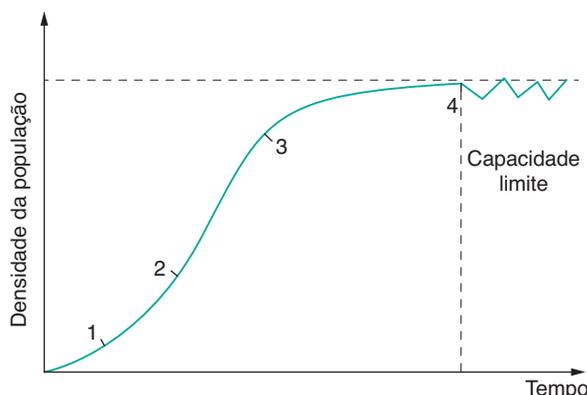


Fig. 7 Curva sigmoide (em forma de “S”), ou logística, representativa do crescimento populacional. Podem ser reconhecidas quatro fases: 1 – pequeno crescimento inicial; 2 – crescimento muito rápido; 3 – diminuição no ritmo de crescimento; 4 – estabilização da população.

Representando a curva logística de uma população (que representa seu crescimento real ao longo do tempo) com a curva do seu potencial biótico (que representa o crescimento que a população poderia apresentar se não houvesse resistência ambiental), obtêm-se uma área entre as duas curvas, que representa a força da resistência ambiental (Fig. 8).

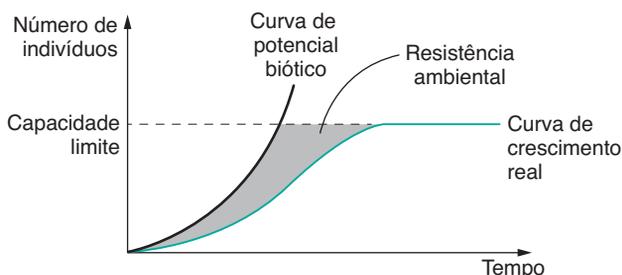


Fig. 8 A curva logística representa seu crescimento real; a curva do seu potencial biótico representa o crescimento que a população teria sem a ação da resistência ambiental. A área entre as duas curvas representa a força da resistência ambiental.

As relações com outras espécies do mesmo ambiente constituem fatores de controle populacional. Algumas relações melhoram as condições de sobrevivência da população e contribuem para seu crescimento; mas também há relações que prejudicam a população e tendem a provocar sua redução. Essas relações serão estudadas ainda neste capítulo.

A população humana

O ser humano passou a ter grande controle sobre diversos fatores de resistência ambiental com a produção elevada de alimento (por melhoramento genético, irrigação, fertilizantes, defensivos agrícolas), o uso de medicamentos e de vacinas no combate a doenças parasitárias e o controle de predadores da nossa espécie. Assim, a população humana vem apresentando um crescimento próximo ao padrão exponencial. Isso traz graves consequências para a manutenção do equilíbrio ecológico, tais como desmatamentos, poluição, esgotamento de recursos naturais, acúmulo de lixo e redução de biodiversidade.

O estudo da população humana, incluindo as pirâmides de distribuição etária, é feito em Geografia.

As relações interespecíficas

Diferentes espécies de seres vivos de uma mesma comunidade podem não apresentar uma interação direta entre si, tratando-se de um caso descrito por alguns autores como **neutralismo**. No neutralismo, a interação é inexistente: uma espécie não interfere na vida da outra, mesmo que entrem em contato. No entanto, muitas espécies da comunidade interagem de diversas maneiras, causando alterações no comportamento de outros seres vivos.

Competição

Na competição, duas ou mais espécies disputam os mesmos recursos no ambiente, como água, espaço e alimento. Isso envolve prejuízo para as espécies, pois, durante a competição, há gasto de energia para ambas e, em certos casos, podem ocorrer ferimentos ou morte.

Um conceito que trata dessa relação é o **princípio da exclusão competitiva** de Gause. Esse princípio diz que, se duas espécies tiverem nichos ecológicos totalmente coincidentes, o grau de competição entre elas é elevado, e uma das espécies acaba sendo eliminada. Gause utilizou em seus experimentos protozoários ciliados das espécies *Paramecium caudatum* e *Paramecium aurelia*. Os paramecíos eram colocados em tubos de ensaio contendo bactérias como fonte de alimento. Cada espécie, cultivada separadamente em um tubo de ensaio, apresentava crescimento da população e atingia um número máximo.

Gause colocou as duas espécies em um mesmo tubo de ensaio, com igual número de indivíduos e mesmo tipo de alimento, fornecido de modo constante. No início, as duas populações apresentaram crescimento. Depois, houve declínio e desaparecimento de *P. caudatum*, mas *P. aurelia* apresentou crescimento e estabilização da população (Fig. 9). Isso revela que *P. aurelia* constituía a

espécie mais bem adaptada e que conseguia obter mais recursos alimentares e se reproduzir de maneira mais eficiente. Antes da interação, cada espécie vivia sem prejuízo ou benefício com a ausência da outra. Com a interação entre as espécies competidoras, há prejuízo mútuo, pois ambas as espécies têm maior gasto de energia para sua sobrevivência e menor disponibilidade de recursos no ambiente. No final do processo de competição, uma das espécies pode ser eliminada do ambiente, mas enquanto ela está ocorrendo, as duas são prejudicadas.

Na natureza, raramente duas espécies apresentam nichos idênticos; assim, a competição entre elas tem níveis menos acentuados, o que possibilita a sobrevivência de ambas as espécies. Gause realizou experimentos utilizando as espécies *Paramecium caudatum* e *Paramecium bursaria*. Quando foram cultivadas no mesmo tubo de ensaio, havendo um único tipo de alimento, ambas sobreviveram. Cada espécie permanecia em uma parte do tubo de ensaio, como se tivessem diferentes habitats: *P. bursaria* ficava aderida à parede do tubo e *P. caudatum* no restante do recipiente. Embora tivessem o mesmo modo de vida, a competição não foi integral, e as duas espécies sobreviveram. Isso significa que a competição não leva necessariamente à extinção de uma das espécies, mas pode interferir na distribuição das espécies no ambiente. Um exemplo emblemático é o de certas cracas que habitam o costão rochoso, na faixa de variação de marés. Esses crustáceos apresentam forma larval móvel, mas os adultos são sésseis. Considerando cracas do gênero *Balanus* e do gênero *Chthamalus*, nota-se que as primeiras são encontradas em nível mais baixo na rocha, enquanto as *Chthamalus* ocupam níveis mais elevados. Os níveis mais baixos são quase sempre encobertos pela água; os níveis altos são encobertos na maré alta e ficam expostos ao ar na maré baixa. Experimentalmente, demonstrou-se que as *Chthamalus* conseguem viver em níveis mais baixos, mas as *Balanus* não conseguem sobreviver em áreas mais elevadas.

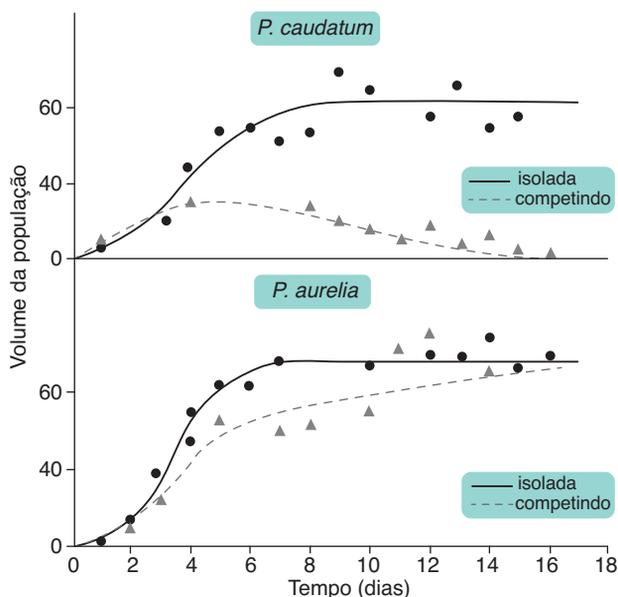


Fig. 9 Os gráficos mostram as populações das espécies de protozoários isoladas e competindo uma com a outra. As duas espécies, quando separadas, apresentaram crescimento populacional. Já quando cultivadas no mesmo tubo de ensaio, a população de *P. caudatum* desapareceu, e a de *P. aurelia* apresentou crescimento e estabilização. *P. aurelia* revelou-se a espécie mais bem adaptada.

As *Balanus*, portanto, não se adaptam a condições de falta de água e são sensíveis à desidratação. A ocupação de níveis diferentes na mesma rocha diminui a competição entre as espécies (Fig. 10).

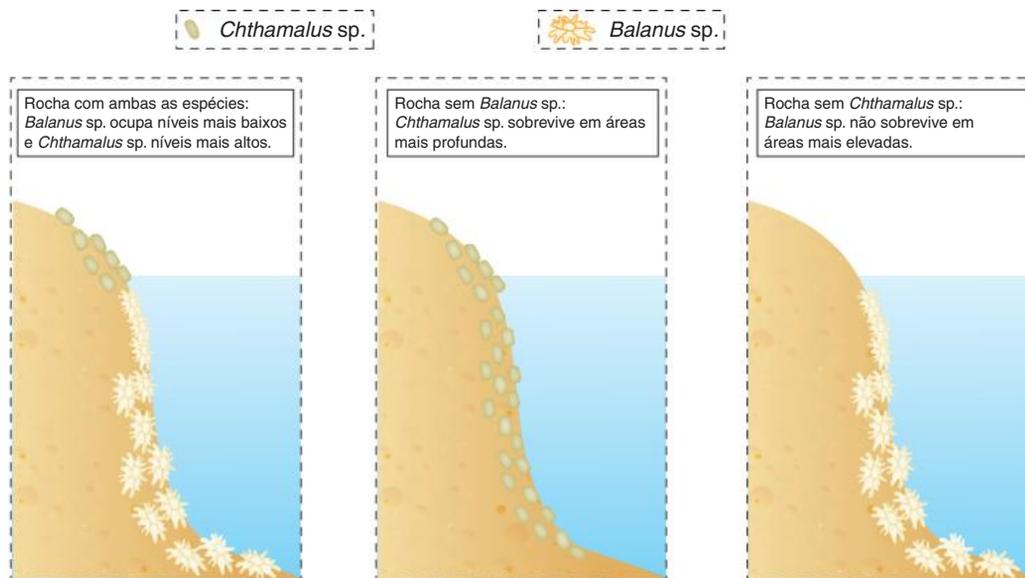


Fig. 10 Cracas do gênero *Chthamalus* ocupam posições mais elevadas em uma rocha do que as do gênero *Balanus*. Isso evita uma competição acentuada entre esses dois grupos, que têm nicho ecológico bastante semelhante.

Amensalismo

Amensalismo, também denominado **antibiose** por alguns autores, é a interação na qual uma espécie é afetada por outra que não é afetada. Essa relação pode ocorrer quando uma espécie libera substâncias químicas que impedem o desenvolvimento de outra espécie. É o caso de fungos e bactérias que se desenvolvem em um mesmo meio de cultura. O fungo libera substâncias que não permitem o desenvolvimento de bactérias. Na década de 1920, o médico escocês Alexander Fleming cultivou o bolor (fungo) do gênero *Penicillium* no mesmo meio de cultura que uma variedade de bactéria. O fungo desprende um antibiótico (a penicilina) que não permite o desenvolvimento da bactéria no local (Fig. 11).



Fig. 11 Um meio de cultura com bolor (fungo) em crescimento libera substâncias que impedem o crescimento de bactérias.

No amensalismo, cada espécie vive na ausência da outra. Quando as duas interagem, uma é afetada (bactéria), sendo impedida de se desenvolver; com isso, a outra espécie (fungo) garante os recursos que teria caso a outra espécie não estivesse presente.

Alguns autores usam o termo **alelopatia** para indicar a inibição de uma espécie de planta por substâncias químicas produzidas por outra planta. Dessa maneira, uma planta impede o crescimento ou a germinação de outra.

Em resumo, nas relações analisadas (competição e amensalismo), não há benefício para nenhum dos envolvidos. No entanto, na maioria das relações ecológicas, há benefício para pelo menos um dos associados. Por exemplo, no predatismo, o predador mata a presa e dela se alimenta. Assim, a interação entre presa e predador traz benefício ao predador, embora a presa seja prejudicada. A tabela a seguir apresenta diferentes tipos de relações que podem ocorrer entre os seres vivos (Tab. 1).

| Tipo de relação | Descrição da relação | Exemplo |
|--------------------------------|---|---|
| Mutualismo | Duas espécies obtêm vantagens com a associação; a relação é obrigatória para pelo menos uma delas. Isso significa que, se houver a separação dos integrantes da associação, uma das espécies não consegue sobreviver. | Líquens e micorrizas |
| Protocooperação | Duas espécies obtêm vantagens com a associação, mas a relação não é obrigatória para nenhuma delas, isto é, uma pode sobreviver sem a presença da outra. | Caranguejo paguro e anêmona-do-mar |
| Comensalismo | Uma das espécies utiliza restos alimentares de outra espécie, que não é prejudicada nem beneficiada. | <i>Entamoeba coli</i> (protozoário) e ser humano |
| Forésia | Uma das espécies obtém, como único benefício, o transporte propiciado pela outra espécie, que não é prejudicada nem beneficiada. | Animal que transporta frutos de carrapicho |
| Epifitismo | Uma espécie de planta apoia-se em outra espécie de planta e consegue acesso à luz, podendo realizar fotossíntese. A planta que serve de apoio não é prejudicada nem beneficiada. | Orquídeas e bromélias em árvores |
| Inquilinismo | Uma espécie obtém, como único benefício, o abrigo propiciado pela outra espécie, que não é prejudicada nem beneficiada. | Pássaro que se aloja em um buraco do tronco de uma árvore |
| Predatismo | Uma espécie mata um organismo de outra espécie para dele se alimentar. | Tubarões e focas |
| Parasitismo | O indivíduo de uma espécie vive à custa de um organismo de outra espécie, prejudicando-o; caso o prejuízo seja intenso, pode provocar a morte do hospedeiro depois de algum tempo. | <i>Necator americanus</i> (verme) e ser humano |
| Herbivoria | Um animal herbívoro alimenta-se de uma planta ou parte dela. | Bovinos e capim |
| Esclavagismo (sinfilia) | Uma espécie emprega as atividades de outra espécie; o prejuízo envolve gasto de energia e de tempo dedicado ao cuidado da outra espécie. | Chupim e tico-tico |

Tab. 1 Relações ecológicas interespecíficas.

Parasitismo

O parasita vive em um hospedeiro e dele retira alimento, podendo até causar danos mais intensos e provocar sua morte. No entanto, o parasita não provoca a morte imediata, como se dá no predatismo. Há parasitas externos, denominados **ectoparasitas**, como a pulga e o carrapato; e os **endoparasitas**, que se alojam no interior do hospedeiro, como ocorre com o tripanossomo e a lombriga.

O parasita tem maior facilidade de propagação em populações mais densas, com os indivíduos mais próximos entre si, e pode causar a morte dos hospedeiros mais sensíveis, sobrevivendo os que apresentam maior resistência. Isso significa que o parasitismo atua como um agente de seleção natural e controla o crescimento de muitas populações.

Existem plantas que se comportam como parasitas, retirando seiva de outras plantas, como é o caso da erva-de-passarinho e do cipó-chumbo (Fig. 12).



Paulo Schwirkowski (<http://sites.google.com/site/lorabs/home>)

Fig. 12 O cipó-chumbo é uma planta que parasita outras plantas, retirando delas sua seiva.

Predatismo

O predatismo se caracteriza como uma relação entre um **predador** e uma **presa**. A população de presas sofre flutuações periódicas, ou seja, grandes variações ao longo do tempo. Há períodos marcados pelo aumento da população até atingir um ponto máximo, depois se inicia um período de declínio populacional. Essas variações se repetem ciclicamente e também ocorrem na população de predadores. Normalmente, o número máximo de presas é maior que o número máximo de predadores. Outro aspecto relevante é que não se verifica uma coincidência entre o máximo de uma população com o mínimo da outra.

O gráfico apresentado (Fig. 13) mostra variações nas populações de lebre (presa) e de linco (predador) por um período de noventa anos. Esses dados foram obtidos por uma companhia que realizava a caça desses animais para a obtenção de peles, na Baía de Hudson.

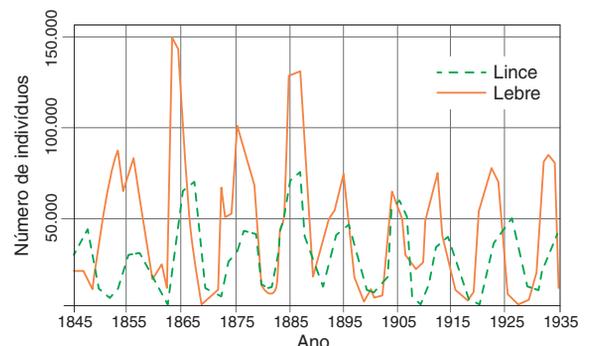


Fig. 13 Gráfico típico de predatismo. As populações de presas e predadores apresentam variações periódicas.

A população de predadores afeta a população de presas e vice-versa. Os predadores evitam um grande crescimento populacional das presas, que seria extremamente danoso, pois uma população demasiadamente grande consome mais recursos alimentares, que podem ser esgotados. Além disso, populações mais densas são mais suscetíveis a surtos parasitários, facilitando a disseminação de doenças.

A população de presas é afetada por outros fatores ambientais, como a disponibilidade de alimento, que fica menor quando o número de indivíduos é muito grande. A população de predadores também é afetada por fatores como doenças e alterações climáticas mais drásticas.

Exercício resolvido

1 A seguir, são descritos vários casos de interações entre espécies diferentes. Identifique o tipo de relação apresentado em cada exemplo.

- Berne é uma larva que se desenvolve sob a pele do ser humano e de outros mamíferos. Essa larva é da mosca *Dermatobia hominis*, que deposita ovos no abdome de outra mosca, como a varejeira. Os ovos da dermatóbia convertem-se em pequenas larvas. Quando a varejeira ataca um animal, ela deixa cair larvas da dermatóbia na ferida dele. E essas larvas penetram no ferimento da pele e se desenvolvem na fase que corresponde ao berne. Assim, há uma relação ecológica entre a dermatóbia e a varejeira.
- Orquídeas e várias espécies de bromélias alojam-se em galhos de árvores de uma floresta; com isso, ficam em uma posição mais elevada e têm acesso à luz, podendo realizar fotossíntese. A árvore hospedeira não é beneficiada nem prejudicada pela presença de orquídeas e bromélias.



Árvore com bromélias apoiadas em seus galhos. Algumas bromélias da foto apresentam flores vistosas.

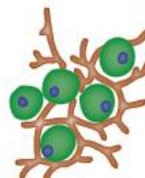
- O cupim ingere madeira, que é rica em celulose. No entanto, o inseto não produz celulase, a enzima necessária para a digestão da celulose. O cupim possui, em seu intestino, protozoários flagelados que produzem celulase. Ocorre uma troca de benefícios: o cupim fornece ao protozoário madeira triturada, que é o alimento para o microrganismo; o protozoário digere a celulose da madeira e os produtos da digestão são compartilhados com o cupim. O protozoário não sobrevive sem o cupim, que também morreria de inanição sem o protozoário.

- O tronco de uma árvore pode apresentar cavidades, que são utilizadas por pássaros para a construção de seus ninhos.
- O chupim é uma espécie de pássaro que não constrói ninho e não cuida dos filhotes. A fêmea de chupim deposita ovo no ninho de tico-tico, pássaro de outra espécie. Os tico-ticos cuidam do ovo de chupim e do filhote que dele se origina, protegendo e alimentando-o. Isso envolve prejuízo para os próprios filhotes de tico-ticos, que não recebem os cuidados adequados.
- Rêmora é um tipo de peixe que se prende ao corpo de um tubarão por meio de ventosas. Quando o tubarão ataca uma presa, a rêmora se nutre dos restos deixados por ele.



Rêmora aderida à superfície do corpo de um tubarão.

- Líquens são associações entre fungos (heterótrofos) e organismos fotossintetizantes, que podem ser algas ou cianobactérias. O fungo da associação fornece proteção, água e sais minerais ao organismo fotossintetizante, que produz alimento orgânico, fornecido ao fungo. Normalmente, um não pode viver separadamente do outro.



Parte superior: foto de líquens. Parte inferior: representação da estrutura de líquen, constituída por filamentos de fungos e organismos fotossintetizantes (algas ou cianobactérias).

- h) O caranguejo-eremita busca proteção ocupando conchas vazias de moluscos. Além disso, coloca uma anêmona-do-mar sobre a concha em que está alojado. Com esse disfarce, o eremita fica mais protegido de predadores. A anêmona-do-mar é um animal sésil e, com a parceria, consegue deslocamento, aumentando suas chances de obter alimento. A parceria entre os dois participantes dessa relação melhora a condição de vida de ambos; no entanto, se eles forem separados, ambos conseguem sobreviver.



O caranguejo-eremita ocupa uma concha de molusco e sobre ela coloca uma anêmona do mar.

- i) Micorriza é uma relação entre fungos e raízes de plantas. Os fungos retiram do solo água e sais minerais e os transferem para a raiz da planta, que se desenvolve bem mais do que ocorreria sem a presença deles. Por outro lado, a planta fornece

alimento orgânico ao fungo, que é incapaz de produzi-lo. Se os integrantes da relação forem separados, os fungos não sobrevivem; a planta sobrevive, mas tem desenvolvimento mais lento e reduzido.

Resolução:

- Forésia: a dermatóbia utiliza a varejeira como transporte, sem prejudicá-la.
- Epifitismo: as orquídeas e bromélias se apoiam no tronco de uma árvore, sem prejudicá-lo, e ganham iluminação.
- Mutualismo: o protozoário e o cupim se beneficiam da relação, e as espécies morrem quando se separam.
- Inquilinismo: os pássaros utilizam o tronco para obter abrigo, enquanto a árvore não é prejudicada nem beneficiada por isso.
- Esclavagismo ou sinfilia: o chupim utiliza os hábitos do tico-tico em benefício próprio, prejudicando essa espécie.
- Comensalismo: a rêmora utiliza os restos alimentares do tubarão, que não sofre impactos devido a essa relação.
- Mutualismo: as duas espécies se beneficiam da relação, porém morrem se forem separadas.
- Protocooperação: os dois animais se beneficiam da relação, porém conseguem sobreviver quando a relação é interrompida.
- Mutualismo: as duas espécies se beneficiam da relação, e uma delas morre quando ela é interrompida.

Organizando as relações interespecíficas

Todas as relações apresentadas podem ser classificadas em dois grandes grupos: interações **negativas** e interações **positivas**. As interações negativas, ou desarmonicas, são aquelas que apresentam prejuízo para algum participante da relação. Na competição, o prejuízo ocorre para as duas espécies; no amensalismo, só uma espécie é prejudicada, sem benefício nem prejuízo para a outra. Há casos de relações negativas em que um dos indivíduos é beneficiado e o outro é prejudicado, como no predatismo, no parasitismo e no esclavagismo (Fig. 14).

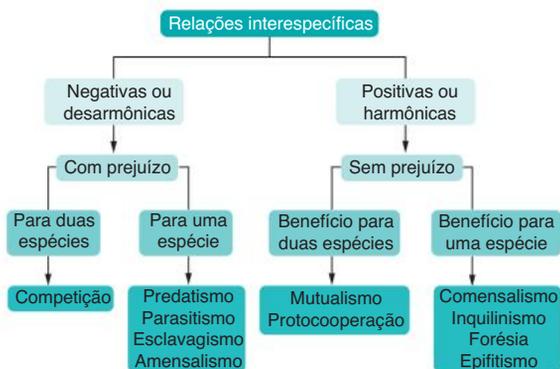


Fig. 14 Classificação das relações interespecíficas baseada na ocorrência de prejuízo ou benefício.

As interações **positivas**, ou **harmônicas**, não envolvem prejuízo para nenhum dos participantes. Pode haver benefício para as duas espécies (mutualismo e protocooperação) ou benefício para uma espécie apenas (comensalismo, forésia, inquilinismo e epifitismo).

Simbiose

O termo simbiose refere-se a associações entre seres vivos de espécies diferentes e que envolvem grande intimidade e dependência de pelo menos um dos participantes da relação. Pode incluir mutualismo, parasitismo, comensalismo e inquilinismo.

Sucessão ecológica

Conceito de sucessão

As populações componentes de uma comunidade podem ser substituídas por outras populações ao longo do tempo; com isso, a comunidade pode se alterar significativamente. Por exemplo, uma lagoa sofre naturalmente um processo de assoreamento: as chuvas carregam sedimentos para o leito da lagoa, que vai gradualmente desaparecendo. Assim, uma comunidade aquática desaparece e, no mesmo local, desenvolve-se uma comunidade terrestre, como uma floresta, constituída por espécies bem

diferentes das que ocupavam aquele espaço. Esse processo é conhecido como sucessão ecológica, ou seja, o conjunto de etapas do desenvolvimento de uma comunidade em um determinado ambiente. O processo de sucessão ecológica tende a gerar uma comunidade clímax, com grande estabilidade e diversidade de espécies.

Comunidade clímax

Os biomas espalhados pelo planeta apresentam comunidade na fase de clímax. A comunidade da Floresta Amazônica, por exemplo, encontra-se no estágio de clímax. Isso quer dizer que, com as condições do ambiente (umidade, temperatura, luminosidade), ela tem o máximo possível de espécies (biodiversidade) e a máxima biomassa. Elevada biodiversidade significa a existência de grande variedade de nichos ecológicos, pois cada espécie ocupa um nicho próprio. Uma comunidade com grande biodiversidade tem teias alimentares complexas, pois há vários integrantes de cada nível trófico, muitos tipos de produtores, inúmeros herbívoros (consumidores primários), e assim por diante (Fig. 15).

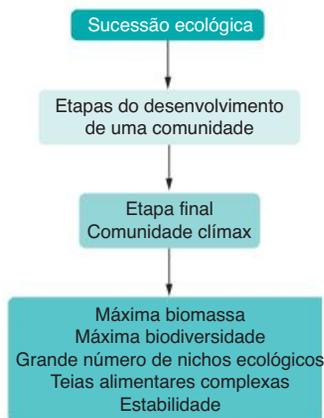


Fig. 15 A sucessão ecológica tem como estágio final a comunidade clímax.

Se as condições ambientais forem mantidas, a comunidade permanece estável. Além disso, há grande reciclagem de matéria. Isso inclui o ciclo do carbono. Toda a matéria orgânica gerada pelos produtores, denominada **produtividade bruta (PB)**, é consumida na respiração celular de todos os níveis tróficos (produtores, consumidores e decompositores). Em uma comunidade clímax, toda a matéria orgânica e todo o gás oxigênio gerados na fotossíntese são consumidos na respiração de toda a comunidade. **Produtividade líquida (PL)** é o saldo resultante entre a produtividade bruta e a **respiração da comunidade (R)**. Assim, a comunidade clímax tem PL igual a zero.

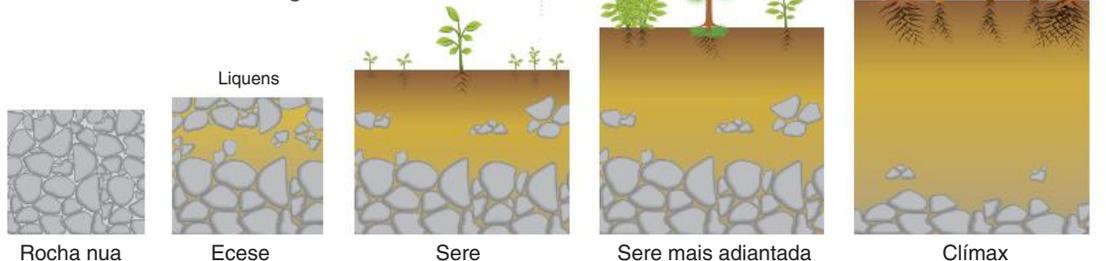


Fig. 16 Etapas da sucessão ecológica primária, iniciada em rocha nua: ao longo do tempo, forma-se um solo que se torna cada vez mais espesso. Espécies diferentes, sucessivamente, ocupam esse ambiente: líquens → musgos → samambaias e gramíneas → arbustos e árvores, atingindo a comunidade clímax.

PB = produtividade bruta
 PL = produtividade líquida
 R = respiração da comunidade

$$PL = PB - R$$

Na comunidade clímax, $PB = R \rightarrow PL = 0$.

Sucessão primária

Sucessão primária é o desenvolvimento de uma comunidade em um local onde praticamente não havia seres vivos, como a superfície de uma ilha que foi formada por lava vulcânica, seguida de resfriamento. Outros locais praticamente sem organismos são rochas nuas e dunas de areia. Esses ambientes podem ser colonizados por organismos procedentes de outros locais e uma nova comunidade ali se desenvolve. Com o tempo, pode ser constituída uma comunidade clímax.

A sucessão primária tem três fases: ecese, sere e clímax. **Ecese** é a fase inicial, na qual o ambiente é colonizado pelas chamadas **espécies pioneiras**, capazes de sobreviver às condições peculiares do ambiente. No caso de uma rocha nua, as espécies pioneiras são representadas por líquens. Essa associação entre fungos e seres fotossintetizantes (algas ou cianobactérias) permite que os dois componentes do líquen sobrevivam, mesmo que não exista um solo capaz de reter água na superfície da rocha. Com o tempo, os líquens desprendem ácidos a partir de sua atividade metabólica, e isso vai corroendo lentamente a rocha, contribuindo para a formação de um solo em sua superfície, o que modifica o ambiente e gera condições para o desenvolvimento de outros organismos, como musgos (plantas do grupo das briófitas).

Na fase seguinte, **sere**, o solo está mais espesso e permite o desenvolvimento de plantas com porte um pouco mais avantajado, como gramíneas (capim) e pteridófitas (samambaias). Isso atrai animais pequenos para o local, e a biodiversidade aumenta.

Na etapa posterior, **clímax**, o solo tornou-se bem mais espesso e plantas maiores se desenvolvem. A biodiversidade e a biomassa tornam-se máximas. A comunidade tem grande estabilidade e não se altera, caso as condições ambientais não sofram muitas mudanças (Fig. 16).

Vimos que a comunidade clímax apresenta produtividade líquida igual a zero, pois tudo o que ela produz na fotossíntese (produtividade bruta) é consumido na respiração. Assim, a comunidade clímax não tem aumento nem diminuição da biomassa total. Isso pode ser expresso por:

$$PL = PB - R$$

$$PB = R \rightarrow PL = 0$$

$$\text{ou } \frac{PB}{R} = 1$$

Nos estágios de ecese e sere, ocorre aumento de biomassa, isto é, a fotossíntese supera a respiração (a produção de matéria orgânica é maior do que seu consumo). Isso pode ser expresso por:

$$PL = PB - R$$

$PB > R \rightarrow PL > 0$ (Há um saldo positivo de matéria orgânica, que provoca aumento da biomassa).

$$\text{ou } \frac{PB}{R} > 1$$

Um campo cultivado não constitui uma comunidade clímax, pois sua biodiversidade é muito baixa e não apresenta estabilidade. A manutenção do campo cultivado depende da ação do ser humano, que emprega defensivos agrícolas para evitar a entrada de ervas invasoras, fungos e insetos capazes de comprometer a lavoura. Além disso, a produtividade bruta é maior do que a respiração, tendo uma produtividade líquida muito elevada, isto é, há um grande saldo de matéria orgânica.

$$PB \gg R \rightarrow PL \gg 0$$

$$\text{ou } \frac{PB}{R} \gg 1$$

A elevada produtividade líquida resulta da redução de competição entre organismos da mesma espécie (as plantas são cultivadas com um grande espaçamento entre elas) e com seres de outras espécies (como ervas invasoras). Os herbívoros, como roedores e insetos, são mantidos afastados. Há um bom suprimento de água e nutrientes minerais, adquiridos com uso de adubos ou fertilizantes (Fig. 17).



Sarahemcc/Wikimedia Commons

Fig. 17 Um campo cultivado não é uma comunidade clímax; possui baixa biodiversidade, pequena estabilidade e elevada PL.

Sucessão secundária

Sucessão secundária ocorre quando a comunidade de um ambiente é substituída por outro tipo de comunidade. É o caso já descrito de uma lagoa que sofre o processo de assoreamento e, em seu lugar, ocorre o desenvolvimento de uma floresta (Fig. 18). Um campo cultivado que é abandonado sofre uma rápida substituição por plantas e animais próprios da região. Pode ocorrer o desenvolvimento de uma mata bem diversificada no antigo campo cultivado.

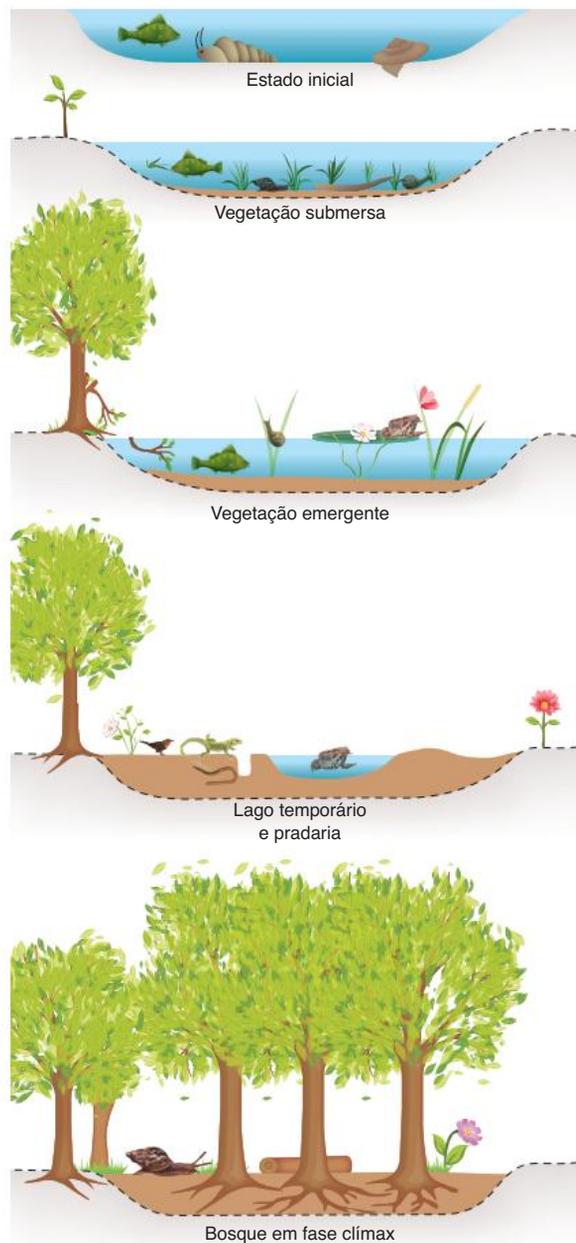


Fig. 18 Sucessão secundária relacionada com assoreamento de lagoa e sua substituição por comunidade florestal.

Um caso importante de sucessão secundária é o de uma clareira aberta no meio de uma floresta. As espécies pioneiras normalmente são gramíneas, dotadas de sementes leves, que são transportadas pelo vento. Também ocorre o desenvolvimento de samambaias, cujos esporos disseminam-se facilmente pelo vento. Com o tempo, surgem arbustos e depois árvores, havendo a restituição de uma vegetação similar à que havia antes do surgimento da clareira.

As condições de um ambiente podem ser modificadas por algum fator externo, como fogo, vulcões, assoreamento de rios e de lagoas. O ser humano altera as condições do ambiente e pode desencadear uma sucessão ecológica, como quando provoca desmatamento, incêndios, erosão entre outros. A poluição também é um fator de alteração ambiental e que pode promover sucessão ecológica, já que algumas espécies são mais favorecidas do que outras quando ocorrem mudanças ambientais.

Revisando

1 Conceitue população.

2 Quais são os dois tipos de relações intraespecíficas positivas? Qual é a principal diferença entre elas?

3 Cite os dois tipos de interações negativas intraespecíficas.

4 O que é densidade populacional?

5 Indique os quatro fatores que interferem diretamente no número de indivíduos de uma população. Utilizando esses fatores, mostre em que situações ocorre crescimento, diminuição ou estabilidade da população.

6 O que é potencial biótico?

7 Cite os principais fatores de resistência ambiental.

8 Indique as fases do crescimento de uma população que tem crescimento representado por uma curva sigmoide.

9 O que é competição?

10 O que é o princípio da exclusão competitiva?

11 Defina amensalismo.

12 Diferencie mutualismo de protocooperação.

13 O que é comensalismo?

14 Cite a vantagem obtida por uma das espécies envolvidas nas associações: forésia, inquilinismo e epifitismo.

15 O que é herbivoria?

16 O termo simbiose envolve quais tipos de relações ecológicas?

17 Qual a diferença entre sucessão primária e secundária?

18 O que é uma comunidade clímax?

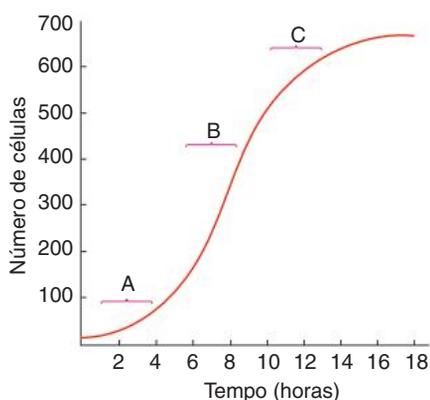
19 Em quais fases de uma sucessão primária há aumento da biomassa?

Exercícios propostos

1 UEL Sobre uma população ecológica em declínio, é correto afirmar que:

- A ou a taxa de mortalidade ou a de emigração, ou ambas devem estar suplantando a soma das taxas de natalidade e de imigração.
- B ou a taxa de natalidade ou a de imigração deve estar suplantando a soma das taxas de mortalidade e de emigração.
- C a soma das taxas de natalidade e imigração deve estar suplantando a soma das taxas de mortalidade e de emigração.
- D o declínio é resultado de uma emigração menor.
- E as taxas de emigração e imigração não influenciam o tamanho populacional.

2 Unicamp O gráfico a seguir mostra o crescimento da população de uma determinada bactéria *in vitro*.



Compare as tendências de crescimento populacional nos períodos A e C. Em qual desses períodos a tendência de crescimento é maior? Dê uma explicação para o fato de essas tendências serem diferentes nesses períodos.

3 UFRGS 2019 Em relação às densidades populacionais dos ecossistemas, é correto afirmar que

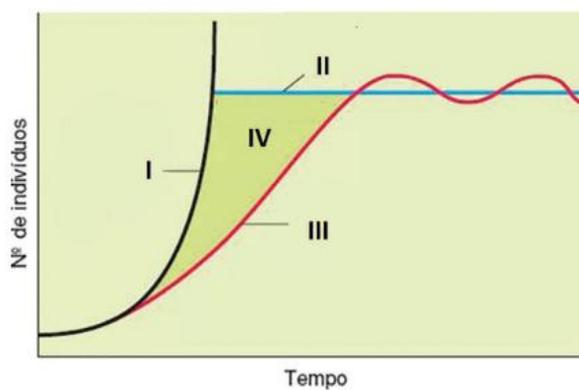
- A as populações aumentam independentemente das condições ambientais.
- B os limites ambientais provocam aumento das taxas de mortalidade e diminuição das taxas de natalidade.
- C os gráficos que expressam o tamanho de populações em relação ao tempo formam curvas ascendentes contínuas.
- D as espécies de vidas curtas têm baixas taxas reprodutivas.
- E essas densidades são sempre maiores do que teoricamente possível.

4 UEMG 2019 As populações possuem diversas características próprias, mensuráveis. Cada membro de uma população pode nascer, crescer e morrer, mas somente

uma população como um todo possui taxas de natalidade e de crescimento específicas, além de possuir um padrão de dispersão no tempo e no espaço. O tamanho de uma população pode ser avaliado pela sua densidade. A densidade populacional pode sofrer alterações. Mantendo-se fixa a área de distribuição, a população pode aumentar devido a nascimentos e imigrações. A diminuição da densidade pode ocorrer como consequência de mortes ou de emigrações.

Disponível em: https://www.sobiologia.com.br/conteudos/bio_ecologia/ecologia16.php Acesso: 11 de dez. 2018.

O gráfico a seguir representa a curva de crescimento de uma população a partir de um pequeno número de indivíduos:

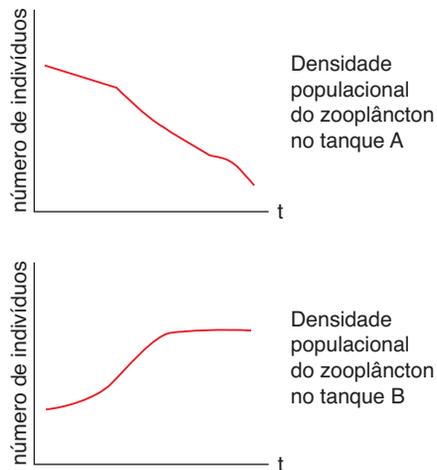


FONTE: AMABIS, J. M.; MARTHO, G. R. *Biologia em contexto*. Volume único. 1ª ed. São Paulo: Moderna, 2013, p. 77 (Adaptado).

Sobre o gráfico, é INCORRETO afirmar que:

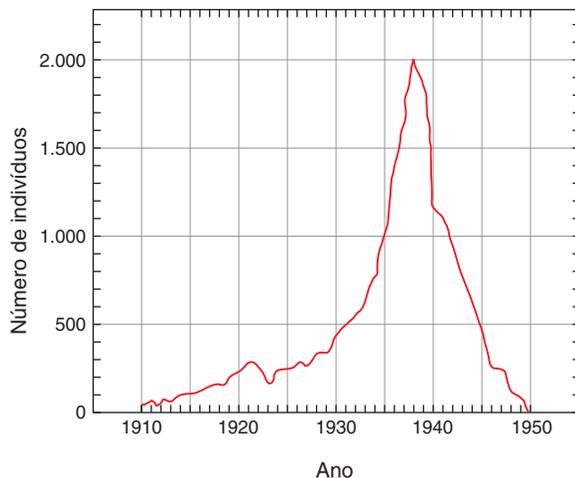
- A A curva I representa o crescimento intrínseco que é a capacidade teórica de crescimento de uma população biológica.
 - B A linha II representa o tamanho populacional máximo suportado pelo ambiente ou carga biótica máxima do meio.
 - C A curva III representa o crescimento populacional que é o resultado da interação entre a taxa de crescimento intrínseco e a resistência do meio.
 - D A área IV representa a resistência ambiental, trata-se meramente dos fatores abióticos que limitam o crescimento populacional.
- 5 Unesp Ao observar as comunidades aquáticas de um lago, um pesquisador fez a seguinte pergunta: "Qual a influência dos peixes planctófagos (que se alimentam de plâncton) sobre o crescimento populacional de suas presas, o zooplâncton?" Para responder a essa pergunta, o pesquisador montou o seguinte experimento: Selecionou dois tanques, denominando-os de "tanque A" e de "tanque B", mantendo-os em locais com as mesmas condições ambientais, as quais foram constantes durante todo o experimento. No tanque A, ele colocou água do lago, adicionando fitoplâncton, zooplâncton e o peixe planctófago. No tanque B, ele

colocou água do lago, fitoplâncton e zooplâncton. Após observações periódicas das populações, o pesquisador construiu os seguintes gráficos para o crescimento populacional das presas (zooplâncton) nos dois tanques:



Considerando a cadeia alimentar fitoplâncton → zooplâncton → peixe planctófago, explique o que ocorreu com as densidades populacionais observadas pelo pesquisador nos dois tanques, citando o tipo de crescimento que ocorreu no tanque B.

6 Fuvest 2011 Em 1910, cerca de 50 indivíduos de uma espécie de mamíferos foram introduzidos numa determinada região. O gráfico a seguir mostra quantos indivíduos dessa população foram registrados a cada ano, desde 1910 até 1950.



BSCS Biology – An ecological approach. Kendal/Hunt Pub.Co., 5 ed., 2006. (Adapt.).

Esse gráfico mostra que:

- A desde 1910 até 1940, a taxa de natalidade superou a de mortalidade em todos os anos.
- B a partir de 1938, a queda do número de indivíduos foi devida à emigração.
- C no período de 1920 a 1930, o número de nascimentos mais o de imigrantes foi equivalente ao número de mortes mais o de emigrantes.

- D no período de 1935 a 1940, o número de nascimentos mais o de imigrantes superou o número de mortes mais o de emigrantes.
- E no período de 1910 a 1950, o número de nascimentos mais o de imigrantes superou o número de mortes mais o de emigrantes.

7 Uerj Na natureza, são frequentes os exemplos de relações benéficas entre indivíduos, mesmo de espécies diferentes, como é o caso do caranguejo paguro e da anêmona.

O caranguejo aumenta sua proteção vivendo em conchas abandonadas e permitindo que anêmonas – produtoras de substância urticante contra predadores – se depositem nelas. As anêmonas, por sua vez, ganhando mobilidade, capturam melhor os alimentos. O tipo de interação descrito é denominado:

- A colônia.
- B sociedade.
- C amensalismo.
- D protocooperação.

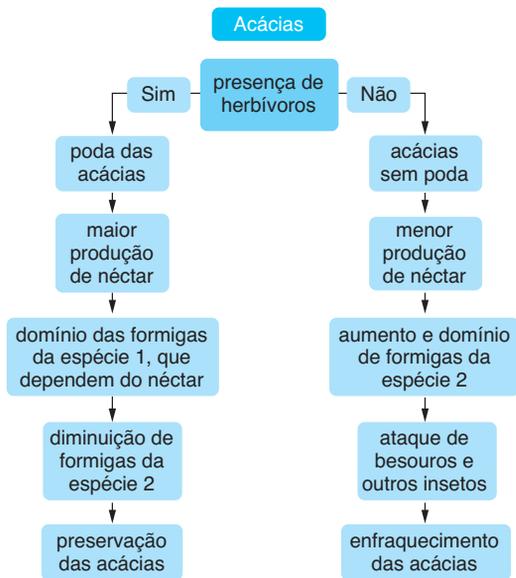
8 UFMS 2020 “Na natureza, a competição ocorre quando os indivíduos têm recursos limitados e pode ocorrer por meio de exploração ou interferência direta ou ser uma competição aparente. O resultado da competição pode ser alterado por condições abióticas, perturbações e interações com outras espécies”.

(RICKLEFS, R.; RE LYE, R. A Economia da Natureza. 7ª Ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2014).

Entre os padrões observados nessa interação negativa, o princípio da exclusão competitiva é um deles e pode ser definido como:

- A duas espécies não podem coexistir indefinidamente quando ambas são limitadas pelo mesmo recurso.
- B uma espécie preda a outra para a obtenção de recursos.
- C duas espécies são especialistas em recursos não renováveis.
- D uma população aumenta até que o suprimento do recurso mais limitante impeça seu crescimento adicional.
- E indivíduos da mesma espécie competem por um mesmo tipo de recurso.

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



Disponível em: <cienciahoje.uol.com.br>. (Adapt.).

De acordo com as informações acima:

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

- 10 Uece** Como consequência de práticas de cultivo inadequadas, ocorrem alterações ambientais que resultam na perda de nutrientes essenciais ao desenvolvimento das plantas. Para minimizar esta perda, é recomendado o plantio de leguminosas que auxiliam na fixação do nitrogênio no solo. Assinale a alternativa que contém o tipo de interação entre espécies que está envolvido nesta relação.
- A** Mutualismo.
- B** Competição.
- C** Parasitismo.
- D** Amensalismo.

- 11 FGV-SP** Um biólogo foi a campo e cavou os ninhos de dois formigueiros distintos, porém da mesma espécie de formigas saúvas. Um dos formigueiros havia sido abandonado pelas formigas há pouco tempo, enquanto o outro formigueiro ainda estava ativo. No formigueiro ativo, observou a presença de uma única espécie de fungo, o qual era cultivado e utilizado pelas formigas como alimento. No formigueiro abandonado, o biólogo observou a presença de fungos de várias espécies, mas não daquela presente no

formigueiro ativo. Ao estudar o assunto, verificou que essa espécie de fungo só ocorre quando em associação com essa espécie de formiga.

Sobre essa espécie de formiga e essa espécie de fungo, pode-se dizer que apresentam uma relação conhecida como:

- A** amensalismo, na qual o fungo é prejudicado pela presença das formigas, mas estas não são afetadas pela presença do fungo.
- B** parasitismo, em que as formigas são as parasitas e dependem do fungo para sua alimentação e reprodução.
- C** inquilinismo, na qual os fungos beneficiam-se do ambiente e cuidados proporcionados pelo formigueiro, sem prejuízo às formigas.
- D** mutualismo, em que tanto os fungos quanto as formigas dependem uns dos outros para a sobrevivência.
- E** comensalismo, no qual as formigas, comensais, obtêm seu alimento da espécie associada, os fungos, sem que estes sejam prejudicados ou beneficiados.

- 12 Acafe 2017** As relações ecológicas são interações entre os seres vivos que vivem em um determinado ambiente. Essas interações podem trazer ou não benefícios para os envolvidos. Assim, correlacione as colunas a seguir.
- (1) Amensalismo
(2) Esclavagismo
(3) Inquilinismo
(4) Competição
(5) Parasitismo

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

A sequência correta, de cima para baixo, é:

- A** 2 - 4 - 1 - 5 - 3
- B** 5 - 1 - 3 - 4 - 2
- C** 4 - 3 - 5 - 2 - 1
- D** 1 - 5 - 2 - 4 - 3

13 FGV-SP Na aula em que se discutia o assunto relações interespecíficas, a professora apresentou aos alunos, em DVD, as cenas iniciais do filme *Procurando Nemo* (Walt Disney Pictures e Pixar Animation Studios, 2003). Nessas cenas, um casal de peixes-palhaço (*Amphiprion ocellaris*) protege seus ovos em uma cavidade na rocha, sobre a qual há inúmeras anêmonas (classe *Anthozoa*). Contudo, uma barracuda (*Sphyræna barracuda*) ataca o casal, devorando a fêmea e seus ovos. Apenas um ovo sobrevive, que o pai batiza de Nemo. Nemo e seu pai, Marlin, vivem protegidos por entre os tentáculos da anêmona que, segundo a explicação da professora, se beneficia dessa relação aproveitando os restos alimentares de pai e filho.

Em ecologia, as relações interespecíficas entre o peixe-palhaço e a anêmona, e entre a barracuda e o peixe-palhaço, são chamadas, respectivamente, de:

- A mutualismo e parasitismo.
- B protocooperação e predação.
- C comensalismo e predação.
- D inquilinismo e parasitismo.
- E parasitismo e predação.

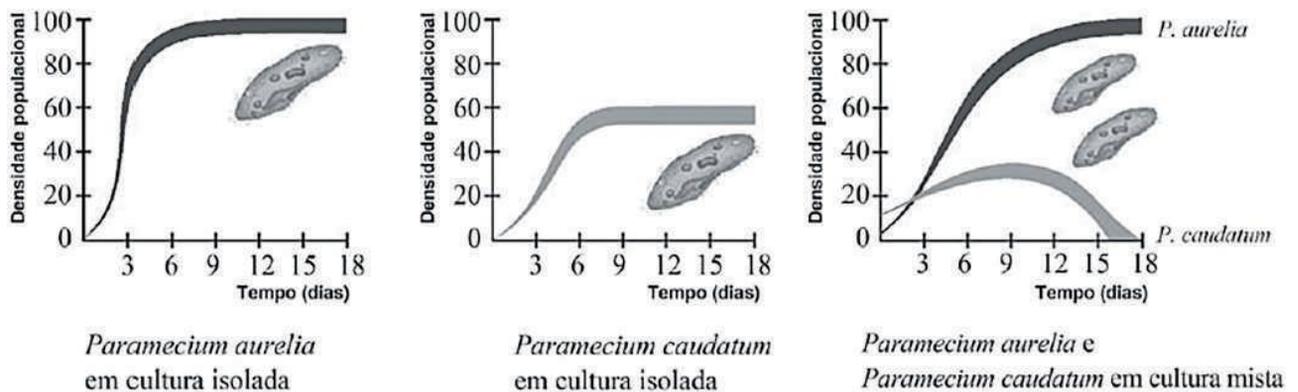
14 UFJF 2017 Considerando o estudo das relações ecológicas entre seres vivos, analise as seguintes afirmativas:

- I. A hiena pode se alimentar das sobras deixadas pelos leões e isso não representa prejuízo para nenhuma das duas espécies.
- II. O anu é uma ave que se alimenta de insetos e pequenos parasitas que habitam o corpo de bois.
- III. Existem protozoários do gênero *Triconympha* que habitam o corpo de cupins, promovendo a digestão da celulose, processo que o inseto não conseguiria realizar sozinho.
- IV. Animais podem disputar, entre si, recursos do ambiente, território e parceiros para reprodução.
- V. O nematoide *Ancylostoma duodenale* causa uma doença chamada amarelão.

Após a análise das afirmativas, determine a alternativa que contém a sequência CORRETA (de I até V) das relações ecológicas envolvidas nestas afirmativas:

- A inquilinismo; protocooperação; competição; mutualismo; parasitismo.
- B comensalismo; mutualismo; protocooperação; competição; parasitismo.
- C protocooperação; parasitismo; inquilinismo; competição; mutualismo.
- D comensalismo; protocooperação; mutualismo; competição; parasitismo.
- E competição; parasitismo; mutualismo; protocooperação; inquilinismo.

15 PUC-Rio 2013 As figuras a seguir mostram o crescimento populacional, ao longo do tempo, de duas espécies de *Paramecium* cultivadas isoladamente e em conjunto. Os resultados desse experimento embasaram o que é conhecido como Princípio de Gause.



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

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

- A A espécie *P. aurelia* é predadora de *P. caudatum*.
- B *P. aurelia* exclui *P. caudatum* por competição intraespecífica.
- C *P. aurelia* e *P. caudatum* utilizam recursos diferentes.
- D *P. aurelia* exclui *P. caudatum* por parasitismo.
- E *P. aurelia* exclui *P. caudatum* por competição interespecífica.

16 UFPR 2017 Para atrair potenciais polinizadores, as plantas comumente armazenam néctar nas suas flores em estruturas específicas chamadas de nectários. Contudo, várias espécies de plantas também podem apresentar nectários longe das flores, os chamados “nectários extraflorais”. Essas estruturas podem ser encontradas em vários locais, como folhas e brotos. Durante a sua procura por alimento, formigas se deparam com esses nectários, passam a se alimentar do néctar produzido, a eles retornando repetidamente. Durante essa atividade, as formigas acabam patrulhando essas plantas e defendendo-as contra potenciais herbívoros, como lagartas e percevejos. Esse tipo de interação entre formigas e plantas com nectários extraflorais pode ser categorizado como:

- A epifitismo.
- B mutualismo.
- C colonialismo.
- D predação.
- E parasitismo.

17 Uece 2019 Estima-se que existam 1 milhão e 500 mil espécies de fungos. Essa estimativa coloca os fungos como o segundo maior grupo de organismos vivos: o primeiro, em termos de número de espécies, é o grupo dos insetos. Considerando as associações simbióticas que têm a participação de fungos, assinale a afirmação verdadeira.

- A Comensalismo é um tipo de associação mutualística entre fungos e algas, na qual as algas têm aumentada sua capacidade de absorção de água e sais minerais, enquanto o fungo recebe matéria orgânica para a sua sobrevivência.
- B Líquen é um tipo de associação mutualística entre fungos e raízes de plantas, na qual as plantas têm aumentada sua capacidade de absorção de água e sais minerais, enquanto o fungo recebe matéria orgânica para sua sobrevivência.
- C *Rhizobium* é um tipo de associação mutualística entre fungos e raízes de plantas leguminosas, na qual as plantas têm aumentada sua capacidade de absorção de água e sais minerais, enquanto o fungo recebe matéria orgânica para a sua sobrevivência.
- D Micorriza é um tipo de associação mutualística entre fungos e raízes de plantas, na qual as plantas têm aumentada sua capacidade de absorção de água e sais minerais, enquanto o fungo recebe matéria orgânica para a sua sobrevivência.

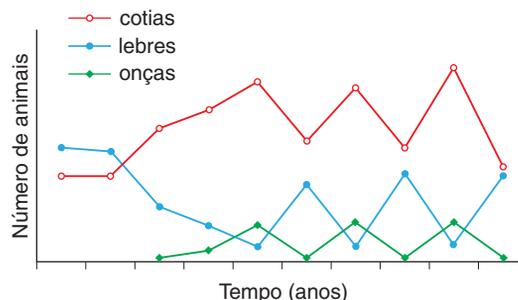
18 Cefet-SC Uma menina de três anos está internada em coma na Unidade de Terapia Intensiva (UTI) do Hospital Infantil Santa Catarina, em Criciúma, no Sul de Santa Catarina, por intoxicação com agrotóxico. Na última sexta-feira, a mãe lavou sua cabeça para tentar matar os piolhos e aplicou defensivo agrícola usado em roças de couve-flor.

A. P. Cardoso. “Mãe intoxica filha para matar piolhos em SC”. Diário Catarinense, 18 mar. 2008.

O texto anterior citado menciona uma relação ecológica muito conhecida, o parasitismo, envolvendo piolhos e seres humanos. Os seres vivos de diversas comunidades existentes nos ecossistemas estabelecem relações entre si que podem promover benefícios ou malefícios para os indivíduos envolvidos. Sobre esse assunto, assinale a alternativa correta.

- A O mutualismo é uma relação considerada desarmônica, uma vez que os indivíduos envolvidos competem pelo alimento.
- B Os líquens são associações entre plantas e fungos, caracterizando uma relação harmônica interespecífica.
- C As relações harmônicas são aquelas que sempre trazem benefícios para todos os indivíduos envolvidos.
- D A relação de parasitismo entre os piolhos e a menina, citada no texto acima, também é conhecida como simbiose.
- E O parasitismo é uma relação desarmônica, na qual um dos indivíduos envolvidos sofre algum tipo de desvantagem.

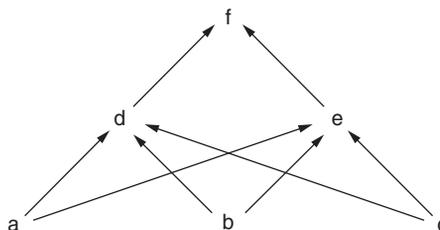
19 UFJF Numa reserva biológica, onde conviviam cotias e lebres, foram introduzidos alguns casais de onça. Recentemente, o levantamento das populações de cotias, lebres e onças nessa reserva revelou os resultados apresentados a seguir.



Analise o gráfico e assinale a alternativa correta.

- A A introdução das onças não produz alterações nas populações de cotias e lebres.
- B A relação ecológica entre cotias e lebres é de competição.
- C As lebres são eliminadas da reserva por competição interespecífica.
- D As onças apresentam relação harmônica com as lebres e as cotias.
- E As onças e as cotias fazem parte de um mesmo nível trófico.

20 Unesp Considere a rede alimentar:



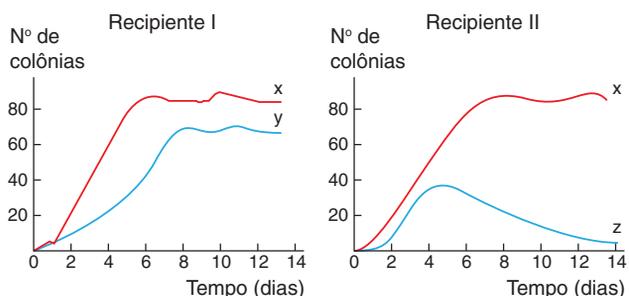
Sabe-se que, quando a espécie *f* é retirada experimentalmente, a população da espécie *d* apresenta um declínio acentuado. Isso indica que a relação interespecífica que provavelmente existe entre as espécies *d* e *e*, na ausência de *f*, é:

- A parasitismo. D mutualismo.
 B competição. E cooperação.
 C predação.

21 Unifesp X, Y, e Z são diferentes espécies de bactérias aeróbicas heterotróficas. X e Z conseguem viver somente em presença de alta luminosidade, próximas à superfície do meio de cultura, e Y só vive em baixa luminosidade, imersa no meio de cultura. Um pesquisador realizou o seguinte experimento:

No recipiente I, implantou uma colônia de bactéria X na superfície e uma colônia de bactéria Y no interior do meio de cultura. No recipiente II, realizou o mesmo procedimento, desta vez com colônias de bactérias X e Z, ambas implantadas na superfície do meio de cultura. Todas as colônias possuíam número semelhante de indivíduos e suprimento alimentar distribuído homogeneamente nos recipientes.

Os resultados da multiplicação das colônias ao longo do tempo encontram-se expressos nos dois gráficos a seguir.



Usando exclusivamente as informações fornecidas, pode-se dizer corretamente que:

- A X e Y competem pelo alimento, porém, ambas são igualmente bem-adaptadas na obtenção do mesmo. A bactéria Z, por sua vez, não é capaz de competir com X nem com Y, pois apresenta baixa capacidade adaptativa.
 B X e Y possuem o mesmo nicho ecológico e possuem habitats diferentes, não ocorrendo competição por alimento. X e Z, por sua vez, possuem nichos muito distintos, mas mesmo habitat, o que promove a competição e a eliminação do menos apto.
 C X e Y apresentam uma relação mutualística, em que cada uma se beneficia da convivência com a outra e, por isso, ambas se desenvolvem. X e Z apresentam comportamento de predação de Z por X, o que leva à eliminação da colônia.
 D X e Y ocupam nichos ecológicos muito distintos e, embora o alimento seja o mesmo, há baixa competição por ele. X e Z, em contrapartida, ocupam nichos semelhantes, havendo competição e eliminação de Z, que demonstra ser menos apta que X para obter alimento.

E X e Y apresentam uma relação de comensalismo, em que Y se beneficia dos restos de alimento deixados por X. Por sua vez, Z é predada por X até a completa eliminação da colônia.

22 Enem 2019 As cutias, pequenos roedores das zonas tropicais, transportam pela boca as sementes que caem das árvores, mas, em vez de comê-las, enterram-nas em outro lugar. Esse procedimento lhes permite salvar a maioria de suas sementes enterradas para as épocas mais secas, quando não há frutos maduros disponíveis. Cientistas descobriram que as cutias roubam as sementes enterradas por outras, e esse comportamento de “ladroagem” faz com que uma mesma semente possa ser enterrada dezenas de vezes.

Disponível em: <http://chc.cienciahoje.uol.com.br>. Acesso em: 30 jul. 2012.

Essa “ladroagem” está associada à relação de

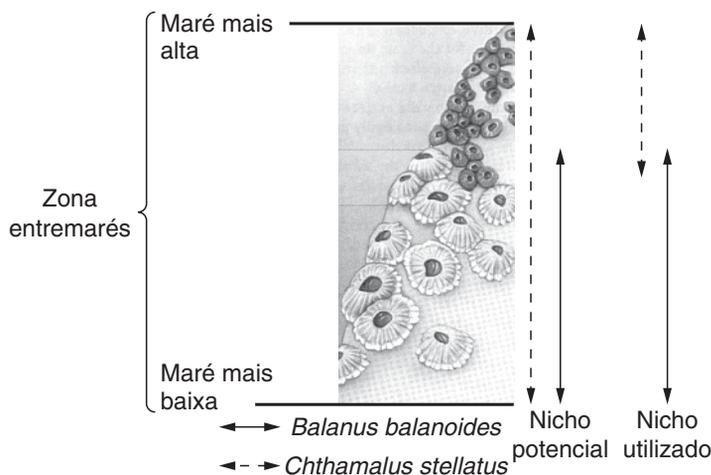
- A simfilia. D competição.
 B predatismo. E comensalismo.
 C parasitismo.

23 UEPG 2018 Em uma comunidade há várias relações entre os seres vivos. Algumas ocorrem entre seres da mesma espécie, enquanto outras, entre seres de espécies diferentes. Além disso, em alguns casos, ambas espécies são beneficiadas e, em outros, apenas uma delas é beneficiada. Considerando as relações entre os seres, assinale o que for correto.

- 01 Várias espécies de abelhas formam sociedades altamente organizadas. O trabalho é feito pelas operárias, fêmeas estéreis com ovários atrofiados. Estas possuem aparelho bucal e patas especializadas para a colheita do pólen.
 02 Na competição intraespecífica (entre seres de espécies diferentes), uma espécie é prejudicada sem que a outra seja afetada. Por exemplo, as epífitas que ficam sobre as árvores, competindo com elas pela luz solar.
 04 O comensalismo acontece quando duas espécies se associam e apenas uma delas se beneficia, sem haver prejuízo para a outra. Exemplo: a rêmora prende-se ao corpo do tubarão, obtendo assim restos de comida.
 08 No mutualismo, dois seres de espécies diferentes estão intimamente associados. Como exemplo, podemos citar a micorriza (mutualismo entre plantas e certos fungos presentes nas raízes). O fungo facilita a absorção de sais e decomposição de substâncias para a planta e recebe dela produtos resultantes da fotossíntese.
 16 Como exemplo de amensalismo, temos a tênia que vive no intestino delgado dos humanos. Neste caso de relação, os parasitas se instalam no corpo de outros seres, os hospedeiros, sendo responsável pela manifestação de doenças.

Soma:

- 24 UFU** As cracas são crustáceos que se fixam às rochas nas regiões entre marés. Nessas regiões, os organismos estão adaptados às flutuações diárias da maré e, conseqüentemente, a todas as mudanças físicas que ocorrem. A figura a seguir mostra a distribuição de duas espécies de cracas, *Balanus balanoides* e *Chthamalus stellatus* em uma zona entremarés. Pode-se observar que os adultos dessas duas espécies ocupam duas zonas horizontais distintas, com uma pequena área de superposição. É interessante notar, ainda, que, se removermos experimentalmente a espécie *B. balanoides*, a espécie *C. stellatus* ocupará toda a região rochosa. Contudo, se removermos a espécie *C. stellatus*, a espécie *B. balanoides* continuará ocupando apenas as áreas mais baixas ao longo dessa região.



P. H. Raven; G. B. Johnson. *Biology*. 3 ed. 1992.
R. C. Silva Júnior; S. Sasson. *Seres vivos: estrutura e função*. 7 ed. 2002.

Com base nas informações anteriores, pode-se afirmar que:

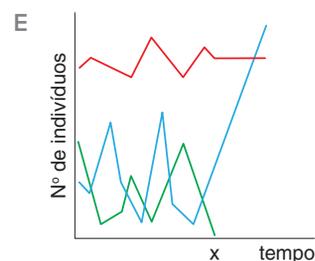
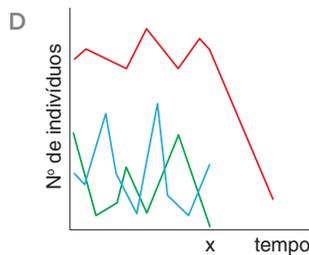
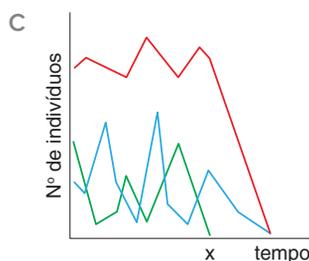
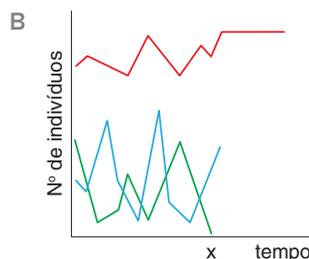
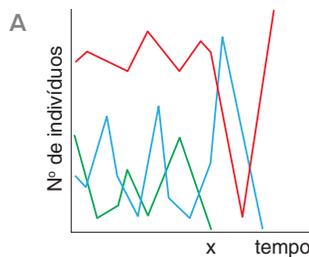
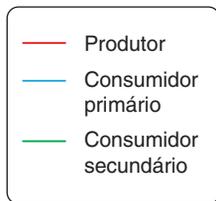
- A a situação apresentada é um caso típico de competição intraespecífica.
B na evolução destas espécies houve uma tendência à especialização dos nichos como uma resposta a fatores físicos como a dessecação, sendo que cada espécie passou a ocupar uma região delimitada da rocha.
C os adultos de *C. stellatus* não ocupam todo o nicho potencial devido à competição com *B. balanoides*.
D a distribuição das populações de *B. balanoides* é limitada pela competição interespecífica.
- 25 UFSM** Quem pratica esportes muitas vezes não avalia os avanços tecnológicos que carrega em seu “uniforme de trabalho”. Em calçados como o tênis, há o cuidado com o uso de materiais redutores da transpiração. Tudo para prevenir as micoses, geralmente causadas por fungos que se aproveitam do calor e umidade dos pés para obter abrigo e “saborear” a queratina das unhas, pele e pelos.

Revista Saúde, jan. 2002. p. 105. (Adapt.).

Os fungos causadores de micoses, ao buscar abrigo e alimento nos pés dos atletas, causando danos ao organismo, exercem um tipo de associação conhecido por:

- A mutualismo.
B inquilinismo.
C parasitismo.
D comensalismo.
E predatismo.
- 26 Enem PPL 2019** Algumas espécies de orquídeas apresentam flores que mimetizam vespas fêmeas, de forma que vespas machos são atraídas na tentativa de acasalamento. Ao chegarem às flores, os machos frequentemente entram em contato com o pólen da flor, sem prejuízo de suas atividades. Contudo, como não conseguem se acasalar, esses machos procuram novas fêmeas, podendo encontrar novas flores e polinizá-las. Essa interação ecológica pode ser classificada como
- A comensalismo.
B amensalismo.
C mutualismo.
D parasitismo.
E simbiose.

- 27 Fuvest** Numa determinada região, vivia uma comunidade composta de uma população de produtores, uma de consumidores primários e outra de consumidores secundários que, dizimada por uma infecção, deixou de existir no local, a partir do tempo X. Observou-se que as outras populações foram afetadas da maneira esperada. Assinale a alternativa que corresponde ao gráfico que representa corretamente o efeito da extinção dos consumidores secundários sobre a dinâmica das outras populações.



28 UEMG 2018 As briófitas mais conhecidas são os musgos, que formam extensos tapetes verdes sobre rochas, troncos de árvores e barrancos. Quando habitam rochas, fazem parte de um importante processo ecológico denominado sucessão ecológica. Em relação ao papel das briófitas nesse processo, assinale a alternativa correta.

- A Ao habitarem as rochas, as briófitas iniciam o processo de sucessão ecológica secundária, no qual se comportam como espécies-chave no ecossistema.
- B A comunidade formada pelas briófitas sobre a rocha pode ser considerada uma comunidade clímax, já que a rocha não pode sofrer alterações.
- C As briófitas são consideradas espécies secundárias por conseguirem viver em mais de um tipo de habitat além das rochas.
- D O processo de sucessão que ocorre nas rochas nuas é chamado de sucessão primária e as briófitas são as plantas pioneiras nesse habitat.

29 Fatec Vários eventos caracterizam a evolução de uma comunidade biológica durante uma sucessão ecológica. Assinale a alternativa que contém o conjunto correto desses eventos.

- A Modificações no microclima de uma comunidade em sucessão causam diminuição da diversidade biológica e aumento da biomassa.
- B O aumento da diversidade biológica de uma comunidade em sucessão leva ao aumento da biomassa e, à medida que as novas comunidades se sucedem, ocorrem modificações no microclima.
- C O aumento da biomassa da comunidade em sucessão leva ao aumento da diversidade biológica e à estabilização do microclima.
- D O aumento da diversidade biológica causa modificações no microclima de uma comunidade em sucessão, o que determina a diminuição da sua biomassa.
- E A estabilização do microclima e da biomassa determina o aumento da diversidade biológica de uma comunidade em sucessão.

30 FGV-SP A comunidade clímax constitui a etapa final de uma sucessão ecológica. Considera-se que a comunidade chegou ao clímax quando:

- A as teias alimentares, menos complexas, são substituídas por cadeias alimentares.
- B a produção primária bruta é igual ao consumo.
- C cessam a competição interespecífica e a competição intraespecífica.
- D a produção primária líquida é alta.
- E a biomassa vegetal iguala-se à biomassa dos consumidores.

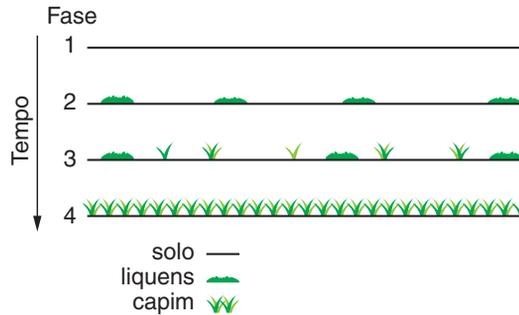
31 UEPG 2017 Uma comunidade pode se desenvolver gradualmente até atingir a maturidade, isto é, um equilíbrio relativo com as condições ambientais. Considerando as etapas de sucessão ecológica, assinale o que for correto.

- 01 A sucessão ecológica que ocorre em uma região estéril é chamada de primária, como no caso de terrenos com matas destruídas por incêndios, típicos das regiões de cerrado brasileiro.
- 02 A biomassa total (quantidade de matéria orgânica) tende a diminuir ao longo da sucessão ecológica, visto que há o aumento de decompositores e diminuição de seres fotossintetizantes, características típicas de uma comunidade clímax.
- 04 A instalação de líquens em regiões sem vida, como uma rocha nua, forma uma comunidade pioneira. Os líquens apresentam capacidade de reter água, realizam fotossíntese e fixam nitrogênio atmosférico. Modificam aos poucos as condições iniciais da região, permitindo assim a instalação de outros seres.
- 08 Ao longo da sucessão ecológica, observa-se um aumento da diversidade de espécies, pois novos seres chegam, novos nichos ecológicos são explorados e as teias alimentares tornam-se mais complexas.

Soma:

- 32 UFJF** As queimadas, comuns na estação seca em diversas regiões brasileiras, podem provocar a destruição da vegetação natural. Após a ocorrência de queimadas em uma floresta, é correto afirmar que:
- A com o passar do tempo, ocorrerá sucessão primária.
 - B após o estabelecimento dos líquens, ocorrerá a instalação de novas espécies.
 - C a comunidade clímax será a primeira a se restabelecer.
 - D somente após o retorno dos animais é que as plantas voltarão a se instalar na área queimada.
 - E a colonização por espécies pioneiras facilitará o estabelecimento de outras espécies.

33 Unifesp Analise a figura.



A figura mostra o processo de ocupação do solo em uma área dos pampas gaúchos. Considerando a sucessão ecológica, é correto afirmar que:

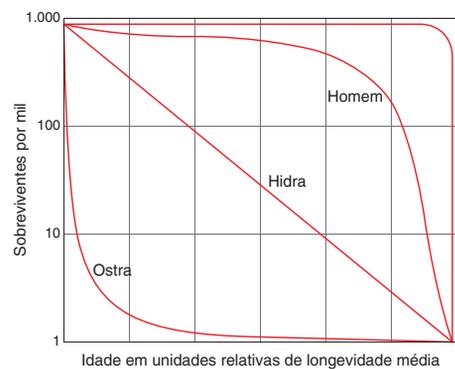
- A na fase 2 temos a sucessão secundária, uma vez que, na 1, teve início a sucessão primária.
- B ocorre maior competição na fase 3 que na 4, uma vez que capins e líquens habitam a mesma área.
- C após as fases representadas, ocorrerá um estágio seguinte, com arbustos de pequeno porte e, depois, o clímax, com árvores.
- D depois do estabelecimento da fase 4 surgirão os primeiros animais, dando início à sucessão zoológica.
- E a comunidade atinge o clímax na fase 4, situação em que a diversidade de organismos e a biomassa tendem a se manter constantes.

Textos complementares

Curvas de sobrevivência

As espécies de seres vivos podem ter diferentes padrões de sobrevivência de acordo com a idade dos indivíduos. Seres humanos de países desenvolvidos têm baixa mortalidade na infância e na vida adulta; apresentam alta longevidade, mas, a partir de uma fase da velhice, a taxa de mortalidade passa a ser elevada.

Um padrão oposto ocorre em ostras, que apresentam uma fase adulta sésil, comportando-se como filtradores. Sua reprodução envolve a formação de milhares de larvas natantes, que depois se fixam e passam ao estágio adulto. Poucas larvas atingem a fase adulta, havendo uma elevada taxa de mortalidade entre elas, principalmente por servirem de alimento para muitos organismos aquáticos. Assim, os adultos apresentam maior chance de sobrevivência. As hidras são cnidários sem estágio larval. Os indivíduos jovens, adultos e mais velhos têm a mesma chance de sobrevivência; assim, a taxa de mortalidade é a mesma em todas as idades. Esses diferentes comportamentos podem ser expressos em curvas de sobrevivência, que são gráficos que mostram a mortalidade dos indivíduos ao longo das etapas de sua vida.



Curvas de sobrevivência em diferentes espécies.

Controle biológico de pragas

O uso de defensivos agrícolas foi uma das razões do grande abastecimento de alimentos para a população humana e seu grande crescimento. Na introdução deste capítulo, foi visto o efeito devastador de um fungo nas plantações de batata na Irlanda. Combater pragas agrícolas é fundamental para a sobrevivência da nossa espécie. No entanto, muitos dos defensivos utilizados têm grande toxicidade para seres humanos e outros organismos do ambiente, podendo causar grandes transtornos no equilíbrio da natureza.

Uma alternativa é o emprego de controle biológico de pragas, com menores danos ambientais e sem comprometer a produtividade. Muitas vezes são empregados predadores ou parasitas de pragas. Entre predadores, há casos como o louva-a-deus, que devora insetos herbívoros, como gafanhotos e joaninhas, que comem pulgões. Peixes podem ser utilizados como organismos de controle, pois comem larvas aquáticas de mosquitos (como a larva do anófeles, transmissor de malária). Há diversos tipos de parasitas específicos (como bactérias, fungos, vírus, protozoários) que podem controlar pragas sem afetar outros organismos. O termo parasitoides se refere a certas larvas de insetos que se desenvolvem em outros organismos, provocando sua morte.

Neste capítulo, estudamos três tópicos: populações, relações interespecíficas e sucessão ecológica.

Populações

População é um conjunto de organismos da mesma espécie, vivendo em um mesmo ambiente, durante um determinado intervalo de tempo. Entre os seres da mesma espécie, há relações positivas (sem prejuízo) e relações negativas (com prejuízo).

Relações intraespecíficas positivas

São relações entre seres da mesma espécie. Existem dois tipos: colônia e sociedade. Indivíduos de uma colônia têm ligação física; sociedade é um grupo sem ligação física entre os indivíduos; pode haver divisão de funções, e os indivíduos dependem do conjunto para a sua sobrevivência.

Relações intraespecíficas negativas

São de dois tipos: canibalismo e competição. O canibalismo é a relação em que um indivíduo alimenta-se de outro da mesma espécie. A competição intraespecífica envolve disputa por recursos do ambiente. A competição é um componente da seleção natural, permitindo a sobrevivência e a reprodução dos indivíduos mais adaptados.

Densidade populacional

Densidade da população é a relação entre o número de indivíduos e o espaço ocupado (expresso em área ou em volume). A densidade populacional pode variar com alterações no espaço disponível ou no número de indivíduos. O número de indivíduos pode ter aumento por natalidade (N) e por imigração (I); redução do número de indivíduos ocorre por mortalidade (M) e emigração (E). Há três possibilidades sobre o comportamento da população:

$N + I > M + E$: crescimento da população.

$N + I < M + E$: diminuição da população.

$N + I = M + E$: população estável.

Crescimento populacional

Potencial biótico é a capacidade de reprodução de uma espécie. Resistência ambiental é o conjunto de fatores presentes no meio capazes de restringir o desenvolvimento de uma população, incluindo espaço limitado, pequena disponibilidade de alimento, problemas de natureza climática, acúmulo de resíduos, parasitismo, competição e predatismo. População não controlada é a que cresce sem a presença de fatores de resistência ambiental, apresentando crescimento exponencial. População controlada é sujeita à interferência da resistência ambiental.

Uma população mantida em local com espaço limitado, mas tendo condições ambientais adequadas, apresenta curva de crescimento sigmoide ou logística. O desenvolvimento dessa população apresenta quatro fases: pequeno crescimento inicial, crescimento muito rápido, diminuição do ritmo de crescimento e estabilização da população.

Representando a curva logística de uma população com a curva do seu potencial biótico, obtém-se uma área entre as duas curvas; essa área representa a força da resistência ambiental.

A população humana

O ser humano passou a ter grande controle sobre diversos fatores de resistência ambiental: produção elevada de alimento, medicamentos, vacinas, controle de predadores etc. Assim, a população humana vem apresentando um crescimento próximo ao padrão exponencial. Isso traz graves consequências para a manutenção do equilíbrio ecológico, como desmatamento, poluição, esgotamento de recursos naturais, acúmulo de lixo, redução de biodiversidade.

As relações interespecíficas

São relações entre seres de espécies diferentes. Neutralismo significa que a interação entre duas espécies é inexistente; uma espécie não interfere

na vida da outra, mesmo que entrem em contato. Há vários tipos de interações entre espécies de uma comunidade, como competição, amensalismo, predatismo etc.

Organizando as relações interespecíficas

As relações interespecíficas são classificadas em negativas e positivas. As interações negativas, ou desarmônicas, são aquelas que apresentam prejuízo para algum participante da relação. Na competição, o prejuízo ocorre para as duas espécies; no amensalismo só uma espécie é prejudicada, sem benefício nem prejuízo para a outra. Há casos de relações negativas em que um dos indivíduos é beneficiado e o outro é prejudicado, como no predatismo, no parasitismo e no esclavagismo.

As interações positivas, ou harmônicas, não envolvem prejuízo para nenhum dos participantes; pode haver benefício para as duas espécies (mutualismo e protocooperação) ou benefício para uma espécie apenas (comensalismo, forésia, inquilinismo e epifitismo).

Simbiose

O termo simbiose refere-se a associações entre seres vivos de espécies diferentes e que envolvem grande intimidade e dependência de pelo menos um dos participantes da relação; inclui mutualismo, parasitismo, comensalismo e inquilinismo.

Sucessão ecológica

Conceito de sucessão

É o conjunto de etapas do desenvolvimento de uma comunidade em um determinado ambiente. O processo de sucessão ecológica tende a gerar uma comunidade clímax.

Comunidade clímax

Os biomas apresentam comunidade na fase de clímax, que tem as seguintes características: máxima biodiversidade, máxima biomassa, grande variedade de nichos ecológicos, teias alimentares complexas e grande reciclagem de matéria. Se as condições ambientais forem mantidas, a comunidade permanece estável. Numa comunidade clímax, toda a matéria orgânica e todo o gás oxigênio gerados na fotossíntese são consumidos na respiração de toda a comunidade.

Produtividade líquida (PL) é o saldo resultante entre a produtividade bruta (PB) e a respiração da comunidade (R). A comunidade clímax tem PL igual a zero.

$$PL = PB - R$$

$$PB = R \rightarrow PL = 0$$

Sucessão primária

Sucessão primária é o desenvolvimento de uma comunidade em um local onde praticamente não havia seres vivos, como a superfície de rochas nuas e dunas de areia. A sucessão primária tem três fases: ecese, sere e clímax. Ecese é a fase inicial, na qual o ambiente é colonizado pelas espécies pioneiras. Na fase de sere, a comunidade tem aumento de biomassa e de biodiversidade; é uma fase de transição. Na fase de clímax, a biodiversidade e a biomassa tornam-se máximas; a comunidade tem grande estabilidade e não se altera, caso as condições ambientais não sofram muitas mudanças. A comunidade clímax apresenta produtividade líquida igual a zero, pois tudo o que produz na fotossíntese (produtividade bruta) consome na respiração. Assim, a comunidade clímax não tem aumento nem diminuição da biomassa total.

$$PL = PB - R$$

$$PB = R \rightarrow PL = 0$$

$$\text{ou } \frac{PB}{R} = 1$$

Nos estágios de ecese e sere ocorre aumento de biomassa, isto é, a fotossíntese supera a respiração (a produção de matéria orgânica é maior do que seu consumo).

$$PL = PB - R$$

$$PB > R \rightarrow PL > 0$$

$$\text{ou } \frac{PB}{R} > 1$$

Um campo cultivado não constitui uma comunidade clímax. Sua produtividade bruta é maior do que a respiração, tendo uma produtividade líquida muito elevada.

$$PB \gg R \rightarrow PL \gg \gg 0$$

$$\text{ou } \frac{PB}{R} \gg \gg 1$$

Sucessão secundária

Sucessão secundária ocorre quando a comunidade de um ambiente é substituída por outro tipo de comunidade. São exemplos:

- uma lagoa que sofre o assoreamento e em seu lugar ocorre o desenvolvimento de uma floresta;
- um campo cultivado é abandonado e sofre uma rápida substituição por uma mata bem diversificada;
- uma clareira é aberta no meio de uma floresta. As espécies pioneiras normalmente são de gramíneas, dotadas de sementes leves e que são transportadas pelo vento. Também ocorre o desenvolvimento de samambaias, cujos esporos disseminam-se facilmente pelo vento. Com o tempo, surgem arbustos e depois árvores, havendo a restituição de uma vegetação similar à que havia antes do surgimento da clareira.

O ser humano altera as condições do ambiente e pode desencadear sucessão ecológica, como quando provoca desmatamento, incêndios, assoreamento, erosão, poluição etc.

Quer saber mais?

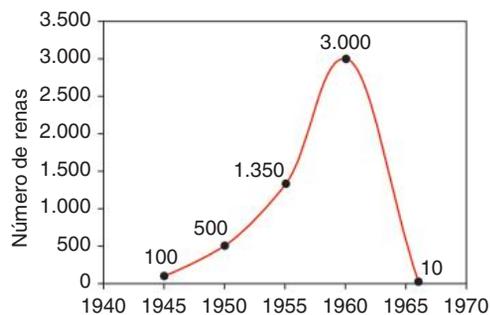


Sites

- Controle biológico de pragas
<<https://www.embrapa.br/tema-controle-biologico>>.

Exercícios complementares

- 1 **UFRJ** As renas são mamíferos herbívoros que conseguem viver em locais de inverno rigoroso. Em 1945, cem desses animais, com representantes dos dois sexos, foram introduzidos em uma pequena ilha. A variação do número de renas ao longo de 21 anos é mostrada na figura. Nenhuma nova espécie se estabeleceu nessa ilha após 1945.



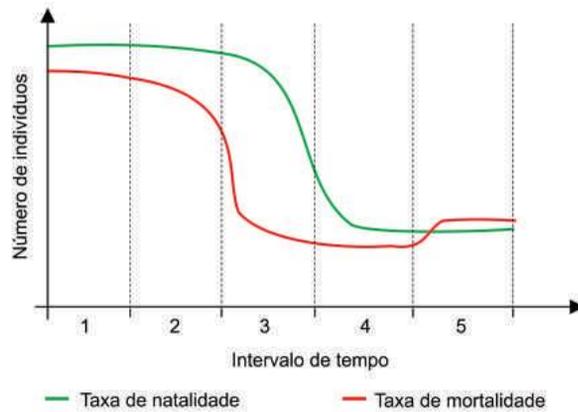
- a) Explique a variação do número de renas no período 1945-1960.
- b) Sabendo que nenhuma doença infecciosa foi observada ao longo do período analisado, explique a variação do número de renas entre 1960 e 1966.
- 2 **Enem PPL 2018** Um biólogo foi convidado para realizar um estudo do possível crescimento de populações de roedores em cinco diferentes regiões impactadas pelo desmatamento para ocupação humana, o que poderia estar prejudicando a produção e armazenagem local de grãos. Para cada uma das cinco populações analisadas (I a V), identificou as taxas de natalidade (n), mortalidade (m), emigração (e) e imigração (i), em número de indivíduos, conforme ilustrado no quadro.

| | n | m | e | i |
|-----|----|----|----|----|
| I | 65 | 40 | 23 | 5 |
| II | 27 | 8 | 18 | 2 |
| III | 54 | 28 | 15 | 16 |
| IV | 52 | 25 | 12 | 40 |
| V | 12 | 9 | 6 | 4 |

Em longo prazo, se essas taxas permanecerem constantes, qual dessas regiões deverá apresentar maiores prejuízos na produção/armazenagem de grãos?

- A I B II C III D IV E V

3 Uefs 2018 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.



O maior aumento da taxa de crescimento dessa população de camundongos foi verificado no intervalo de tempo

A 1. B 2. C 3. D 4. E 5.

4 Enem 2016 Um pesquisador investigou o papel da predação por peixes na densidade e tamanho das presas, como possível controle de populações de espécies exóticas em costões rochosos. No experimento colocou uma tela sobre uma área da comunidade, impedindo o acesso dos peixes ao alimento, e comparou o resultado com uma área adjacente na qual os peixes tinham acesso livre. O quadro apresenta os resultados encontrados após 15 dias de experimento.

| Espécie exótica | Área com tela | | Área sem tela | |
|-----------------|---------------------------------------|-----------------------------------|---------------------------------------|-----------------------------------|
| | Densidade (indivíduo/m ²) | Tamanho médio dos indivíduos (cm) | Densidade (indivíduo/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)

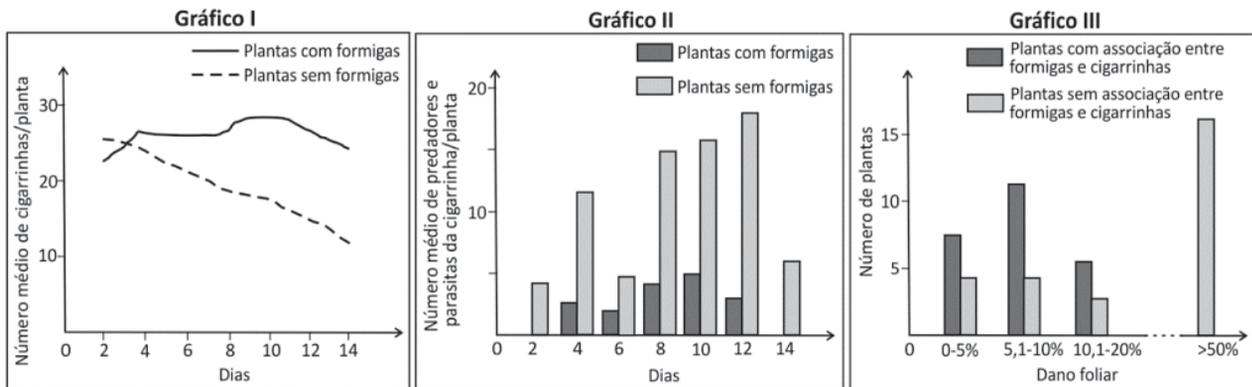
- A algas, estimulando seu crescimento.
- B cracas, predando especialmente animais pequenos.
- C mexilhões, predando especialmente animais pequenos.
- D quatro espécies testadas, predando indivíduos pequenos.
- E ascídias, apesar de não representarem os menores organismos.

5 UFSC Entre os seres vivos que habitam determinado ambiente, podem ser observadas interações biológicas com diferentes tipos de relações. Estas relações podem ser harmônicas ou desarmônicas, entre espécies diferentes ou entre indivíduos da mesma espécie. Sobre estas relações, assinale a(s) proposição(ões) correta(s).

- 01 Relações interespecíficas são aquelas estabelecidas entre indivíduos de mesma espécie e relações intraespecíficas são aquelas estabelecidas entre indivíduos de espécies diferentes.
- 02 O predatismo e o parasitismo são exemplos de relações desarmônicas.
- 04 Colônia é uma associação entre indivíduos da mesma espécie, que se mantêm ligados anatomicamente formando uma unidade estrutural.
- 08 O mutualismo é um tipo de relação desarmônica interespecífica.
- 16 A bactéria *Mycobacterium tuberculosis* é um ectoparasita que causa a tuberculose no ser humano.
- 32 Apesar do predatismo ser uma relação interespecífica desarmônica, ela pode ser benéfica e importante para o controle da população de presas e para a manutenção do equilíbrio do ecossistema.

Soma:

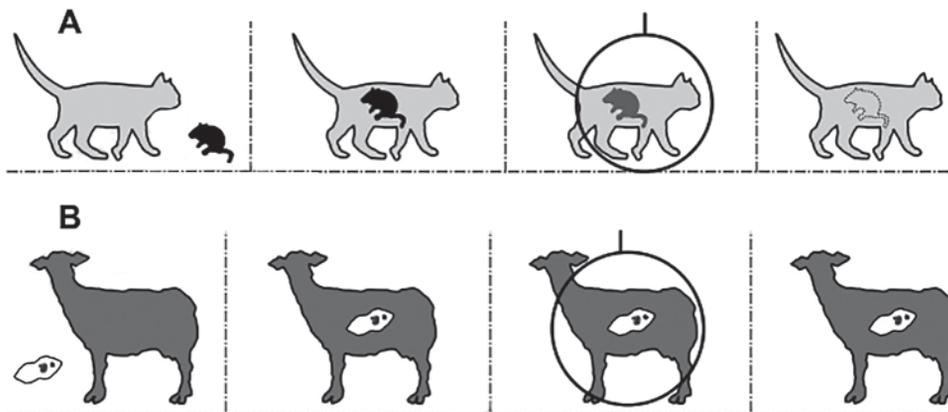
- 6 Fuvest 2016** Determinada planta do cerrado abriga formigas, cigarrinhas, predadores e parasitas de cigarrinhas e também herbívoros que causam dano foliar. Os gráficos abaixo mostram os resultados de estudo sobre relações entre os animais e entre eles e a planta.
- Gráfico I: Número médio de cigarrinhas, em plantas com e sem formigas, ao longo de duas semanas.
 - Gráfico II: Número médio de predadores e parasitas das cigarrinhas, em plantas com e sem formigas, ao longo de duas semanas.
 - Gráfico III: Porcentagem de dano foliar em plantas com e sem associação entre formigas e cigarrinha.



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

Com base nos resultados representados nos gráficos, responda:

- A associação entre formigas e cigarrinhas é benéfica ou é prejudicial para alguma dessas populações de insetos? Cite o(s) gráfico(s) que permite(m) tal conclusão.
 - A associação entre formigas e cigarrinhas é benéfica ou prejudicial para a planta? Justifique sua resposta.
- 7 Unicamp 2016** As figuras abaixo representam interações ecológicas.



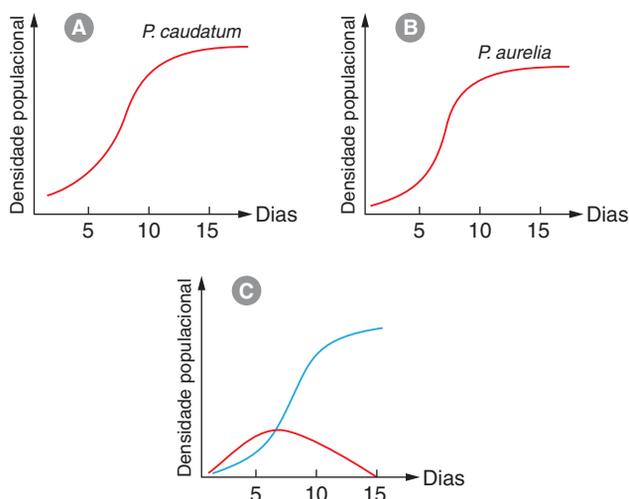
Fonte: Claude Comber, *Les associations du vivant*. Paris: Ed. Flammarion, 2001, p.21.

- Pode-se afirmar que as interações ecológicas representadas em A e B são associações? Justifique sua resposta.
 - Cite duas interações ecológicas harmônicas.
- 8 Uerj** Em um costão da baía de Guanabara existe um tipo de cadeia alimentar que pode ser assim descrito:
- a lesma-do-mar se alimenta de um determinado tipo de alga;
 - microcrustáceos se alimentam do muco que reveste a pele da lesma-do-mar;
 - pequenos peixes, como o peixe-borboleta e o paru, alimentam-se dos microcrustáceos.

Identifique e descreva as relações ecológicas existentes entre:

- a lesma-do-mar e a alga;
- o peixe-borboleta e o paru.

- 9 UEG A figura a seguir representa as curvas de crescimento populacional de duas espécies de protozoários (*Paramecium caudatum* e *Paramecium aurelia*) quando cultivados isoladamente (A e B) ou em conjunto (C).



Após a análise dos gráficos, responda ao que se pede.

- Que relação ecológica esses resultados expressam?
- A que conclusão se chega com esse experimento?

- 10 UFPel Os seres vivos mantêm relações ecológicas, essas podem ser entre indivíduos de uma mesma espécie, ou entre indivíduos de espécies diferentes, podendo ou não haver prejuízos para os indivíduos envolvidos. Um primeiro exemplo é o que ocorre entre a borboleta *Maculinea alcon* e as formigas *Myrmica rubra* e *Myrmica ruginodias*. A lagarta da borboleta é levada pela formiga ao seu ninho, onde é alimentada como se fosse sua própria larva. Além dessa forma de alimentação, a lagarta também come as larvas das formigas.

Ciência Hoje, v. 41, n. 245, jan./fev. 2008. (Adapt.).

As formigas também estão envolvidas em um segundo tipo de relação ecológica, agora num triângulo: formiga, arbusto (acácia) e grandes herbívoros das savanas africanas. As formigas protegem as acácias de grandes herbívoros e estas fornecem às formigas o néctar e abrigo, que são câmaras formadas na nervura central das folhas. Quando os herbívoros não estão presentes no ambiente, as plantas deixam de produzir o néctar e as câmaras, com isso as formigas deixam de manter relações com elas. Devido à ausência das formigas, as plantas são invadidas por outros insetos (exemplo: besouros), que levam essas plantas a terem crescimento mais lento e maior probabilidade de morte.

Ciência Hoje, v. 41, n. 245, jan./fev. 2008. (Adapt.).

O terceiro exemplo de relação ecológica é utilizado como controle biológico no combate às baratas. Algumas espécies de vespas põem seu ovo sobre o corpo da barata; a larva da vespa, ao nascer, entra no corpo da barata viva e lentamente come seus órgãos, tornando-se uma vespa adulta que sai do corpo ressecado da barata.

Ciência Hoje, v. 41, n. 241, mar. 2008. (Adapt.).

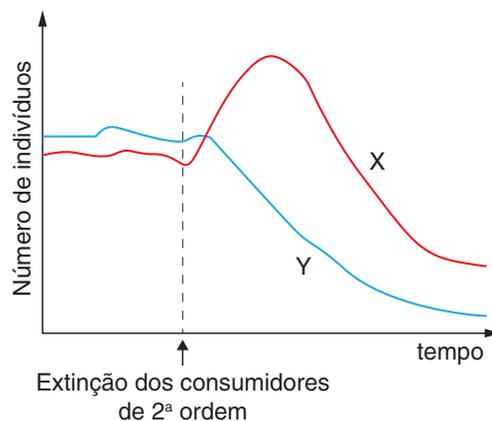
Com base nos textos e em seus conhecimentos, é correto afirmar que:

- todos os casos são de relações interespecíficas e em nenhum dos exemplos citados ocorreu uma relação do tipo harmônica.
- a relação entre as formigas e o arbusto é interespecífica do tipo inquilinismo, pois as formigas se beneficiam ao se abrigar no hospedeiro.
- a vespa, no terceiro exemplo, é um hemiparasita da barata; ela causa prejuízos à barata mantendo uma relação negativa do tipo comensalismo.
- o segundo exemplo mostra uma relação desarmônica, entre os grandes herbívoros e as plantas, porém é uma relação importante para a sobrevivência da planta.
- a relação entre formigas e larvas de borboletas é colonial do tipo inquilinismo, pois as larvas são criadas dentro das colônias das formigas.

- 11 Uerj Um ecossistema pode ser drasticamente alterado pelo surgimento ou pelo desaparecimento de espécies de seres vivos.

- Um ambiente em equilíbrio é habitado por indivíduos pertencentes a três diferentes grupos: produtores, consumidores de 1ª ordem e consumidores de 2ª ordem. Em um determinado momento, ocorreu uma súbita extinção dos consumidores secundários.

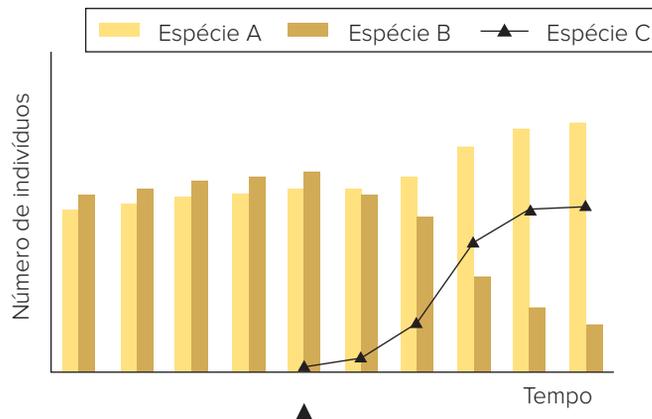
O gráfico a seguir representa a variação, em função do tempo, do número de produtores e de consumidores de 1ª ordem nesse ecossistema e o momento da extinção dos consumidores de 2ª ordem.



Indique as curvas do gráfico que correspondem, respectivamente, aos produtores e aos consumidores de 1ª ordem e justifique sua resposta.

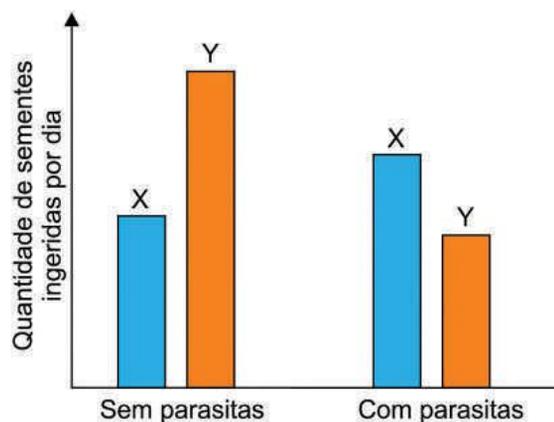
- O molusco bivalve *Isognomon bicolor*, um bioinvasor trazido ao Brasil por plataformas de petróleo, cascos ou águas de lastro de navios, vem rapidamente ocupando o nicho ecológico de bivalves nativos. Explique como a rápida expansão populacional dos organismos bioinvasores pode alterar a diversidade biológica.

12 Unicamp Pesquisadores vinham estudando a variação do número de indivíduos das espécies de peixes A e B em uma lagoa estável. Em um determinado momento (indicado pela seta), foi introduzida acidentalmente a espécie C. Os pesquisadores continuaram acompanhando o número de indivíduos das três espécies e apresentaram os dados na figura a seguir.



- Que relações ecológicas poderiam explicar a variação do número de indivíduos das espécies A e B a partir da introdução da espécie C? Justifique a sua resposta.
- Os pesquisadores também observaram que uma espécie de ave que visitava a lagoa diariamente para se alimentar não foi mais vista algum tempo depois da introdução da espécie C. Explique o que pode ter provocado esse fato. Que nível(is) trófico(s) essa ave ocupa?

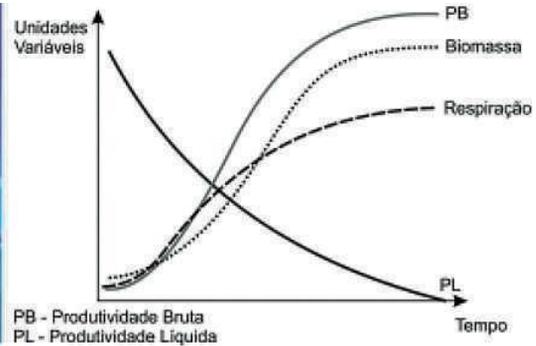
13 Famerp 2018 Indivíduos de duas espécies de roedores (X e Y) competem entre si por sementes de girassol, podendo, além disso, apresentar os mesmos parasitas intestinais. Em um experimento, um pesquisador manteve a mesma quantidade de indivíduos dessas duas espécies no mesmo ambiente, com sementes de 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.

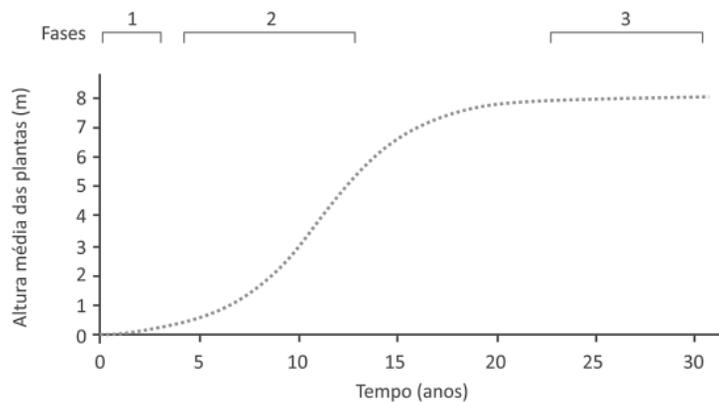
14 Fepar 2019 No final de 2014, ao sul de Tonga, o vulcão submarino Hunga Tonga-Hunga Ha'apai entrou em erupção pela segunda vez em menos de 5 anos, originando uma ilha rochosa com quase 2,5 km de comprimento e 90 metros de altura. Com apenas dois meses, ainda permanecia aquecida e já se observava o início de uma sucessão ecológica com a chegada das primeiras espécies pioneiras.



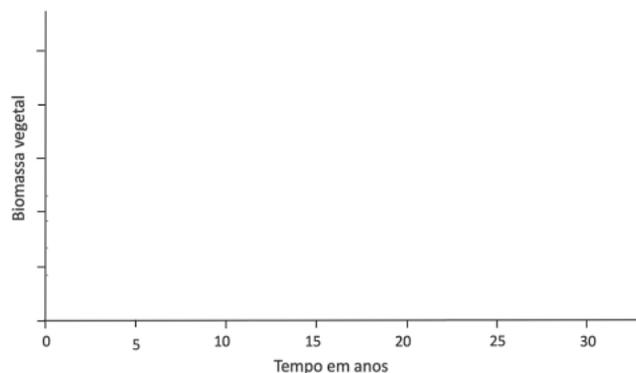
A sucessão ecológica corresponde às mudanças graduais e progressivas num ecossistema até que esse atinja uma comunidade com o máximo de desenvolvimento possível. Durante tal processo, ocorre a colonização de uma área e mudanças na composição da comunidade, que vai sendo substituída por outra mais complexa.

- Que tipo de sucessão ecológica deve ocorrer na ilha Hunga Tonga? Justifique sua resposta.
- Analise o gráfico acima e justifique as duas curvas de produtividade (PB e PL), de acordo com os princípios básicos da sucessão ecológica, aplicados ao caso da ilha Hunga Tonga.

15 Fuvest 2020 A curva do gráfico mostra a variação da altura média de plantas durante a sucessão primária, em uma área na qual a vegetação nativa, de floresta tropical úmida, foi totalmente destruída pelo derrame de lava de um vulcão. No início da sucessão, o solo era composto por rocha nua (lava consolidada). Na parte superior do gráfico, estão representadas três fases da sucessão (1, 2 e 3).



- Cite um grupo de organismos pioneiros que possa ter predominado na fase 1 da sucessão.
- No gráfico a seguir, desenhe uma curva que represente a tendência quanto à biomassa da comunidade vegetal em relação ao tempo decorrido durante essa sucessão, indicando sua fase climática.



- A que se deve o aumento na altura média das plantas na fase 2 e sua estabilização na fase 3? Em qual(is) fase(s) da sucessão apresentada(s) no gráfico a quantidade de oxigênio liberado pelas plantas por meio da fotossíntese é semelhante à quantidade de oxigênio utilizado por elas na respiração?

16 UFJF A sucessão ecológica é um mecanismo natural que abrange mudanças na estrutura das comunidades biológicas, através do tempo. Numa sucessão ecológica, podemos reconhecer três estágios distintos: comunidade pioneira, comunidade intermediária e comunidade clímax.

- a) O quadro 1 apresenta parâmetros que não estão corretamente relacionados com os estágios iniciais e de clímax de uma sucessão primária. Complete o quadro 2, relacionando corretamente esses parâmetros com os estágios sucessionais.
- b) O esquema a seguir ilustra a sequência ordenada e gradual de um processo de sucessão primária. Explique por que os líquens podem ser considerados facilitadores do processo.

Rocha nua → líquens → musgos → ervas → arbustos → árvores

- c) Em uma pesquisa recente, realizou-se um estudo sobre o número de espécies de aves presentes em um campo, em uma região de transição (ecótono) e em uma floresta. A figura a seguir dos quadros 1 e 2 mostra os três locais de estudo. Em qual destes locais espera-se encontrar um maior número de espécies de aves? Justifique sua resposta.

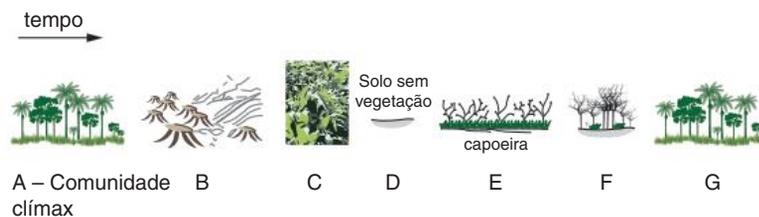
| Quadro 1 | | | Quadro 2 | | |
|---------------------------------|-----------------------------|-------------------|---------------------------------|-----------------------------|-------------------|
| Parâmetros | Estágio inicial da sucessão | Estágio de clímax | Parâmetros | Estágio inicial da sucessão | Estágio de clímax |
| Produção primária bruta/consumo | maior que 1 | igual a 1 | Produção primária bruta/consumo | | |
| Produção primária líquida | nula | alta | Produção primária líquida | | |
| Biomassa | máxima | mínima | Biomassa | | |
| Diversidade de espécies | mínima | máxima | Diversidade de espécies | | |



17 UFSM Ao fim da estação seca, os índios derrubavam a vegetação de uma faixa de floresta, ateavam fogo e iniciavam ciclos de culturas anuais. Algum tempo depois, a vegetação seguia o curso natural: de cultura abandonada para capoeira para floresta secundária para mata.

National Geographic, maio 2007.

Observe a representação gráfica dos eventos descritos.



Leia as afirmativas a seguir.

- I. A sequência de eventos A – G é um exemplo de sucessão vegetal.
 II. Se A = G, a comunidade G tende à estabilidade.
 III. A biodiversidade tende a aumentar de D – G.
 IV. Em D, a partir do solo descoberto, inicia-se uma sucessão vegetal primária.

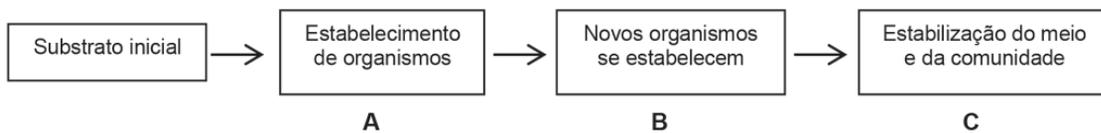
Estão corretas:

- A apenas I e II. B apenas I e III. C apenas II e III. D apenas II e IV. E apenas III e IV.

18 UFV Como se fossem organismos vivos, os ecossistemas naturais estão em constantes modificações. Do estágio jovem até a maturidade ou clímax, os ecossistemas sofrem profundas mudanças, não somente na composição e diversidade de espécies, como também na sua biomassa e produtividade. Assim, do início da sucessão até o clímax da comunidade, não se observa, proporcionalmente, aumento da:

- A taxa de respiração. C reciclagem de nutrientes. E biomassa total.
 B diversidade de espécies. D produtividade líquida.

19 Udesc 2015 Analise o organograma que representa algumas fases de uma sucessão ecológica em um determinado bioma.

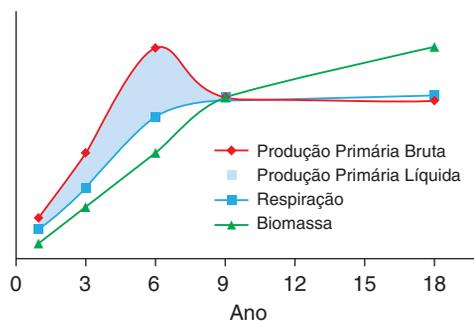


Em relação à sucessão ecológica, assinale a alternativa correta.

- A Os organismos pioneiros, geralmente, não alteram as condições originais do local onde se instalam.
- B Os organismos presentes nas fases A e C fazem parte das chamadas comunidades clímax.
- C Em B tem-se as chamadas espécies pioneiras, como por exemplo as plantas arbustivas.
- D Com o passar do tempo a complexidade estrutural e funcional do ecossistema tende 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.

20 UFJF Recifes de corais são conhecidos por sua beleza e grande diversidade. O Programa de Recifes Artificiais de Corais do Paraná instalou estruturas pré-fabricadas de concreto na região costeira do Estado. O objetivo é atrair peixes e organismos marinhos, criando ecossistemas artificiais semelhantes aos substratos rochosos, beneficiando as atividades de mergulho, pesca esportiva e profissional, contribuindo para a conservação da biodiversidade e dos recursos pesqueiros através da criação de áreas de proteção. Esse projeto tem sua sustentação teórica no processo de sucessão ecológica.

- a) Em que consiste o processo de sucessão ecológica?
- b) O gráfico a seguir mostra o que acontece com a produção primária bruta, produção primária líquida, respiração e biomassa ao longo de uma sucessão ecológica.

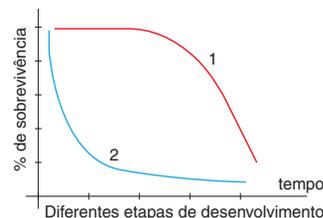


Considerando apenas a absorção de gás de efeito estufa, qual período (ano) da sucessão seria mais benéfico ao ecossistema? Justifique.

21 Unesp A tabela apresenta dados referentes à sobrevivência de uma determinada espécie de peixe em diferentes estágios do desenvolvimento.

O gráfico representa dois modelos de curva de sobrevivência.

| Estágio de desenvolvimento | Número |
|---|--------|
| Ovos postos por uma fêmea | 3200 |
| Alevinos (formas jovens originadas desses ovos) | 640 |
| Alevinos que chegam à fase de jovens adultos | 64 |
| Adultos que chegam à idade reprodutiva | 2 |

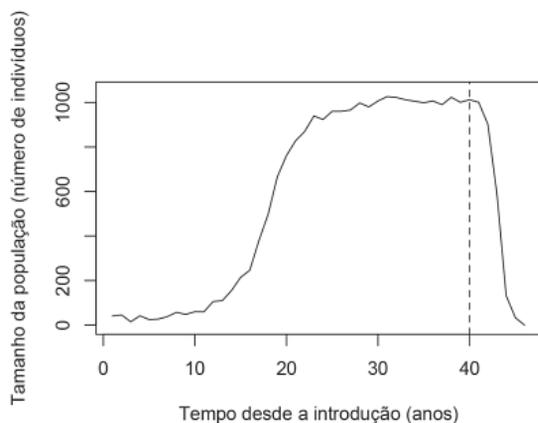


- a) Qual das linhas do gráfico, 1 ou 2, melhor representa a curva de sobrevivência para a espécie de peixe considerada na tabela? Justifique sua resposta.
- b) Qual a porcentagem total de mortalidade pré-reprodutiva (indivíduos que morrem antes de chegar à idade reprodutiva, considerando todas as fases de desenvolvimento) para essa espécie? Para que a espécie mantenha populações estáveis, ou seja, com aproximadamente o mesmo tamanho, ano após ano, sua taxa reprodutiva deve ser alta ou baixa? Justifique sua resposta.

22 Fatec Na Califórnia surgiram minúsculos insetos, originários do Oriente Médio, que se tornaram uma praga; eles estão destruindo centenas de plantas, causando problemas ambientais que os cientistas americanos não conseguem controlar. O que pode explicar a adaptabilidade dos insetos é:

- A os insetos adquiriram resistência aos inseticidas devido ao uso diário desses produtos.
- B o ambiente californiano não tem predadores ou parasitas desses insetos e estes são resistentes aos inseticidas.
- C a capacidade reprodutiva dos insetos é baixa, mas eles estão camuflados, o que anula a ação dos inseticidas.
- D os insetos são predadores de outros insetos, o que os torna mais resistentes aos inseticidas.
- E os insetos ingeriram o inseticida e adquiriram resistência a eles, e por competição, eliminaram os outros insetos que buscavam o mesmo alimento.

23 UFPR 2017 Uma espécie de inseto foi introduzida acidentalmente em uma ilha, levando a um rápido crescimento populacional. Para entender as consequências dessa introdução, pesquisadores monitoraram essa população ao longo do tempo, como representado na figura abaixo. Após o crescimento inicial, a população estabilizou-se em um tamanho de aproximadamente 1000 indivíduos.

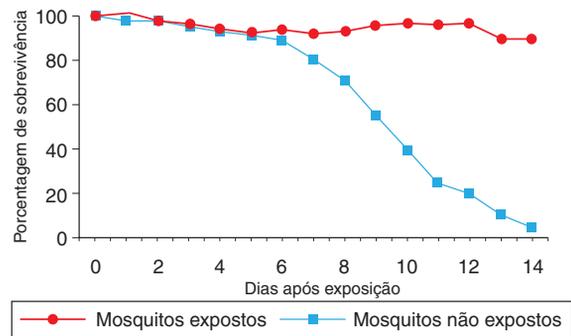


Após 40 anos de sua introdução, um programa de controle dessa espécie foi implementado, no qual um animal que se alimenta desse inseto foi liberado na ilha, como parte de uma ação de controle biológico. Como resultado, houve o colapso da população do inseto invasor após poucas gerações.

Considerando os tipos de interações ecológicas que podem ser ilustrados a partir do enunciado acima, responda:

- a) Que interação ecológica foi responsável pela estabilização da população da espécie de inseto mencionada? Explique como ela atua.
- b) Que tipo de interação ecológica levou ao declínio da população desses insetos? Explique sua resposta.

24 Enem Foram publicados recentemente trabalhos relatando o uso de fungos como controle biológico de mosquitos transmissores da malária. Observou-se o percentual de sobrevivência dos mosquitos *Anopheles* sp. após exposição ou não a superfícies cobertas com fungos sabidamente pesticidas, ao longo de duas semanas. Os dados obtidos estão presentes no gráfico a seguir. No grupo exposto aos fungos, o período em que houve 50% de sobrevivência ocorreu entre os dias:



- A 2 e 4.
- B 4 e 6.
- C 6 e 8.
- D 8 e 10.
- E 10 e 12.

25 Enem 2011 O controle biológico, técnica empregada no combate a espécies que causam danos e prejuízos aos seres humanos, é utilizado no combate à lagarta que se alimenta de folhas de algodoeiro. Algumas espécies de borboleta depositam seus ovos nessa cultura. A microvespa *Trichogramma* sp. introduz seus ovos nos ovos de outros insetos, incluindo os das borboletas em questão. Os embriões da vespa se alimentam do conteúdo desses ovos e impedem que as larvas de borboleta se desenvolvam. Assim, é possível reduzir a densidade populacional das borboletas até níveis que não prejudiquem a cultura. A técnica de controle biológico realizado pela microvespa *Trichogramma* sp. consiste na:

- A introdução de um parasita no ambiente da espécie que se deseja combater.
- B introdução de um gene letal nas borboletas para diminuir o número de indivíduos.
- C competição entre a borboleta e a microvespa para a obtenção de recursos.
- D modificação do ambiente para selecionar indivíduos melhor adaptados.
- E aplicação de inseticidas a fim de diminuir o número de indivíduos que se deseja combater.



FRENTE 3

CAPÍTULO

1

Classificação dos seres vivos

Muitas pessoas, desde a infância, têm grande curiosidade e admiração em relação aos animais. O conhecimento técnico sobre eles pode se tornar um grande prazer e ampliar a compreensão sobre nós mesmos.

O primeiro passo

A **classificação biológica** é um sistema que foi desenvolvido para compreender e organizar a grande diversidade de formas de vida. Esse sistema, também chamado de **taxonomia**, é responsável por identificar, descrever, nomear e classificar os seres vivos. Já a **Sistemática** é o ramo da Biologia que estuda as possíveis relações de parentesco entre as espécies, permitindo estabelecer parâmetros para classificá-las.

Os seres vivos são classificados em **espécies**, que são classicamente conceituadas como conjuntos de indivíduos semelhantes, que podem se reproduzir em condições naturais, gerando descendentes férteis. Assim, um grupo de seres vivos pertence a uma mesma espécie se puder se perpetuar por meio da reprodução (Fig. 1).

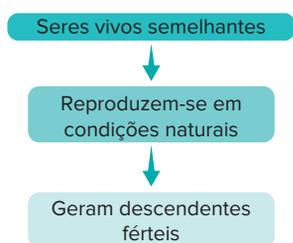


Fig. 1 Esquema com conceito de espécie mais difundido pela taxonomia.

O botânico sueco **Lineu**, no século XVIII, propôs as bases do sistema de classificação atualmente utilizado. Uma das contribuições de Lineu foi o sistema binomial (Fig. 2), no qual cada espécie é designada por um nome científico, escrito em latim e constando de dois termos (daí a designação de binomial: dois nomes). O latim é uma língua em desuso e não está sujeita a variações que ocorrem com o tempo.

Dessa forma, o uso de latim garante uma universalidade da nomenclatura científica.

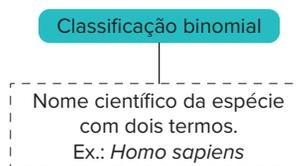


Fig. 2 Na classificação binomial de Lineu, o nome científico tem dois termos, como ocorre com o nome da espécie humana.

As diversas espécies de seres vivos são separadas em grandes grupos, denominados reinos. Inicialmente, Lineu adotou a separação dos seres vivos em dois reinos: Animal e Vegetal. No entanto, essa separação acabou se revelando insatisfatória e extremamente artificial.

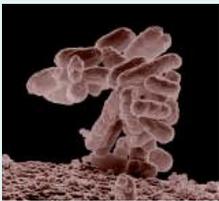
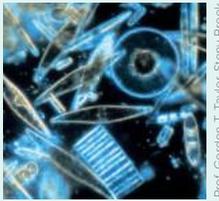
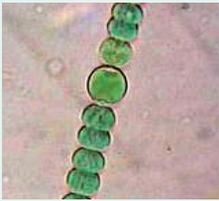
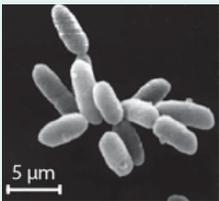
Os reinos

Vamos apresentar a classificação dos seres vivos em cinco reinos (Tab. 1). Posteriormente, serão feitas algumas considerações sobre tendências atuais de classificação.

Reinos Metazoa e Metaphyta

Inicialmente, vamos considerar os reinos Metazoa ou Animalia (equivalente atual do reino Animal) e Metaphyta ou Plantae (correspondente ao antigo reino Vegetal).

O reino Metazoa ou Animalia envolve seres **eucariotes**, ou seja, suas células apresentam carioteca; são **pluricelulares**, apresentam **tecidos** e têm nutrição **heterotrófica**.

| Metazoa | Metaphyta | Fungi | Protocista | Monera |
|--|--|--|--|---|
|  Peixe |  Samambaia |  Cogumelo |  Ameba |  <i>Escherichia coli</i> |
|  Minhoca |  Pinheiro |  Orelha-de-pau |  Fitoplâncton |  Cianobactéria |
|  Onça |  Roseira |  Fermento de padaria |  Alga sargaço |  Arquea halófila do Mar Morto |

Tab. 1 Representantes dos cinco reinos.

Reino Metaphyta ou Plantae corresponde às plantas, como samambaias, musgos, pinheiros e roseiras. As algas não fazem parte desse reino. Os seres do reino Metaphyta são **eucariontes**, **pluricelulares**, possuem **tecidos** e têm nutrição **autotrófica** (através de fotossíntese). As células das plantas apresentam parede celular que possui **celulose**.

Reino Fungi

Corresponde aos fungos, como cogumelo, orelha-de-pau, fermento biológico (levedura) entre outros. Todos os fungos são **eucariontes** e podem ser **unicelulares** ou **pluricelulares**. Não possuem tipos diferenciados de tecidos. Todos os fungos têm nutrição **heterotrófica**. As células dos fungos apresentam parede celular que possui **quitina**.

Reino Protoctista

Anteriormente denominado de Protista, esse reino é o mais heterogêneo, abrigando uma grande variedade de organismos, com destaque para os protozoários (como ameba) e algas.

Protozoários são **unicelulares** e **heterótrofos**, já as algas são **clorofiladas** e **autótrofas**. Há algas **pluricelulares**, algumas com vários metros; mas também existem algas **unicelulares**, como aquelas que constituem o importante fitoplâncton marinho.

Além de protozoários e algas, os protistas incluem grupos menos familiares, como mixomicetos, os quais não vamos abordar agora.

Apesar da grande diversidade presente no reino Protoctista, podemos destacar suas principais características: **eucariontes**, unicelulares ou pluricelulares, ausência de tipos diferenciados de tecido; quanto à nutrição, eles podem ser autótrofos ou heterótrofos.

Reino Monera

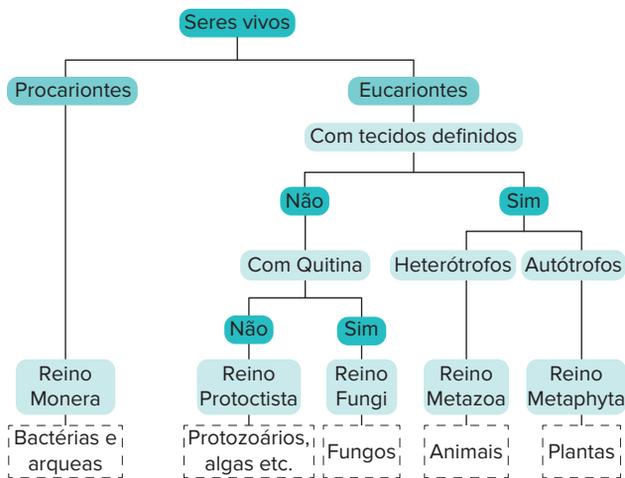


Fig. 3 Fluxograma com a classificação dos seres vivos em cinco reinos.

Tradicionalmente, o reino Monera é tratado como aquele que envolve bactérias e arqueas. São seres microscópicos e **procariontes**; podem ser **autótrofos** ou **heterótrofos**. Bactérias apresentam parede celular dotada de peptidoglicano; esse material não é componente da parede de arqueas (Fig. 3).

Os domínios

Uma nova proposta de classificação dos seres vivos inclui a categoria denominada domínio, em um nível acima dos reinos (Fig. 4). Segundo essa proposta, existem três domínios: Eukarya, Archaea e Bacteria. O domínio Eukarya engloba todos os eucariontes: Metazoa, Metaphyta, Fungi e Protoctista.

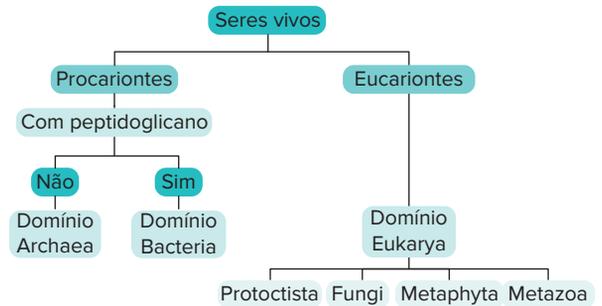


Fig. 4 Fluxograma com a classificação dos seres vivos em três domínios.

Os procariontes são separados em dois domínios:

- Bacteria (são as bactérias): organismos cuja parede celular apresenta peptidoglicano;
- Archaea (são as arqueas): organismos procariontes cuja parede celular não tem peptidoglicano.

Em outra ocasião serão discutidas as relações evolutivas entre esses três domínios.

Outros grupos taxonômicos

Vimos, até aqui, três categorias de classificação dos seres vivos (grupos taxonômicos): espécie, reino e domínio. No entanto, há outras **categorias taxonômicas** (ou táxons) entre espécie e reino; são elas: gênero, família, ordem, classe e filo (Fig. 5).

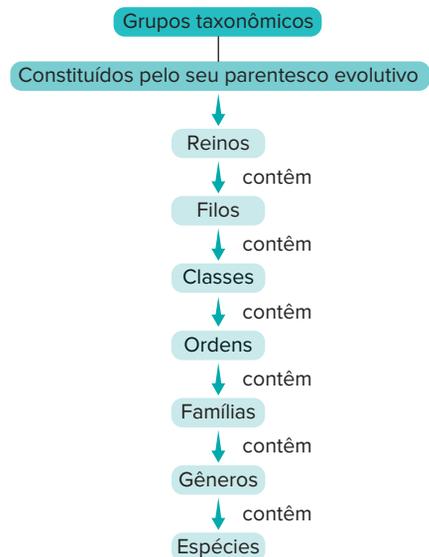


Fig. 5 As principais categorias taxonômicas.

Linu empregou, como critérios, as semelhanças e as diferenças anatômicas entre seres vivos para classificá-los. Atualmente, a classificação baseia-se principalmente em parentesco evolutivo. O termo **filogenia** refere-se ao estudo das relações evolutivas entre seres vivos. O estudo da evolução dos seres vivos é apresentado na Frente 2 dessa coleção.

Espécies que apresentam parentesco evolutivo muito próximo constituem um **gênero**. Gêneros bastante aparentados são agrupados em uma **família**. Esse raciocínio vale para as demais categorias taxonômicas: famílias são reunidas em uma **ordem**; várias ordens formam uma **classe**; classes com afinidades evolutivas fazem parte de um **filo**. Finalmente, filios são componentes de um **reino**. Em classificações tradicionais de vegetais, os filios são denominados **divisão**.

Regras básicas de nomenclatura

O nome científico da espécie é escrito em latim e deve ser destacado do texto (**negrito**, *italico* ou sublinhado). Além disso, o nome consta de dois termos: o primeiro refere-se ao gênero e deve ser escrito com inicial maiúscula. O segundo termo geralmente é escrito com inicial minúscula. O conjunto dos dois termos designa a espécie. Por exemplo, a espécie humana é denominada *Homo sapiens*. *Homo* refere-se ao gênero e *sapiens* corresponde à espécie. Já o cão doméstico é da espécie *Canis familiaris*.

Um exemplo

A onça-pintada (Fig. 6) é um felino da fauna brasileira.



Fig. 6 Onça-pintada.

Seu nome científico é *Panthera onca*; trata-se do nome da espécie (Tab. 2). A onça pertence ao gênero *Panthera*, que inclui também o leopardo, o tigre e o leão. O gênero *Panthera*, é muito próximo do gênero *Felis*, que inclui o gato-do-mato, o gato doméstico e a jaguatirica. Esses dois gêneros e outros relacionados formam a família dos felídeos. Essa família é parte da ordem dos carnívoros, que inclui, entre outros, as famílias dos canídeos (cão, lobo, raposa) e mustilídeos (lontra e ariranha). A ordem dos carnívoros é componente da classe dos mamíferos. A classe dos mamíferos apresenta outras ordens: proboscídeos (elefante), roedores (rato), quirópteros (morcego), cetáceos (baleia) entre outros.

| Táxon | Descrição |
|---------|--|
| ESPÉCIE | <i>Panthera onca</i> |
| GÊNERO | <i>Panthera</i> |
| FAMÍLIA | FELÍDEOS – inclui os gêneros: – <i>Panthera</i> : leopardo, leão, tigre – <i>Felis</i> : gato-do-mato, gato doméstico, jaguatirica |
| ORDEM | CARNÍVOROS – inclui as famílias: – Felídeos – Ursídeos: ursos – Canídeos: cão, lobo, raposa – Mustilídeos: lontra, ariranha |
| CLASSE | MAMÍFEROS – inclui as ordens: – Carnívoros – Proboscídeos: elefante – Roedores: rato – Quirópteros: morcego – Cetáceos: baleia |
| FILO | CORDADOS – inclui as classes: – Mamíferos – Aves: pato, beija-flor, garça – Répteis: jacaré, tartaruga, lagarto – Anfíbios: sapo, rã, perereca – Peixes ósseos: lambari, sardinha – Peixes cartilagosos: tubarão, raia |

Tab. 2 Onça pintada e os grupos taxonômicos.

A classe dos mamíferos faz parte do filo dos cordados. Outras classes desse filo são: aves, répteis, anfíbios, peixes ósseos (lambari e sardinha) e peixes cartilagosos (tubarão e raia).

Evolução e sistemática

Sistemática é a parte da Biologia que estabelece parâmetros para a **classificação** dos seres vivos. Há duas abordagens para esse estudo: a Filogenia e a Cladística, ambas com um enfoque evolutivo.

Filogenia e cladística

A **filogenia** ou **sistemática evolutiva** é baseada em homologias verificadas entre grupos de seres vivos com uma origem comum; representa grupos de seres vivos por meio de árvores filogenéticas, que indicam parentesco entre os grupos apresentados. Por exemplo, aves, mamíferos e répteis atuais (crocodilos, lagartos, serpentes e tartarugas) são derivados de um ancestral reptiliano comum. Isso pode ser representado por uma árvore filogenética, na forma de ramos derivados de um tronco comum, que seria o ancestral reptiliano (Fig. 7).

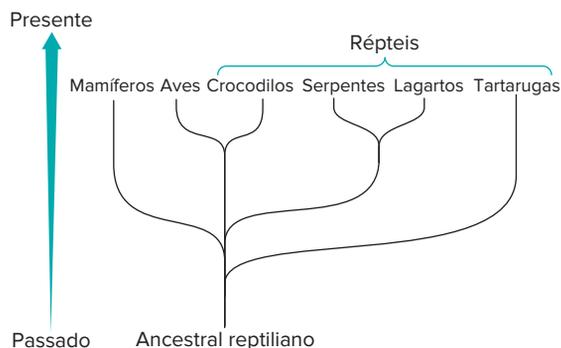


Fig. 7 Árvore filogenética representativa das relações de parentesco entre répteis, aves e mamíferos.

A **cladística** ou **filogenética sistemática** é a classificação de seres vivos baseada na tentativa de reconstrução do caminho da evolução, agrupando organismos em função de parentesco próximo (ancestral comum recente). Sua representação é feita por diagramas de linhas retas, os **cladogramas**. Por exemplo, entre os mamíferos encontra-se a ordem dos artiodáctilos, animais dotados de cascos e números pares de dedos, como os porcos e os bois. Há dois grupos de artiodáctilos, provenientes de um ancestral comum: os ruminantes (com o estômago dividido em quatro compartimentos) e os não ruminantes (com o estômago simples); o boi é ruminante e o porco, não. O cladograma mostrado na figura 8 revela que girafa e antílope têm parentesco muito próximo e um ancestral comum recente.

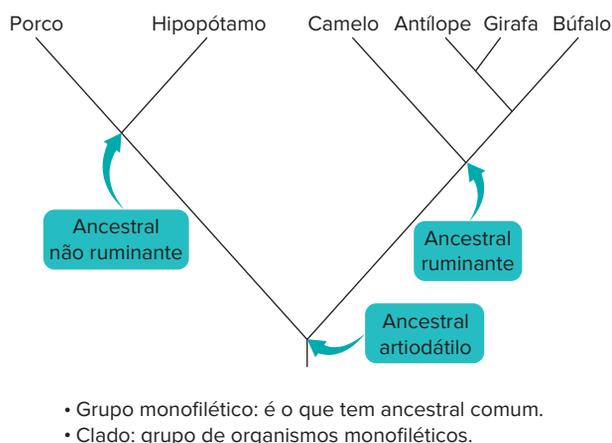


Fig. 8 Cladograma representativo da ancestralidade comum dos artiodáctilos.

! Atenção

Os grupos representados em um cladograma podem pertencer a diferentes categorias taxonômicas (espécies, famílias, filos etc.), mas devem ter evoluído de um mesmo ancestral.

Grupos monofiléticos, parafiléticos e polifiléticos

Grupos **monofiléticos** são provenientes de um mesmo grupo ancestral recente. Girafa e antílope formam um grupo monofilético pequeno; mas o grupo dos ruminantes constitui um grupo monofilético maior. Um grupo de organismos monofiléticos é um **clado**; assim, todos os artiodáctilos constituem um clado (Fig. 8).

Uma situação particular da cladística precisa ser analisada cuidadosamente. Nos vertebrados, um grupo ancestral de répteis deu origem aos mamíferos, às aves e aos répteis atuais. No entanto, o termo “répteis” só se refere aos répteis atuais (tartarugas, serpentes, lagartos e crocodilos) e répteis extintos (como os dinossauros). O grupo dos répteis não é considerado monofilético porque:

- os crocodilos são mais aparentados com as aves do que com os demais répteis; assim, crocodilos e aves constituem um grupo monofilético. A categoria taxonômica “répteis” não inclui outros grupos provenientes dos ancestrais reptilianos, como as aves, seus parentes próximos e recentes, e os mamíferos (Fig. 9).

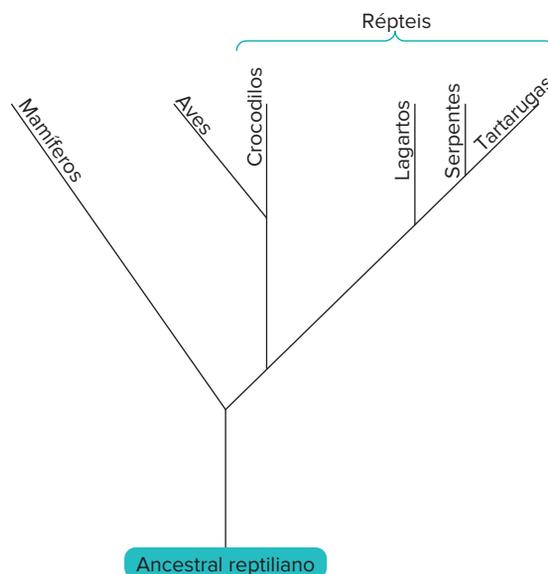


Fig. 9 Cladograma representativo das relações de parentesco entre mamíferos, aves e répteis.

Devido a esses motivos, o grupo dos répteis é considerado **parafilético**. Grupo parafilético é o que não inclui todos os descendentes de um grupo ancestral.

Polifilético é um grupo derivado de mais de um ancestral; sua classificação inicial foi feita utilizando-se critérios que não levavam em consideração a ancestralidade comum. Por exemplo, o grupo constituído por morcego, gaivota e borboleta tem em comum o fato de voarem. No entanto, eles não procedem de um ancestral comum recente: o morcego é um mamífero, a gaivota é uma ave e a borboleta é um inseto; esses animais provêm de ancestrais diferentes e formam um grupo polifilético.

Anagênese

Anagênese significa processo de mudanças durante a evolução de uma espécie, principalmente orientada pela seleção natural; envolve o acúmulo de diferenças dentro de uma espécie ao longo do tempo, sendo que a espécie permanece no mesmo ambiente (Fig. 10).

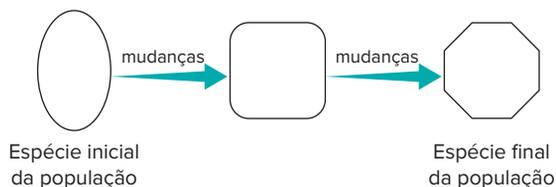


Fig. 10 Anagênese: processo de mudanças durante a evolução de uma espécie; assim, populações se modificam ao longo do tempo.

Revisando conceitos

Os conceitos relacionados à cladística podem parecer bastante complexos, mas baseiam-se em fundamentos bem simples. Uma população pertencente a uma mesma espécie (A) pode ser separada em duas populações distintas por uma barreira física. As duas populações isoladas sofrem modificações ao longo do tempo (anagênese); essas duas populações podem formar duas espécies (B e C). Esse processo caracteriza a cladogênese, ou seja, a formação

de dois grupos distintos a partir de um ancestral comum. O grupo considerado é um clado e sua representação é um cladograma. Um clado é um grupo monofilético, isto é, compartilha um ancestral comum. Cladística é o estudo de como os ramos de grupos relacionados são separados.

A arquitetura de um animal

Alguns termos básicos são empregados na descrição de animais. Considerando o organismo de um cão, pode-se reconhecer nele uma região **anterior**, onde se localiza a cabeça; a extremidade oposta é denominada região **posterior**. A parte inferior do tronco desse animal é sua região **ventral**; a parte superior é a região **dorsal** (Fig. 11).

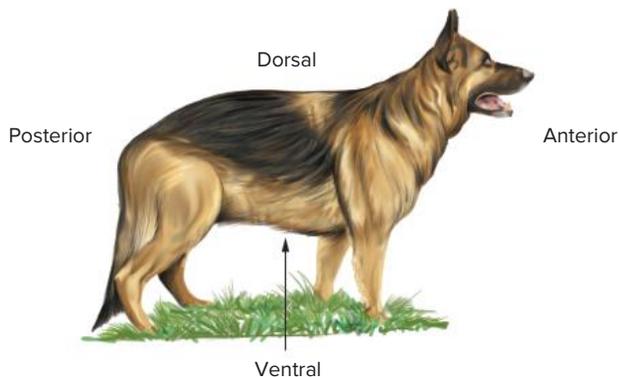


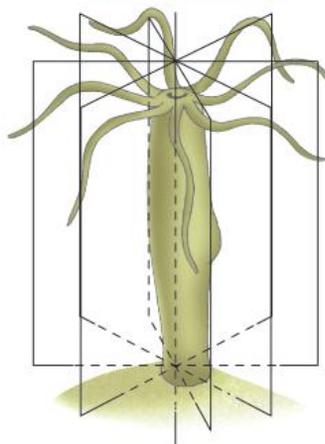
Fig. 11 Exemplo de animal (cão) evidenciando as regiões do corpo.

Simetria bilateral



Ex.: Planária

Simetria radial



Ex.: Hidra

Fig. 12 Principais tipos de simetria observados nos seres vivos.

Um cão e uma planária apresentam simetria **bilateral**. Imaginando-se uma planária cortada ao meio, poderiam ser obtidas duas partes similares; cada metade seria como a imagem da outra refletida em um espelho. Deve-se notar apenas um corte, que percorre a linha mediana do maior eixo do corpo, resultando em duas metades simétricas. Já a hidra apresenta simetria **radial**. Seu corpo é cilíndrico; apresenta uma única abertura do sistema digestório, rodeada por vários tentáculos. É possível imaginar vários cortes efetuados no corpo da hidra, e o resultado de cada um desses cortes seria a obtenção de metades similares, caracterizando a chamada simetria radial (Fig. 12).

Uma breve apresentação dos principais grupos zoológicos

Zoologia é o estudo dos animais que pertencem ao reino Metazoa. Estudaremos também os protozoários, que fazem parte do reino Protoctista. A inclusão dos protozoários tem razões didáticas: eles têm vínculos de parentesco evolutivo com os animais (são considerados seus ancestrais) e apresentam processos fisiológicos bastante semelhantes.

Protozoários

São organismos unicelulares, eucariontes e heterótrofos. Apresentam locomoção por **flagelos**, como no caso do tripanossomo (causador da doença de Chagas); **cílios**, como ocorre com o paramécio, ou **pseudópodes**, no caso da ameba (Fig. 13).

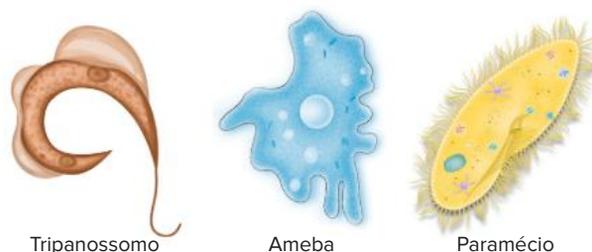


Fig. 13 Alguns protozoários representativos dos diferentes grupos taxonômicos do reino.

Animais

São organismos pluricelulares, eucariontes e heterótrofos. Possuem representantes em ambientes aquáticos e terrestres. Há animais que não possuem cavidade digestória; são **parazoários**, representados pelos poríferos (as esponjas). Animais dotados de cavidade digestória são conhecidos como **entozoários**.

Poríferos

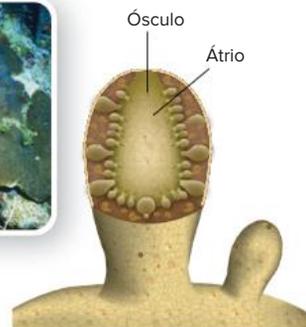
São aquáticos e vivem fixados a um substrato. O corpo tem poros, através dos quais a água penetra, trazendo partículas alimentares. Não possuem tecidos, órgãos nem sistemas (nervoso, circulatório, digestório) (Fig. 14).

Exemplo: esponjas.

© Dennis Sapiro / Dreamstime.com



Esponja (vista externa)



Esponja (corte com visão geral)

Fig. 14 Poríferos: aspectos externo e interno.

Cnidários ou celenterados

São aquáticos e possuem cavidade digestória dotada de uma única abertura (Fig. 15). Possuem células chamadas cnidoblastos (dotadas de cápsulas conhecidas como nematocistos), que causam queimaduras em animais; são empregadas na defesa e na captura de presas.

Exemplos: hidra, água-viva, caravela-portuguesa, coral.



Água-viva



Caravela-portuguesa



Coral

Fig. 15 Exemplos de animais do filo dos celenterados (ou cnidários).

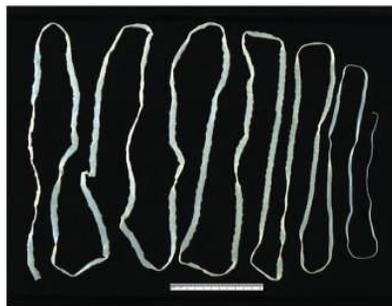
Platelmintos

Grupo com representantes de meio aquático, de meio terrestre úmido e também outros são parasitas. São conhecidos como **vermes achatados** (Fig. 16). Têm simetria bilateral e apresentam cavidade digestória com uma única abertura; alguns não possuem cavidade digestória.

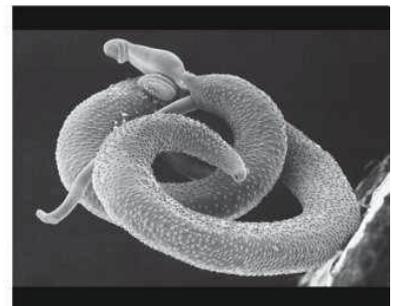
Exemplos: planária, tênia ou solitária (sem cavidade digestória) e esquistossomo (causador da barriga-d'água).



Planária



Tênia



Esquistossomo

Fig. 16 Exemplos de animais do filo dos platelmintos: planária é um platelminto de vida livre; tênia e esquistossomo são parasitas.

Nematelmintos

Nesse grupo, existem espécies aquáticas, de solo úmido e muitos parasitas. São **vermes cilíndricos**, dotados de simetria bilateral (Fig. 17). Têm tubo digestório com boca e ânus. Exemplos: lombriga, ancilóstomo (causa amarelão), filária (causa elefantíase).



Lombriga



Ancilóstomo



Filária

Fig. 17 Exemplos de animais do filo dos nematelmintos (alguns causam doenças em seres humanos): lombriga, ancilóstomo (causa amarelão) e filária (causa elefantíase).

Anelídeos

Possui espécies aquáticas, de solo úmido, e alguns parasitas. São vermes cilíndricos com **corpo segmentado** (com “anéis”, Fig. 18). Têm tubo digestório com boca e ânus; é o primeiro grupo a apresentar sistema circulatório.

Exemplos: minhoca, nereis e sanguessuga.



Minhoca



Nereis



Sanguessuga

Fig. 18 Exemplos de animais do filo dos anelídeos: minhoca é de meio terrestre úmido; nereis é marinho; sanguessuga é um parasita externo.

Artrópodes

É o grupo com maior número de espécies, incluindo aquáticas e de meio terrestre (seco e úmido); inúmeros artrópodes são parasitas (como pulga e carrapato). Compreendem os crustáceos, insetos, aracnídeos e outros grupos menores, como os quilópodos e diplópodos (Fig. 19).



Crustáceo



Inseto



Aracnídeo

Fig. 19 Exemplos de animais do filo dos artrópodes: crustáceos, insetos e aracnídeos constituem os grupos mais abundantes do filo.

Têm simetria bilateral, **corpo segmentado** e um **exoesqueleto de quitina** (material também presente na parede celular de fungos); **possuem apêndices articulados** que podem ser patas, antenas, palpos etc.

Exemplos: aranhas, lagostas, pulga, moscas, escorpiões, camarão.

Moluscos

É o segundo grupo em número de espécies, com representantes aquáticos e de meio terrestre úmido. Seu corpo é **mole**, recoberto por uma película (**manto**) e pode apresentar concha, formada por glândulas do manto (Fig. 20).

Exemplos: lesma, caracol, polvo, marisco, ostra.



Caracol



Ostra



Polvo

Fig. 20 Exemplos de animais do filo dos moluscos: têm corpo mole e podem ter concha, como o caracol e a ostra; o polvo não possui concha.

Equinodermos

São exclusivamente marinhos. Geralmente têm simetria **pentarradial**. Possuem um **esqueleto calcárioo** recoberto pela epiderme (Fig. 21).

Exemplos: estrela-do-mar, bolacha-da-praia, ouriço-do-mar.



Estrela-do-mar



Bolacha-da-praia



Ouriço-do-mar

Fig. 21 Exemplos de animais do filo dos equinodermos, comuns em nossas praias.

Cordados

Tem ambiente muito diversificado: aquático e terrestre (úmido e seco). Apresentam **notocorda**, uma estrutura situada na região dorsal. A notocorda pode permanecer durante toda a vida do animal; em muitos cordados ela só existe no embrião e é substituída pela coluna vertebral. Nesse grupo, estão incluídos os protocordados (*anfioxo*) e os vertebrados, subdivididos em peixes cartilagosos (*Chondrichthyes*), peixes ósseos (*Osteichthyes*), anfíbios, répteis, aves e mamíferos (Fig. 22).

Exemplos: anfioxo, sapos, lagartos, pássaros e ursos.



Anfioxo



Perereca



Tamanduá

Fig. 22 Exemplos de representantes do filo dos cordados.

Revisando

- 1 Cite os nomes dos cinco reinos em que são divididos os seres vivos. Qual deles é constituído por organismos procariontes e quais são seus integrantes?

- 2 Cite as características do reino Fungi e dê exemplos de integrantes desse reino.

- 3 Identifique os tipos de nutrição dos seres pertencentes ao reino Protocista e exemplifique.

- 4 Quais são as denominações atuais dos equivalentes aos reinos Animal e Vegetal?

5 Cite os três domínios e dê exemplos de seus integrantes.

6 Cite todos os grupos taxonômicos compreendidos entre domínio e espécie.

7 Considerando os dois termos que constituem o nome científico de uma espécie, indique aquele que corresponde ao gênero e o que designa a espécie.

8 O que é cladística?

9 O que significa dizer que um animal possui simetria bilateral?

10 Uma hidra tem simetria radial. Explique.

11 Protozoários não pertencem ao reino Metazoa. Qual é a principal característica que os distingue dos animais?

12 O que distingue poríferos dos demais grupos de animais?

13 Os cnidários ou celenterados apresentam estruturas urticantes empregadas na defesa e na captura de presas. Quais são essas estruturas? Dê exemplos de cnidários.

14 Qual é o termo técnico que identifica os “vermes achatados”? Que tipo de simetria esses animais apresentam? Dê exemplos.

15 Descreva o formato do corpo dos nematelmintos. Dê exemplos desses animais.

16 Qual é o sistema que os anelídios possuem e que os demais grupos estudados não apresentam?

17 Dê exemplos de moluscos. Qual é o nome da estrutura responsável pela formação de sua concha?

18 Qual é o filo de animais que tem maior número de espécies? Qual é o principal componente de seu esqueleto? Cite os principais grupos desse filo.

19 Qual é o filo de animais exclusivamente marinhos? Cite exemplos.

20 Qual é a estrutura que caracteriza os cordados e que é substituída pela coluna vertebral? Cite os principais grupos de cordados.

Exercícios propostos

1 Unesp Considerando o sistema de classificação taxonômica, se duas espécies pertencem a duas famílias diferentes, então:

- A podem pertencer ao mesmo gênero.
- B podem pertencer à mesma ordem.
- C obrigatoriamente são da mesma classe.
- D pertencem a gêneros diferentes, mas não a ordens diferentes.
- E podem pertencer à mesma ordem, mas não à mesma classe.

2 UFPR Considere a seguinte tira.



Fernando Gonsales

Tomando como ponto de partida o último quadrinho dessa tira, no qual o rato faz referência ao nome científico da “mosquinha-de-banana” como se fosse um nome artístico, responda:

- Qual a importância da utilização de nomes científicos para identificar os organismos?
- Por que se utiliza o latim como língua para a atribuição desses nomes?

3 Fuvest Considerando os grandes grupos de organismos vivos no planeta – bactérias, protistas, fungos, animais e plantas –, em quantos deles existem seres clorofilados e fotossintetizantes?

- A Um. B Dois. C Três. D Quatro. E Cinco.

4 PUC-Campinas

Os naftoimidazóis, derivados de substâncias encontradas em árvores do gênero **Tabebuia** (ipês), e o melhor entendimento das complicações da doença de Chagas trazem novas esperanças de combate à enfermidade, que acomete de 3 a 5 milhões de brasileiros. Estudos mostraram que esses compostos são capazes de matar **Trypanosoma cruzi** em células de camundongo em cultura (*in vitro*).

Fred Furtado. *Ciência Hoje*. Rio de Janeiro.

No texto são mencionados três tipos de organismos que pertencem a três diferentes Reinos. Os organismos dos três Reinos possuem uma característica em comum, ou seja, todos:

- são capazes de produzir substâncias orgânicas por meio de fotossíntese ou quimiossíntese.
- são constituídos por organismos heterótrofos que se alimentam por ingestão.
- são formados por um único tipo de célula, a eucariótica.
- têm capacidade de locomover-se sobre um substrato.
- reproduzem-se exclusivamente por meio de processos sexuais.

5 PUC-Campinas Uma espécie de lagarto libera, de algumas glândulas, uma secreção que exala compostos (feromônios) atraentes para outros indivíduos da espécie.

Pesquisa Fapesp, n. 135, p. 37, maio 2007. (Adapt.).

Essa espécie de lagarto ocorre desde a América Central até o sul da América do Sul. As diferentes populações são consideradas como pertencentes à mesma espécie porque:

- são todas intercruciantes.
- ocorrem em habitats semelhantes.
- possuem glândulas nos mesmos locais do corpo.
- apresentam os mesmos feromônios.
- são morfologicamente semelhantes.

6 UFPR (Adapt.) O conhecimento da biodiversidade é fundamental para sua conservação e para o uso sustentável. No entanto, a biodiversidade sobre a Terra é tão grande que, para estudá-la, faz-se necessário inicialmente nomeá-la. Os seres vivos não podem ser discutidos ou tratados de maneira científica sem que sejam denominados e descritos previamente. Os nomes científicos dão um significado universal de comunicação, uma linguagem essencial do conhecimento da biodiversidade, servindo também como um banco de dados único de informação. É inerente ao ser humano a necessidade de organização dos objetos em grupos, simplificando a informação a fim de facilitar seu entendimento. Nesse contexto se insere a classificação biológica.

Considere as afirmativas a seguir, correlacionadas com o texto acima.

- As categorias taxonômicas são, em ordem hierárquica: Reino, Filo, Família, Ordem, Classe, Gênero e Espécie.
- Os seres vivos estão distribuídos nos seguintes reinos: *Monera*, *Protista*, *Fungi*, *Metaphyta (Plantae)* e *Metazoa (Animalia)*.
- A partir do texto, deduz-se que as regras de nomenclatura garantem uma única linguagem universal da informação biológica.
- O processo de identificação de um ser vivo consiste em estabelecer uma correlação de identidade entre o exemplar objeto da identificação e aquele que já foi classificado, definindo assim seu nome científico.

Assinale a alternativa correta.

- Somente as afirmativas 2 e 3 são verdadeiras.
- Somente as afirmativas 2, 3 e 4 são verdadeiras.
- Somente as afirmativas 1, 3 e 4 são verdadeiras.
- Somente as afirmativas 1 e 2 são verdadeiras.
- Somente as afirmativas 1 e 4 são verdadeiras.

11 UEM Assinale o que for correto sobre a nomenclatura dos seres vivos.

- 01 As regras de nomenclatura que são utilizadas até hoje, embora com algumas modificações, foram estabelecidas por Charles Darwin.
- 02 As regras de nomenclatura dos seres vivos não se aplicam a alfabetos diferentes do latino. Assim, em textos publicados na língua japonesa ou na chinesa, os nomes científicos são grafados de acordo com os seus respectivos alfabetos.
- 04 Dois organismos da mesma classe podem pertencer a ordens diferentes.
- 08 A categoria taxonômica gênero apresenta maior número de indivíduos do que a categoria família.
- 16 No nome científico dos seres vivos, a primeira palavra indica o nome do gênero e deve ser escrita com inicial maiúscula.

Soma:

12 UFRGS Considere os quatro táxons abaixo relacionados.

1. *Bufo dorbigny* 3. *Didelphis albiventris*
 2. *Lystrophis dorbigny* 4. *Didelphis marsupialis*

Em relação a eles, é correto afirmar que:

- A** todos pertencem à mesma espécie.
B há, entre os quatro táxons, apenas duas espécies diferentes.
C os táxons 1 e 2 são de gêneros diferentes, mas da mesma espécie.
D os táxons 3 e 4 são de espécies diferentes, mas do mesmo gênero.
E os táxons 1 e 2 são da mesma subespécie.

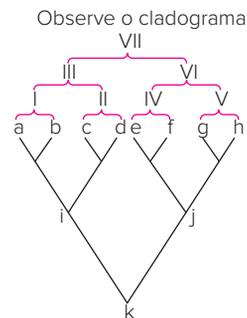
13 Uefs 2018 O filo dos artrópodes possui membros com nomes bastante curiosos, como a mariposa *Neopalpa donaldtrumpi*, que tem uma espécie de topete que lembra Donald Trump, e a aranha *Heteropoda davidbowie*, que homenageia o artista morto em 2016. A aranha *Spintharus berniesandersi* recebeu o nome de Bernie Sanders, que foi pré-candidato à presidência dos Estados Unidos. Outros famosos foram homenageados: *Spintharus barackobamai*, *Spintharus michelleobamae*, *Spintharus davidbowiei* e *Spintharus leonardodicaprioi*. Em 2012, uma samambaia foi nomeada *Gaga germanotta*, por causa de Lady Gaga.

(www.folha.uol.com.br, 26.09.2017. Adaptado.)

Os critérios adotados pela biologia evolutiva para nomear e classificar as espécies sugerem que existe maior proximidade evolutiva

- A** entre *S. davidbowiei* e *H. davidbowie* do que entre *S. davidbowiei* e *S. barackobamai*.
B entre *G. germanotta* e *N. donaldtrumpi* do que entre *H. davidbowie* e *S. michelleobamae*.
C entre *S. davidbowiei* e *S. leonardodicaprioi* do que entre *H. davidbowie* e *S. davidbowiei*.
D entre *N. donaldtrumpi* e *H. davidbowie* do que entre *S. davidbowiei* e *S. leonardodicaprioi*.
E entre *G. germanotta* e *H. davidbowie* do que entre *N. donaldtrumpi* e *S. leonardodicaprioi*.

14 Com base no cladograma a seguir, classifique o grupo VI em relação ao grupo VII como monofilético, parafilético ou polifilético. Justifique sua resposta.



15 UFU 2017 Em uma aula de Biologia, estudantes construíram um jogo a partir da captura de animais invertebrados em seis áreas (A, B, C, D, E e F), em duas regiões de uma cidade brasileira, conforme representado no quadro a seguir.

| | A | B | C |
|--------------|----------------------------------|---------------------------|---------------------|
| Região Sul | Camarão Aranha | Planária Minhoca | Caramujo Ostra |
| | D | E | F |
| Região Norte | Estrela-do-mar Anêmona-do-mar | Piolho de Cobra Abelha | Escorpião Piolho |

- a) Indique a(s) área(s) em que foram colocados animais de filos diferentes e identifique esses filos.
- b) Para vencer o jogo, os jogadores da região deveriam capturar animais de, pelo menos, quatro filos diferentes. Qual região venceu? Demonstre sua resposta apontando as áreas com os filos correspondentes dos animais.
- c) Se fosse estabelecido que cada região poderia conter no máximo três animais por filo, qual a região e qual filo deveriam descartar os animais excedentes?

16 Enem 2017 A classificação biológica proposta por Whittaker permite distinguir cinco grandes linhas evolutivas utilizando, como critérios de classificação, a organização celular e o modo de nutrição. Woese e seus colaboradores, com base na comparação das sequências que codificam o RNA ribossômico dos seres vivos, estabeleceram relações de ancestralidade entre os grupos e concluíram que os procariontes do reino Monera não eram um grupo coeso do ponto de vista evolutivo.

| Whittaker (1969) Cinco reinos | Woese (1990) Três domínios |
|----------------------------------|-------------------------------|
| Monera | Archaea |
| Protista | Eubacteria |
| Fungi | Eukarya |
| Plantae | |
| Animalia | |

A diferença básica nas classificações citadas é que a mais recente se baseia fundamentalmente em:

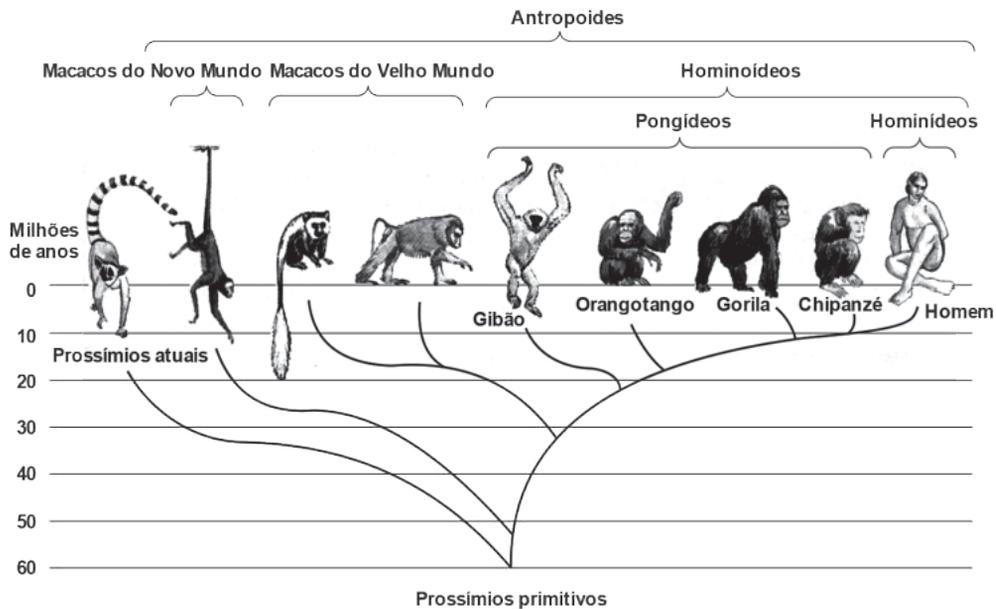
- A tipos de células.
- B aspectos ecológicos.
- C relações filogenéticas.
- D propriedades fisiológicas.
- E características morfológicas.

17 UEM 2016 Verifica-se na natureza grande diversidade de organismos que, por apresentarem diferentes características morfológicas, são classificados em diferentes grupos taxonômicos. Assim, considerando a taxonomia dos organismos vivos, assinale o que for **correto**.

- 01 Os insetos, os anfíbios, os répteis e as aves são classificados no Reino Animalia porque apresentam respiração pulmonar.
- 02 O Reino Plantae constitui um grupo taxonômico composto por organismos clorofilados e fotossintetizantes que, além de apresentarem vasos condutores, produzem flores e frutos.
- 04 O Reino Fungi engloba organismos heterotróficos, unicelulares e pluricelulares que se reproduzem assexuadamente e sexuadamente.
- 08 As bactérias e as cianobactérias são organismos procariontes pertencentes ao Reino Monera, cuja nutrição pode ser autotrófica ou heterotrófica.
- 16 Os protozoários heterotróficos e muitas espécies de algas verdes são organismos eucariontes unicelulares incluídos no Reino Protista ou Protista.

Soma:

18 PUC-Campinas 2016 Por suas características, a taxonomia zoológica classifica o homem entre os primatas. Considere o esquema abaixo, que representa uma das hipóteses sobre a filogenia desse grupo durante os últimos 60 milhões de anos.



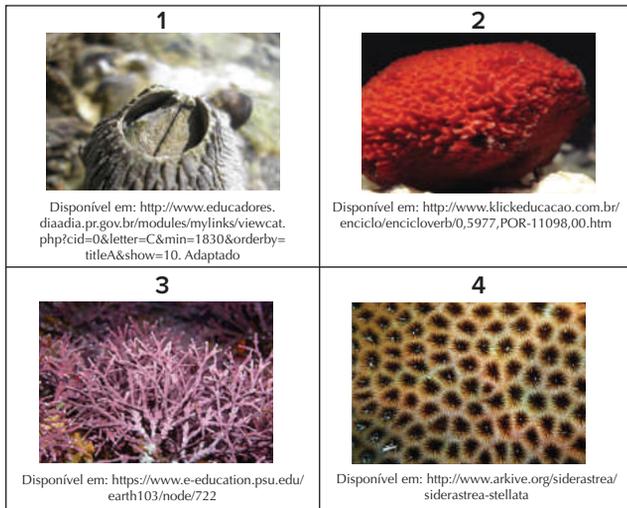
Analisando-se esse esquema, é correto afirmar que

- A o chimpanzé e o homem têm um ancestral comum.
- B o homem surgiu aproximadamente há 50 milhões de anos.
- C o gibão e o orangotango são parentes próximos dos prossímios 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 homem.

19 FEI Um aluno da FEI foi a um jantar onde havia camarão, ostra, lula e lagosta. Essa refeição continha, portanto:

- A apenas peixes.
- B apenas crustáceos.
- C apenas moluscos.
- D apenas crustáceos e moluscos.
- E apenas peixes e moluscos.

20 UPE 2015 O professor de Biologia de um colégio realizou uma excursão com os estudantes do 2º ano do Ensino Médio à Praia Ponta de Serrambi. Para isso, ele planejou que, na atividade de campo, os estudantes pudessem identificar e classificar os organismos presentes nos recifes de arenito, apresentados nas imagens a seguir:



Com base nas imagens (1, 2, 3 e 4), assinale a alternativa **CORRETA**:

- A 1- Molusco; 2- Alga; 3- Cnidário; 4- Crustáceo.
- B 1- Crustáceo; 2- Cnidário; 3- Molusco; 4- Equinodermo.
- C 1- Equinodermo; 2- Esponja; 3- Cnidário; 4- Alga.
- D 1- Molusco; 2- Cnidário; 3- Equinodermo; 4- Porífero.
- E 1- Crustáceo; 2- Porífero; 3- Alga; 4- Cnidário.

21 Mackenzie Considerando-se os animais a seguir, assinale a alternativa correta.

- I. Morcego
- II. Jacaré
- III. Pinguim
- IV. Cavalo-marinho
- V. Anfíoxo.

- A Apenas I e IV são cordados.
- B Apenas I e III são cordados.
- C Apenas I e V são cordados.
- D Apenas I é cordado.
- E Todos são cordados.

22 UFPI Assinale as características que tornam os organismos do filo *Porifera* bem diferentes daqueles de outros filos animais.

- A Não podem se reproduzir.
- B As formas adultas são sésseis.
- C Não respondem a estímulos externos.
- D Alimentam-se por meio de mecanismos de filtração.
- E Suas células não são organizadas em tecidos.

23 Unicamp 2018

Fósseis do organismo *Spriggina* (em vista dorsal na figura a seguir), que viveu há 550 milhões de anos,

foram descobertos nas montanhas de Ediacara, na Austrália. Tais fósseis estão entre os mais antigos vestígios de seres multicelulares já encontrados.



Esse animal primitivo, cuja classificação desafia os pesquisadores, possui algumas características ainda encontradas na maioria dos animais existentes hoje. Esse animal apresenta

- A simetria bilateral, com eixo ântero-posterior bem definido, características não encontradas em cnidários, poríferos e equinodermos.
- B simetria radial, com eixo dorsoventral bem definido, características não encontradas em cnidários, moluscos e equinodermos.
- C simetria dorsoventral, com eixo ântero-posterior bem definido, características não encontradas em cordados, poríferos e cnidários.
- D simetria pentarradial, com eixo dorsoventral bem definido, características não encontradas em cnidários, cordados e equinodermos.

24 Unioeste 2018 Em uma viagem à Espanha, Ana foi a um típico restaurante e pediu um prato de Paella, muito tradicional na região. Gostou tanto do sabor que, ao voltar para o Brasil, resolveu fazer a receita para a sua família. Ao pesquisar na internet, encontrou a seguinte receita:

Paella tradicional – Ingredientes

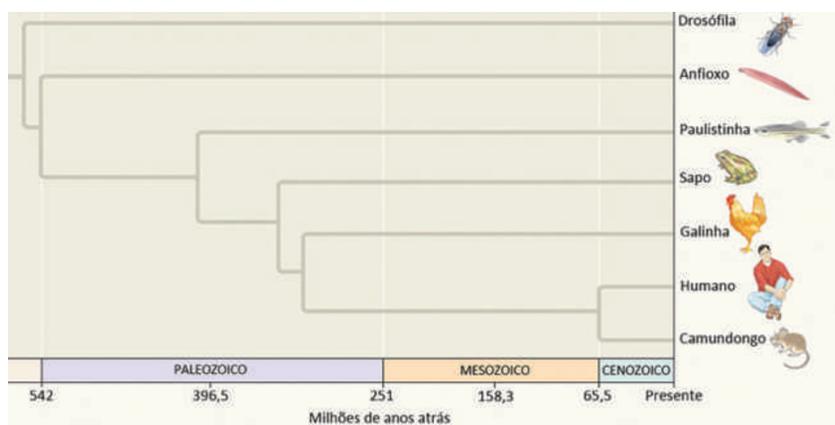
- 1 kg de polvo
- 1 kg de lula
- 2 kg de mexilhões
- ½ kg de camarão médio
- ½ kg de arroz
- 400 g de pimentões
- 400 g tomates

Sal, pimenta, azeite e açafrão a gosto.

Assim, pode-se dizer que esta receita

- A tem como ingredientes representantes dos filos Mollusca e Arthropoda.
- B tem como ingredientes apenas crustáceos e moluscos cefalópodes.
- C tem como ingredientes apenas moluscos bivalves e crustáceos.
- D tem como ingredientes moluscos gastrópodes e bivalves, além de crustáceos.
- E tem como ingredientes apenas representantes do filo Mollusca.

25 PUC-SP 2018 Considere a seguinte filogenia.



Fonte: Reece e cols. Biologia de Campbell. 10a .ed. Porto Alegre: Artmed, 2015.

De acordo com as informações expressas na filogenia, é CORRETO afirmar que:

- A a notocorda é uma estrutura que surgiu há cerca de 542 milhões de anos.
- B a respiração pulmonar nos vertebrados surgiu há mais de 400 milhões de anos.
- C a homeotermia é uma novidade evolutiva surgida no Cenozoico.
- D a coluna vertebral é uma estrutura surgida há cerca de 300 milhões de anos.

26 PUC-SP (Adapt.) As estruturas de defesa denominadas nematocistos são observadas nos animais:

- A espongiários.
- B protozoários.
- C moluscos.
- D equinodermos.
- E cnidários.

27 UEM 2017 A nomenclatura e a classificação biológica baseadas em normas e em critérios são importantes para a identificação correta dos organismos. A respeito dessas normas e desses critérios, assinale o que for correto.

- 01 Considerando a presença do material genético no interior de um núcleo organizado, os organismos são classificados em eucariontes e em procariontes.

- 02 Considerando a estrutura celular e o sequenciamento do DNA, os vírus e as bactérias são classificados no Reino Monera.
- 04 Considerando a classificação zoológica e o sistema binomial, *Ursus arctos* e *Ursus horribilis* são espécies pertencentes ao mesmo gênero e à mesma família.
- 08 Considerando os níveis de classificação botânica, as plantas de milho (*Zea mays*) e de feijão (*Phaseolus vulgaris*) são classificadas em famílias, em ordens e em classes de um mesmo reino.
- 16 Considerando a forma de alimentação, os protozoários estão classificados entre os animais invertebrados, e as algas unicelulares estão incluídas no reino vegetal.

Soma:

28 Esal-MG Os cordados são caracterizados pela presença de notocorda, tubo nervoso dorsal e fendas faringeanas. A notocorda é uma estrutura de função:

- A nervosa.
- B de sustentação.
- C circulatória.
- D respiratória.
- E sensorial.

29 PUC-Minas Produz a concha dos moluscos:

- A pé.
- B rádula.
- C manto.
- D bisso.
- E umbo.

Texto complementar

Nomenclatura

A nomenclatura científica adota padrões. Por exemplo, para família são indicadas as seguintes terminações: *idae* (para animais) e *aceae* (para vegetais). Felidae (felídeos) é a família a que pertence a onça; Palmaceae (palmáceas) é a família dos coqueiros e palmeiras.

Também há detalhes acerca do nome científico. Por exemplo, o segundo termo do nome normalmente é escrito com inicial minúscula, mas pode ser indicado com inicial maiúscula se for uma referência à pessoa. O protozoário causador da moléstia de Chagas é o *Trypanosoma cruzi*, o qual também pode ser indicado por *Trypanosoma Cruzi*, pois o segundo termo é uma homenagem a Oswaldo Cruz.

Mamíferos, aves e répteis pertencem ao filo dos cordados; além disso, são classificados como pertencentes a uma divisão dentro dos cordados, o subfilo vertebrados (pois possuem coluna vertebral).

Outras categorias taxonômicas também têm divisões internas semelhantes a essas; há, por exemplo, casos de subclasses, subfamílias, subespécies etc. Por outro lado, há categorias taxonômicas acima das principais; há superordens, superclasses etc.

Os grupos de animais que foram apresentados serão descritos nos próximos capítulos com base em dois aspectos fundamentais:

- adaptações ao ambiente em que se encontram: a estrutura do organismo e seu funcionamento estão relacionados com a adaptação às condições específicas de cada ambiente. Por exemplo, as esponjas são animais aquáticos e fixos; com sua capacidade de promover uma corrente de água por meio de seu corpo, conseguem obter gás oxigênio e partículas de alimento. A corrente de água que deixa o corpo arrasta resíduos, como o gás carbônico e excretas nitrogenadas;

- relações evolutivas: considera-se que todos os animais são provenientes de um ancestral comum, o qual foi gerado a partir de certos grupos de protozoários. Assim, há uma relação entre todos os grupos, apesar de suas diferenças.

A Zoologia não é um ramo isolado da Biologia. A compreensão dos animais depende de inúmeras áreas da Ciência, tais como: Bioquímica, Citologia, Histologia etc. Do mesmo modo, o ser humano não constitui uma espécie

isolada; estamos relacionados com os outros animais de diversas maneiras. Algumas espécies constituem fonte de alimento e de matérias-primas, e outras que se comportam como parasitas ou transmissores de parasitas para o ser humano; eventualmente há animais predadores de indivíduos da nossa espécie. Nós compartilhamos muitas características com outras espécies. Assim, o estudo dos animais possibilita melhor compreensão sobre nossa origem evolutiva e sobre o funcionamento do nosso organismo.

Resumindo

O primeiro passo

Taxonomia é a parte da Biologia que classifica os seres vivos.

A Sistemática estabelece parâmetros para que a classificação seja realizada.

Espécie é um conjunto de indivíduos capazes de se reproduzir em condições naturais, gerando descendentes férteis (conceito biológico de espécie). No século XVIII, Lineu criou as bases do sistema de classificação; utilizou o sistema binomial: cada espécie recebe um nome científico escrito em latim, constando de dois termos.

Os reinos

- Metazoa ou Animalia
- Metaphyta ou Plantae
- Fungi
- Protoctista
- Monera

Os domínios

São categorias acima de reino e compreendem:

- Eukarya engloba todas os eucariontes: Metazoa, Metaphyta, Fungi e Protoctista.
- Archaea
- Bacteria

Outros grupos taxonômicos

Reino, filo, classe, ordem, família, gênero e espécie.

Regras básicas de nomenclatura

O nome científico da espécie é escrito em latim e deve ser destacado do texto. Consta de dois termos: o primeiro refere-se ao gênero (inicial maiúscula); o segundo termo deve ter inicial minúscula. O conjunto dos dois termos designa a espécie.

Um exemplo

O nome científico da onça-pintada é *Panthera onca*; *Panthera* é o nome do gênero.

Família: Felídeos

Ordem: Carnívoros

Classe: Mamíferos

Filo: Cordados

Evolução e sistemática

Sistemática estabelece parâmetros para a classificação dos seres vivos, envolvendo Filogenia e Cladística.

Filogenia e cladística

A filogenia ou sistemática evolutiva representa grupos de seres vivos por meio de árvores filogenéticas, que indicam parentesco entre os grupos apresentados. A cladística ou filogenética sistemática é a classificação de seres vivos baseada na tentativa de reconstrução do caminho da evolução, agrupando organismos em função de parentesco próximo (ancestral comum recente). Sua representação é feita por diagramas de linhas retas, os cladogramas.

Grupos monofiléticos, parafiléticos e polifiléticos

Grupos monofiléticos são provenientes de um mesmo grupo ancestral recente. Grupo parafilético é o que não inclui todos os descendentes de um grupo ancestral. Grupo polifilético é um grupo derivado de mais de um ancestral; sua classificação inicial foi feita utilizando-se critérios que não levavam em consideração a ancestralidade comum.

Anagênese significa processo de mudanças durante a evolução de uma espécie, principalmente orientada pela seleção natural.

A arquitetura de um animal

O organismo de um animal pode apresentar as regiões: anterior, posterior, dorsal e ventral.

Há dois tipos principais de simetria: **bilateral** e **radial**.

Uma apresentação dos principais grupos zoológicos

Em Zoologia clássica são estudados os seguintes grupos de organismos:

- Protozoários
- Poríferos
- Cnidários
- Platemintos
- Nematelmintos
- Anelídeos
- Moluscos
- Artrópodes
- Equinodermos
- Cordados

Quer saber mais?



Sites

- Leia as informações contidas no *site* do Museu de Zoologia da Universidade de Michigan. <http://animaldiversity.ummz.umich.edu/animal_names/phylogeny_ranks>.

Exercícios complementares

1 PUC-Campinas A grafia correta do nome científico do arroz é:

- A *oryza sativa*. D *Oryza sativa*.
 B *oryza Sativa*. E *Oryza Sativa*.
 C *Oryza sativa*.

2 Unesp Alunos de uma escola, em visita ao zoológico, deveriam escolher uma das espécies em exposição e pesquisar sobre seus hábitos, alimentação, distribuição etc. No setor dos macacos, um dos alunos ficou impressionado com a beleza e agilidade dos macacos-pregos. No recinto desses animais havia uma placa com a identificação:

Nome vulgar: Macaco-prego (em inglês *Ring-tail Monkeys* ou *Weeping capuchins*). Ordem: Primates. Família: Cebidae. Espécie: *Cebus apella*.

Essa foi a espécie escolhida por esse aluno. Chegando em casa, procurou informações sobre a espécie em um site de busca e pesquisa na internet. O aluno deveria digitar até duas palavras-chave e iniciar a busca.

- a) Que palavras o aluno deve digitar para obter informações apenas sobre a espécie escolhida?
 b) Justifique sua sugestão.

3 Unicamp De acordo com o sistema binomial de nomenclatura estabelecido por Linnaeus, o nome científico *Felis catus* aplica-se a todos os gatos domésticos como angorás, siameses, persas, abissínios e malhados. O gato selvagem (*Felis silvestris*), o lince (*Felis lynx*) e o puma ou suçuarana (*Felis concolor*) são espécies relacionadas ao gato.

- a) A que gênero pertencem todos os animais mencionados?
 b) Por que todos os gatos domésticos são designados por um mesmo nome científico?
 c) Qual dos nomes a seguir designa corretamente a família a que pertencem esses animais: *Felinae*, *Felidae*, *Felini*, *Felinus* ou *Felidaceae*? Justifique.

4 UFPR Na(s) questão(ões) a seguir, escreva no espaço apropriado a soma dos itens corretos.

Classificando-se os seres vivos é possível estabelecer uma ordem na diversidade da natureza, facilitando a sua compreensão. Assim, é correto afirmar que:

- 01 o sistema binomial de nomenclatura adota a Espécie como unidade básica de classificação.
 02 em taxionomia, uma Ordem engloba diversas Famílias, assim como um Gênero reúne diferentes Espécies.
 04 um determinado vegetal, de acordo com a classificação vigente, pertencerá obrigatoriamente a um Reino, a um Filo ou Divisão, a uma Classe, a uma Ordem, a uma Família, a um Gênero e a uma Espécie.
 08 o Reino *Protoctista* engloba organismos unicelulares eucariontes, entre os quais se incluem protozoários e certas algas.

- 16 o Reino *Fungi* engloba os cogumelos, os líquens e as briófitas.
 32 os seres vivos pertencentes ao Reino *Monera* se caracterizam por serem todos unicelulares, com uma membrana nuclear bem estruturada.

Soma:

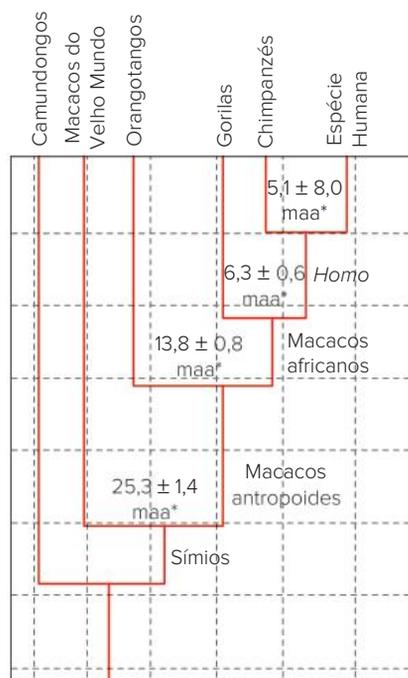
5 PUC-PR O palmito-juçara e o açaí têm como nomes científicos *Euterpe edulis* e *Euterpe oleracea*, respectivamente. Pode-se dizer que ambos apresentam os mesmos níveis taxonômicos, exceto:

- A gênero. C ordem. E espécie.
 B família. D divisão.

6 Fuvest-GV Um paleontólogo constatou inúmeras semelhanças morfológicas entre os fósseis X e Y, e grandes diferenças entre esses dois e um terceiro fóssil Z. Constatou também acentuada semelhança entre o fóssil Z e um quarto fóssil W. Dentre as classificações a seguir, qual apresenta maior concordância com os dados?

- A Os quatro fósseis pertencem à mesma espécie, mas a gêneros diferentes.
 B Cada fóssil pertence a um reino diferente.
 C Os quatro fósseis pertencem ao mesmo filo, sendo que X e Y pertencem a um gênero e Z e W a outro gênero.
 D Os quatro fósseis pertencem ao mesmo filo, sendo que X e Y pertencem a um reino e Z e W a outro reino.
 E Os quatro fósseis pertencem ao mesmo gênero, sendo X e Y pertencem a um filo e Z e W a outro filo.

7 UFSC



De acordo com a figura anterior, assinale a(s) proposição(ões) correta(s).

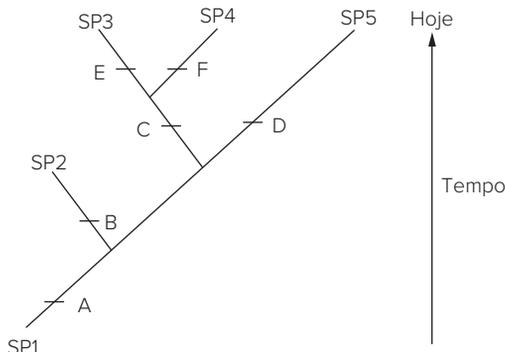
- 01 A espécie humana e os camundongos originaram-se de um mesmo ancestral.
- 02 Os chimpanzés compartilham maior número de genes com os gorilas do que com a espécie humana, pois a distância entre gorilas e chimpanzés é menor que a distância entre os chimpanzés e a espécie humana.
- 04 Os primatas mais evoluídos são os da espécie humana, seguidos dos chimpanzés, dos gorilas, dos orangotangos e finalmente dos macacos do Velho Mundo.
- 08 Na escala evolutiva, os macacos mais próximos da espécie humana são os chimpanzés, seguidos dos gorilas e orangotangos.
- 16 A espécie humana originou-se dos chimpanzés, que se originaram dos gorilas, que se originaram dos orangotangos, que por sua vez se originaram dos macacos do Velho Mundo.

Soma:

- 8 Uerj** A enorme diversidade das formas de vida sempre encanta aqueles que tentam descrever e classificar espécies. A taxonomia moderna não leva em consideração apenas as características do animal, mas procura correlacioná-las a outros organismos, baseando-se em estruturas hereditárias. Desse modo, à medida que se analisam as variações ocorridas na passagem do nível de **espécie** para o nível do **reino**, é possível observar que:
- A diminui a diversidade biológica.
 - B diminui a relação de parentesco.
 - C aumenta a semelhança histofisiológica.
 - D aumenta o número de estruturas comuns.

- 9** Qual o significado dos termos:
- a) Felídeos?
 - b) Canídeos?

- 10 PUC-RS** Responda com base na ilustração e no texto a seguir.



A ilustração representa as relações evolutivas de um conjunto de espécies (SP1 a SP5) pertencentes ao mesmo gênero. As letras “A” a “F” representam

características genéticas ou morfológicas surgidas ao longo do processo evolutivo destas espécies.

Com base na figura, é incorreto afirmar que:

- A as espécies SP2, SP3, SP4 e SP5 compartilham um ancestral comum e a característica “A”.
 - B as espécies SP3, SP4 e SP5 estão presentes atualmente;
 - C a espécie SP2 encontra-se extinta.
 - D as espécies SP3 e SP4 compartilham uma característica comum “C”.
 - E as espécies SP3 e SP4 são mais semelhantes à espécie ancestral SP1 do que a espécie SP5.
- 11 Udesc** O cão doméstico (*Canis familiaris*), o lobo (*Canis lupus*) e o coiote (*Canis latrans*) pertencem a uma mesma categoria taxonômica. Esses animais fazem parte de um(a) mesmo(a):
- A gênero. D raça.
 - B espécie. E variedade.
 - C subespécie.

- 12 UFRN** Na moderna classificação, os seres vivos foram agrupados em cinco reinos biológicos. Assinale-os.
- A Bactéria, protozoário, Fungo, Vegetal e Animal.
 - B Procarionte, eucarionte, *Protista*, Animal e Vegetal.
 - C *Protista*, alga, protozoário, *Metazoa* e *Metaphyta*.
 - D Procarionte, eucarionte, *Monera*, *Metaphyta* e *Metazoa*.
 - E *Monera*, *Protista*, *Fungi*, *Metaphyta* e *Metazoa*.

- 13 Unirio** Se reunirmos as famílias *Canidae* (cães), *Ursidae* (ursos), *Hienidae* (hienas) e *Felidae* (leões), veremos que são carnívoros, portanto, pertencem à(ao) mesma(o):
- A espécie. D família.
 - B ordem. E gênero.
 - C subespécie.

- 14 UFU** Nos sistemas mais antigos de classificação biológica os fungos e as plantas pertenciam ao mesmo reino, o que atualmente não mais ocorre. Sobre isso, responda:
- a) Cite três características que justifiquem a retirada dos fungos do reino Vegetal.
 - b) Quais são os atuais reinos da classificação biológica? Dê exemplos de seres vivos pertencentes a cada um.

- 15 Unicamp**

[...] se o naturalista quisesse investigar [...] as formas humanas [...], veria no Brasil uma população imensa, mestiça de negros e portugueses [...] Em muitas regiões do mesmo continente, encontraria os mais completos cruzamentos entre negros, índios e europeus; e estas tríplices alianças nos oferecem a prova mais rigorosa da mútua fertilidade das formas genitoras. [...] As raças humanas não são, pois, bastante distintas para habitar um mesmo país sem se misturar.

Charles Darwin. *A origem do homem*.

Comente o trecho acima, baseando-se no conceito biológico de espécie.

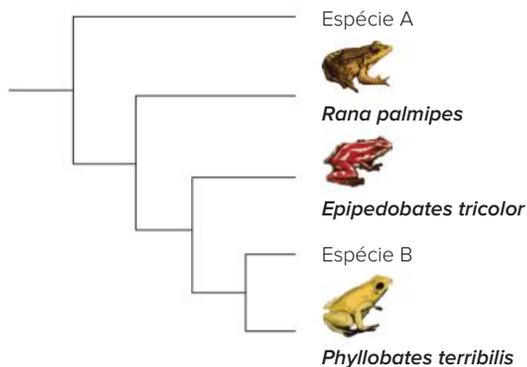
16 Unifesp Amostras de duas plantas chegaram a um centro de toxicologia acompanhadas de um parecer médico e do seguinte laudo técnico:

| | Paciente 1 | Paciente 2 |
|------------------------|---|---|
| Quadro | Intoxicação por ingestão de raízes de mandioca-brava: <i>Manihot utilissima</i> | Intoxicação por ingestão de raízes de mandioca-brava: <i>Manihot dulcis</i> |
| Procedência da amostra | Mato Grosso | Rio Grande do Sul |

Verificou-se que havia pequenas diferenças na composição química de cada amostra, embora o mecanismo de ação de ambas fosse muito parecido e os sintomas da intoxicação, os mesmos. Tal resultado é:

- A esperado, pois embora ambas pertençam ao mesmo gênero, trata-se de espécies diferentes.
- B esperado, pois embora trate-se da mesma espécie, as plantas provêm de locais diferentes.
- C inesperado, já que se tratam de dois gêneros diferentes com o mesmo nome comum.
- D inesperado, já que se trata da mesma espécie e, portanto, os resultados deveriam ser iguais.
- E inesperado, pois trata-se do mesmo gênero e espécie, com nome comum semelhante.

17 UFRJ Alguns anfíbios possuem venenos que têm por base compostos químicos alcaloides. Os alcaloides obtidos a partir dessas espécies vêm sendo utilizados em pesquisas biomédicas, por causa de suas propriedades farmacológicas. Os cientistas acreditam que o conhecimento das relações evolutivas (filogenéticas) dos anfíbios pode auxiliar na escolha das espécies a serem estudadas na busca de novos alcaloides. A figura a seguir mostra as relações evolutivas entre cinco espécies de anfíbios. As espécies *Phyllobates terribilis* e *Epipedobates tricolor* apresentam alcaloides, enquanto a espécie *Rana palmipes* não possui este tipo de substância.

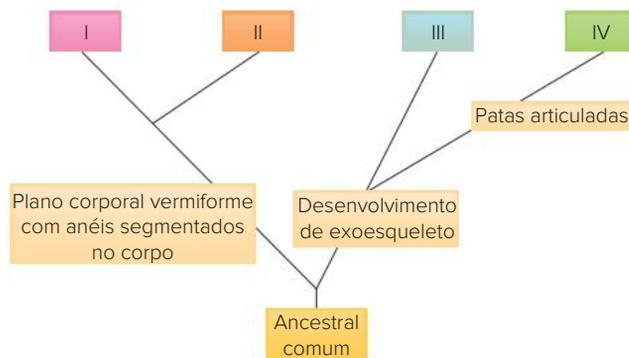


Identifique qual das duas espécies, A ou B, deveria ser estudada primeiro pelos cientistas na busca por alcaloides de interesse farmacológico. Justifique sua resposta.

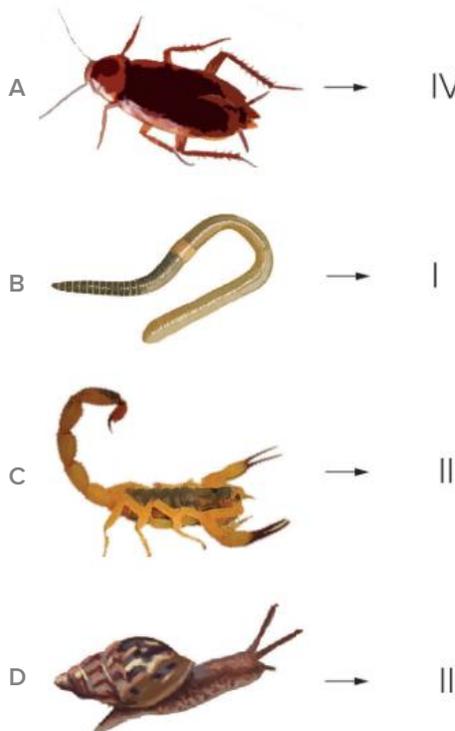
18 Fuvest Um determinado animal adulto é desprovido de crânio e apêndices articulares. Apresenta corpo alongado e cilíndrico. Esse animal pode pertencer ao grupo dos:

- A répteis ou nematelmintos.
- B platelmintos ou anelídeos.
- C moluscos ou platelmintos.
- D anelídeos ou nematelmintos.
- E anelídeos ou artrópodes.

19 UFMG Analise este esquema de parte de uma árvore evolutiva de invertebrados, em que I, II, III e IV representam grupos de organismos com as características destacadas nos quadros a que cada um deles se relaciona.



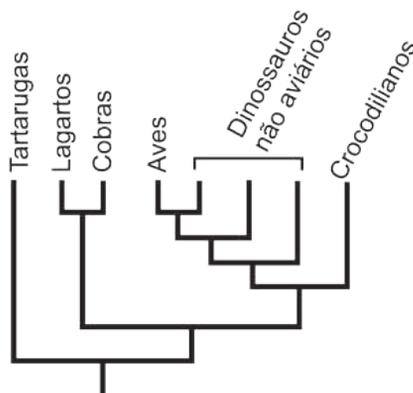
Considerando as informações desse esquema e outros conhecimentos sobre o assunto, assinale a alternativa em que o animal mostrado não representa o grupo indicado.



- 20 UFPR (Adapt.)** Em relação à classificação dos animais, é correto afirmar que:
- A as planárias, apesar de não serem parasitas, são classificadas no filo *Platyhelminthes*.
 - B os pernilongos não são considerados insetos.
 - C as estrelas-do-mar pertencem ao filo *Chordata*, pois apresentam esqueleto interno.
 - D os caramujos não pertencem ao filo *Mollusca* (= corpo mole), pois apresentam uma concha dura que os envolve;
 - E os vertebrados apresentam dois pares de apêndices; portanto, peixes não são vertebrados.

- 21 UFSCar** Um biólogo encontra uma nova espécie animal de aspecto vermiforme. A princípio, fica em dúvida se este é um representante do Filo *Annelida* ou *Nematoda*. Para decidir entre as duas opções, você recomendaria que ele examinasse a presença de:
- A simetria bilateral.
 - B segmentação corporal.
 - C sistema circulatório aberto.
 - D sistema digestivo completo.
 - E sistema nervoso difuso.

- 22 Insper 2018** Os cladogramas são representações gráficas do processo evolutivo de grupos de seres vivos. O cladograma a seguir ilustra a complexa relação evolutiva entre as tartarugas, os lagartos, as cobras, as aves, os dinossauros não aviários e os crocodilianos.

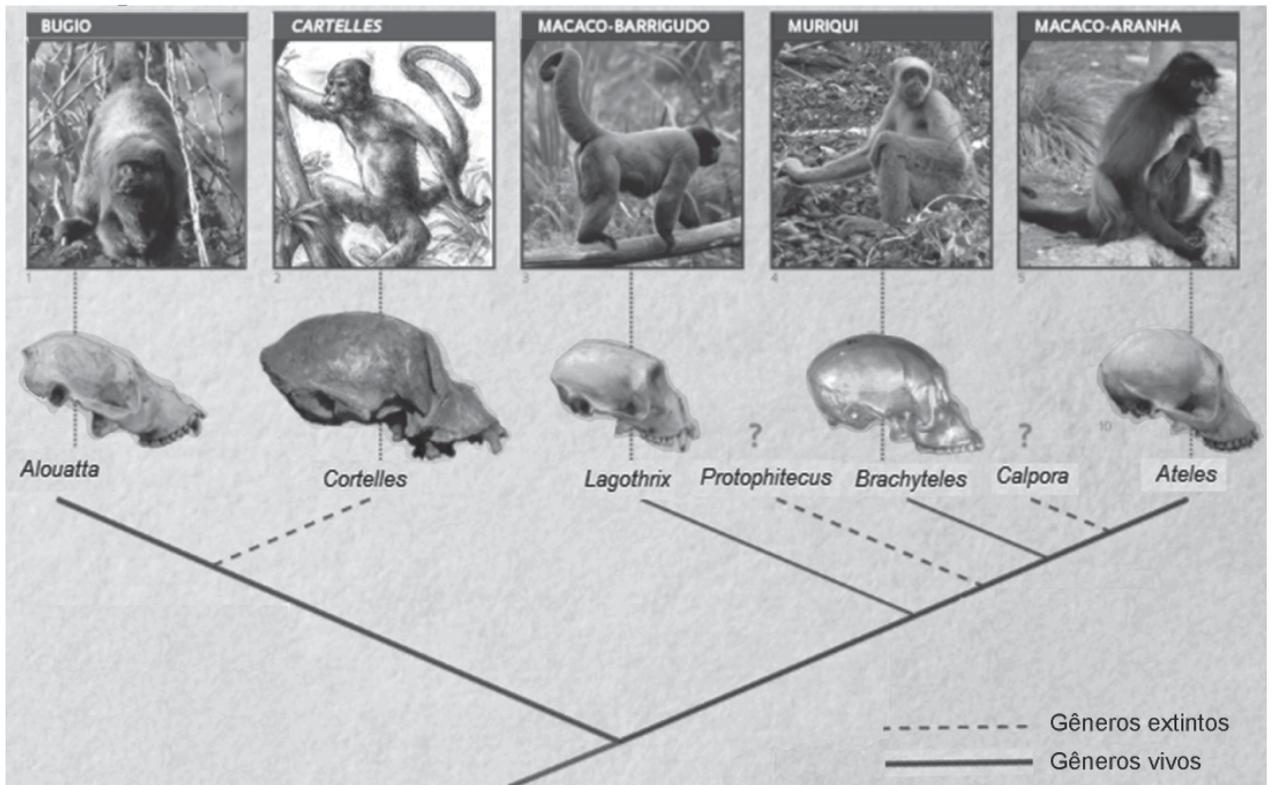


<http://www.ib.usp.br/evosite/evo101/IIDClassification.shtml>

A interpretação do cladograma permite afirmar que evolutivamente

- A a proximidade entre as aves e os crocodilianos é maior que a proximidade entre as tartarugas e os lagartos.
 - B os lagartos e os crocodilianos compartilham um ancestral comum que não é ancestral das cobras.
 - C os dinossauros não aviários são mais próximos das cobras do que dos lagartos.
 - D as cobras são mais próximas das aves do que dos crocodilianos.
 - E os crocodilianos e as tartarugas compartilham um ancestral comum que não é ancestral das aves.
- 23 UFRRJ** Em uma excursão por uma floresta, os alunos de uma turma puderam verificar a grande diversidade resultante da força criativa da natureza. Fotografaram, para estudos posteriores, os seguintes animais: mico-leão, caramujo de jardim, cobras, borboletas, sapos e até morcegos no interior de uma caverna. Na aula seguinte, ao analisar as fotos, o professor pediu que os alunos classificassem os animais fotografados. Assinale a opção que apresenta a classificação correta dos animais, na ordem em que estão citados.
- A Mamífero, molusco, répteis, insetos, anfíbios e mamíferos.
 - B Mamífero, crustáceo, répteis, aracnídeos, anfíbios e mamíferos.
 - C Mamífero, artrópode, anfíbios, equinodermos, répteis e aves.
 - D Mamífero, artrópode, anfíbios, insetos, répteis e aves.
 - E Mamífero, molusco, condrites, equinodermos, anfíbios e aves.
- 24 UPF 2018** *Ptiloris victoriae*, *Ptiloris magnificus* e *Diphylloides magnificus* são os nomes científicos de três lindas espécies de aves. Considerando as normas internacionais de nomenclatura biológica, podemos afirmar com certeza que:
- A *Ptiloris magnificus* e *Diphylloides magnificus* são mais aparentados do que *Ptiloris victoriae* e *Ptiloris magnificus*.
 - B *Ptiloris magnificus* e *Diphylloides magnificus* apresentam epítetos específicos diferentes.
 - C há menor grau de parentesco entre *Ptiloris magnificus* e *Diphylloides magnificus* do que entre *Ptiloris victoriae* e *Ptiloris magnificus*.
 - D *Ptiloris victoriae* e *Ptiloris magnificus* são aparentadas, mas pertencem a ordens diferentes.
 - E *Ptiloris magnificus* e *Diphylloides magnificus* pertencem ao mesmo gênero.

- 25 FMP 2018** Observe a árvore filogenética de alguns primatas americanos ilustrada abaixo. De acordo com o relacionamento filogenético, o grupo formado pelos gêneros *Alouatta* e *Cortelles* e o grupo formado pelos gêneros *Protophitecus* e *Brachyteles* são classificados, respectivamente, como:

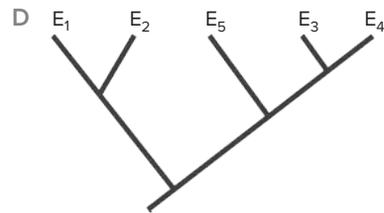
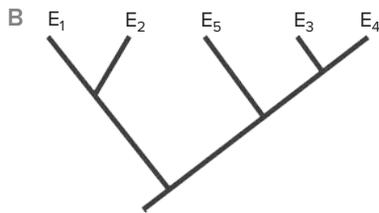
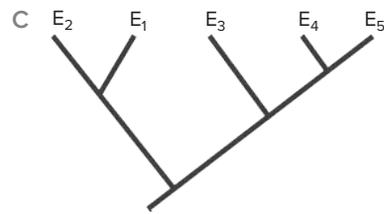
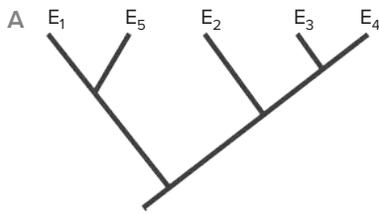


Disponível em: <<http://revistapesquisa.fapesp.br/2013/11/18/o-supermacaco-das-americas>>. Acesso em: 17 jul. 2017. Adaptado.

- A monofilético e parafilético C polifilético e parafilético E parafilético e monofilético
 B monofilético e polifilético D polifilético e monofilético
- 26 UFPE** No filo cordados, estão incluídos os animais vertebrados e também um grupo mais primitivo, o dos protocordados, esses que os antecederam na história evolutiva. Entre os animais relacionados abaixo, pertencem ao filo cordado:
1. Tubarão
 2. Peixe ósseo
 3. Sapo
 4. Caracol
 5. Estrela-do-mar
 6. Minhoca
 7. Medusa
 8. Cobra
 9. Tartaruga
- Estão corretas apenas:
- A 1, 2, 3, 8 e 9. B 1, 2, 5, 6 e 9. C 3, 4, 6, 7 e 8. D 1, 2, 4, 5 e 6. E 2, 4, 5, 6 e 7.
- 27 PUC-RS 2018** Considere a matriz binária representada abaixo, na qual “0” significa ausência e “1” presença de determinadas características (c1, c2, c3 e c4) em cinco espécies hipotéticas (E1, E2, E3, E4 e E5).

| CARACTERÍSTICAS \ ESPÉCIES | ESPÉCIES | | | | |
|----------------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| | E ₁ | E ₂ | E ₃ | E ₄ | E ₅ |
| c1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| c2 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 |
| c3 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 |
| c4 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| c5 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 |

Assinale a alternativa que mostra o cladograma que melhor representa o grau de similaridade entre as espécies E1, E2, E3, E4 e E5.



28 PUC-Rio A quitosana, uma substância usada atualmente por indivíduos que desejam emagrecer, é capaz de absorver o excesso de gordura no intestino de humanos, impedindo que este seja transportado para o sangue. Essa substância pode ser extraída do exoesqueleto de caranguejos, camarões e lagostas, que fazem parte do grupo dos:

- A insetos. C crustáceos. E equinodermas.
B moluscos. D cnidários.

29 Fuvest Caranguejo, caramujo e anêmona-do-mar pertencem a três filos diferentes de animais. A esses mesmos filos, pertencem, respectivamente:

- A lagosta, lula e estrela-do-mar.
B abelha, lesma e água-viva.
C camarão, planária e estrela-do-mar.
D barata, mexilhão e ouriço-do-mar.
E ouriço-do-mar, polvo e água-viva.

30 Ufla Associe os animais listados abaixo a seus Filos correspondentes e assinale a alternativa que apresenta a sequência correta.

- | | | | | |
|-----------------------------------|--|-----------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------------|
| 1. Corais | 2. Tênia | 3. Lulas | 4. Formigas | 5. Minhocas |
| <input type="checkbox"/> Mollusca | <input type="checkbox"/> Platyhelminthes | <input type="checkbox"/> Cnidaria | <input type="checkbox"/> Annelida | <input type="checkbox"/> Arthropoda |

- A 2, 3, 5, 1, 4. C 3, 1, 5, 2, 4. E 3, 2, 1, 5, 4.
B 3, 4, 5, 1, 2. D 2, 3, 1, 5, 4.

31 FEI A lagosta, o polvo e o lírio-do-mar pertencem, respectivamente, aos filos:

- A asquelmintos, anelídeos e artrópodes.
B artrópodes, moluscos e equinodermos.
C moluscos, asquelmintos e artrópodes.
D moluscos, artrópodes e equinodermos.
E artrópodes, equinodermos e asquelmintos.



spass/Shutterstock.com

FRENTE 3

CAPÍTULO

2

Protozoários e protozooses

Uma dieta equilibrada deve incluir o consumo de alimentos nutritivos e diversificados. No entanto, a má higienização desses alimentos pode veicular uma série de parasitas, como ameba e giárdia, protozoários que podem prejudicar a nossa saúde. Por outro lado, esses organismos são muito importantes nas estações de tratamento de esgoto, onde atuam no consumo de bactérias e como indicadores das características dos efluentes. Nessas atividades, os protozoários estão contribuindo para a saúde das pessoas e do meio ambiente.

Protozoários e o padrão unicelular

Este capítulo trata dos seguintes aspectos sobre os protozoários: estrutura, funcionamento, reprodução e classificação. Os protozoários parasitas serão trabalhados logo em seguida.

Estrutura dos protozoários

Protozoários são um grupo de seres vivos que inclui a ameba, o paramécio, o tripanossomo (causador da moléstia de Chagas) e o plasmódio (causador da malária). Há uma grande variedade de protozoários em termos de forma, ambiente e modo de vida. No entanto, são todos organismos **unicelulares** e **eucariontes**. Normalmente não possuem envoltórios celulares e, quando estão presentes, não são constituídos por peptidoglicano (componente complexo da parede celular de bactérias).

Iniciaremos o estudo dos protozoários utilizando uma ameba de água doce como modelo (Fig. 1).



Fig. 1 Foto de ameba, protozoário que se desloca com a emissão de pseudópodes.

Uma ameba não faz parte de um tecido e não se encontra imersa no fluido intersticial. Ela vive, por exemplo, em uma lagoa, e interage com seu ambiente. Seu organismo é delimitado por uma delicada **membrana**, responsável pelas trocas de materiais que realiza com o ambiente.

No interior encontra-se o **núcleo**, delimitado pela carioteca e em cujo interior localiza-se a **cromatina**. O DNA da cromatina é o principal responsável pelo controle das atividades metabólicas da ameba. Entre o núcleo e a membrana fica o citoplasma, constituído pelo **citossol** e por diversos tipos de **orgânulos**.

O citossol tem uma região externa (**ectoplasma**), mais consistente, e uma região interna (**endoplasma**), mais abundante e dotada de maior fluidez. Mudanças na consistência do citossol são responsáveis pela formação dos **pseudópodes**, que permitem à ameba se deslocar e englobar alimento, como as bactérias.

Entre os orgânulos, a ameba apresenta vários dos componentes comuns em uma célula animal, como ribossomos, lisossomos, complexo golgiense, retículo endoplasmático, mitocôndrias, entre outros. Além disso, a ameba de água doce pode formar dois tipos de vacúolos: **digestivo** e **pulsátil** (também chamado vacúolo contrátil).

Atividades básicas e coordenação

A coordenação das atividades de uma ameba é realizada principalmente pelo núcleo. A ameba interage com seu ambiente de diversas maneiras, como quando se desloca por meio dos pseudópodes. Além disso, uma ameba de água doce recebe vários materiais presentes no meio ambiente, como água, sais minerais, gás oxigênio (O_2) e alimento (Fig. 2).

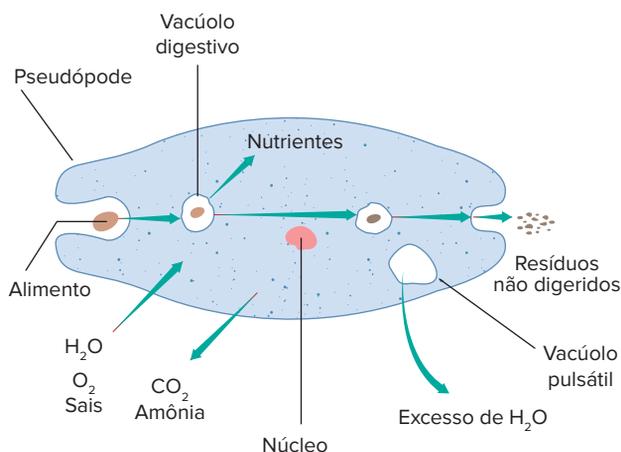


Fig. 2 Componentes e atividades principais de uma ameba.

No interior da ameba, o alimento englobado com a emissão de pseudópodes é digerido em vacúolos digestivos, com a participação de enzimas de lisossomos. Os nutrientes provenientes do processo digestivo são aproveitados na construção do organismo da ameba. Uma parte dos nutrientes fornece energia através da respiração celular. Esse processo emprega gás oxigênio, obtido do ambiente e que atravessa a membrana por **difusão** (do meio de maior concentração para o meio com menor concentração). Materiais não digeridos são eliminados por um processo denominado **clasmocitose**.

A atividade metabólica da ameba gera resíduos, como o gás carbônico e a amônia, que são eliminados para o ambiente por difusão, através da membrana. No interior da ameba muitos materiais são transportados pela movimentação do citossol e através do retículo endoplasmático.

Protozoários de água doce têm uma concentração salina maior do que a do meio circundante; recebem continuamente água pelo processo de **osmose**: a água passa do meio com concentração mais baixa para o meio com concentração mais elevada. O excesso de água é eliminado pela estrutura conhecida como **vacúolo pulsátil** ou **vacúolo contrátil**. Essa estrutura recebe água e vai aumentando de volume, então se contrai e expulsa a água excedente para o meio externo. Trata-se, portanto, de uma estrutura de **osmorregulação**.

Reprodução

Quando atinge determinado tamanho, a ameba divide-se e origina duas novas amebas, geneticamente idênticas entre si e ao organismo materno. Trata-se de um processo de reprodução assexuada chamado **bipartição** – que garante a perpetuação da espécie ao longo do tempo (Fig. 3).

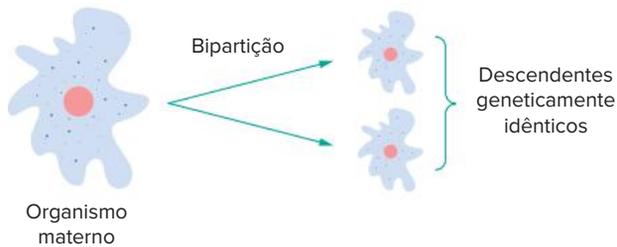


Fig. 3 Bipartição em ameba.

A ameba também pode gerar **cistos** (Fig. 4). Essas estruturas apresentam um envoltório protetor, um citoplasma reduzido (devido ao baixo teor de água) e vários núcleos resultantes da divisão do núcleo inicial. Os cistos têm baixa atividade metabólica e são considerados como formas de resistência, permitindo ao protozoário sobreviver sob condições inadequadas, como escassez de água ou de alimento. Quando o cisto é colocado novamente em condições ambientais adequadas, ocorre a ruptura de seu envoltório; a estrutura readquire alta atividade metabólica e divide-se, gerando novas amebas filhas.

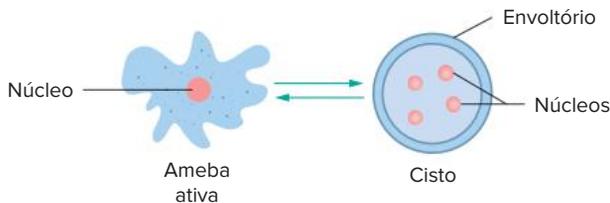


Fig. 4 Formação de cistos em ameba.

Classificação

Os protozoários já foram considerados um filo, constituído por quatro classes principais, segundo as estruturas locomotoras que apresentam: **Rizópodes**, **Flagelados**, **Esporozoários** e **Ciliados**. Inicialmente apresentaremos a classificação tradicional e depois será mostrada a classificação mais recente (no Texto Complementar).

Os Rizópodes, também denominados Sarcodíneos, correspondem às amebas, cuja locomoção é realizada por pseudópodes (Fig. 5). A grande maioria apresenta pseudópodes bem espessos (lobosos); algumas espécies são de vida livre e outras, parasitas (causadoras de amebíase). Há amebas que têm um envoltório. A *Diffugia* elimina uma secreção sobre a qual se aderem partículas do ambiente, como grãos de areia. Já a *Arcella* secreta um envoltório mais rígido de quitina. Essas amebas com uma carapaça apresentam uma abertura por onde saem os amplos pseudópodes.

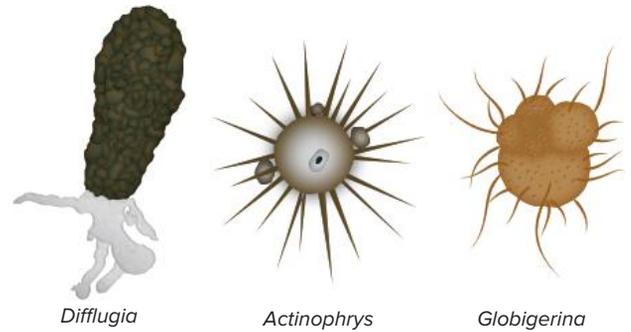


Fig. 5 Além das amebas comuns, há outros tipos de Rizópodes.

Os Flagelados são também denominados Mastigóforos e apresentam um ou mais **flagelos**, com estruturas locomotoras bastante alongadas, derivadas dos centríolos de células eucarióticas. Há alguns de vida livre e outros são parasitas, podendo causar inúmeras doenças, como a moléstia de Chagas e a leishmaniose. O cupim tem o protozoário *Tricomonima* em seu intestino, fundamental para a digestão da celulose, presente na madeira que o inseto come.

Um grupo de flagelados com grande importância evolutiva é o dos **coanoflagelados** (Fig. 6). Eles apresentam o flagelo circundado por um colarinho membranoso, de mesma organização das células típicas de esponjas (os **coanócitos**). Vivem no mar e na água doce e, com o movimento dos flagelos, promovem uma corrente de água que traz partículas alimentares, as quais são retidas pelo colarinho membranoso e depois englobadas pela célula. Há coanoflagelados imersos em uma massa gelatinosa interna; alguns autores consideram que organismos similares a esses foram os ancestrais dos animais. Os esporozoários em geral não apresentam estruturas locomotoras. Em alguma fase de seus ciclos geram células semelhantes a esporos e alguns produzem gametas dotados de flagelos. São sempre de vida parasitária e podem causar doenças como a malária (causada pelo plasmódio, Fig. 7) e a toxoplasmose.

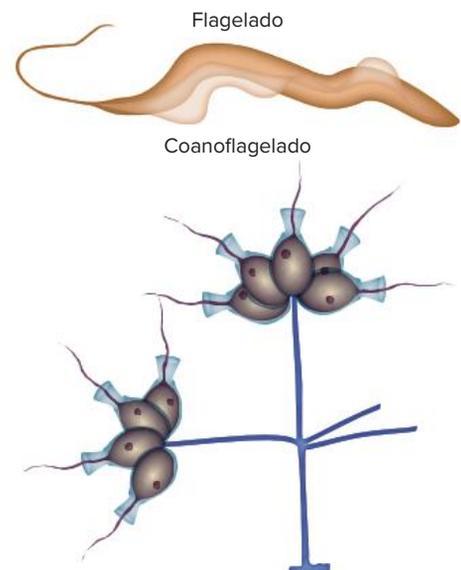


Fig. 6 Exemplos de protozoários flagelados.

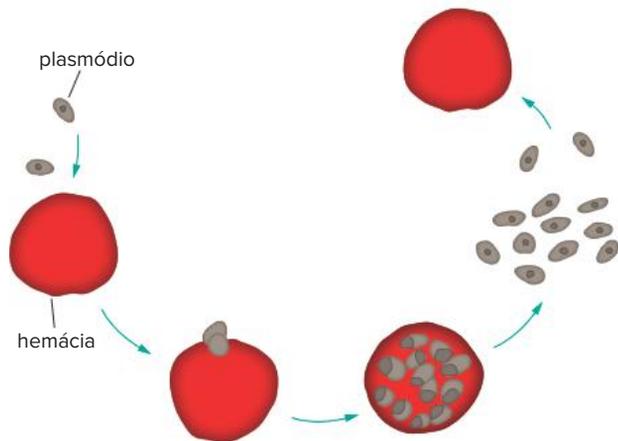


Fig. 7 O plasmódio multiplica-se em hemácias e provoca sua ruptura.

Os ciliados (Fig. 8) locomovem-se por cílios, mais curtos que os flagelos e mais abundantes. Apresentam dois núcleos: o **macronúcleo** (que comanda as atividades metabólicas) e o **micronúcleo**, relacionado com a reprodução sexuada. Nesse grupo ocorre a conjugação, processo de reprodução sexuada bastante complexa. O paramécio é um ciliado de vida livre, dotado de uma película que o reveste. Há uma abertura por onde ocorre a entrada de alimento, o **citóstoma**; o material é fagocitado para formar os vacúolos alimentares. A clasmocitose ocorre através de uma estrutura chamada **citopígeo**.

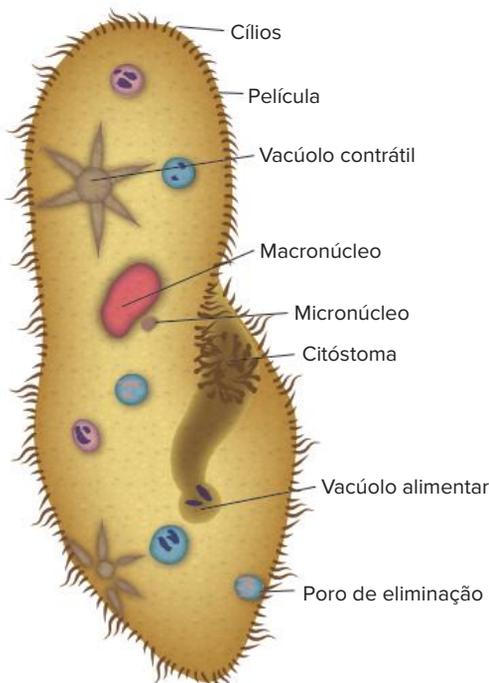


Fig. 8 Estrutura de um paramécio.

Outros ciliados são a *Vorticella* e o *Didinium*, este de vida livre (Fig. 9). Entre os de vida parasitária há o *Opalina ranarum*, encontrado no sistema urinário de rãs, e o *Balantidium coli*, característico do intestino do porco e, eventualmente, do ser humano.



Fig. 9 *Vorticella*, que vive fixada a um substrato através de um longo pedúnculo, e *Didinium*, predador de outros protozoários, inclusive de paramécios.

Aspectos gerais das parasitoses

As parasitoses, que estudaremos neste capítulo, são doenças que afetam uma parcela expressiva da população mundial, inclusive a brasileira. O estudo das parasitoses envolve o conhecimento do ciclo de vida do parasita. No estudo das doenças parasitárias, são tratados quatro tópicos: o parasita, o ser humano, a transmissão e a profilaxia.

Parasita

É um ser vivo que pode ser classificado como protozoário, platelminto ou nematelminto. O causador de uma doença parasitária é o agente etiológico dessa doença. Os aspectos morfológicos, fisiológicos e reprodutivos desses organismos são importantes para o entendimento da parasitose.

Ser humano

O ser humano pode ser hospedeiro de diversos tipos de parasitas. O organismo humano tem estruturas específicas onde o parasita se aloja, causando transtornos patológicos, como lesões e retirada de nutrientes.

Transmissão

O parasita deixa o hospedeiro em que está alojado e ingressa em outro. A saída do parasita pode se dar de várias maneiras, principalmente através das fezes (como no caso da lombriga) ou por via sanguínea, quando um inseto suga o sangue do ser humano, por exemplo. O vetor de um parasita é aquele que transmite o parasita entre dois hospedeiros; pode ser, por exemplo, um inseto ou um molusco.

O parasita pode passar uma etapa em um ambiente (solo, água) e ingressar diretamente no ser humano, tendo assim um único hospedeiro (parasita monoxênico).

Há casos, porém, em que o parasita ingressa em outro tipo de ser vivo e desse passa para o ser humano, ou seja, pode ter hospedeiros de espécies diferentes (parasita heteroxênico).

Há dois tipos de hospedeiros: o definitivo e o intermediário. Hospedeiro definitivo é o que abriga o parasita em sua forma madura ou com reprodução sexuada; o hospedeiro intermediário contém o parasita em sua forma imatura, ou larval ou com reprodução assexuada.

Profilaxia

Profilaxia é o conjunto de procedimentos para prevenir a doença; significa também erradicar ou diminuir a presença do parasita na população. O saneamento básico e a higiene pessoal são procedimentos preventivos importantes. O saneamento básico envolve medidas como o tratamento da água usada para consumo e a instalação e o tratamento de esgoto. O tratamento do doente é uma medida profilática que melhora a condição de saúde do hospedeiro e diminui a dispersão do parasita na população. O parasita pode ser combatido de diversas maneiras, por exemplo, com o uso de medicamentos e pelas barreiras imunitárias do hospedeiro.

Parasitoses causadas por protozoários

As doenças causadas por protozoários são denominadas protozooses. Destacaremos a amebíase, a moléstia de Chagas e a malária.

Amebíase

É também conhecida como disenteria amebiana. É causada por um protozoário rizópode, que vive principalmente no intestino grosso de seres humanos.

Parasita

O agente etiológico da amebíase é a *Entamoeba histolytica*, um protozoário que se movimenta por meio de pseudópodes, também empregado em sua nutrição. É um parasita

monoxênico, vivendo principalmente no intestino grosso do ser humano. Apresenta duas formas: trofozoíto e cisto.

Trofozoíto é a forma ativa, apresentando atividade metabólica e reprodutora (por bipartição). **Cisto** corresponde a uma forma de resistência, com um envoltório protetor, alguns núcleos e estado de vida latente (com baixa atividade metabólica).

Ser humano

A *Entamoeba histolytica* normalmente vive no **intestino grosso** e pode se comportar como comensal, isto é, nutre-se de restos presentes no intestino sem prejudicar o hospedeiro. No entanto, algumas cepas (variedades) podem ter uma atividade mais agressiva, atacando tecidos da parede intestinal. Com isso, podem provocar lesões, gerando hemorragias, e as fezes do indivíduo podem apresentar sangue.

Alguns dos parasitas podem se espalhar para outras partes do organismo através de vasos sanguíneos e provocar lesões que atingem fígado, pulmões e cérebro. Na cavidade intestinal podem ser gerados cistos, que são eliminados com as fezes (Fig. 10).

Transmissão

O ser humano contrai a amebíase pela ingestão de cistos, presentes na água ou em alimentos. Ocorre grande disseminação de cistos por **moscas** e **baratas**, mas pessoas que apresentam amebíase e não têm cuidados de higiene pessoal também disseminam o parasita.

Profilaxia

As principais medidas profiláticas envolvem o tratamento do doente, saneamento básico e cuidados de higiene pessoal. A água ingerida deve ser fervida ou filtrada; frutas e verduras devem ser bem lavadas.

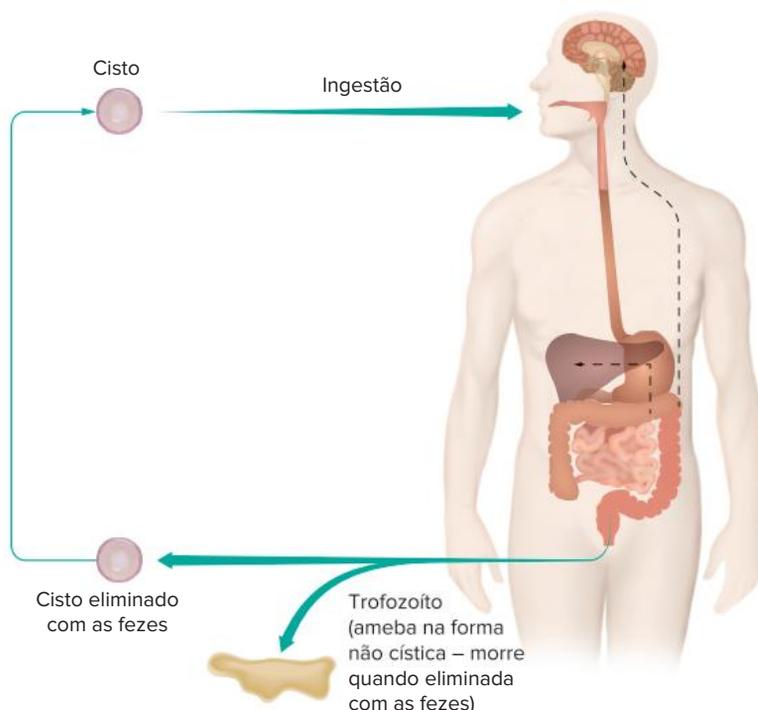


Fig. 10 Ciclo de vida da *Entamoeba histolytica*, um parasita monoxênico.

Moléstia de Chagas

A enfermidade também é denominada **tripanosomíase**, sendo restrita ao continente americano, desde parte dos Estados Unidos até a Argentina. Foi descoberta em 1909 pelo cientista Carlos Chagas.

Parasita

O agente etiológico da doença de Chagas é o *Trypanosoma cruzi*, protozoário que apresenta locomoção por flagelo e membrana ondulante, mas não apresenta estruturas locomotoras quando parasita o interior de células.

O flagelo é uma estrutura derivada dos centríolos. Em muitos protozoários, o flagelo emerge na mesma extremidade da célula em que os centríolos estão situados. No tripanossomo e em outros protozoários, os centríolos podem ocupar uma posição em uma extremidade da célula, mas o flagelo, deles derivado, emerge na extremidade oposta da célula. No intervalo compreendido entre a origem e a saída do flagelo, o filamento do flagelo levanta um segmento de membrana, que constitui a membrana ondulante, uma estrutura que contribui para o deslocamento do protozoário.

Ser humano

O ser humano não é o único vertebrado sujeito à ação do tripanossomo; tatu, cão, gato, gambá, roedores e morcegos também são seus hospedeiros. No organismo humano, o tripanossomo parasita diversos tipos de células, como **fibras musculares** (lisas, esqueléticas e cardíacas) e células do **sistema nervoso**. No interior de células, o tripanossomo não apresenta flagelo nem membrana ondulante.

Uma vez dentro do organismo humano, o parasita pode ter uma evolução rápida (**aguda**) ou mais prolongada

(**crônica**). A manifestação aguda pode levar à morte por **meningoencefalite** (infecção e inflamação do cérebro e das membranas que o envolvem) ou **miocardite**, que provoca insuficiência cardíaca. A forma crônica da doença envolve um período de dez a trinta anos em que não aparecem manifestações clínicas. Posteriormente, começam a ocorrer sintomas da ação do parasita. Ocorrem lesões neurológicas e dilatação de partes do tubo digestório, como o esôfago e o cólon (parte do intestino grosso), denominados megaeosôfago e megacólon, respectivamente. A musculatura cardíaca também é afetada; o indivíduo passa a apresentar insuficiência cardíaca, desencadeando uma série de problemas, que podem levar à morte (Fig. 11).



CDC/Blaine Mathison

Fig. 11 O tripanossomo pode ser encontrado no sangue de um ser humano infectado, apresentando-se na forma flagelada e dotada de membrana ondulante.

Transmissão

A maneira mais comum de transmissão é por meio de um inseto, conhecido popularmente como **barbeiro**, chupança ou procotó. O barbeiro é um hemimetábolo que pertence à ordem Hemiptera, subfamília Triatominae. Dentre as espécies transmissoras destacam-se *Triatoma infestans*, *Panstrongylus megistus* e *Rhodnius prolixus*.

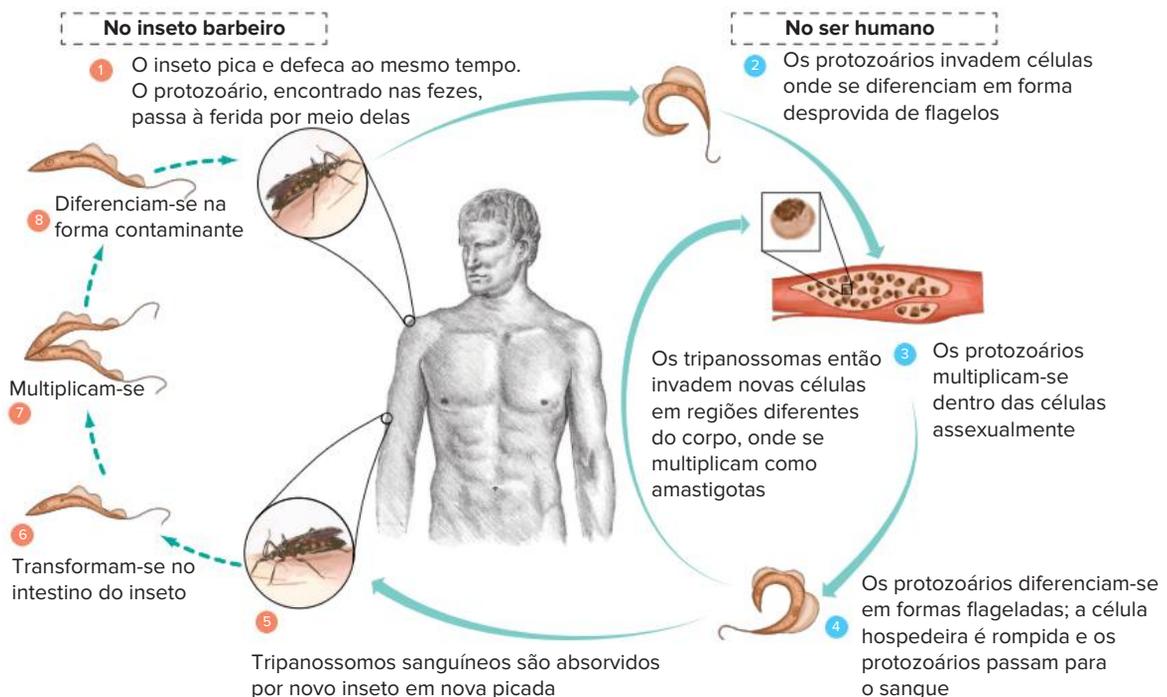


Fig. 12 Ciclo de vida do *Trypanosoma cruzi*, no caso da via de transmissão vetorial.

No Brasil, as duas principais vias de transmissão do protozoário são:

- **oral:** ocorre por meio da ingestão de alimentos, como açaí e caldo de cana, contaminados com as fezes do barbeiro ou com partes do inseto triturado que contenham os tripanossomos. Atualmente, essa é a via de transmissão predominante;
- **vetorial:** os barbeiros podem ocupar casas de **madeira** ou **pau a pique**, cujas paredes apresentam frestas em que se abrigam. A transmissão ocorre no ato de alimentação do vetor (barbeiro). Os barbeiros se alimentam de sangue e defecam, eliminando os protozoários na pele da vítima. Quando a ferida provocada pela picada é coçada, os protozoários podem ingressar na corrente sanguínea, alojando-se, depois, no interior de algumas células. Os tripanossomos também podem entrar no corpo pela conjuntiva, membrana que envolve o globo ocular e a face interna das pálpebras. Nesse caso, as pálpebras atingidas ficam com um inchaço característico.

Há outras modalidades de transmissão do tripanossomo: através da placenta, da amamentação (caso a mãe seja portadora da doença de Chagas), por transplante de órgãos que contenham o parasita e por transfusão de sangue.

Profilaxia

Para evitar a transmissão por via oral, é necessário higienizar bem os alimentos e as máquinas em que eles são processados. Além disso, ao produzir alimentos como o açaí, técnicas que envolvem choque térmico, como o branqueamento e a pasteurização, são eficazes e imprescindíveis para a descontaminação, principalmente em áreas que são foco do vetor/parasita, como a região Norte do Brasil. Assim, a fiscalização frequente e rigorosa da indústria e do comércio de alimentos, a fim de garantir a existência desses procedimentos, pode evitar muitos casos da doença de Chagas.

Para combater a transmissão pela via vetorial, uma das principais medidas profiláticas é a melhoria das moradias e a instalação de telas nas janelas, de modo que não seja possível o abrigo do barbeiro dentro das residências. O combate ao desmatamento também é importante para que o barbeiro permaneça em seu ambiente natural e não se desloque para as áreas urbanizadas. O controle do sangue doado, por sua vez, evita a transmissão por meio de transfusão.

Malária

A enfermidade também é conhecida como **maleita**, **impaludismo**, **febre palustre** ou **sezão**. É causada por protozoários esporozoários (atualmente *Apicomplexa*), sem estruturas locomotoras.

Parasita

O agente etiológico é protozoário do gênero *Plasmodium*; há quatro espécies principais: *Plasmodium vivax*, *Plasmodium malariae*, *Plasmodium falciparum* e *Plasmodium ovale* (esta espécie não ocorre no Brasil). Plasmódios apresentam, em seu complexo ciclo de vida, uma modalidade de reprodução assexuada denominada **esquizogonia**. Nesse processo, uma célula apresenta divisão do núcleo, formando uma estrutura multinucleada, conhecida genericamente como plasmódio. Posteriormente, ocorre a divisão do citoplasma, gerando inúmeras células individualizadas. No ciclo do *Plasmodium* sp., esse processo pode gerar duas formas: **merozoítos** ou **esporozoítos** (Fig. 13).

Os plasmódios desenvolvem-se no interior de dois hospedeiros: ser humano (hospedeiro **intermediário**) e **mosquito-prego**, *Anopheles* sp. (hospedeiro **definitivo**).

As fêmeas de anófeles são **hematófagas** e necessitam de sangue como nutriente para seus processos reprodutivos. Quando uma fêmea pica uma pessoa, antes de sugar o sangue elimina saliva, que contém um anticoagulante.

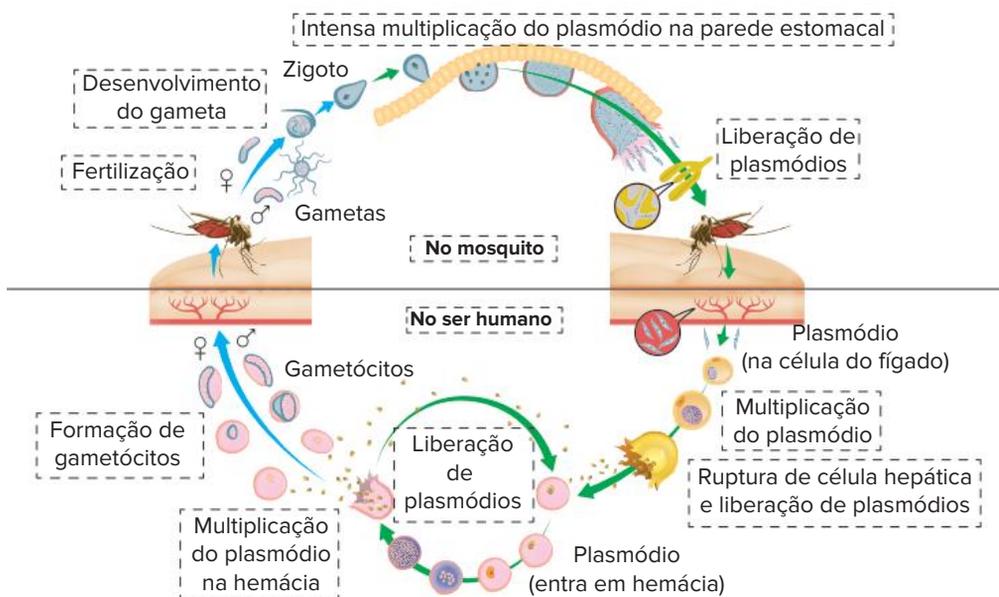


Fig. 13 Ciclo de vida do *Plasmodium* sp. Um ser humano adquire o plasmódio com a picada da fêmea do mosquito anófeles.

Se a pessoa picada tiver malária, pode haver **gametócitos** do parasita na circulação, que são sugados pela fêmea do mosquito-prego. Gametócitos são as células que dão origem aos gametas; os gametas masculino e feminino são diferentes no tamanho; os masculinos são microgametas (pequenos) e os femininos são macrogametas (grandes). Os gametas se unem na cavidade estomacal do mosquito, formando o zigoto. Assim, o mosquito é o hospedeiro definitivo, pois nele ocorre a reprodução sexuada do parasita.

O zigoto é uma célula diploide e sofre meiose, gerando células haploides; cada uma dessas células sofre o processo especial de esquizogonia, denominado **esporogonia**, gerando milhares de esporozoítos que se espalham pelo organismo do mosquito e alcançam suas glândulas salivares. Quando a fêmea pica uma pessoa, ela elimina saliva contendo esporozoítos, que penetram na circulação humana.

Ser humano

Os esporozoítos passam para o **fígado** e se multiplicam em células desse órgão (hepatócitos). Cada esporozoíto se reproduz por esquizogonia, gerando inúmeros merozoítos. Os merozoítos atacam outros hepatócitos e a quantidade de plasmódios aumenta no interior do fígado. Esse processo persiste durante vários dias. Posteriormente, os merozoítos passam para a circulação e penetram em **hemácias** (células vermelhas do sangue responsáveis pelo transporte de O_2).

No interior de cada hemácia, o plasmódio obtém hemoglobina e glicose como nutrientes e utiliza também o gás oxigênio presente no interior da hemácia para sua respiração celular. O plasmódio cresce e se reproduz por esquizogonia, gerando até 24 novos merozoítos; após a reprodução, ocorre a ruptura da hemácia, liberando merozoítos que invadem outras hemácias e reiniciam o processo (Fig. 14). O plasmódio pode causar **anemia** e transtornos no fígado e baço, além de efeitos neurológicos. A malária pode causar a morte, principalmente quando o agente causador é o *Plasmodium falciparum*.

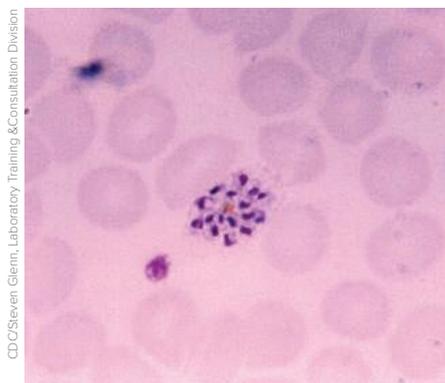


Fig. 14 Merozoítos sendo formados na hemácia.

A invasão de hemácias e sua ruptura ocorrem em ciclos regulares e sincronizados para os plasmódios no organismo de uma mesma pessoa. A ruptura das hemácias provoca a liberação de substâncias pirogênicas, isto é, que contribuem para a indução da febre. Assim, quando as hemácias se rompem, há febre, entre 39 °C e 41 °C, e também calafrio, suor e calor. Dependendo do tipo de plasmódio, o acesso

febril ocorre no terceiro dia, 48 horas depois (**febre terçã**), ou no quarto dia, 72 horas depois (**febre quartã**) (Tab. 1).

| Plasmódio | Febre | Intervalo (horas) |
|------------------------------|----------------|-------------------|
| <i>Plasmodium vivax</i> | terçã benigna | 48 |
| <i>Plasmodium falciparum</i> | terçã maligna | 36-48 |
| <i>Plasmodium ovale</i> | terçã benigna | 48 |
| <i>Plasmodium malariae</i> | quartã benigna | 72 |

Tab. 1 Tipos de plasmódios e respectivas modalidades de malária.

Transmissão

A malária é transmitida pela picada da fêmea do **mosquito-prego** (*Anopheles* sp.), que injeta esporozoítos através de sua saliva. O mosquito-prego apresenta forma larval aquática. São raros os casos de transmissão pela placenta. Também pode ocorrer transmissão por meio de transfusão de sangue.

Profilaxia

Consiste no tratamento do doente, no combate ao mosquito (por exemplo, com o uso de inseticidas) e nos cuidados para evitar a picada do inseto (uso de telas protetoras em residências e emprego de repelentes).

Outros parasitas do grupo dos protozoários

- *Leishmania braziliensis*: protozoário com locomoção por flagelo; causa a **Leishmaniose cutânea** ou **úlcera de Bauru**. As lesões atingem a **derme** e a **epiderme**, aparecendo nas mucosas da boca, na cavidade nasal (provocam a destruição da cartilagem nasal) e na faringe. O parasita ataca, além de humanos, cães, roedores e cavalos. A transmissão se dá pela picada da fêmea do mosquito-palha (*Lutzomyia*) e a profilaxia se dá pelo combate ao mosquito e uso de repelentes.
- *Leishmania chagasi*: parasita que se locomove por flagelo e causa a **Leishmania visceral** ou **calazar**. No ser humano, afeta células do **baço**, **medula óssea**, **fígado** e **parede intestinal**. O indivíduo geralmente apresenta emagrecimento e enfraquecimento, ficando mais suscetível a infecções. A mortalidade é bastante elevada. Cães e raposas também podem apresentar o parasita. A transmissão se dá pela picada da fêmea do mosquito-palha (*Lutzomyia*) e também pode ocorrer pela placenta e transfusão de sangue, embora, nesses dois últimos casos, seja raro ocorrer transmissão. A profilaxia se dá pelo combate ao mosquito, uso de repelentes e eliminação de cães infectados.
- *Trichomonas vaginalis*: causador da **tricomoniase**, é um protozoário que se locomove por flagelos e apresenta membrana ondulante. O parasita afeta a **uretra** e a **vagina**; pode causar irritação e corrimento. É uma IST (infecção sexualmente transmissível), e a profilaxia ocorre com o uso de preservativos e o tratamento do doente.
- *Giardia intestinalis*: parasita flagelado monoxênico que causa a **giardiase**. Ataca o **intestino delgado** do ser humano, que se contamina pela ingestão de cistos

presentes em água e verduras. Tratamento do doente, saneamento básico, cuidados de higiene pessoal são medidas profiláticas. Além disso, a água ingerida deve ser fervida ou filtrada; frutas e verduras devem ser bem lavadas.

- *Toxoplasma gondii*: é um parasita sem estruturas locomotoras que causa a **toxoplasmose**. Afeta principalmente gatos, que eliminam cistos pelas fezes. Os cistos podem ser ingeridos por pessoas ou porcos. O parasita pode se alojar em vários tecidos do corpo, incluindo **encéfalo** e **retina**, causando cegueira e debilidade mental. Efeitos mais graves ocorrem em crianças e fetos. A transmissão se dá pela ingestão de cistos presentes em fezes de gato ou em carne de porco contaminada. A profilaxia consiste em não comer carne crua ou malcozida e cuidar adequadamente dos dejetos de gatos.

Revisando

1 Cite 3 características gerais dos protozoários.

2 Quais são as duas regiões do citosol de uma ameba? Qual delas é mais consistente?

3 Cite os tipos de vacúolos presentes no citoplasma de uma ameba de água doce e indique a função de cada um.

4 Qual é o papel do núcleo em uma ameba?

5 De que maneira a ameba obtém alimento?

6 Quais são os modos de utilização do alimento ingerido pela ameba?

7 O que é clasmocitose?

8 Qual é a principal modalidade de reprodução assexuada entre as amebas de água doce?

9 O que é cisto?

10 Cite os quatro grupos da classificação tradicional dos protozoários. Em que se baseava essa classificação?

11 Como o ser humano elimina cistos de ameba para o ambiente?

12 Como o ser humano adquire amebíase?

13 Qual é o agente etiológico do mal de Chagas? Quais estruturas do organismo humano podem ser afetadas por esse parasita?

14 Qual é o hospedeiro intermediário da doença de Chagas?

15 Qual é o agente etiológico da malária? Quais estruturas do organismo humano podem ser afetadas por esse parasita?

16 No caso da malária, cite o hospedeiro intermediário e o definitivo do parasito causador dessa doença.

17 Como um ser humano adquire malária?

Exercícios propostos

1 Uece 2019

Quanto à locomoção dos protozoários, é correto afirmar que:

- A as amebas utilizam flagelos para locomoção.
- B os esporozoários se locomovem através de pseudópodes.
- C os rizópodes não se locomovem.
- D os paramécios locomovem-se através de cílios.

2 Ulbra 2016

Leia o texto abaixo:

O problema em definir protista reside principalmente na falsa ideia de que protista deve ser tratado como uma entidade taxonômica, o que é consequência da atitude genuinamente humana de classificar a natureza hierarquicamente. Desde Haeckel (1866) até o “moderno” conceito dos “Cinco Reinos”, tem sido “conveniente” tratar Protista como um “Reino” para maior facilidade nos sistemas de recuperação de informação e para os fins de educação e vulgarização. O conceito de “Reino” também serve para aumentar a autoestima dos cientistas que estudam esses organismos. Afinal de contas, quem quer estudar organismos “inferiores”, “simples” e “primitivos” quando se pode estudar organismos “superiores” e “complexos”?

(Adaptado de “What is a Protist?”, editorial da revista Protist, v. 150, março de 1999, escrito por Michael Melkonian).

Apesar da discussão acima proposta pelo autor, o grupo apresenta diversas características compartilhadas.

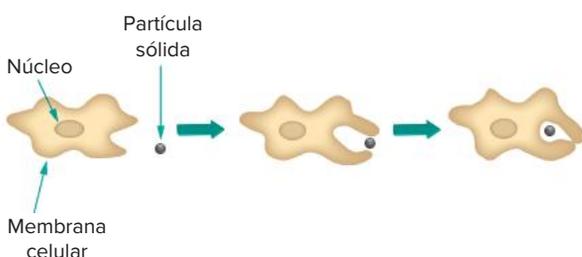
- I. Todos os protistas formam colônias e possuem como habitat ambientes úmidos.
- II. Podem ser autótrofos ou heterótrofos, parasitos, mutualistas e de vida livre.
- III. Apresentam sistema de controle osmótico como vacúolo contrátil e pulsátil e podem ou não apresentar macronúcleo e micronúcleo.
- IV. Protistas apresentam estruturas que permitem o deslocamento como cílios, flagelos ou pseudópodos.

Estão corretas:

- A I e II.
- B II, III e IV.
- C III e IV.
- D II e III.
- E I e IV.

3 PUC-RS

Responder à questão a partir da figura que representa um organismo unicelular eucariota durante o processo de alimentação.

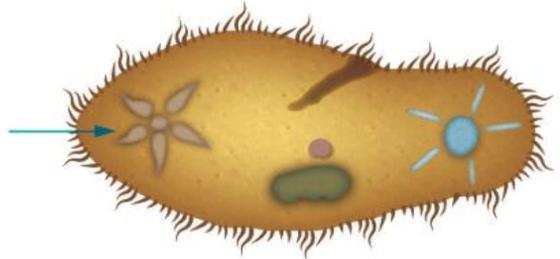


O processo acima representado é denominado:

- A clasmocitose.
- B pinocitose.
- C fagocitose.
- D exocitose.
- E citocinese.

4 Mackenzie

Observe o desenho a seguir e assinale a alternativa que preenche corretamente os espaços da frase a seguir.



A organela indicada no desenho é o _____, responsável pela eliminação do excesso de _____ que entra por _____ em uma célula que vive em um meio _____ em relação ao seu citoplasma.

- A vacúolo pulsátil; água; osmose; hipotônico.
- B vacúolo digestivo; sais minerais; osmose; hipertônico.
- C vacúolo pulsátil; água; transporte ativo; hipertônico.
- D vacúolo digestivo; sais minerais; difusão; hipertônico.
- E vacúolo pulsátil; sais minerais; transporte ativo; hipertônico.

5 Cefet-CE

O mosquito do gênero *Anopheles* é o transmissor de um parasita que causa uma doença no homem. O parasita e a doença são, respectivamente:

- A ameba – disenteria
- B tripanossoma – doença de Chagas
- C leishmania – úlcera de Bauru
- D fungo – micose
- E plasmódio – malária

6 Cefet-CE

A doença de Chagas não tem cura e afeta particularmente o coração, causando, nos doentes, insuficiência cardíaca, indisposição e enfraquecimento. Como medida preventiva, não basta o combate ao inseto transmissor pela pulverização de inseticidas. A erradicação da doença depende também de melhores condições de habitação, com casas de alvenaria, que não deixem esconderijos para esses insetos. O texto se refere ao(à):

- A mosquito-palha.
- B mosquito-prego.
- C barbeiro.
- D gafanhoto.
- E mosca-das-frutas.

7 Cefet-MG A malária é uma doença muito comum na região Norte do Brasil. A medida que não interfere na sua profilaxia é:

- A o uso de cortinados na cama.
- B o uso de vacina.
- C o combate dos insetos adultos com inseticidas.
- D a criação de peixes que se alimentam de larvas.

8 PUC-SP Recentemente, foram relatados no estado do Pará casos de pessoas que contraíram doença de Chagas por ingestão de açaí. O fruto, muito utilizado na elaboração de sucos, foi triturado juntamente com insetos conhecidos por “barbeiros” ou “chupanças”, que se esconderam em cestos cheios de açaís. As pessoas que adoeceram foram infectadas pelo:

- A protozoário *Plasmodium falciparum*.
- B protozoário *Triatoma infestans*.
- C protozoário *Trypanosoma cruzi*.
- D vírus *Plasmodium falciparum*.
- E vírus *Trypanosoma cruzi*.

9 UEL Cassiano escolhera mal o lugar onde se derrear: no Mosquito era tudo gente miúda, amarelenta ou amaleitada, esmolambada, escabreada, que não conhecia o trem de ferro, mui pacata e sem ação.

João Guimarães Rosa. *Sagarana*. Rio de Janeiro: Nova Aguilar, 1995. p. 312.

A palavra “amaleitada” do texto indica que, na localidade de Mosquito, havia pessoas portadoras de doença transmitida pelo seguinte vetor:

- A mosquito-palha, do gênero *Phlebotomus*.
- B mosca tsé-tsé, do gênero *Glossina*.
- C mosquito-prego, do gênero *Anopheles*.
- D bicho-barbeiro, do gênero *Triatoma*.
- E caramujo, da família *Planorbidae*.

10 UEL A doença de Chagas, segundo a Organização Mundial da Saúde, constitui uma das principais causas de morte súbita na fase mais produtiva do cidadão. No Brasil, esta doença atinge cerca de 6 milhões de habitantes, principalmente populações pobres que residem em condições precárias. Muitas vezes, não é dada uma possibilidade de emprego ao chagásico, mesmo que adequado à sua condição clínica, que quase sempre não é devidamente avaliada [...].

D. P. Neves. et. al. *Parasitologia Humana*. São Paulo: Atheneu, 2005. p. 86. (Adapt.).

Com base no texto e nos conhecimentos sobre o tema, analise as afirmativas a seguir.

- I. A transmissão da Doença de Chagas pode se dar por via oral em várias situações, por exemplo: amamentação, pois o *Trypanosoma cruzi* já foi encontrado em leite materno na fase aguda da infecção; pessoas ingerindo alimentos contaminados com fezes ou urina de “barbeiros” infectados.
- II. Os indivíduos que sobrevivem à fase aguda assintomática ou sintomática evoluem para a fase crônica e podem permanecer assintomáticos ou

com infecção latente por vários anos ou durante toda a sua vida.

- III. A profilaxia da doença de Chagas pode se dar pela melhoria das habitações, com adequada higiene e limpeza da mesma, combate ao “barbeiro” por meio de inseticidas e outros métodos auxiliares e a identificação e seleção dos doadores de sangue.
- IV. A espoliação sanguínea realizada pelas fêmeas dos “barbeiros” é tão marcante, que ocasiona internamentos de pessoas e afastamento de profissionais da agricultura e pecuária. Neste aspecto, o estado do Paraná, por ser predominantemente agrícola, concentra a maioria dos casos da doença de Chagas no país.

Assinale a alternativa que contém todas as afirmativas corretas.

- A I e II.
- B II e IV.
- C III e IV.
- D I, II e III.
- E I, III e IV.

11 Ufop Com relação à Malária, é incorreto afirmar que:

- A as formas infectantes são transmitidas por inoculação pela picada do transmissor.
- B é diagnosticada pelo exame das fezes humanas.
- C é uma doença que causa febre em intervalos regulares.
- D o transmissor é um inseto popularmente chamado de “mosquito-prego”.

12 UEPG 2018 Assinale o que for correto sobre as doenças causadas por protozoários.

- 01 A giardíase é causada pela *Giardia intestinalis* (ou *Giardia lamblia*) e afeta principalmente o intestino delgado provocando diarreia e dores abdominais. A transmissão pode ocorrer pela ingestão de água ou alimentos contaminados com cistos de giárdia.
- 02 A malária é causada por protozoários do gênero *Plasmodium*. O mosquito *Anopheles* é o hospedeiro intermediário do parasita, já o ser humano é o hospedeiro definitivo, visto a observação da ocorrência da reprodução sexuada do *Plasmodium* neste tipo de hospedeiro.
- 04 Espécies do gênero *Leishmania* causam as leishmanioses. A espécie *Leishmania brasiliensis* causa a leishmaniose tegumentar americana (ou “úlcer de Bauru”), caracterizada pela formação de feridas de difícil cicatrização na pele e nas mucosas.
- 08 Os hospedeiros naturais do *Toxoplasma gondii* (causadores da toxoplasmose) são os porcos, onde se instala no intestino, se reproduz e são eliminados junto com as fezes. As larvas deste protozoário são então liberadas em ambiente aquático e podem penetrar na pele humana (geralmente pelos pés descalços).

16 Dentre as medidas profiláticas da malária estão o uso de inseticidas, lavar bem os alimentos e ingerir carnes bem cozidas, objetivando-se a eliminação do protozoário *Plasmodium*, beber água tratada e uso de repelentes.

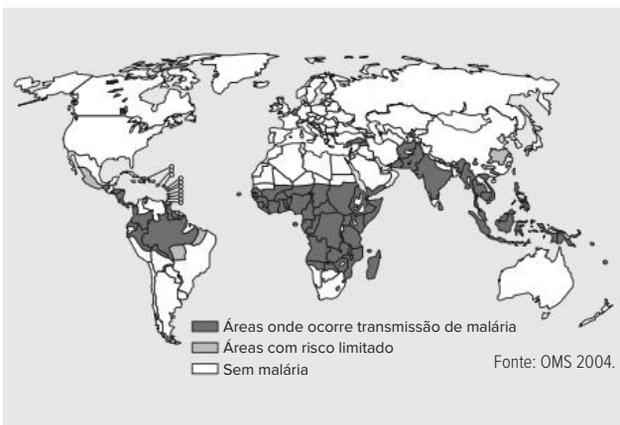
Soma:

13 UFRGS Células-tronco vêm sendo utilizadas com sucesso para amenizar os sintomas de pacientes com insuficiência cardíaca devido a infarto do miocárdio. Recentemente, pesquisadores brasileiros da Fiocruz foram pioneiros em utilizar células-tronco da medula óssea de um paciente que apresentava insuficiência cardíaca devido a uma doença parasitária. Com o tratamento, as lesões coronarianas reduziram-se a um nível mínimo.

A doença parasitária a que esse texto se refere é a:

- A amebíase.
- B malária.
- C doença do sono.
- D doença de Chagas.
- E febre amarela.

14 Enem 2011

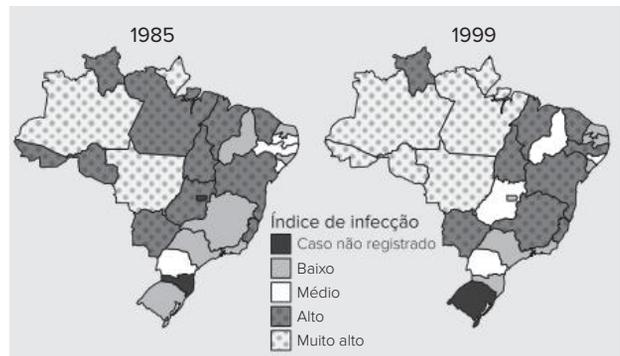


Disponível em: <www.anvisa.gov.br>.

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

- A endemia, pois se concentra em uma área geográfica restrita desse continente.
- B peste, já que ocorre nas regiões mais quentes do continente.
- C epidemia, já que ocorre na maior parte do continente.
- D surto, pois apresenta ocorrência em áreas pequenas.
- E pandemia, pois ocorre em todo o continente.

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



Ministério da Saúde.

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

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

16 Enem Em uma aula de Biologia, o seguinte texto é apresentado:

Lagoa Azul está doente

Os vereadores da pequena cidade de Lagoa Azul estavam discutindo a situação da Saúde no Município. A situação era mais grave com relação a três doenças: doença de Chagas, esquistossomose e ascaridíase (lombriga). Na tentativa de prevenir novos casos, foram apresentadas várias propostas:

Proposta 1: Promover uma campanha de vacinação.

Proposta 2: Promover uma campanha de educação da população com relação a noções básicas de higiene, incluindo fervura de água.

Proposta 3: Construir rede de saneamento básico.

Proposta 4: Melhorar as condições de edificação das moradias e estimular o uso de telas nas portas e janelas e mosquiteiros de filó.

Proposta 5: Realizar campanha de esclarecimento sobre os perigos de banhos nas lagoas.

Proposta 6: Aconselhar o uso controlado de inseticidas.

Proposta 7: Drenar e aterrar as lagoas do município.

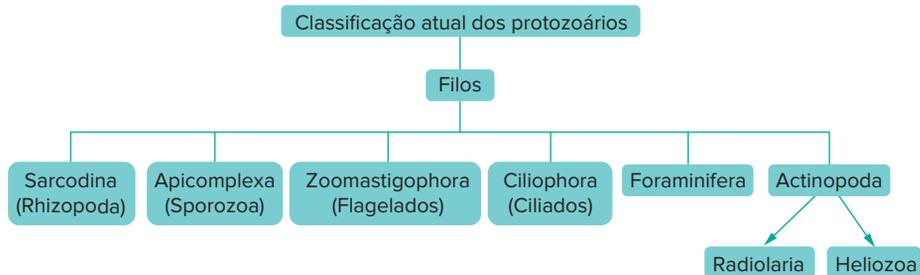
Você sabe que a doença de Chagas é causada por um protozoário (*Trypanosoma cruzi*) transmitido por meio da picada de insetos hematófagos (barbeiros). Das medidas propostas no texto “Lagoa Azul está doente”, as mais efetivas na prevenção dessa doença são.

- A 1 e 2.
- B 3 e 5.
- C 4 e 6.
- D 1 e 3.
- E 2 e 3.

Classificação atual dos protozoários

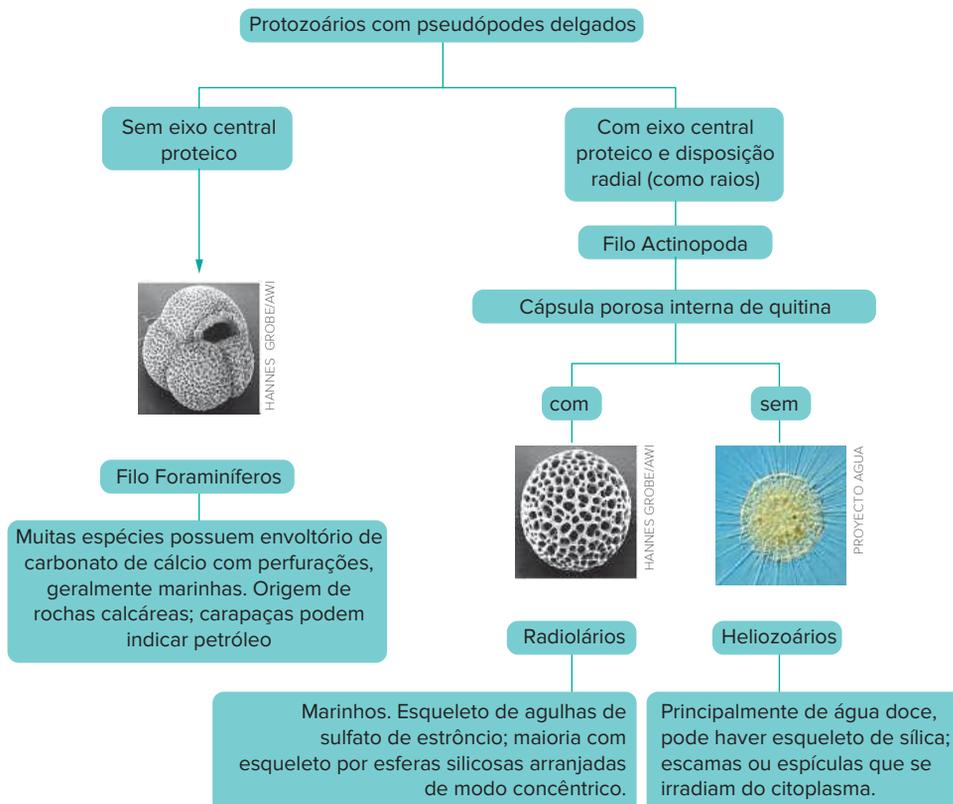
Atualmente, os protozoários constituem um grupo com vários filos, sendo os mais importantes Sarcodíneos (Rhizopoda), Zoomastigophora (Flagelados), Apicomplexa (esporozoários) e Ciliophora (ciliados). O filo Apicomplexa tem esse nome devido à presença de uma estrutura em uma extremidade da célula (*Api* significa extremidade); trata-se de uma saliência que facilita a entrada do parasita na célula hospedeira. Há outros filos, cujos representantes em geral apresentam pseudópodes mais delicados, que são os filos Foraminifera e Actinopoda.

Os representantes do filo Actinopoda têm um eixo central proteico no interior de cada pseudópode, já os integrantes do filo Foraminifera não apresentam essa estrutura. Foraminíferos são geralmente marinhos e possuem envoltório de carbonato de cálcio com perfurações através das quais saem os pseudópodes. Um foraminífero inicia sua vida como uma pequena ameba e secreta o envoltório calcáreo ao seu redor e, à medida que o animal cresce, o envoltório fica pequeno. O protozoário secreta uma nova câmara maior; isso se repete e ele vai gerando novas câmaras ao longo da vida, todas elas com pequenas perfurações, com ele ocupando o interior dessas câmaras. A deposição dessas carapaças no leito oceânico origina rochas calcáreas. A presença de carapaças de foraminíferos em perfurações pode indicar a existência de petróleo na área.



Classificação dos protozoários.

O filo Actinopoda é constituído por dois grupos: radiolários e heliozoários. Os radiolários têm uma cápsula porosa interna de quitina e os heliozoários não têm essa estrutura. Radiolários são marinhos e a maioria tem esqueleto formado por esferas silicosas arranjadas de modo concêntrico; alguns apresentam esqueleto constituído por agulhas de sulfato de estrôncio. Os heliozoários são principalmente de água doce. Podem ter esqueleto de sílica, constituído por escamas ou espículas que irradiam do citoplasma.



Características dos protozoários com pseudópodes delgados.

A conjugação em protozoários

Os protozoários ciliados apresentam uma modalidade de reprodução sexuada conhecida como conjugação. Nesse processo, dois indivíduos sexualmente compatíveis se aproximam e, através de uma ponte citoplasmática, trocam material genético (micronúcleos).

Um paramécio é dotado de macronúcleo e de micronúcleo. O micronúcleo sofre meiose e gera quatro núcleos, sendo que três deles degeneram; o remanescente é um micronúcleo, que se divide por mitose, gerando dois micronúcleos. Esse protozoário une-se a outro que passou pelas mesmas modificações e eles trocam um micronúcleo. Cada indivíduo tem agora a fusão de dois micronúcleos (um próprio e outro recebido do parceiro), gerando um novo núcleo. Este núcleo divide-se por mitose; o macronúcleo degenera e um dos novos micronúcleos diferencia-se e substitui o antigo macronúcleo. Assim, cada protozoário passa a ter um macronúcleo e um micronúcleo, como era no início, mas com aumento da variabilidade genética na população.

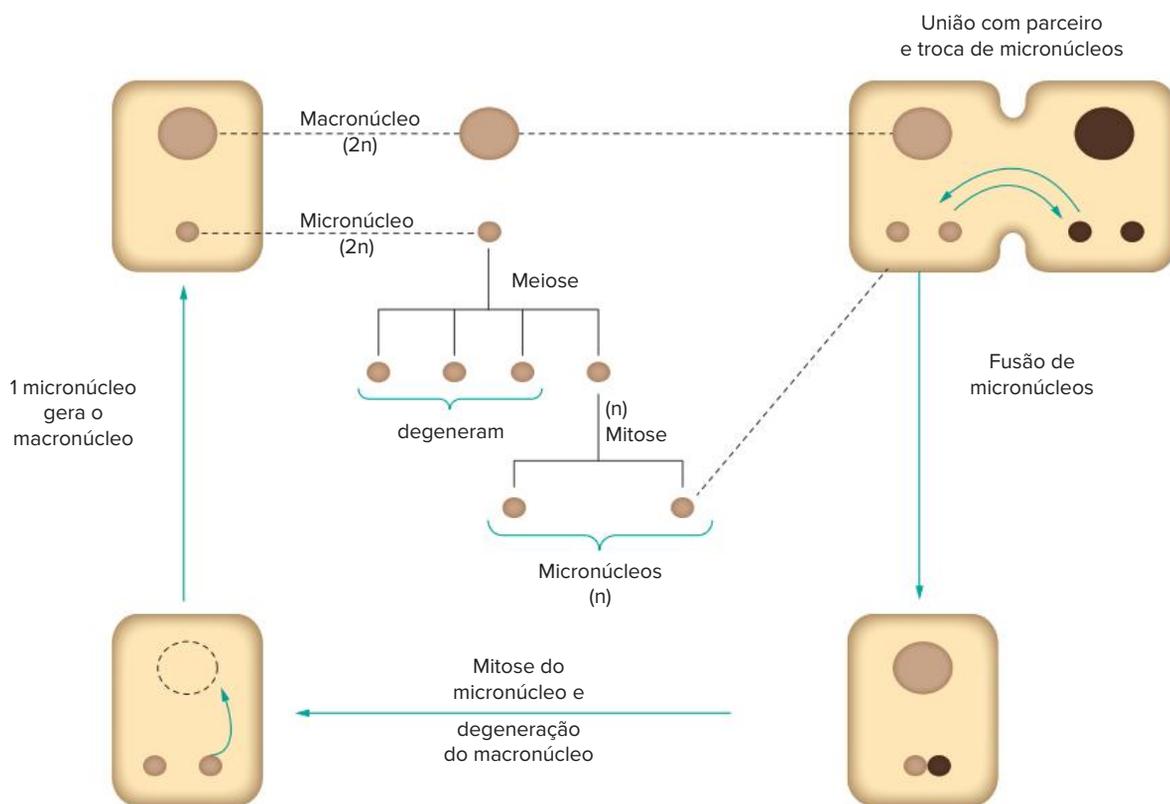


Fig. 10 Conjugação em paramécio.

Resumindo

Protozoários e o padrão unicelular

• Estrutura dos protozoários

Uma ameba de água doce é empregada como modelo. Tem um envoltório membranoso, um núcleo (com DNA) e um citoplasma, constituído pelo citosol e por diversos orgânulos. O citosol apresenta ectoplasma e endoplasma. Há dois tipos de vacúolos: digestivo e pulsátil (também chamado vacúolo contrátil).

• Atividades básicas e coordenação

A coordenação das atividades é realizada principalmente pelo núcleo. A ameba interage com seu ambiente deslocando-se e realizando trocas. O alimento é englobado por fagocitose; sua digestão ocorre no interior de vacúolo digestivo. Os nutrientes liberados são usados na formação das estruturas do organismo e na respiração celular (que libera energia). Materiais não digeridos são eliminados por clasmocitose.

Amebas de água doce recebem água em excesso por osmose. O excesso de água é eliminado pelo vacúolo pulsátil ou vacúolo contrátil.

• Reprodução

O processo de reprodução assexuada é o mais comum entre as amebas; pode ocorrer bipartição ou em condições especiais são gerados cistos, que são formas de resistência.

• Classificação

A classificação tradicional considerava o filo dos protozoários dividido em quatro classes: Rizópodes, Flagelados, Esporozoários e Ciliados. Atualmente, os protozoários constituem um grupo com vários filios, sendo os mais importantes: Sarcodina (Rhizopodes), Zoomastigophora, Apicomplexa (antes esporozoários) e Ciliophora (ciliados); há também os filios Foraminifera e Actinopoda.

| Parasitose | Parasita | Ser humano | Transmissão | Profilaxia |
|--------------------------------------|--|---|--|--|
| Amebíase | <i>Entamoeba histolytica</i> ; parasita monoxênico que tem locomoção por pseudópodes. | Normalmente é afetado o intestino grosso; podem ocorrer lesões no fígado, nos pulmões e no cérebro. | Ingestão de cistos presentes em água e verduras contaminadas. | Tratamento do doente; saneamento básico; cuidados de higiene pessoal. A água ingerida deve ser fervida ou filtrada; frutas e verduras devem ser bem lavadas. |
| Moléstia de Chagas ou tripanosomíase | <i>Trypanosoma cruzi</i> ; apresenta locomoção por flagelo e membrana ondulante. | O parasita afeta células do sistema nervoso e fibras musculares. Tatu, cão, gato, gambá, roedores, morcegos podem abrigar o parasita. | Fezes do barbeiro, transplante, transfusão, placenta, leite materno e ingestão de alimentos contaminados com fezes de barbeiros. | Melhoria das moradias; combate ao barbeiro; controle de doadores de sangue. Tratamento mostra eficácia no início da doença. |
| Malária | <i>Plasmodium</i> sp.; não tem estruturas locomotoras. | É o hospedeiro intermediário; o parasita atinge células do fígado e hemácias. Provoca episódios regulares de febre. | Picada da fêmea do mosquito-prego (<i>Anopheles</i> sp.), que é o hospedeiro definitivo. | Tratamento do doente; combate ao mosquito e cuidados para evitar a picada do inseto. |
| Leishmaniose cutânea | <i>Leishmania braziliensis</i> ; apresenta locomoção por flagelo. | Lesões conhecidas como úlcera de Bauru, atingindo derme e epiderme. Lesões em mucosas da boca, cavidade nasal, faringe; destruição da cartilagem nasal. Cães, roedores e cavalos podem apresentar o parasita. | Picada da fêmea do mosquito-palha (<i>Lutzomyia</i>). | Combate ao mosquito; uso de repelentes. |
| Leishmaniose visceral ou calazar | <i>Leishmania chagasi</i> ; apresenta locomoção por flagelo. | Afeta as células do baço, medula óssea, fígado e parede intestinal. O indivíduo geralmente apresenta emagrecimento e enfraquecimento, ficando mais suscetível a infecções. A mortalidade é bastante elevada. Cães e raposas também podem apresentar o parasita. | Picada da fêmea do mosquito-palha (<i>Lutzomyia</i>). Raramente a transmissão ocorre pela placenta e transfusão de sangue. | Combate ao mosquito; uso de repelentes; eliminação de cães infectados. |
| Tricomoniase | <i>Trichomonas vaginalis</i> ; locomoção por flagelos e membrana ondulante. | O parasita afeta a uretra e a vagina; pode causar irritação e corrimento. | É uma infecção sexualmente transmissível (IST). | Uso de preservativos e tratamento do doente. |
| Giardiase | <i>Giardia intestinalis</i> ; parasita monoxênico que apresenta locomoção por flagelos. | Parasita do intestino delgado do ser humano. | Ingestão de cistos presentes em água e verduras contaminadas. | Tratamento do doente; saneamento básico; cuidados de higiene pessoal. A água ingerida deve ser fervida ou filtrada; frutas e verduras devem ser bem lavadas. |
| Toxoplasmose | <i>Toxoplasma gondii</i> ; parasita sem estruturas locomotoras. Afeta principalmente gatos, que eliminam cistos pelas fezes. Cistos podem ser ingeridos por pessoas ou por porcos. A carne de porco pode ter o parasita. | O parasita pode se alojar em vários tecidos do corpo, incluindo encéfalo e retina. Pode causar cegueira e debilidade mental. Efeitos mais graves em crianças e fetos. | Ingestão de cistos presentes em fezes de gato ou em carne contaminada. | Não comer carne crua ou malcozida. Cuidar adequadamente dos dejetos de gatos. Mulheres grávidas não devem ter contato prolongado com gatos. |

Quer saber mais?



Sites

- Protozoários no tratamento de esgoto.
<<http://www.microbiologia.ufrj.br/porta1/index.php/pt/destaques/novidades-sobre-a-micro/2-lorem-ipsu>>.
- Doenças causadas por parasitas e formas de combate e prevenção.
<www.sucen.sp.gov.br/>.
<www.cdc.gov/parasites/az/index.html>.

Exercícios complementares

1 PUC-PR O ciliado *Paramecium caudatum* é constituído por uma só célula alongada e achatada, medindo entre 150 e 300 micrômetros de comprimento e seu aspecto lembra o formato de uma sola de sapato. É recoberto por cílios.

Analise as afirmações relacionadas ao paramécio e aos protozoários em geral.

- I. Os cílios presentes no paramécio, com a função de locomoção, têm origem nos centríolos.
- II. Os protozoários, como o paramécio, apresentam duas membranas, a plasmática e a parede celular.
- III. A regulação osmótica no paramécio é feita por dois vacúolos contráteis, localizados em cada uma de suas extremidades. Esses vacúolos são encontrados em protozoários de água doce.
- IV. A maioria dos ciliados têm vida livre, como o paramécio.
- V. Diversas espécies de protozoários são parasitas, causando doenças em animais e no homem.

Estão corretas as afirmações:

- A I, II, IV e V.
- B I, III, IV e V.
- C I, II, III e IV.
- D I, II, III e V.
- E II, III, IV e V.

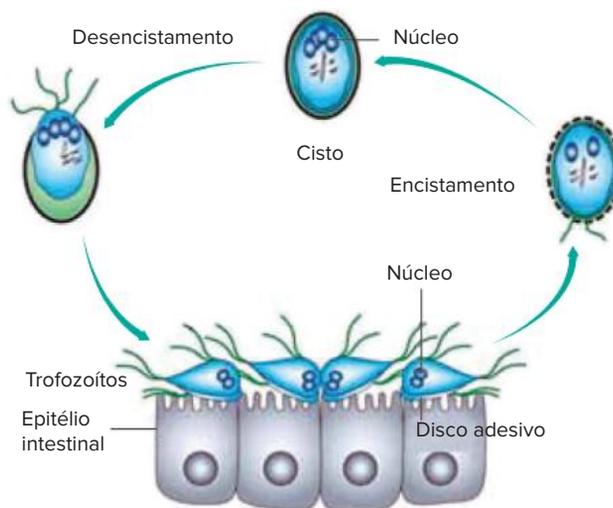
2 Mackenzie A respeito dos protozoários são feitas as afirmações a seguir.

- I. Todos eles apresentam vacúolos contráteis em sua célula.
- II. Todos eles são heterótrofos e de respiração aeróbia.
- III. Alguns podem se reproduzir sexuadamente.

Assinale:

- A se todas estiverem corretas.
- B se todas estiverem erradas.
- C se apenas I e II estiverem corretas.
- D se apenas I e III estiverem corretas.
- E se apenas III estiver correta.

3 Uefs 2018 A imagem representa o ciclo de vida do parasita humano que causa a giardíase.

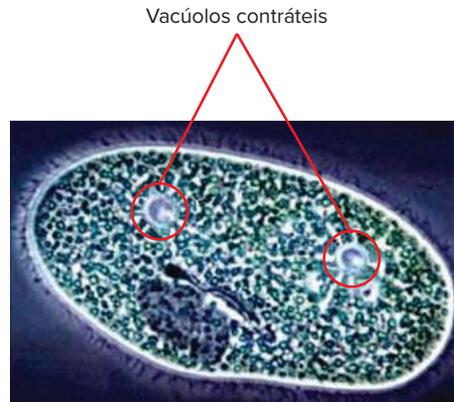


(www.nature.com. Adaptado.)

O ser humano adquire giardíase por meio

- A do banho recreativo em lagoas com caramujos contaminados por cistos.
- B da picada e das fezes de insetos portadores de trofozoítos.
- C do contato com o hospedeiro intermediário portador de trofozoítos.
- D da transfusão de sangue contendo cistos ou trofozoítos.
- E da ingestão de alimentos ou água contaminados por cistos.

- 4 **Unesp 2016** Um estudante coletou água de um lago e a separou em duas amostras de volumes iguais, A e B. Em ambas observou, ao microscópio, paramécios vivos, nos quais se destacavam seus vacúolos contráteis, como mostra a figura.



(<http://japapedia.wikispaces.com>)

Analisando os paramécios de ambas as amostras, o estudante não notou qualquer diferença. Em seguida dobrou a quantidade de líquido em ambas as amostras, adicionando água pura à amostra A e solução saturada de NaCl à amostra B. Passados alguns minutos, voltou a observar os paramécios.

Em termos de volume celular e atividade dos vacúolos, que diferenças o estudante deve ter observado nos paramécios da amostra A, após a adição da água, e nos paramécios da amostra B, após a adição da solução saturada de NaCl? Justifique sua resposta.

- 5 **UFPE** Os protozoários apresentam membrana plasmática, citoplasma e núcleo, o qual contém o material genético e é circundado pela carioteca. Os protozoários podem ser estudados, considerando-se suas características locomotoras. Analise cada proposição apresentada na tabela adiante.

| | Filo | Estrutura locomotora | Exemplificação |
|---|---------------------|----------------------|------------------------------|
| ■ | <i>Sarcodina</i> | pseudópodes | amebas e foraminíferos |
| ■ | <i>Mastigophora</i> | flagelos | triplanossomo e giárdia |
| ■ | <i>Ciliophora</i> | cílios | foraminíferos e tripanossomo |
| ■ | <i>Sporozoa</i> | ausentes | toxoplasma e plasmódio |
| ■ | <i>Rhizopoda</i> | falsos pés | giárdia e plasmódio |

- 6 **UFPR 2015**

Leishmaniose na mira: famosos se unem em campanha contra a eutanásia canina

Uma campanha realizada em conjunto com as ONGs paulistanas Arca Brasil e Ampara Animal tem como objetivo mudar as políticas públicas que dizem respeito à leishmaniose em animais. As indicações atuais são de que todos os cães afetados sejam eutanasiados, muitas vezes sem contar com a chance de tentar um tratamento.

Revista Veja São Paulo. <http://vejasp.abril.com.br/blogs/bichos/2013/08/leishmaniose-eutanasia-campanha-famosos/>. 27 ago. 2013.

A razão do sacrifício dos cães é que esses animais oferecem riscos à população, pois apresentam o parasita

- A na saliva e pode ser transmitido por meio da mordida.
- B nas fezes e pode ser transmitido pela ingestão de alimentos contaminados.
- C nas fezes e pode ser transmitido pela penetração ativa através da pele.
- D no sangue e pode ser transmitido pela picada de um carrapato.
- E no sangue e pode ser transmitido pela picada de um mosquito

- 7 **UFRGS 2019** Um surto de toxoplasmose foi registrado, em 2018, na cidade de Santa Maria (RS).

Sobre a toxoplasmose, é correto afirmar que

- A tem um caramujo de água doce como hospedeiro intermediário do verme causador da doença.
- B pode ser transmitida entre humanos por insetos hemípteros (barbeiros) que defecam ao sugar o sangue.
- C é causada por um protozoário transmitido através da ingestão de carne mal cozida ou de alimentos contaminados com fezes de gatos.

- D provoca lesões de bordas avermelhadas, de difícil cicatrização, na pele e nas mucosas.
- E causa perfurações nas paredes do intestino que levam à perda de sangue e à anemia, gerando palidez, também chamada de amarelo.

8 UFRGS Pesquisadores da Fundação Oswaldo Cruz, em sua busca por antimaláricos na medicina popular, verificaram que a planta conhecida como cerveja-de-índio (*Ampelozizyplus amazonicus*) tem ação preventiva, impedindo que a forma infectante do *Plasmodium* inoculada pelo mosquito se desenvolva.

A forma infectante referida denomina-se:

- A merozoíto.
- B cisto.
- C gametócito.
- D zigoto.
- E esporozoíto.

9 UFSC Em março de 2005 foi constatado um surto da Doença de Chagas na região litorânea de Santa Catarina, atingindo 25 pessoas e resultando em 3 mortes. Este fato, totalmente inesperado para uma área não endêmica da doença, dificultou inicialmente o diagnóstico por parte dos profissionais de saúde e chamou a atenção dos meios de comunicação, tendo grande repercussão em todo o país. A constatação da infecção natural pelo *Trypanosoma cruzi* em um gambá e em vários exemplares de triatomíneos confirmou a existência de um ciclo de transmissão do parasita naquela região.

Revista *Ciência Hoje*, n 217, jul. 2005. (Adapt.).

Sobre a origem, transmissão, aspectos clínicos, diagnóstico e tratamento da doença de Chagas, é correto afirmar que:

- 01 em geral, a doença tem duas etapas distintas no homem: a fase inicial, aguda, caracterizada por elevada parasitemia e estado febril, seguida de uma fase crônica, caracterizada pela diminuição do número de parasitas circulantes.
- 02 os hospedeiros intermediários do *Trypanosoma cruzi* podem ser tanto vertebrados como invertebrados.
- 04 uma vez instalado no hospedeiro vertebrado, o parasita invade os tecidos penetrando nas células, estabelecendo-se no citoplasma e se multiplicando, o que provoca a seguir o rompimento do conteúdo celular, com consequente liberação dos novos indivíduos para o meio extracelular e a corrente sanguínea.
- 08 as formas mais comuns de transmissão da doença são o contato com fluidos orgânicos de doentes e ingestão de alimento contaminado.
- 16 o tratamento mais eficaz da doença de Chagas baseia-se na aplicação de antibióticos potentes.

Soma:

10 Unesp 2018 Uma pesquisa realizada com a participação de um “robô cientista” de inteligência artificial descobriu que o triclosan, um ingrediente comum nas pastas de dente, pode ser desenvolvido para combater cepas da malária resistentes a medicamentos. O triclosan indicou ter potencial para interromper infecções da malária em dois estágios críticos, no fígado e no sangue, pela inibição da enzima do parasita chamada DHFR, envolvida na síntese dos ácidos nucleicos (DNA e RNA).

(<https://oglobo.globo.com>. Adaptado.)

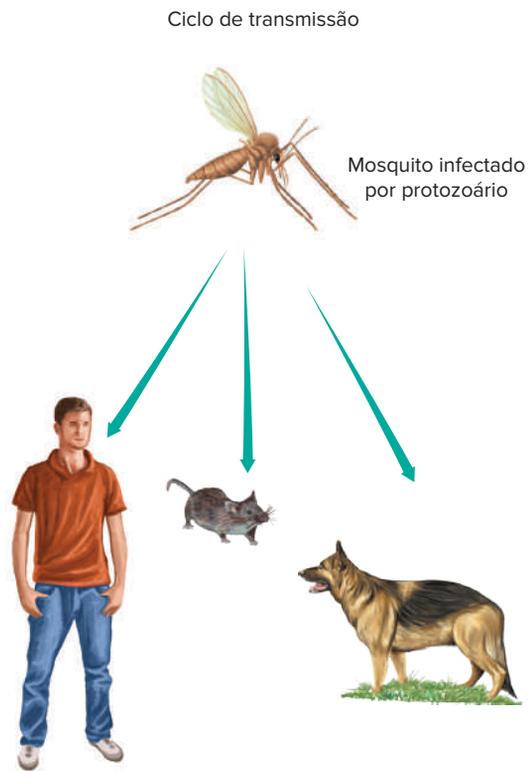
Como medicamento, o triclosan teria o potencial de interromper

- A o rompimento das células do fígado, que libera toxinas e causa febre.
- B a reprodução assexuada do parasita no interior das hemácias.
- C a invasão das células do fígado por esporos do parasita.
- D a produção de gametas do parasita, por mitose, no interior das hemácias.
- E a reprodução sexuada do parasita no interior dos leucócitos.

11 UniRV 2018 Amebas são protozoários pertencentes à família Endamoebidae, como as dos gêneros *Entamoeba*, *Iodamoeba* e *Endolimax*. São parasitas comuns de nossa espécie. (ARAGUAIA, Mariana. “Amebíase”; 2018). Sobre o assunto, assinale V (verdadeiro) ou F (falso) para as alternativas.

- O ciclo biológico do protozoário começa a partir da ingestão dos cistos maduros, que passam pelo estômago e vão para o intestino grosso onde surge o metacisto que sofre sucessivas divisões do núcleo e do citoplasma, dando origem aos trofozoítos metacísticos.
- A amebíase é causada pelo protozoário *Entamoeba histolytica* que eventualmente habita o intestino grosso do homem. Seu ciclo evolutivo é monoxeno, ou seja, pode completar seu ciclo em apenas um hospedeiro.
- Em qualquer condição, a contaminação por *Entamoeba histolytica* se torna patogênica, invadindo células e tecidos e provocando a doença, envolvendo órgãos vitais como pulmão ou cérebro, podendo levar os pacientes à morte.
- Podemos utilizar, como medidas de prevenção, pequenas obras de saneamento para eliminação de criadouros do vetor, aterro, limpeza das margens dos criadouros, modificação do fluxo da água, controle da vegetação aquática, melhoramento da moradia e das condições de trabalho.

12 Unesp Observe a figura:



Trata-se do ciclo de transmissão da:

- A dengue.
- B febre amarela.
- C raiva.
- D leishmaniose.
- E leptospirose.

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

- A as características genéticas das populações locais facilitam a transmissão e dificultam o tratamento da doença.
- B a falta de saneamento básico propicia o desenvolvimento do mosquito transmissor da malária nos esgotos não tratados.
- C a inexistência de predadores capazes de eliminar o causador e o transmissor em seus focos impede o controle da doença.
- D a temperatura elevada e os altos índices de chuva na floresta equatorial favorecem a proliferação do mosquito transmissor.
- E o Brasil é o único país do mundo que não implementou medidas concretas para interromper sua transmissão em núcleos urbanos.



FRENTE 3

CAPÍTULO

3

Poríferos

As esponjas pertencem ao grupo dos poríferos. Durante muito tempo foram consideradas como plantas, devido ao fato de viverem fixadas e terem uma aparente imobilidade. Este capítulo é dedicado aos poríferos, que apresentam as mesmas atividades básicas de animais mais complexos.

Poríferos

As esponjas são **eucariontes, pluricelulares** e de vida aquática; a maioria é marinha, e poucas espécies são de água doce. São **sésseis**, isto é, vivem fixados ao fundo do ambiente, como em rochas, corais ou conchas, deslocando-se apenas durante o estágio larval.

Estrutura de uma esponja

Nas esponjas com organização mais simples, o corpo tem a forma de um vaso com perfurações; a base é fixada ao substrato, e a parede do corpo delimita uma cavidade central, denominada **átrio** ou **espongiocela**. Na parte oposta à base, encontra-se uma abertura: o **óstculo**. Esses animais apresentam um fluxo contínuo de água, através dos poros da parede do corpo, passando pela espongiocela e sendo eliminada pelo óstculo (Fig. 1).

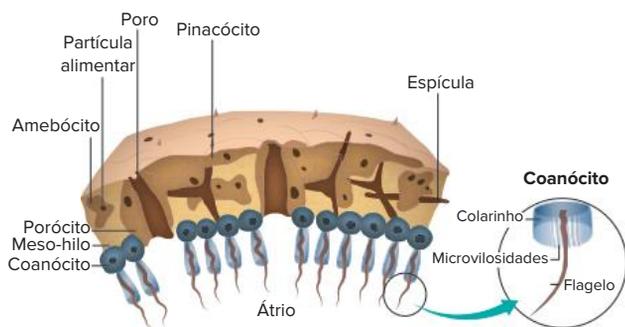


Fig. 1 Organização da parede do corpo dos poríferos.

As esponjas são animais **filtradores**: a água que entra no organismo traz gás oxigênio e partículas alimentares (protozoários, algas, pequenas larvas); a água que sai leva resíduos e gás carbônico. O fluxo de água é mantido por células flageladas, os **coanócitos** (Fig. 1), que apresentam um colarinho membranoso ao redor do flagelo. O colarinho é constituído por uma série de microvilosidades da membrana plasmática, formando uma coroa de minúsculos filamentos.

O organismo da esponja apresenta três camadas: a externa, o revestimento da espongiocela e o meso-hilo em posição intermediária. A parte externa do corpo é forrada por células achatadas, os **pinacócitos**.

A espongiocela é revestida por coanócitos. Os poros da parede corporal correspondem aos **porócitos**, células que apresentam um canal central, por onde a água passa. O meso-hilo (também denominado mesênquima por alguns autores) é constituído por uma matriz coloidal (gelatinosa) na qual ficam imersas as seguintes estruturas: **espículas** (de calcário ou de sílica), fibras de **espongina** (uma proteína semelhante ao colágeno) e por células denominadas **amebócitos**.

Espículas são estruturas pontiagudas, constituídas por cálcio ou por sílica; nas “esponjas de vidro”, as espículas estão firmemente unidas, formando uma estrutura esquelética maciça. As fibras de espongina conferem resistência, por exemplo, à movimentação da água, no caso de ondas e variações das marés. As espículas e as fibras de proteínas são estruturas com função de sustentação mecânica do organismo.

Amebócitos são células que se deslocam através da emissão de pseudópodes; relacionam-se com a formação das espículas, da digestão, do transporte de nutrientes e da reprodução. Essas células são **totipotentes**, ou seja, podem originar todos os tipos de células do organismo, podendo, por exemplo, diferenciar-se em **espongioblastos**, que secretam espongina, ou originar **escleroblastos**, que geram as espículas (Fig. 2).

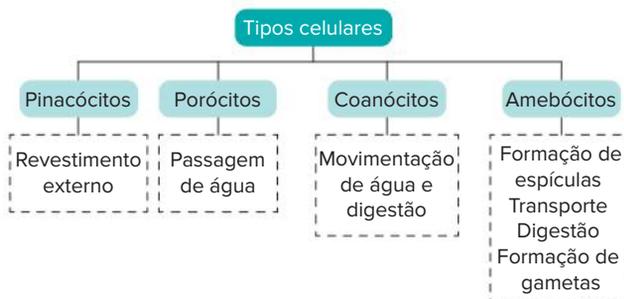


Fig. 2 Os tipos celulares dos poríferos e suas principais funções.

Atividades básicas

Uma esponja realiza as atividades básicas de nutrição, trocas gasosas, excreção e transporte. Não há sistema nervoso nem sistema endócrino realizando a coordenação dessas atividades.

O fluxo de água traz partículas alimentares, que são capturadas e digeridas pelos coanócitos. Não há uma cavidade digestória, e a digestão é intracelular. Os produtos da digestão efetuada pelos coanócitos são distribuídos pelo organismo, através dos amebócitos, às demais células do organismo. Os amebócitos também são responsáveis por parte da digestão intracelular.

As trocas gasosas são efetuadas por difusão, através das células que estão em contato com a água: os pinacócitos com a água do ambiente e os coanócitos com a água presente na espongiocela. Esse processo permite o fluxo de gases até as células do meso-hilo: o gás oxigênio vai do meio externo para as células; a respiração celular gera gás carbônico, que é eliminado para o ambiente. Os resíduos nitrogenados (amônia) difundem-se das células para o ambiente (Fig. 3).

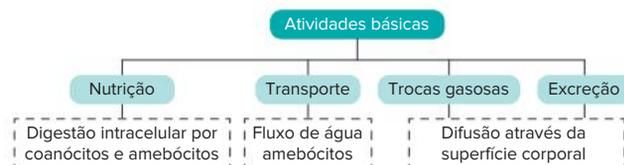


Fig. 3 Diagrama com as atividades básicas dos poríferos.

Reprodução

Poríferos possuem processos **sexuados** e **assexuados** de reprodução (Fig. 4). Primeiro, vamos destacar processos assexuados de reprodução. As esponjas apresentam uma grande capacidade de **regeneração**. Fragmentos retirados do corpo de uma esponja podem originar um novo organismo. Esponjas também se reproduzem por **brotamento**: a partir do organismo materno são formados brotos capazes de originar um novo ser

geneticamente idêntico ao que lhe deu origem. O organismo materno e o broto, enquanto permanecem unidos, constituem uma colônia.



Fig. 4 As modalidades de reprodução dos poríferos.

Esponjas de água doce podem passar por longos períodos de seca, o que inviabiliza suas atividades básicas. No entanto, essas esponjas formam **gêmulas**, estruturas dotadas de um envoltório protetor, dentro do qual ficam os **arqueócitos** (um tipo de amebócito). Quando as condições ambientais se tornam novamente favoráveis, o envoltório libera os arqueócitos, que se multiplicam e se diferenciam em todos os tipos celulares, gerando uma nova esponja. Esse processo caracteriza a **gemulação**.

As esponjas também apresentam reprodução sexuada. Óvulos são formados a partir de amebócitos; espermatozoides são provenientes de amebócitos ou de coanócitos. As esponjas são geralmente monoicas ou hermafroditas (indivíduo com dois sexos), mas há espécies dioicas (de sexos separados). Nas espécies monoicas, óvulos e espermatozoides são produzidos em períodos diferentes. Os espermatozoides são liberados pelo organismo através do ósculo, sendo então levados aos poros de uma esponja próxima. Um espermatozoide é capturado por um coanócito que o conduz a um óvulo mais próximo. A fecundação é, portanto, interna e gera um zigoto, que se desenvolve em uma larva dotada de flagelos (o desenvolvimento é indireto). A larva gerada no meso-hilo é depois liberada para o ambiente, onde se desloca com a utilização dos flagelos presentes em células da superfície. Em algumas espécies, a larva é a **anfibrástula**, e em outras é a **parenquímula**. A anfibrástula apresenta células flageladas em uma das metades das células da superfície, enquanto a parenquímula tem todas as células da superfície com flagelo (Fig. 5). A larva nadante é essencial para a dispersão desses animais, cuja forma adulta é sésil. Posteriormente, a larva fixa-se em um substrato e gera uma nova esponja.

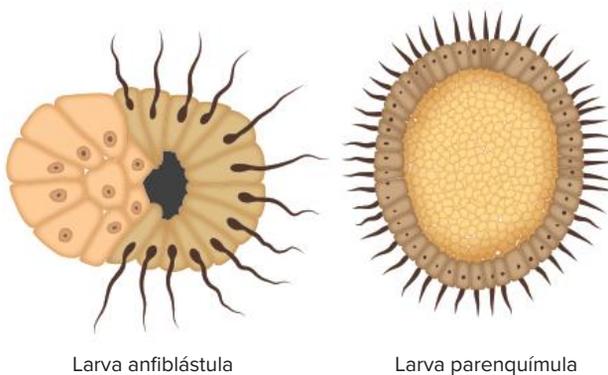


Fig. 5 Tipos de larvas de poríferos.

Tipos morfológicos

As esponjas apresentam três tipos morfológicos: **asconoide**, **siconoide** e **leuconoide**, definidos segundo a complexidade da sua parede corporal. O tipo mais simples é o asconoide, que apresenta parede delgada e espongiocela ampla; esse foi o tipo que utilizamos para descrever a arquitetura e o funcionamento das esponjas. A modalidade siconoide apresenta dobramentos na parede do corpo, o que aumenta consideravelmente a superfície e o número de coanócitos; isso intensifica o fluxo de água no organismo.

A forma leuconoide é mais complexa. Possui parede do corpo bastante espessa, dotada de inúmeras câmaras vibráteis, forradas com coanócitos e que promovem intenso fluxo de água. A espongiocela é reduzida e pode estar ausente; também há espécies com indivíduos dotados de vários ósculos (Fig. 6).

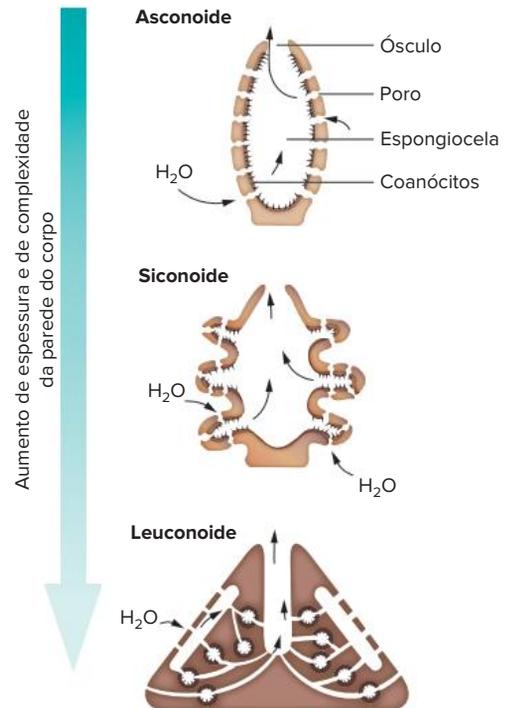


Fig. 6 Tipos morfológicos de poríferos.

Aspectos filogenéticos dos poríferos

Os animais são oriundos provavelmente de um grupo de protozoários coloniais, os coanoflagelados, os quais apresentam flagelo e colarinho membranoso.

As esponjas provavelmente originaram-se de um grupo de animais sem trato digestório. A larva corresponde ao estágio embrionário de **blástula**, e o desenvolvimento não passa por fases posteriores, como gástrula e nêurula. Não há, portanto, a formação de cavidade digestória (arquêntero), presente na fase de gástrula.

Os poríferos são classificados como **Parazoários**; não possuem cavidade digestória e as células não são organizadas em tecidos diferenciados. Os demais grupos de animais compreendem os **Enterozoários**, dotados de cavidade digestória e células organizadas em tecidos diferenciados. As esponjas não deram origem a outros grupos animais, constituindo, portanto, um “ramo cego da evolução”.

Revisando

1 Caracterize as esponjas em relação aos seguintes aspectos: ambiente e mobilidade.

2 O que significa dizer que as esponjas são animais filtradores?

3 Dê a função das células: coanócitos, pinacócitos, porócitos e amebócitos.

4 Como se dá a digestão nas esponjas?

5 Quais são os tipos de espículas dos poríferos?

6 O que é espongina?

7 Cite os tipos de reprodução assexuada que podem ocorrer nos poríferos. Qual dessas modalidades tem alguma semelhança com a formação de cistos em protozoários?

8 O desenvolvimento dos poríferos é direto ou indireto? Explique.

9 Cite os tipos morfológicos presentes entre as esponjas.

Exercícios propostos

- 1 **UFPI** Assinale as características que tornam os organismos do filo **Porifera** bem diferentes daqueles de outros filios animais.
- A Não podem se reproduzir.
 - B As formas adultas são sésseis.
 - C Não respondem a estímulos externos.
 - D Alimentam-se através de mecanismos de filtração.
 - E Suas células não são organizadas em tecidos.
- 2 **Udesc 2016** Analise as proposições em relação a um grupo de animal cujo personagem de desenho animado, Bob Esponja, é representante típico.



Bob Esponja Calça Quadrada <https://www.google.com.br>

- I. Os seus representantes são exclusivamente aquáticos.
- II. Crescem aderidos a substratos e praticamente não se movimentam.
- III. Possuem células especializadas chamadas de coanócitos que estão relacionadas com a alimentação destes animais.
- IV. Apresentam reprodução assexuada e também sexuada.
- V. A estrutura corporal básica é do tipo asconoide, siconoide e leuconoide.

Assinale a alternativa **correta**:

- A Somente uma afirmativa é verdadeira.
 - B Somente duas afirmativas são verdadeiras.
 - C Somente três afirmativas são verdadeiras.
 - D Somente quatro afirmativas são verdadeiras.
 - E Todas as afirmativas são verdadeiras.
- 3 **UFPeI** As esponjas constituem o filo *Porifera* do Reino Animal, sendo indivíduos de organização corporal simples, considerados um ramo primitivo na evolução dos metazoários. Os poríferos são usados pelos pintores para obter certos efeitos especiais na técnica de aquarela; antigamente, eram usados também como esponjas de banho. Quanto às esponjas, é correto afirmar que:
- A não possuem tecidos verdadeiros e apresentam apenas espículas silicosas.
 - B possuem tecidos verdadeiros e podem apresentar espículas calcárias ou silicosas.
 - C não possuem tecidos verdadeiros e podem apresentar espículas calcárias ou silicosas.
 - D não possuem tecidos verdadeiros e apresentam apenas espículas calcárias.
 - E possuem tecidos verdadeiros e apresentam apenas espículas silicosas.
- 4 **UFRGS (Adapt.)** Leia a tira a seguir, que ilustra os dilemas alimentares na vida de uma esponja.



Zero Hora, 26 jul. 2003. (Adapt.).

Na evolução dos metazoários, a aquisição fundamental que possibilitou a digestão de macromoléculas, a qual não está presente na esponja, é:

- A a digestão intracelular.
- B o celoma.
- C o blastóporo.
- D a diferenciação celular.
- E a cavidade digestiva.

Classificação das esponjas

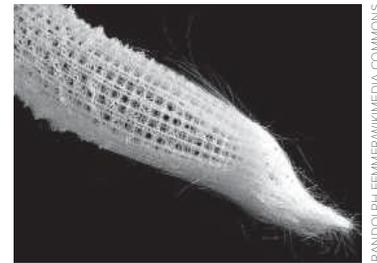
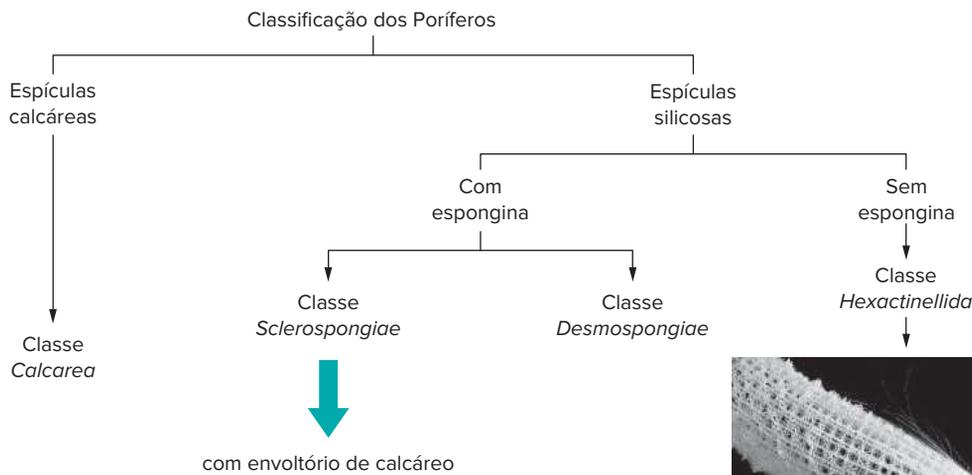
Há quatro classes de esponjas: **Calcarea** (com espículas calcáreas); **Hexactinellida** (com espículas de sílica); **Desmospongiae**; e **Sclerospongiae**. Representantes das classes *Desmospongiae* e *Sclerospongiae* possuem fibras de espongina.

Calcarea: possuem espículas de carbonato de cálcio isoladas; geralmente essas esponjas são de tamanho bem reduzido.

Hexactinellida: espículas de sílica, cada qual com seis eixos; o nome da classe significa “seis eixos” (*hexa* e *axis*). Essas espículas, em geral, encontram-se fundidas e produzem um esqueleto altamente organizado, dando o aspecto de um jarro de vidro (por isso são chamadas de “esponjas-de-vidro”). Algumas chegam a ter um metro de comprimento. Geralmente são encontradas em grandes profundidades.

Desmospongiae: são as mais frequentemente encontradas. A maioria é marinha; há algumas de água doce. Há três variedades: umas com apenas espículas de sílica, algumas com fibras de espongina e outras com espículas de sílica e fibras de espongina. Aquelas que só possuem fibras de espongina já foram bastante comercializadas para limpeza e banho; atualmente as esponjas para esse uso são feitas de material sintético. O termo “desmo” do nome da classe significa ponte, dada a abundante presença de espongina, como elemento de ligação entre os componentes do organismo.

Sclerospongiae: têm espículas de sílica e fibras de espongina e um revestimento adicional de carbonato de cálcio.



Esponja-de-vidro.

RANDOLPH FEMMER/WIKIMEDIA COMMONS

Fig. 7 As quatro classes de esponjas e suas características.

Resumindo

Poríferos

- **Estrutura de uma esponja**

As esponjas são animais aquáticos, sésseis e filtradores. Não possuem órgãos, sistema nervoso nem cavidade digestória. Em uma esponja com organização mais simples, há uma cavidade (espongiocela) e uma abertura (óstculo) por onde a água sai. Há vários tipos celulares: pinacócitos, coanócitos, amebócitos e porócitos. Entre a camada externa e o revestimento da espongiocela, há o meso-hilo, com uma matriz gelatinosa, amebócitos, fibras de espongina e espículas (de carbonato de cálcio ou de sílica).

- **Atividades básicas**

A digestão é intracelular. As trocas gasosas e a eliminação de excretas nitrogenados são realizadas por difusão através da parede do corpo. O batimento dos flagelos dos coanócitos permite a movimentação da água; amebócitos transportam nutrientes.

- **Reprodução**

A reprodução assexuada pode ocorrer por regeneração, brotamento ou gemulação. A reprodução sexuada envolve a produção de gametas; o desenvolvimento é indireto, com a formação de uma larva flagelada (anfiblástula ou parenquímula).

- **Tipos morfológicos**

Considerando a espessura e a complexidade da parede do corpo, as esponjas apresentam três tipos: asconoide, siconoide e leuconoide.

- **Aspectos filogenéticos dos Poríferos**

Considera-se que a partir de protozoários do grupo dos coanoflagelados é que os animais evoluíram. As esponjas apresentam células semelhantes às desses protozoários. No entanto, as esponjas não originaram outros grupos animais.



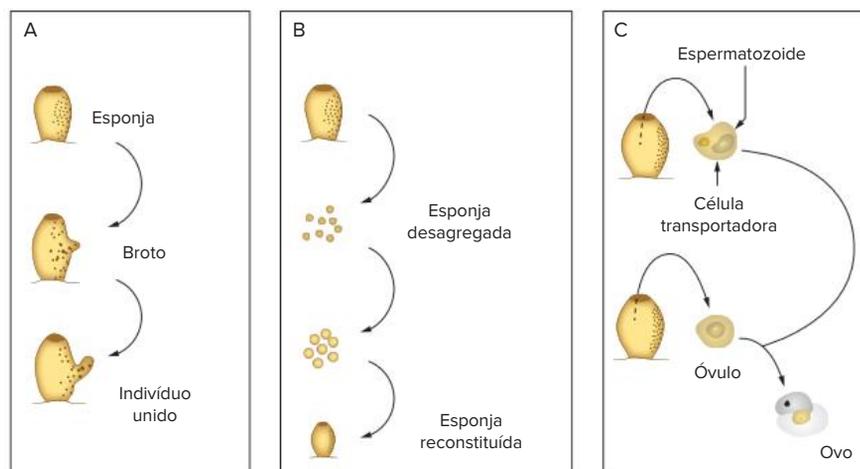
Site

- Poríferos
<www.ucmp.berkeley.edu/porifera/porifera.html>.

Exercícios complementares

- 1 PUC-RS** Um exame dos diferentes tipos celulares que formam o corpo de uma esponja nos revela que o revestimento externo destes animais está formado por células genericamente denominadas:
- coanócitos.
 - amebócitos.
 - pinacócitos.
 - arqueócitos.
 - fibrócitos.
- 2 Uece 2017** Os seres vivos incluídos no Filo Porífera não apresentam tecidos ou órgãos definidos, mas possuem células que realizam diversas funções relacionadas à sua sobrevivência no ambiente aquático. Com relação aos coanócitos, células que compõem o corpo dos poríferos, é correto afirmar que
- são responsáveis pela distribuição de substâncias para todas as demais células do corpo do animal, por meio de plasmodesmos.
 - transformam-se em espermatozoides, sendo, portanto, essenciais para a reprodução sexuada nesses animais.
 - são células totipotentes que originam todos os outros tipos de células que compõem os tecidos desses animais.
 - são células flageladas que promovem o fluxo contínuo de água, promovendo a nutrição desses animais, pela circulação da água no átrio da esponja.
- 3 Uece 2019** Escreva V ou F conforme seja verdadeiro ou falso o que se afirma nos itens abaixo sobre o filo porífera.
- Poríferos são animais vertebrados aquáticos que apresentam poros pelo corpo.
 - Poríferos são sésseis, ou seja, ficam fixados em um substrato.
 - Esponjas vivem de forma solitária e em ecossistemas marinhos.
 - Algumas esponjas apresentam toxinas como defesa contra seus predadores.
- Está correta, de cima para baixo, a seguinte sequência:
- V, V, V, V.
 - V, F, V, F.
 - F, F, F, F.
 - F, V, F, V.

- 4 UFSC** O filo porífera é representado pelas esponjas. Na figura, as letras A, B e C referem-se aos aspectos reprodutivos destes animais.



- 01 A representa um tipo de reprodução assexuada.
02 B representa um tipo de reprodução sexuada.
04 C representa, pela presença de células sexuais, a reprodução sexuada.
08 A é denominado brotamento.
16 Para a formação do ovo em C deve ocorrer a fecundação.
32 Em A e B, os organismos produzidos por estes mecanismos possuem diferenças genéticas em relação ao indivíduo que lhe deu origem.
64 O fenômeno apresentado em C possibilita o aumento da variabilidade entre as esponjas.

Soma:

- 5 Uece 2016** Quanto à organização dos espongiários, é afirmar que
- A os coanócitos são células que, em seu conjunto, constituem o sistema nervoso simplificado desses animais.
 - B as esponjas que não possuem espículas em seu esqueleto apresentam uma rede de espongina bem desenvolvida.
 - C os amebócitos são células achatadas e bem unidas entre si, que revestem externamente o corpo desses organismos.
 - D por sua simplicidade morfológica, os poríferos somente conseguem se reproduzir por brotamento, fragmentação ou gemulação.



FRENTE 3

CAPÍTULO

4

Embriologia

Um dos processos mais impressionantes do reino animal é a formação de um indivíduo a partir de uma célula. A área de estudo das primeiras fases do desenvolvimento animal é a embriologia. A compreensão do desenvolvimento embrionário facilita bastante o entendimento da organização e do funcionamento dos organismos, além de ser um importante apoio à classificação dos animais.

Fecundação e os tipos de ovo

Embriologia é a área da Biologia que estuda o desenvolvimento embrionário. A primeira etapa do desenvolvimento embrionário é a **fecundação**, iniciada pela união dos gametas masculino e feminino (Fig. 1). Os núcleos dos gametas unem-se, formando uma célula que apresenta o dobro do número de cromossomos presente em cada gameta.

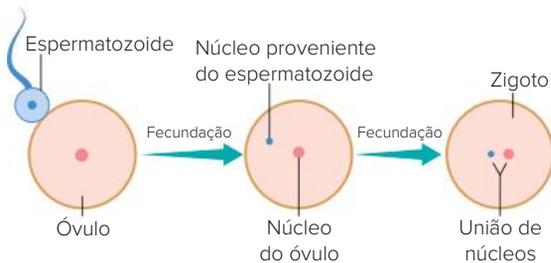


Fig. 1 Esquema representativo do processo geral de fecundação.

O citoplasma do óvulo possui uma reserva alimentar, o **vitelo** ou **lécito**, que geralmente apresenta lipídeos e proteínas. A quantidade e a distribuição do vitelo variam nos diferentes grupos de animais. O óvulo de aves e de répteis é muito rico em vitelo (correspondente à gema do ovo), já o óvulo de mamíferos placentários é pobre dessa substância; nesses animais, os nutrientes são fornecidos pelo organismo materno através da placenta. Nas aves e nos répteis, a fêmea deposita o ovo no ambiente. Esse ovo apresenta um embrião que se encontra nos primeiros estágios de desenvolvimento; ele conta apenas com as abundantes reservas alimentares presentes no ovo e não recebe nutrientes da mãe, como ocorre com os mamíferos.

Assim, pode-se notar, até aqui, a existência de dois tipos de ovo (ou óvulos).

- **Mamíferos placentários:** têm ovo com pouco vitelo, distribuído uniformemente pelo citoplasma, e o núcleo ocupa posição central. Esse tipo de ovo é denominado **oligolécito**, **isolécito** ou **alécito**. Também é encontrado em **protocordados** (como o anfióxico) e nos **equinodermos** (como a estrela-do-mar).
- **Aves e répteis:** têm ovo com muito vitelo. A parte celular corresponde à gema, cujo citoplasma tem abundante quantidade de vitelo. O núcleo ocupa uma extremidade da célula, o **polo animal**; a parte oposta e rica em vitelo é denominada **polo vegetativo**. Esse tipo de ovo é denominado **megalécito** ou **telolécito completo**. Há outros dois tipos de óvulo considerados em uma classificação bem abrangente.
- **Anfíbios:** têm ovo com uma quantidade intermediária de vitelo (mais que os mamíferos e menos que as aves e os répteis). A fecundação dos anfíbios é externa e gera um zigoto que se desenvolve em uma larva (o girino dos sapos). Essa larva passa a obter alimento no ambiente em que se encontra. Assim, as reservas alimentares do ovo são suficientes para chegar ao estágio larval. O núcleo desse tipo de ovo é deslocado para uma extremidade (polo animal) dotada de pouco vitelo; a parte oposta do ovo tem maior quantidade de

vitelo. Esse tipo de ovo é denominado **heterolécito**, **mediolécito** ou **telolécito incompleto**.

- **Insetos e crustáceos:** possuem ovo com certa quantidade de vitelo, localizado ao redor do núcleo. A periferia da célula não possui vitelo. Esse tipo de ovo é denominado **centrolécito** (Fig. 2).

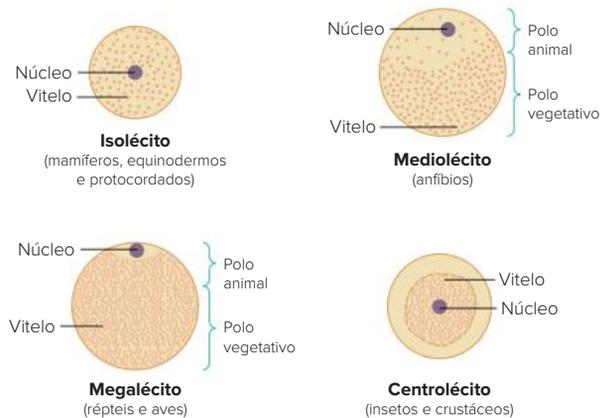


Fig. 2 Os quatro tipos principais de ovo e exemplos de animais nos quais estão presentes.

Segmentação

Depois da formação do zigoto ocorrem mitoses sucessivas, gerando células geneticamente idênticas. As mitoses iniciais constituem o processo de segmentação ou **clivagem**.

Segmentação total e parcial

O zigoto gera duas células denominadas **blastômeros**; essas duas células geram outras quatro, que, por sua vez, dão origem a oito blastômeros. Já na primeira divisão do zigoto é possível identificar dois tipos de segmentação: a **total** e a **parcial**.

A segmentação total é também denominada holoblástica; sua característica é que o ovo inteiro se divide e gera dois blastômeros. Ocorre nos ovos oligolécitos (como o de anfióxico e o de mamíferos) e nos ovos heterolécitos (de anfíbios) (Fig. 3).

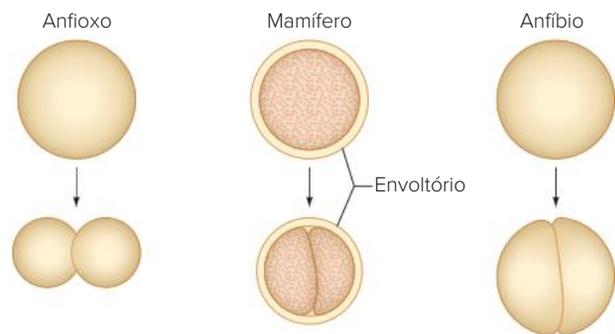


Fig. 3 Na segmentação total, ou holoblástica, o zigoto é integralmente dividido, gerando dois blastômeros.

A segmentação parcial ou meroblástica é caracterizada pela divisão de uma parte do ovo. Ocorre nos ovos megalécitos (de aves e de répteis) e nos centrolécitos (de insetos) (Fig. 4).

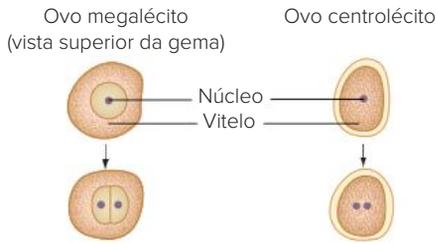


Fig. 4 Segmentação parcial ou meroblástica: a primeira mitose do ovo megalécito gera duas células no polo animal; no ovo centrolécito, gera dois núcleos.

No ovo megalécito ocorre apenas divisão no polo animal, que passa a ter dois blastômeros apoiados em uma grande massa de vitelos. No ovo centrolécito ocorre apenas a divisão do núcleo, sem afetar a organização do vitelo e do restante da célula.

Tipos de segmentação

Analisaremos, em primeiro lugar, a segmentação nos ovos mediolécitos e nos ovos oligolécitos. Depois da primeira divisão do zigoto, ocorrem outras mitoses. Os ovos mediolécitos (de anfíbios) geram primeiro dois blastômeros e depois quatro, todos do mesmo tamanho. Esses quatro blastômeros dão origem a oito células: quatro menores (**micrômeros**) e quatro maiores (**macrômeros**). O maior volume dos macrômeros se deve à maior quantidade de vitelo que possuem. Trata-se da segmentação **desigual** (Fig. 5).



Fig. 5 Na segmentação total e desigual (caso dos anfíbios), após três mitoses, são gerados dois grupos de células: micrômeros e macrômeros.

Nos ovos oligolécitos, também são gerados dois blastômeros, depois quatro e em seguida oito. No caso dos mamíferos, os oito blastômeros têm o mesmo tamanho; essa é a segmentação **igual**. No anfíoxo, há uma pequena diferença, há quatro células ligeiramente maiores do que as outras quatro células (Fig. 6).

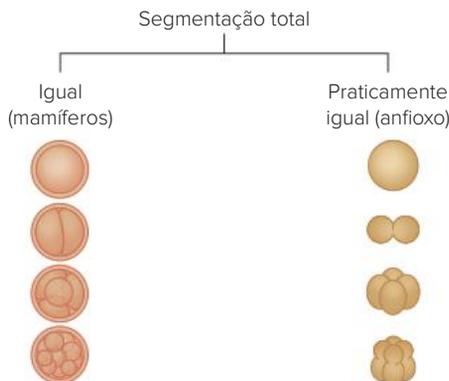


Fig. 6 Com a segmentação igual, ocorre a formação de blastômeros com aproximadamente o mesmo volume.

Os ovos megalécitos apresentam mitoses iniciais apenas no polo animal. São gerados diversos blastômeros, constituindo uma espécie de disco sobre a gema. Trata-se da segmentação **discoidal**. Já ovos centrolécitos apresentam divisão do núcleo, formando uma estrutura multinucleada. Posteriormente, os núcleos migram para a periferia do ovo e ocorre, a partir deles, a organização de muitos blastômeros na superfície do ovo. Trata-se da segmentação **superficial** (Fig. 7).

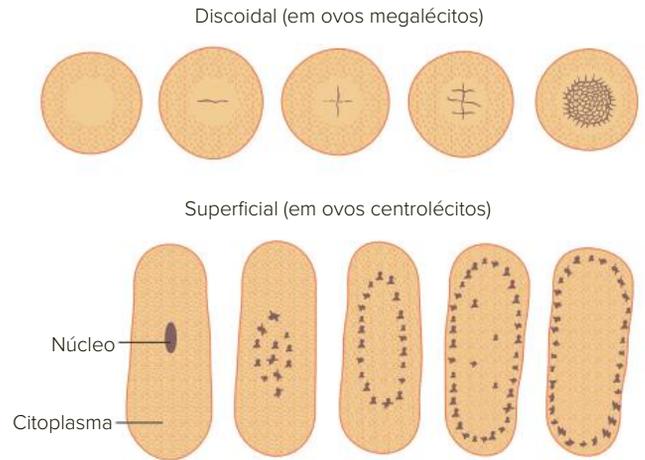


Fig. 7 Segmentação parcial: em ovos megalécitos, ocorre a segmentação discoidal, que gera um grupo de células em forma de disco sobre a gema. Ovos centrolécitos geram células que se dispõem na superfície do ovo, caracterizando a segmentação superficial.

Em resumo, há dois tipos básicos de segmentação, cada qual apresentando duas variações:

- segmentação total ou holoblástica, com os tipos igual e desigual;
- segmentação parcial ou meroblástica, com as modalidades discoidal e superficial (Fig. 8).

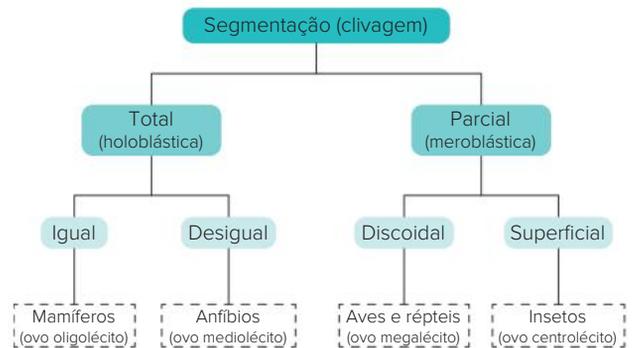


Fig. 8 Diagrama com os principais tipos de segmentação.

A sequência do desenvolvimento: de mórula a nêurula

Após a fecundação e a formação dos blastômeros, o desenvolvimento embrionário prossegue. A descrição dos processos seguintes é, em grande parte, baseada no desenvolvimento do anfíoxo, que é utilizado como modelo para diversos estudos sobre embriologia.

Mórula

A partir de oito blastômeros, são geradas sucessivamente 16, 32, 64 células, e assim por diante. Quando o embrião apresenta de 16 a 32 células, constitui a mórula (Fig. 9), uma massa compacta de células sem cavidade em seu interior.



Fig. 9 Etapas para a formação da mórula.

Blástula

O volume total da mórula é igual ao do zigoto. As células prosseguem em sua atividade mitótica e acabam delimitando uma cavidade cheia de líquido. Essa fase é denominada blástula, e sua cavidade é a **blastocèle** (Fig. 10).

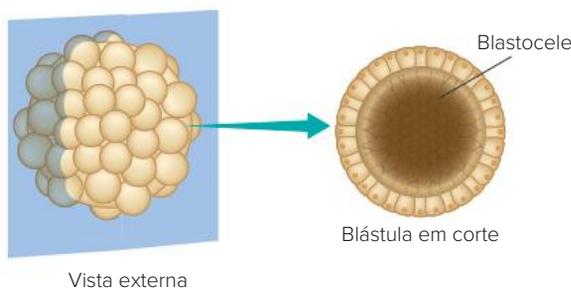


Fig. 10 Blástula: aspecto externo e vista em corte.

Gástrula

As células maiores da blástula (macrômeros) são empurradas para o interior da blastocèle em um processo de invaginação. Esses macrômeros acabam delimitando uma cavidade (o **arquêntero**) que apresenta um orifício (o **blastóporo**). Essa fase é denominada gástrula e consta de duas camadas celulares: o **ectoderma** (externo) e o **endoderma** (interno). Alguns autores denominam a camada celular interna na fase de gástrula como **mesentoderme** (Fig. 11).

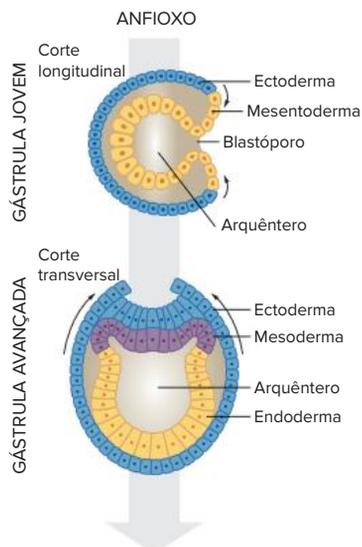


Fig. 11 Representação esquemática do processo de gastrulação em anfioxos. A gástrula jovem possui dois folhetos germinativos: mesentoderma (corresponde a endoderma) e ectoderma. Nessa etapa, ocorre a formação do arquêntero (cavidade) e do blastóporo (orifício). A gástrula avançada apresenta os três folhetos germinativos: endoderma, mesoderma e ectoderma.

Com o desenvolvimento da gástrula, a blastocèle desaparece totalmente. O arquêntero é o “intestino primitivo” do embrião e dá origem à grande parte do sistema digestório do animal. O blastóporo pode originar a boca em alguns animais; nos equinodermos e nos cordados, ele gera o ânus. Assim, a blástula se converte na gástrula.

Nêurula

A gástrula é caracterizada pelo surgimento do esboço do sistema digestório. Depois da gástrula, forma-se a nêurula, fase que apresenta o tubo neural, o qual origina o sistema nervoso do animal (Fig. 12).



Fig. 11 Sequência de etapas iniciais do desenvolvimento embrionário, culminando com a formação da nêurula.

O exame do corte transversal de uma gástrula mostra a evolução dos tecidos embrionários e a formação da nêurula. Mudanças significativas ocorrem no ectoderma dorsal e na parte superior do arquêntero.

O ectoderma dorsal sofre uma espécie de achatamento, formando a placa neural. Essa estrutura posteriormente sofre dobramento e dá origem ao **tubo nervoso dorsal**, o qual forma o sistema nervoso do animal.

A parte superior do arquêntero apresenta três evaginações. A central origina a **notocorda** (estrutura típica dos cordados); e as duas evaginações laterais formam **bolsas mesodérmicas**, as quais originam o **mesoderma**, tecido embrionário localizado entre o ectoderma e o endoderma. A notocorda também é uma estrutura de origem mesodérmica.

O interior do mesoderma apresenta uma cavidade, o **celoma**, que é uma cavidade totalmente revestida por mesoderma (Fig. 13). No ser humano adulto, os principais espaços celomáticos são:

- a **cavidade pericárdia**, que fica entre o coração e o pericárdio (a película que envolve o coração);
- a **cavidade pleural**, que fica delimitada pela pleura, o envoltório dos pulmões;
- a **cavidade abdominal e pélvica**, na qual se localizam diversos órgãos, como estômago, intestinos, fígado e pâncreas.

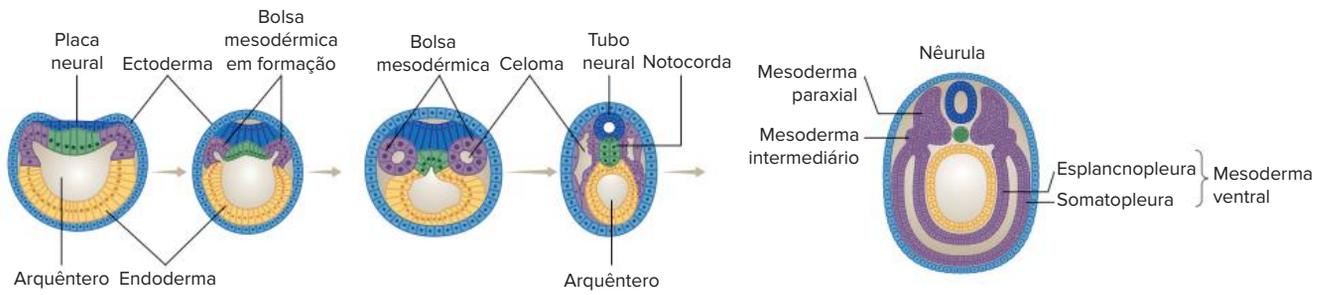


Fig. 18 Etapas para a formação da nêurula, fase em que o celoma, o tubo neural e a notocorda se desenvolvem.

A formação do mesoderma foi um passo fundamental na evolução dos animais. O mesoderma origina várias estruturas, como coração, rins, gônadas e músculos. Seu surgimento tornou possível um aumento de complexidade dos animais.

O surgimento do celoma também significou outra importante aquisição evolutiva. Em alguns animais, como os anelídeos, o líquido do celoma contribuiu para o transporte de diversos materiais, como nutrientes, gases e excretas. Além disso, o celoma diminuiu o atrito entre os órgãos; a cavidade pericárdica e a cavidade pleural possibilitam que ocorram aumento e diminuição do volume do coração e dos pulmões, respectivamente, sem que aconteçam lesões nessas estruturas ou em órgãos próximos a eles (Fig. 14).

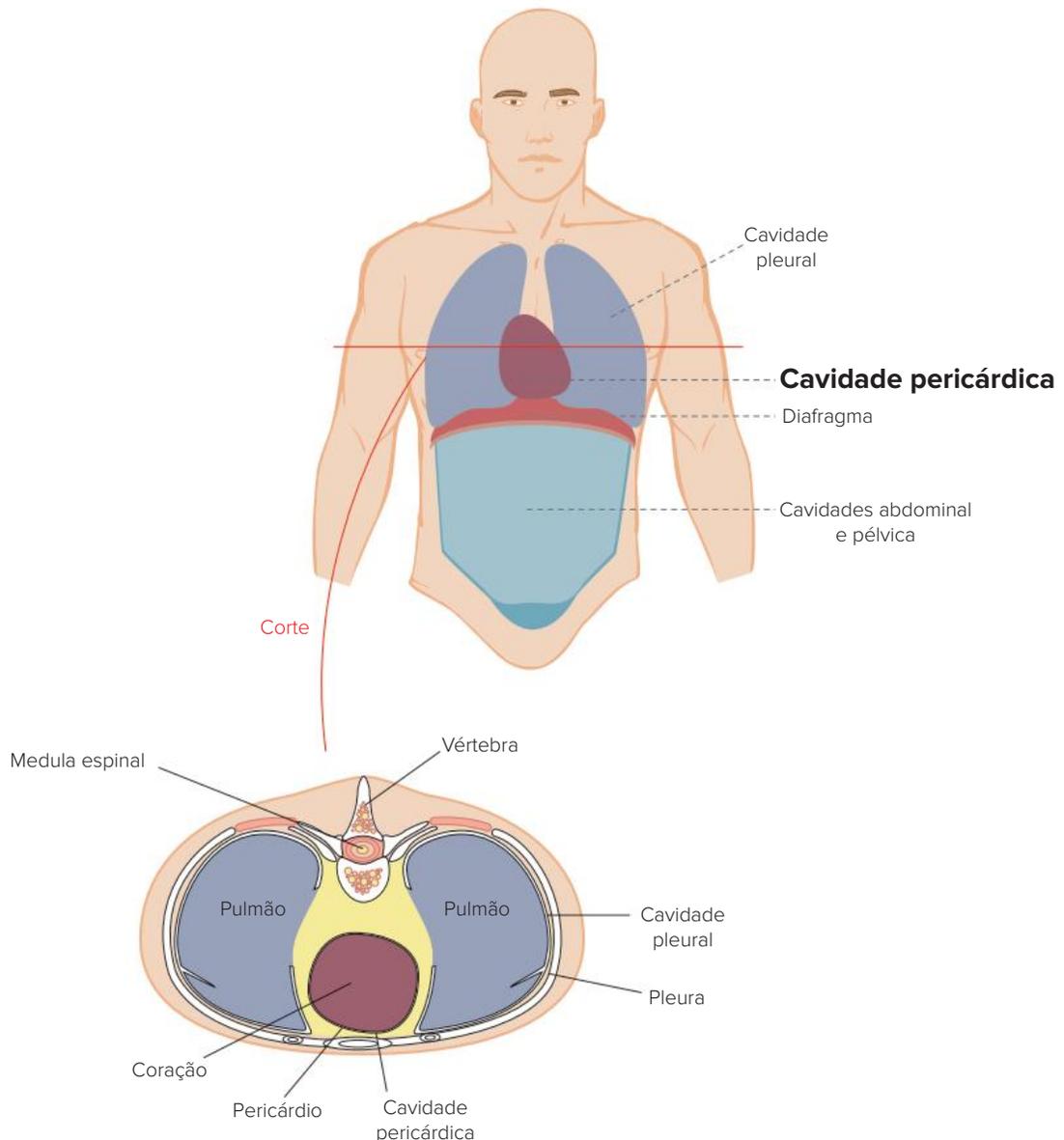
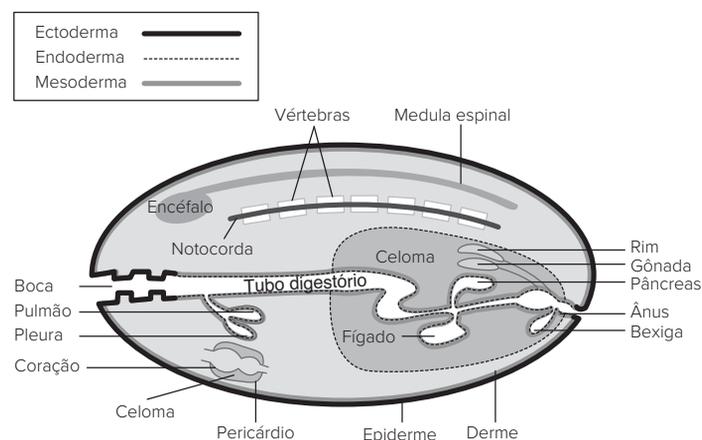


Fig. 12 Detalhes da cavidade pleural e pericárdica. O ser humano apresenta cavidades celomáticas remanescentes: pulmões e coração são envolvidos por uma bolsa de origem celomática.

Organogênese

A partir da nêurula, os folhetos embrionários (ectoderma, endoderma e mesoderma) dão origem aos órgãos e aos sistemas do indivíduo, sendo cada tecido responsável pela formação de determinados órgãos (Fig. 15).



| Ectoderma | Endoderma | Mesoderma |
|---|---|------------------------------------|
| Epiderme e anexos (pelos, unhas e glândulas) | Revestimento do tubo digestório | Derme |
| Revestimento da boca, da cavidade nasal e do ânus | Revestimento de pulmões, brônquios e traqueia | Músculos esqueléticos e lisos |
| Esmalte dentário | Fígado e pâncreas | Ossos e cartilagens (esqueleto) |
| Sistema nervoso (encéfalo, medula, nervos) | Revestimento da bexiga urinária | Coração, sangue e vasos sanguíneos |
| - | - | Rins e ureteres |
| - | - | Testículos e ovários |

Fig. 13 Esquema representativo de vertebrado hipotético e quadro com descrição das estruturas formadas a partir de três folhetos embrionários.

- **Ectoderma:** é o envoltório do embrião e origina a **epiderme** e o **tubo neural**. Nos vertebrados, o tubo neural origina o sistema nervoso, compreendendo os nervos e o sistema nervoso central (encéfalo e medula espinal). A epiderme dos vertebrados forma diversos anexos, como unhas, pelos, penas e algumas glândulas (sudoríferas, mamárias e sebáceas).
- O ectoderma também forma o revestimento do ânus e da boca, incluindo o esmalte dos dentes. Além disso, o cristalino (lente) do olho e os receptores sensoriais são derivados do ectoderma.
- **Endoderma:** corresponde ao folheto que delimita o arquêntero. Origina o **revestimento interno do tubo digestório** (exceto boca e ânus). Forma evaginações, que formam o **revestimento interno do sistema respiratório**. Outras evaginações originam o revestimento da **bexiga urinária**, o **fígado** e o **pâncreas**.
- **Mesoderma:** é o folheto localizado entre o ectoderma e o endoderma. Origina a **notocorda**. Nos vertebrados, essa estrutura é posteriormente substituída pela coluna vertebral. O mesoderma forma também as seguintes estruturas: **sistema esquelético, musculatura esquelética, coração, vasos sanguíneos, sangue, rins, ureteres, gônadas** (testículos e ovários), **derme** (constituída por tecido conjuntivo), **musculatura lisa** (como a que movimenta o tubo digestório) e a **dentina** (abaixo do esmalte dentário).

Classificação embrionária dos animais

A embriologia constitui uma ferramenta fundamental nos estudos de evolução e classificação dos animais. Os principais grupos animais serão discutidos detalhadamente nos próximos capítulos, e sua classificação baseada em critérios embriológicos certamente facilitará bastante essa tarefa.

O primeiro passo é considerar a existência de uma cavidade digestória verdadeira. Os poríferos não possuem essa cavidade e são denominados **parazoários**; os demais grupos animais têm cavidade digestória e recebem a denominação de **enterozoários**. Para muitos autores, os enterozoários apresentam tecidos verdadeiros, mas os parazoários não os possuem.

Entre os enterozoários, distinguem-se dois grupos: **diblásticos** e **triblásticos**. Os diblásticos possuem dois folhetos germinativos (ectoderma e endoderma) – é o caso dos cnidários. Os triblásticos têm três folhetos germinativos (ectoderma, endoderma e mesoderma) e incluem platelmintos, nematelmintos, anelídeos, artrópodes, moluscos, equinodermos e cordados (Fig. 16).

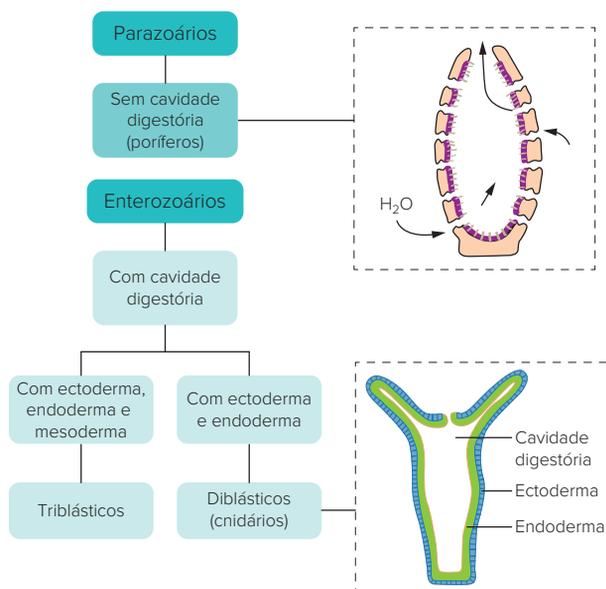


Fig. 14 Esquema informativo com a classificação dos animais quanto à cavidade digestória, salientando exemplos de alguns grupos.

Os triblásticos são divididos em três grupos: **acelomados**, **pseudocelomados** e **celomados**. Acelomados têm mesoderma sem cavidade e correspondem aos platelmintos. Pseudocelomados, como os nematelmintos, apresentam uma cavidade corporal denominada pseudoceloma, delimitada por mesoderma e endoderma. Os celomados são os que apresentam **celoma** (totalmente delimitado por mesoderma) e compreendem anelídeos, artrópodes, moluscos, equinodermos e cordados (Fig. 17).

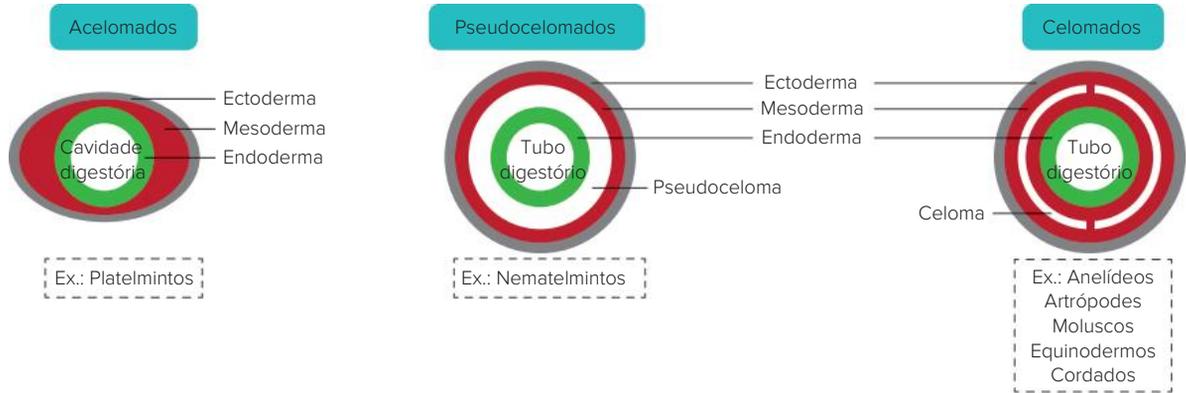


Fig. 15 Classificação dos animais quanto aos folhetos embrionários e ao celoma.

Nas classificações embriológicas mais modernas, os triblásticos são divididos em dois grupos: os **protostômios** e os **deuterostômios**. Protostômios são aqueles cujo blastóporo origina a boca – compreendem anelídeos, artrópodes e moluscos. Nos deuterostômios, o blastóporo origina o ânus – são os equinodermos e os cordados (Fig. 18). Todas as classificações, com seus respectivos filios, podem ser observadas na figura 19.

Atenção
Classificações mais antigas consideram protostômios também os nematelmintos, os platelmintos e os cnidários.

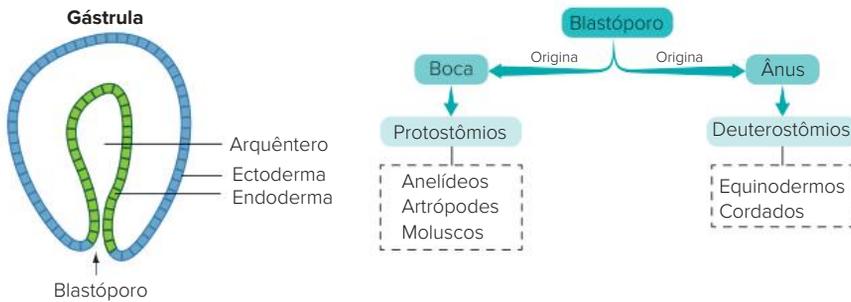


Fig. 16 Classificação dos animais quanto ao desenvolvimento do blastóporo.

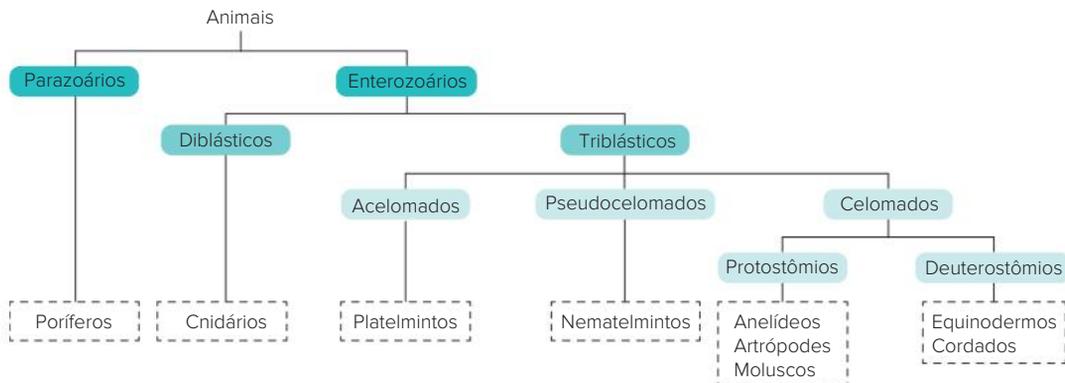


Fig. 17 Diagrama com a classificação embriológica dos animais.

Revisando

1 Qual nome se dá ao processo envolvendo mitoses que se segue à formação do zigoto?

2 Quais são os critérios utilizados na classificação dos ovos?

3 Caracterize ovos oligolécitos. Indique seus sinônimos.

4 O que são ovos mediolécitos? Cite seus sinônimos.

5 O que são ovos megalécitos? Em que grupos de animais são encontrados?

6 Caracterize ovos centrolécitos.

7 Quais são os tipos de ovo que apresentam segmentação total? Em que ovos há segmentação parcial?

8 A segmentação igual é comum em que tipo de ovo?

9 A segmentação desigual é típica de qual tipo de ovo?

10 Por que a segmentação dos ovos megalécitos é conhecida como discoidal?

11 O que significa segmentação superficial?

12 Diferencie mórula de blástula.

13 Em que fase do desenvolvimento embrionário ocorre a formação do blastóporo e do arquêntero?

14 O que o blastóporo pode originar? Em cada caso, como são denominados os animais?

15 Relacione os folhetos embrionários (ectoderma, endoderma, mesoderma) com a formação das seguintes estruturas:

- | | | |
|-------------------|-----------------------------------|---------------------|
| – sistema nervoso | – revestimento do tubo digestório | – esmalte dentário |
| – musculatura | – rio | – fígado e pâncreas |
| – epiderme | – rins | – derme |

16 Diferencie parazoários de entozoários.

17 Quais são os folhetos embrionários presentes em diblásticos e triblásticos?

18 O que é celoma? Quais são os grupos de animais que apresentam essa estrutura?

19 Cite os grupos de acelomados e de pseudocelomados.

Exercícios propostos

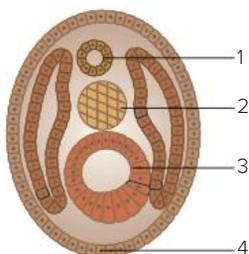
1 UFU Baseando-se na embriologia do anfíoxo, assinale a alternativa que apresenta a sequência correta das fases.

- A Mórula – Gástrula – Blástula – Nêurula.
- B Mórula – Blástula – Gástrula – Nêurula.
- C Blástula – Mórula – Nêurula – Gástrula.
- D Blástula – Nêurula – Mórula – Gástrula.

2 PUC-Campinas Numa coleta de água no mangue, foram coletadas formações esféricas constituídas por uma única camada de células circundando uma cavidade contendo um líquido. Concluiu-se que se tratava de embriões na fase de:

- A zigoto.
- B mórula.
- C blástula.
- D gástrula.
- E nêurula.

3 UFSCar As estruturas apontadas pelos números 1, 2, 3 e 4, no esquema de um corte transversal de embrião de rã, apresentado a seguir, são:



- A 1: notocorda; 2: tubo neural; 3: intestino primitivo e 4: epiderme.
- B 1: tubo neural; 2: notocorda; 3: arquêntero e 4: ectoderme.
- C 1: tubo neural; 2: celoma; 3: notocorda e 4: ectoderme.
- D 1: notocorda; 2: celoma; 3: arquêntero e 4: ectoderme.
- E 1: intestino primitivo; 2: tubo neural; 3: celoma e 4: notocorda.

4 UFRGS Em ovos oligolécitos, a fase da embriogênese caracterizada por um maciço de células formado por sucessivas clivagens, aproximadamente com o mesmo volume do ovo inicial, denomina-se:

- A mórula.
- B blástula.
- C gástrula.
- D arquêntero.
- E blastômero.

5 PUC-PR Associe a segunda coluna de acordo com a primeira.

Fases de desenvolvimento:

- 1. Fertilização
- 2. Gástrula

- 3. Blástula
- 4. Segmentação
- 5. Nêurula

Características:

- Fase caracterizada pela formação do tubo neural.
- Fase em que o ovo se divide, sucessivamente, até as células atingirem as dimensões normais da espécie.
- Fase durante a qual o gametas se unem.
- Fase durante a qual um grupo de células envolve uma pequena cavidade central.
- Fase na qual se origina o intestino primitivo.

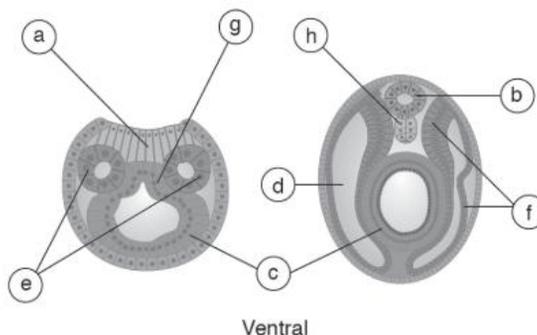
Assinale a sequência correta.

- A 5 – 4 – 1 – 3 – 2.
- B 1 – 2 – 3 – 4 – 5.
- C 5 – 4 – 1 – 2 – 3.
- D 3 – 4 – 1 – 2 – 5.
- E 5 – 1 – 4 – 3 – 2.

6 UFTM Pode-se afirmar, corretamente, que:

- A o ovo das aves possui muito vitelo e tem segmentação completa e igual.
- B o ovo dos anfíbios possui muito vitelo e é de segmentação incompleta e desigual.
- C o ovo do ouriço-do-mar é extraordinariamente rico em vitelo, tendo segmentação incompleta.
- D o ovo do anfíoxo tem pouco vitelo e é de segmentação completa e aproximadamente igual.
- E na mórula, os blastômeros atingem sempre dimensões maiores do que as da célula ovo que lhes deu origem.

7 UFSC As figuras a seguir representam cortes transversais de dois momentos da organogênese, em anfíoxo. Considerando as características dessa etapa do desenvolvimento embrionário e as figuras, assinale a(s) proposição(ões) correta(s).



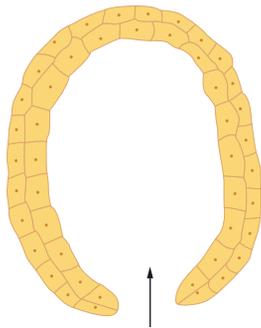
- 01 A organogênese precede a mórula e caracteriza-se pela diferenciação dos órgãos a partir dos folhetos embrionários formados no período da gastrulação.
- 02 A partir do achatamento da ectoderme, da região dorsal do embrião, diferencia-se a placa neural (a)

e, posteriormente, o tubo neural (b), que dará origem ao sistema nervoso do indivíduo.

- 04 Da endoderme (c) deriva o epitélio de revestimento do tubo digestivo, exceto as cavidades oral e anal, que são formadas a partir da ectoderme.
- 08 O celoma (d) é uma cavidade do embrião, derivado das bolsas mesodérmicas (e), e está delimitado pela mesoderme (f).
- 16 Do teto do arquêntero (g) diferencia-se a notocorda (h), que é uma estrutura maciça, localizada na região dorsal, logo abaixo do tubo neural (b).

Soma:

- 8 UEL** A figura a seguir representa um corte através da gástrula de um animal:



O orifício assinalado pela seta originará a boca:

- A na rã. D na minhoca.
 B no anfioxo.
 C no tubarão. E no ouriço-do-mar.

- 9 Unitaú 2017** Durante o desenvolvimento embrionário dos humanos, há uma fase que se caracteriza pela formação do arquêntero e pela definição do blastoporo. Assinale a alternativa que apresenta o nome dessa fase, a estrutura que será originada a partir do blastoporo e a denominação dada em função do surgimento dessa estrutura.
- A Organogênese; ânus; deuterostômios
 B Organogênese; boca; deuterostômios
 C Gastrulação; boca; protostômios
 D Gastrulação; ânus; deuterostômios
 E Clivagem; intestino; protostômios

- 10 FPP 2019** A marcação e o rastreamento de células-tronco *in vivo* são técnicas não invasivas que permitem visualizar o deslocamento das células dentro do organismo e o quanto efetivamente elas migram para locais patologicamente afetados, a fim de aperfeiçoar terapias celulares. Alguns materiais comumente usados como marcadores de células-tronco são nanopartículas metálicas; entretanto, sabe-se que estes componentes podem ser prejudiciais para as células receptoras, tornando-se importante a realização de estudos preliminares de biocompatibilidade antes de marcar e rastrear-las *in vivo*.

Disponível em: http://repositorio.unb.br/bitstream/10482/17023/4/2014_Lu%C3%ADsaHelenaAndradedaSilva.pdf

Uma gástrula foi marcada em uma determinada área utilizando nanopartículas metálicas e posteriormente

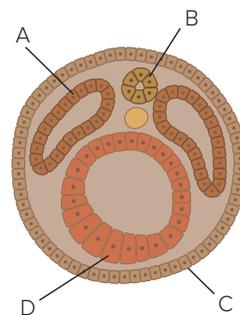
analisou-se diferentes partes do feto exposto aos marcadores. As nanopartículas metálicas foram encontradas no tecido nervoso. Conclui-se que a área da gástrula marcada foi a

- A mesoderma que formou a notocorda que por sua vez originou tecido nervoso.
 B endoderma, tecido embrionário que forma o sistema nervoso e epiderme e seus anexos.
 C ectoderma, responsável pela formação do tecido nervoso e também por parte do tecido epitelial.
 D ectoderma, principal tecido embrionário que origina todo tecido conjuntivo e o tecido nervoso.
 E ectoderma, responsável por formar tecido muscular e o tecido nervoso.

- 11 Unioeste 2019** Organismos pluricelulares, ao longo de seu desenvolvimento, passam por um processo relativamente lento de mudanças progressivas, as quais chamamos de desenvolvimento. No reino animal existe uma variedade considerável de tipos embrionários, mas a maioria dos padrões de embriogênese compreende variações em três etapas principais que se iniciam após o processo de fertilização e a consequente formação do zigoto. Considerando essas etapas ou fases da embriogênese animal, a gastrulação é caracterizada

- A por sucessivas divisões mitóticas do zigoto, que se iniciam após a fertilização e dão origem a inúmeras células denominadas blastômeros.
 B por intensa movimentação e reorganização celular, as quais permitirão a origem dos três folhetos germinativos: ectoderma, mesoderma e endoderma.
 C pela formação do blastocisto, o qual, na espécie humana, estará totalmente implantado no útero materno ao final da segunda semana de gestação.
 D pela formação do tubo neural, a partir da mesoderme, e migração de células da crista neural.
 E por ser um processo evolutivamente conservado que acontece por um único mecanismo de migração celular denominado embolia ou invaginação.

- 12 UFV** Observe o esquema do embrião de um cordado, em corte transversal, e analise as afirmativas seguintes.



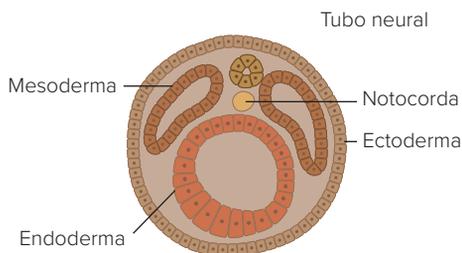
- I. A letra D representa a endoderme.
 II. Os pulmões originam-se a partir do folheto C.
 III. O folheto indicado por B dá origem ao cérebro.

- IV. O coração forma-se a partir do folheto indicado pela letra A.
- V. Alterações no folheto D não podem afetar as glândulas do tubo digestivo.

Assinale a alternativa que contém apenas afirmativas verdadeiras.

- A I, II e III.
 B I, III e IV.
 C III, IV e V.
 D II e III.
 E IV e V.

- 13 Cesgranrio** Em relação a um embrião de anfioxo esquematizado adiante, assinale a opção em que não há correspondência entre a estrutura e o que ela origina.



- A Endoderma/fígado.
 B Mesoderma/músculos lisos.
 C Ectoderma/tubo digestivo.
 D Notocorda/eixo de sustentação.
 E Tubo neural/sistema nervoso.

- 14 UFPE (Adapt.)** Nos organismos pluricelulares, o desenvolvimento do zigoto consiste em sucessivas divisões mitóticas para formação do embrião. Em relação à embriologia animal, é correto afirmar que:

- durante a blastulação, formam-se os primeiros tecidos embrionários, começando a serem esboçados a estrutura e o plano de organização corporal do animal.
- o mesoderma origina a porção mais volumosa das estruturas e órgãos corporais, como músculos, vasos sanguíneos, ossos, coração e rins.
- cérebro, medula e nervos se originam a partir do ectoderma.
- além de originar o revestimento interno do tubo digestivo, o endoderma forma órgãos, como o fígado e o pâncreas.
- a notocorda é originária do endoderma.

- 15 UFPE** A organogênese inicia-se após a formação dos folhetos embrionários. Analise os destinos dados a cada um desses folhetos, mostrados na tabela a seguir em 1, 2 e 3.

| ECTODERMA | MESODERMA | ENDODERMA |
|---|---|-----------------------------|
| 1) epiderme | ossos e cartilagens | músculos lisos e estriados |
| 2) pelos e unhas | gônadas | fígado e pâncreas |
| 3) revestimento interno das vias digestivas e da traqueia | membranas serosas do coração, dos pulmões e do pericárdio | córnea, cristalino e retina |

Está(ão) correta(s):

- A 1, 2 e 3.
 B 2 e 3 apenas.
 C 2 apenas.
 D 1 apenas.
 E 3 apenas.

- 16 Udesc** Durante o desenvolvimento embrionário de alguns organismos, ocorre a formação do celoma.

Com relação ao celoma, assinale a alternativa correta.

- A É um maciço de células que surge no início da gastrulação.
 B É uma cavidade corporal que surge entre duas camadas do mesoderma.
 C É o primórdio da notocorda.
 D Dele se originará o arquêntero.
 E Associado ao ectoderma, dará origem ao intestino primitivo.

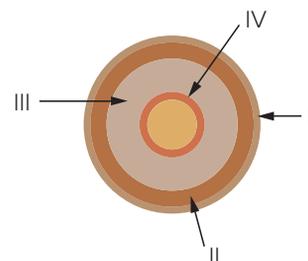
- 17 Uece** Analise as assertivas a seguir relativas à origem e ao estudo dos tecidos.

- I. O zigoto é a célula inicial, resultante da fecundação dos organismos que se reproduzem sexuadamente.
- II. Insetos e crustáceos são exemplos de animais com apenas dois folhetos embrionários (diploblásticos).
- III. Os vertebrados são animais que já têm três folhetos embrionários, portanto são chamados triploblásticos.

Assinale a alternativa correta relativa às assertivas anteriores:

- A somente I é verdadeira.
 B I e III são falsas.
 C I e III são verdadeiras.
 D II e III são falsas.

- 18 UFU** Animais que possuem três folhetos embrionários podem ser acelomados, pseudocelomados ou celomados. O esquema a seguir representa um corte transversal de um animal triploblástico.



Analise o esquema apresentado e marque para as alternativas abaixo (V) verdadeira, (F) falsa ou (SO) sem opção.

- O corte representa um animal celomado.
- Os números I e II representam ectoderma e mesoderma, respectivamente. Os números II e III representam mesoderma e celoma, respectivamente.
- Os números III e IV representam celoma e endoderma, respectivamente.

19 UEL 2017 Observe a charge a seguir.



– E agora? Vai saber o que é esquerda, o que é direita!

(Disponível em: <<http://xicosa.blogfolha.uol.com.br/files/2014/02/AngelilIdeologia.gif>>. Acesso em: 20 abr. 2016.)

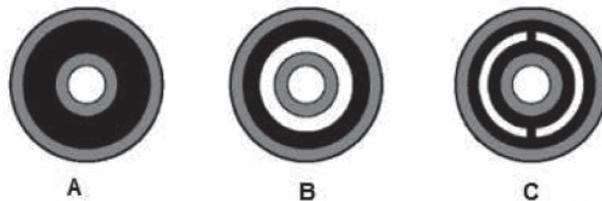
Na charge, existe a dúvida do que é esquerda e do que é direita, porém um dos mais importantes fenômenos do processo embrionário dos animais é o desenvolvimento dos três eixos corporais, entre os quais o eixo direito-esquerdo.

Com raras exceções, todo embrião animal desenvolve esses eixos embrionários, que definem a estrutura corporal do futuro organismo.

Assinale a alternativa que apresenta, corretamente, em que momento, nos seres humanos, o eixo direito-esquerdo é definido durante o desenvolvimento embrionário.

- A Durante a fase de clivagem.
- B Durante a formação da blástula.
- C Na gastrulação.
- D Na histogênese.
- E No estágio de mórula.

20 Mackenzie 2019 A figura abaixo apresenta cortes transversais de embriões animais, indicando seus três folhetos germinativos.



Foram feitas afirmativas a respeito dos três tipos de embrião.

- I. A figura A refere-se aos cnidários, animais triblásticos sem cavidade celomática.
- II. Na figura B observa-se uma cavidade pseudocecomática, revestida parcialmente por mesoderme.
- III. A figura C representa, exclusivamente, animais esquizocelomados e protostômios.
- IV. As letras A, B e C podem representar o desenvolvimento embrionário de uma planária, uma lombriga e uma minhoca, respectivamente.

São verdadeiras as afirmativas

- A I, II, III e IV.
- B I, II e III, apenas.
- C II e III, apenas.
- D I e III, apenas.
- E II e IV, apenas.

21 UEPG A respeito do desenvolvimento embrionário, assinale o que for correto.

- 01 As divisões que ocorrem durante a segmentação denominam-se clivagens, e as células que se formam são chamadas mórulas.
- 02 Na gastrulação, forma-se o blastóporo. Os animais em que o blastóporo dá origem ao ânus são chamados de protostômios, e os animais em que o blastóporo dá origem à boca são chamados de deuterostômios.
- 04 Ao longo do desenvolvimento embrionário, as células passam por um processo de diferenciação celular em que alguns genes são "ativados", passando a coordenar as funções celulares. Surgem dessa maneira os tipos celulares, que se organizam em tecidos.
- 08 De um modo geral, em praticamente todos os animais podem ser observadas três fases consecutivas de desenvolvimento embrionário: segmentação, gastrulação e organogênese.
- 16 Na organogênese ocorre diferenciação dos órgãos a partir dos folhetos embrionários formados logo após a gastrulação.

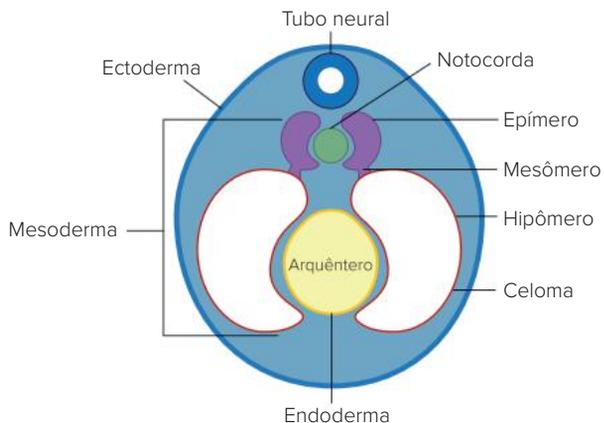
Soma:

Mesoderma e origem do celoma

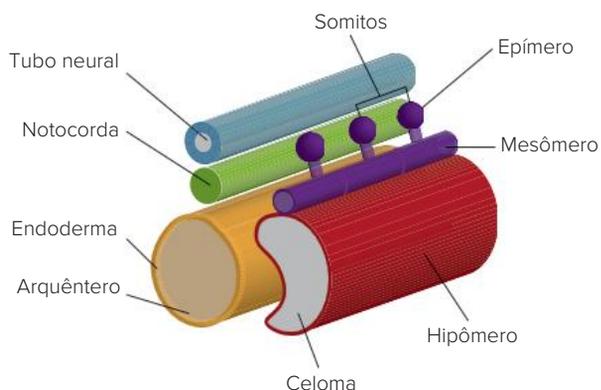
O mesoderma apresenta três divisões: **epímero** (mesoderma superior), **mesômero** (mesoderma intermediário) e **hipômero** (mesoderma inferior). O epímero forma **somitos**, que são blocos de mesoderma com nítida segmentação. O hipômero tem duas lâminas: uma situada ao redor do arquêntero e outra localizada abaixo do ectoderma – entre essas, há a cavidade celomática.

O celoma pode se originar por dois processos: **enterocélico** ou **esquizocélico**. Na origem enterocélica, o mesoderma se forma por evaginações do arquêntero, gerando bolsas mesodérmicas que contêm celoma. Esse processo ocorre em equinodermos e cordados.

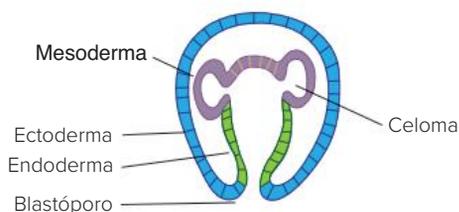
A origem esquizocélica do celoma ocorre em anelídeos, moluscos e artrópodes. Nesse processo, o embrião apresenta blocos de mesoderma próximo ao blastóporo; no mesoderma, surgem fendas internas que geram o celoma.



Detalhes de uma nêurula em corte transversal.



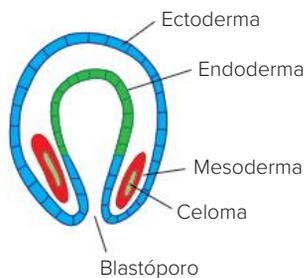
Nêurula representada sem ectoderma e com o mesoderma de uma lateral apenas.



ENTEROCELIA

↓
Equinodermos

Cordados



ESQUIZOCELIA

↓
Anelídeos

Arbeópodes

Moluscos

Artrópodes

O celoma dos deuterostômios tem origem enterocélica e os protostômios têm o celoma com origem esquizocélica.

Quer saber mais?



Site

- Mais informações sobre Embriologia.

<https://embryology.med.unsw.edu.au/embryology/index.php/Main_Page>.

Fecundação e os tipos de ovo

O zigoto é formado com a união dos gametas. Os óvulos são classificados segundo a quantidade e a distribuição de suas reservas (vitelo ou lécito) em quatro tipos principais:

- oligolécitos;
- mediolécitos;
- megalécitos;
- centrolécitos.

Segmentação

- Total, com as modalidades igual e desigual.
- Parcial, com os tipos discoidal e superficial.

A sequência do desenvolvimento

De mórula a nêurula, na seguinte ordem:

1. Mórula;
2. Blástula;

3. Gástrula: com a formação do arquêntero e do blastóporo;
4. Nêurula: com o surgimento do tubo neural e da notocorda.

Organogênese

São gerados órgãos e sistemas a partir dos folhetos embrionários:

- Ectoderma;
- Endoderma;
- Mesoderma.

Classificação embrionária dos animais

Os critérios da classificação são:

- Presença de cavidade digestória: parazoários e entozoários;
- Número de folhetos embrionários: diblásticos e triblásticos;
- Celoma: acelomados, pseudocelomados e celomados;
- Desenvolvimento do blastóporo: protostômios e deuterostômios.

Exercícios complementares

1 PUC-Campinas Na água do manguezal é comum encontrar-se ovos com envoltório gelatinoso, extremamente ricos em vitelo nutritivo e apresentando segmentação parcial discoidal. Esses dados indicam tratar-se de ovos:
A isolécitos. **D** telolécitos.
B heterolécitos. **E** alécitos.
C centrolécitos.

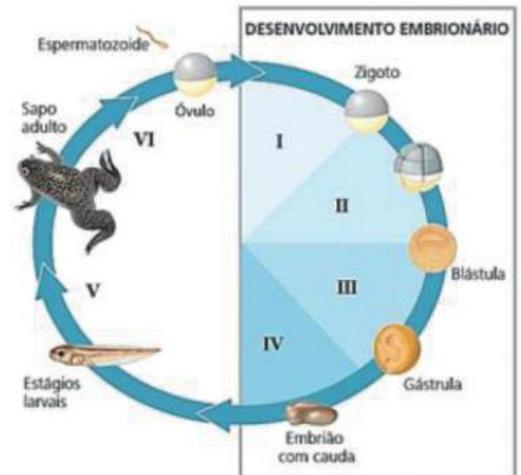
2 FCM 2018 A gastrulação é o período pelo qual as três camadas germinativas – o ectoderma, mesoderma e endoderma – são estabelecidas nos embriões, é o início da morfogênese, evento mais importante da terceira semana do desenvolvimento humano. Em relação a cada uma das três camadas germinativas originar tecidos e órgãos específicos, coloque V para as alternativas verdadeiras e F para as falsas, e em seguida marque a alternativa CORRETA.

- O ectoderma embrionário dá origem à epiderme, ao sistema nervoso central e periférico, olhos e ouvidos internos.
- O ectoderma embrionário é a fonte dos revestimentos epiteliais dos sistemas respiratório e digestório, incluindo fígado e pâncreas.
- O mesoderma embrionário dá origem apenas aos músculos esqueléticos, as células sanguíneas e órgãos dos sistemas genitais.
- O mesoderma embrionário é a fonte de todos os tecidos conjuntivos incluindo cartilagens, ossos, tendões e ligamentos.
- O endoderma embrionário é a fonte dos revestimentos epiteliais dos sistemas respiratório e digestório, incluindo fígado e pâncreas.

Marque a alternativa CORRETA:

- | | |
|--------------------------|--------------------------|
| A F, V, V, V, e V | D V, F, V, F, e V |
| B V, F, V, V, e F | E V, V, V, V, e F |
| C V, F, F, V, e V | |

3 PUC-SP 2017 Observe atentamente a ilustração a seguir, que representa diversos estágios do desenvolvimento de um sapo.



Fonte: Reece e cols. *Biologia de Campbell*. Ed. Artmed, 10 ed., 2015 (adaptado).

Na ilustração acima, segmentação, neurulação e gametogênese ocorrem, respectivamente, nas etapas representadas pelos algarismos

- | | |
|----------------------|------------------------|
| A I, III e V. | C II, III e IV. |
| B V, VI e I. | D II, IV e VI. |

4 Fuvest Qual a diferença, no desenvolvimento embrionário, entre animais com ovos oligolécitos e animais com ovos telolécitos?
A Número de folhetos embrionários formados.
B Presença ou ausência de celoma.
C Presença ou ausência de notocorda.
D Tipo de segmentação do ovo.
E Modo de formação do tubo neural.

5 UEL 2018 As células-ovo, ou zigoto, possuem substâncias nutritivas armazenadas no citoplasma, que constituem o vitelo. Assinale a alternativa que relaciona corretamente as células-ovo à quantidade e distribuição do vitelo, aos grupos animais que as apresentam e ao tipo de segmentação.

- A Ovos isolécitos, que possuem pouco vitelo distribuído de maneira uniforme, estão presentes em mamíferos e apresentam segmentação holoblástica.
- B Ovos heterolécitos, que possuem uma quantidade grande de vitelo restrita à região central, estão presentes nos moluscos e apresentam segmentação meroblástica.
- C Ovos telolécitos, que possuem pouco vitelo distribuído de maneira uniforme, estão presentes em anelídeos e apresentam segmentação superficial.
- D Ovos centrolécitos, que possuem uma quantidade moderada de vitelo distribuída de maneira uniforme, estão presentes nos anfíbios e apresentam segmentação holoblástica.
- E Ovos mesolécitos, que possuem uma grande massa de vitelo na região central, estão presentes nos insetos e apresentam segmentação meroblástica.

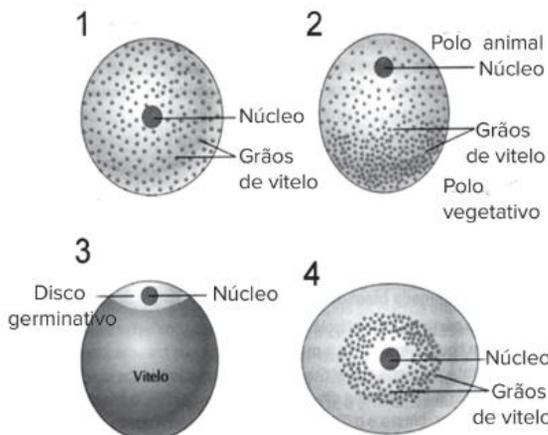
6 PUC-Campinas A figura a seguir mostra uma blástula.



O mais provável é que ela tenha se formado a partir de um ovo:

- A telolécito.
- B centrolécito.
- C heterolécito.
- D mediolécito.
- E isolécito.

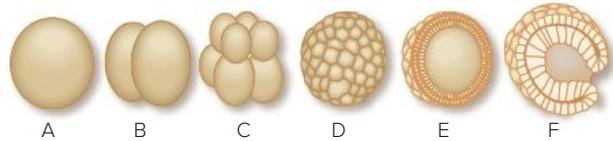
7 FPS 2017 Em relação à distribuição dos grânulos de vitelo na maioria das células-ovo dos animais, observe a figura abaixo e classifique os ovos de acordo com a quantidade e distribuição do vitelo.



- A 1. Ovo Isolécito; 2. Ovo Centrolécito; 3. Ovo Telolécito; 4. Ovo Heterolécito.
- B 1. Ovo Telolécito; 2. Ovo Heterolécito; 3. Ovo Isolécito; 4. Ovo Centrolécito.
- C 1. Ovo Isolécito; 2. Ovo Heterolécito; 3. Ovo Telolécito; 4. Ovo Centrolécito.
- D 1. Ovo Telolécito; 2. Ovo Isolécito; 3. Ovo Heterolécito; 4. Ovo Centrolécito.
- E 1. Ovo Centrolécito; 2. Ovo Heterolécito; 3. Ovo Telolécito; 4. Ovo Isolécito.

8 Unicamp (Adapt.) Recentemente pesquisadores brasileiros conseguiram produzir a primeira linhagem de células-tronco a partir de embrião humano. As células-tronco foram obtidas de um embrião em fase de blástula, de onde foram obtidas as células que posteriormente foram colocadas em meio de cultura para se multiplicarem.

Blástula é uma etapa do desenvolvimento embrionário de todos os animais. Identifique entre as figuras abaixo qual delas corresponde à fase de blástula e indique uma característica que a diferencia da fase anterior e da posterior do desenvolvimento embrionário.



9 UFF Responda às questões a seguir.

- a) Os seres vivos apresentam diferenças importantes no desenvolvimento embrionário. Quanto à distribuição do vitelo, os ovos são classificados em oligolécitos, heterolécitos, telolécitos e centrolécitos. Complete a figura a seguir, identificando sua origem (humano, anfíbio, ave e artrópode) na caixa 1 e sua classificação na caixa 2 (oligolécito, heterolécito, telolécito, centrolécito).

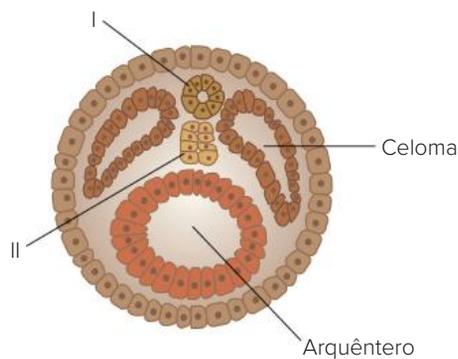
| | |
|------------------------------|------------------------------|
| Núcleo Grão de vitelo | Núcleo Grão de vitelo |
| 1 - | 1 - |
| 2 - | 2 - |
| Núcleo vitelo | Núcleo Grão de vitelo |
| 1 - | 1 - |
| 2 - | 2 - |

b) Classifique os ovos dos seres humanos, anfíbios, aves e artrópodes, respectivamente, quanto à segmentação.

10 PUC-SP 2018 Na década de 1920, o embriologista alemão Walther Vogt utilizou corantes não tóxicos de cores diferentes para tingir as células de diferentes regiões da blástula de um embrião de sapo. Como as moléculas dos corantes eram repassadas por mitose às células-filhas, o pesquisador conseguiu identificar de quais regiões da blástula se originavam os folhetos embrionários da gástrula. Suponha que as células da endoderme, da mesoderme e da ectoderme contenham corantes das cores amarela, vermelha e azul respectivamente, e que seja possível identificar a presença do corante mesmo nas células de um embrião completamente formado. Sendo assim, nesse embrião seriam encontradas células tingidas de

- A amarelo no cérebro, vermelho no coração e azul no epitélio intestinal.
- B amarelo na parede estomacal, vermelho nos músculos e azul na medula espinal.
- C amarelo na parede da bexiga urinária, vermelho no cerebelo e azul no esqueleto.
- D amarelo na epiderme, vermelho nos alvéolos pulmonares e azul nos vasos sanguíneos.

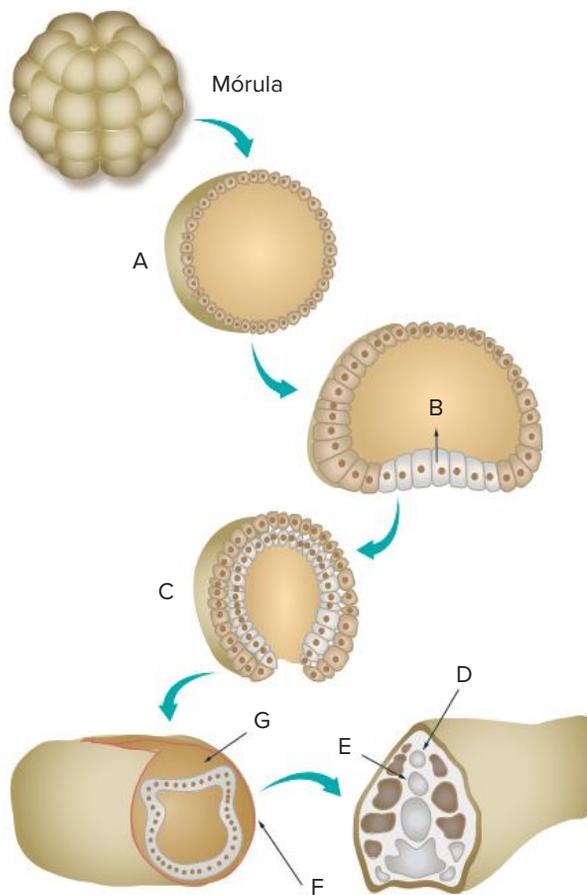
11 Unesp A figura representa o esquema de um corte transversal de um embrião de cordado na fase de nêurula. Observe o esquema e responda.



- a) Que estrutura se originará da porção embrionária apontada pela seta I, e que denominação receberá, nos mamíferos adultos, a estrutura indicada na seta II?
- b) Quais as fases da embriogênese que antecedem à fase de nêurula?

12 UFPE Na figura a seguir estão ilustrados diferentes estágios do desenvolvimento embrionário do anfíoxo, animal considerado padrão para o estudo de embriologia de vertebrados. As primeiras células formadas

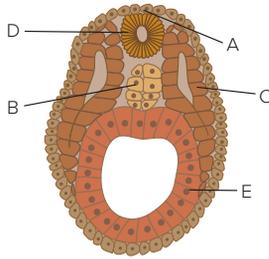
pelos divisões do zigoto – os blastômeros – sofrem mitoses, que se sucedem com rapidez, de modo que o embrião logo se constitui em um agregado maciço de células, a *mórula*.



Sobre esse assunto, podemos afirmar:

- células da superfície da blástula (A) iniciam um processo de migração para o interior da blastocele (B), processo que conduzirá ao estado de gástrula.
- na fase de gástrula (C), as células embrionárias começam a se diferenciar nos primeiros tecidos embrionários (folhetos germinativos).
- na continuidade do desenvolvimento embrionário, a gástrula se alonga e o plano corporal básico se define pouco a pouco no dorso do embrião. Formam-se duas estruturas: o tubo nervoso (D) e a notocorda (E).
- o tubo nervoso, que originará todo o sistema nervoso do animal adulto, se origina da ectoderme (F), enquanto as células da mesoderme (G) se diferenciam na notocorda.
- epitélio do tubo digestivo, assim como epitélios de brânquias e de pulmões, nos animais adultos (inclusive no homem) são originados a partir da endoderme.

- 13 UEL** Analise a figura abaixo que representa um dos estágios do desenvolvimento embrionário do anfioxo em corte transversal.



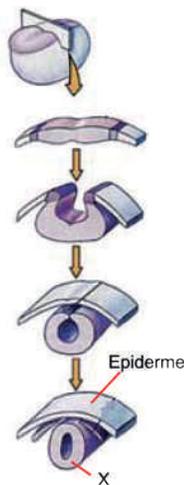
Com base na figura e nos conhecimentos sobre a embriologia do anfioxo, considere as afirmativas a seguir.

- I. A figura representa um embrião no estágio de nêurula.
- II. As setas A, B e C apontam respectivamente o endoderma, a notocorda e o mesoderma.
- III. As estruturas apontadas pelas setas B e D darão origem, respectivamente, à coluna vertebral e ao sistema nervoso central.
- IV. As estruturas apontadas pelas setas A e E darão origem a tecidos epiteliais de revestimento.

A alternativa que contém todas as afirmativas corretas é:

- A I e IV. C I, II e III. E II, III e IV.
 B II e III. D I, III e IV.

- 14 Famerp 2019** A figura mostra a formação de uma estrutura embrionária X, presente nos cordados, que fica localizada acima da notocorda.



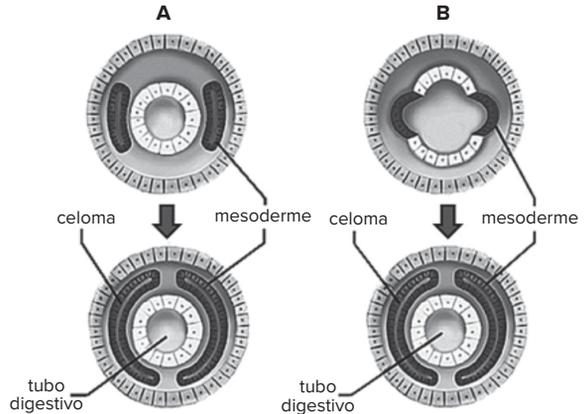
(Cleveland P. Hickman et al. *Princípios integrados de zoologia*, 2010. Adaptado.)

A estrutura embrionária X se diferenciará, durante o seu desenvolvimento, em órgãos do sistema

- A digestório. D respiratório.
 B esquelético. E nervoso.
 C urinário.

- 15 Unitau 2016** Celoma é uma palavra de origem grega que sugere *oco* ou *cavidade*. Nos animais, representa uma cavidade formada a partir da mesoderme. Moluscos,

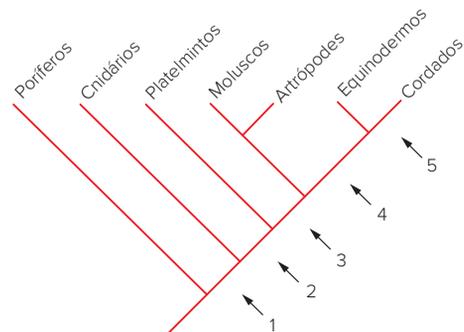
anelídeos, artrópodos, equinodermos e cordados são portadores dessa cavidade, a qual pode ser formada por meio de dois mecanismos, que definiram os animais triblásticos em protostômios e deuterostômios. Acerca da formação do celoma, observe a figura e analise as afirmações.



- I. A figura "A" indica a formação do celoma por esquizocelia, e a figura "B", por enterocelia.
- II. Na enterocelia, a mesoderme surge a partir de células localizadas ao redor do blastóporo.
- III. O esquizoceloma é o tipo de celoma dos animais protostomados.
- IV. Na enterocelia, a mesoderme se origina de evaginações do tubo digestivo primitivo.

- A Apenas I e III estão corretas.
 B Apenas II e IV estão corretas.
 C Apenas I, III e IV estão corretas.
 D Apenas I, II e III estão corretas.
 E Apenas I e IV estão corretas.

- 16 UFRJ** O diagrama a seguir apresenta uma das hipóteses sobre as relações evolutivas entre os principais filos animais. Cada seta numerada indica uma aquisição evolutiva compartilhada apenas pelos grupos representados nos ramos acima dessa seta. Por exemplo, a seta 1 indica tecidos verdadeiros.



Considere as três seguintes características embrionárias:

- cavidade corporal completamente revestida por mesoderma;
- três folhetos germinativos;
- blastóporo que dá origem ao ânus.

Indique a seta que corresponde a cada uma dessas características.



FRENTE 3

CAPÍTULO

5

Organização funcional e classificação dos animais

A grande variedade de animais é cuidadosamente estudada pelos zoólogos, biólogos marinhos e outros especialistas. Para esse trabalho, é necessário compreender as características dos seres vivos e as diferenças entre eles, o que permite identificar certos problemas, como o branqueamento de corais, e classificar os animais de forma correta.

Atividades vitais de um animal

O corpo de um mamífero servirá como referência para a compreensão de outros grupos de animais. Um mamífero é constituído por trilhões de células, organizadas em diferentes tipos de tecidos. As células de um tecido encontram-se imersas em um líquido, denominado **fluido intersticial**. Esse líquido interage com o sangue e com as células, trocando materiais com ambos.

O sangue, por sua vez, interage com diversos sistemas do organismo. O sangue recebe materiais de alguns sistemas, os quais são enviados ao fluido intersticial e dele para as células. Já as células geram materiais, lançados no fluido intersticial, e dali vão para o sangue; o sangue transporta esses materiais para vários sistemas do organismo (Fig. 1).



Fig. 1 O intercâmbio de materiais nos principais níveis de organização do corpo de um organismo animal.

Acompanhando o fluxo de alguns materiais no organismo, percebemos que o alimento ingerido pelo animal é submetido, no sistema digestório, à ação de enzimas digestivas. Ocorre a digestão do alimento e são obtidos nutrientes (sais, glicose, aminoácidos, entre outros), os quais são transferidos ao sangue e absorvidos, e os materiais não digeridos e não absorvidos são eliminados com as fezes. O sangue, além de receber os nutrientes do sistema digestório, recebe gás oxigênio (O_2) do sistema respiratório. Nutrientes e O_2 são transferidos ao fluido intersticial e desse para as células. A atividade das células gera materiais que são lançados no fluido intersticial e o sangue recolhe vários desses materiais (Fig. 2), como:

- **gás carbônico** (CO_2), conduzido pelo sangue até o sistema respiratório, de onde é eliminado para o ambiente;
- excesso de **água, sais** e resíduos nitrogenados (**amônia**, representada pela fórmula química NH_3), que são enviados pelo sangue ao sistema urinário. Esses materiais são alguns componentes da urina, que é eliminada para o ambiente. Oportunamente será explicado que a amônia gerada nas células é convertida em **ureia** no fígado; a ureia é o principal resíduo nitrogenado presente na urina dos mamíferos.

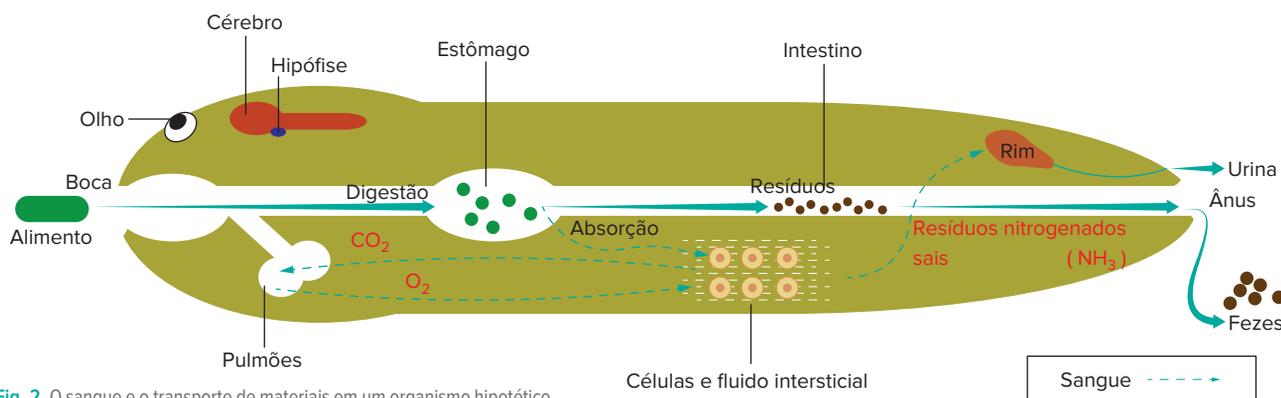


Fig. 2 O sangue e o transporte de materiais em um organismo hipotético.

Com toda essa atividade, a composição química do fluido intersticial mantém-se constante, possibilitando condições adequadas para o funcionamento das células. Esse estado de equilíbrio dinâmico do organismo é denominado **homeostase**.

Homeostase

A manutenção do equilíbrio dinâmico do organismo depende da ação integrada de vários sistemas, que podem ser resumidas (Fig. 3).

- **Trocax gasosas:** realizadas pelo sistema respiratório; consistem na obtenção de O_2 pelos pulmões e na liberação de CO_2 para o ambiente. O O_2 é usado na respiração celular, processo responsável pela liberação de energia e de CO_2 como resíduo.
- **Nutrição:** executada pelo sistema digestório; envolve a obtenção de alimentos, sua digestão e absorção (transferência de nutrientes para o sangue). Os resíduos não digeridos fazem parte das fezes (excrementos). Os nutrientes são empregados no metabolismo celular, a glicose é usada na respiração celular; os aminoácidos, na síntese de proteínas. A energia utilizada pelo organismo é obtida pela oxidação, principalmente de açúcares, que geram ATP (adenosina trifosfato) na respiração celular.
- **Excreção:** o principal encarregado é o sistema urinário; corresponde à eliminação de resíduos tóxicos ou inúteis, provenientes do metabolismo celular, como excesso de água e de sais, resíduos nitrogenados etc. Deve-se ressaltar que a eliminação de CO_2 pelos pulmões também é uma atividade de excreção.
- **Transporte:** efetuado pelo sistema circulatório, corresponde ao fluxo de materiais através do sangue, como nutrientes, gases, excretos, hormônios entre outros (Fig. 3).

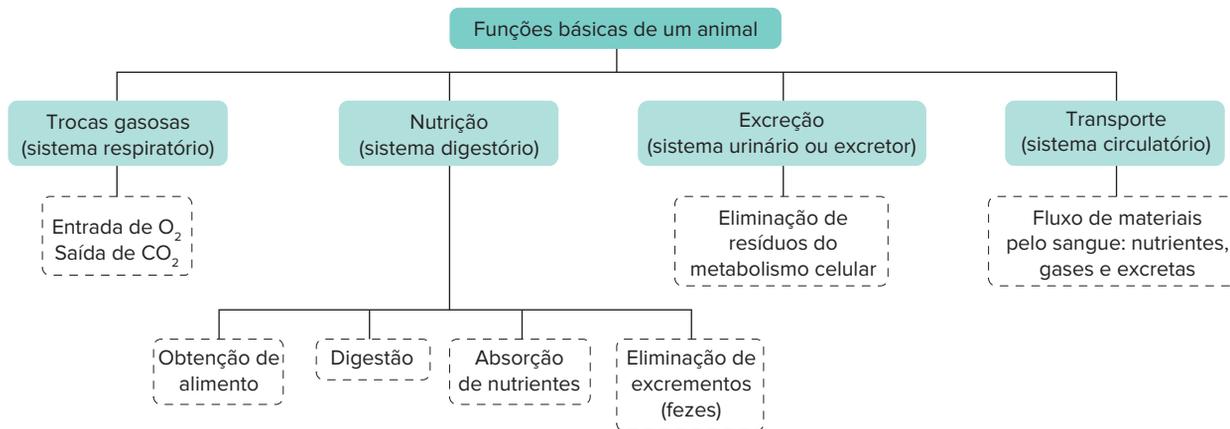


Fig. 3 As funções básicas de um animal e os sistemas envolvidos em sua realização.

O controle das atividades

Essas atividades básicas de manutenção da vida de um mamífero são controladas por dois sistemas: o **nervoso** e o **endócrino** (responsável pela produção de hormônios).

Hormônios são substâncias controladoras do metabolismo e sua produção ocorre em glândulas endócrinas, como a hipófise. Essa glândula libera hormônios que controlam, entre outras coisas, o crescimento e o amadurecimento sexual dos indivíduos.

O sistema nervoso apresenta nervos que ligam as diversas partes do corpo ao **sistema nervoso central (SNC)**, constituído pela **medula espinal** e pelo **encéfalo**. A medula espinal tem formato cilíndrico e é protegida por prolongamentos das vértebras. O encéfalo, que fica alojado no interior da caixa craniana, tem, entre outros componentes, o cérebro, o cerebelo, o bulbo e a ponte. O sistema nervoso recebe informações dos nervos e é responsável pela tomada de decisões, como a de executar um movimento.

O organismo de um mamífero apresenta inúmeras estruturas sensoriais ligadas ao sistema nervoso. Essas estruturas permitem a percepção de várias informações acerca do ambiente: luz, sons, temperatura, odores etc.

Os sistemas **esquelético** e **muscular** proporcionam movimentos, sob o comando do sistema nervoso. Movimentos são bastante úteis na interação do organismo com o ambiente, permitindo, por exemplo, a busca de alimentos e a fuga de predadores (Fig. 4).

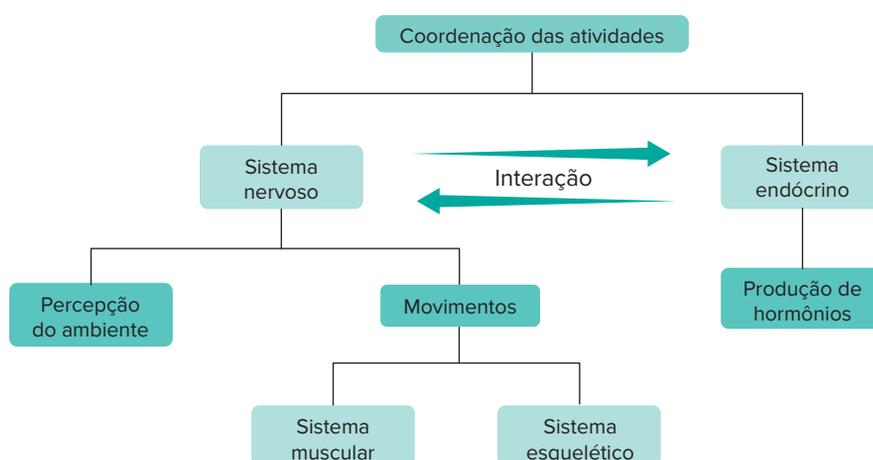


Fig. 4 As funções básicas do organismo são controladas pelos sistemas nervoso e endócrino.

Sobrevivência e reprodução

As atividades básicas de funcionamento de um mamífero e o controle dessas atividades permitem a sobrevivência do indivíduo. Um indivíduo que sobrevive e atinge a maturidade torna-se apto a se reproduzir, podendo gerar descendentes e contribuir para a continuidade da espécie.

Esse capítulo estabelece um padrão para o estudo dos diversos grupos de animais e de protozoários (Fig. 5). Nele serão abordados os tópicos de sobrevivência (incluindo as atividades básicas e seu controle) e a reprodução (sexuada ou assexuada). Com esse padrão, certamente ficará mais fácil a análise da grande diversidade zoológica.

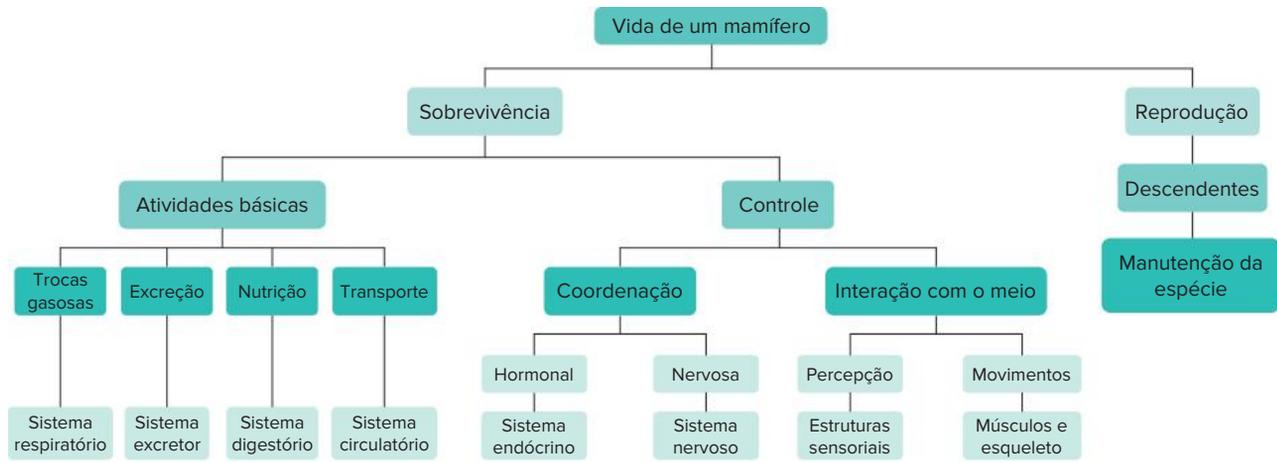


Fig. 5 Painel das atividades de um mamífero, incluindo sobrevivência e reprodução.

Reprodução: conceito e importância

Os seres vivos interagem com seu ambiente, de onde obtêm nutrientes e gás oxigênio necessários ao seu metabolismo. No entanto, o ambiente também é uma fonte de ameaças à integridade física do organismo, podendo levar a complicações fisiológicas e à morte. É o caso de predadores (que causam morte imediata) e de parasitas (capazes de debilitar o organismo, causando a morte após algum tempo). Mesmo que as condições ambientais fossem sempre satisfatórias, o organismo poderia ter problemas degenerativos (como o câncer) e acabaria morrendo. No entanto, os seres vivos podem se reproduzir e deixar descendentes, possibilitando a permanência da espécie no ambiente em que vivem.

Reprodução assexuada

Há dois tipos principais de reprodução: sexuada e assexuada. Inicialmente, analisaremos a reprodução assexuada. O plantio da cana-de-açúcar, por exemplo, é realizado com fragmentos do caule dessa planta colocados em covas abertas no solo e depois recobertos com terra. Com o tempo, a partir de cada fragmento origina-se uma nova planta de cana-de-açúcar. Esse processo é uma modalidade de reprodução assexuada: um organismo materno origina descendentes geneticamente iguais entre si e ao organismo que lhes deu origem. Um organismo geneticamente idêntico a outro constitui um clone.

Esse processo tem como vantagem a sua grande rapidez, gerando vários descendentes em um curto intervalo de tempo. Além disso, a reprodução assexuada mantém as características consideradas úteis que estão presentes no organismo materno. Por exemplo, se uma planta de cana-de-açúcar tem alto teor de sacarose, seus descendentes manterão essa característica.

A reprodução assexuada contribui para gerar populações **geneticamente homogêneas**. Isso é desvantajoso e pode oferecer risco à sobrevivência do grupo, pois podem ocorrer alterações no ambiente, por exemplo, a entrada de um novo tipo de parasita. Se um indivíduo for sensível a esse parasita, é provável que todos os demais indivíduos também sejam sensíveis e a população tem grande risco de ser extinta (Fig. 6).

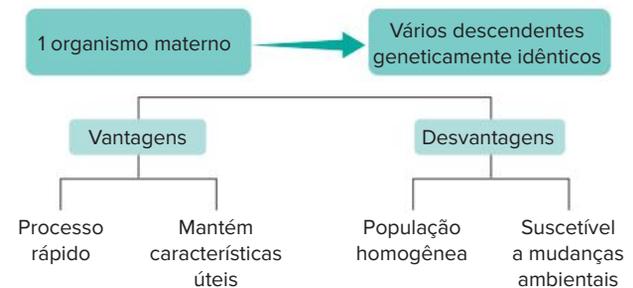


Fig. 6 Esquema explicativo da reprodução assexuada, com suas vantagens e desvantagens.

Reprodução sexuada

Trataremos nesse capítulo apenas da reprodução sexuada em animais. Já vimos o processo de reprodução sexuada em protozoários nessa Frente; já a reprodução sexuada de plantas, algas, fungos e bactérias será vista na Frente 2. A reprodução sexuada dos animais envolve a produção de **gametas** masculinos (**espermatozoides**) e femininos (**óvulos**). Os gametas são formados no interior de gônadas: espermatozoides são produzidos em **testículos** e óvulos no interior de **ovários**. Em geral, os espermatozoides são dotados de flagelo, o que possibilita seu deslocamento. O encontro de um espermatozoide com um óvulo constitui a **fecundação** ou **fertilização**; o resultado é a formação da **célula-ovo** ou **zigoto**, que sofre mitoses e gera um novo indivíduo (Fig. 7).

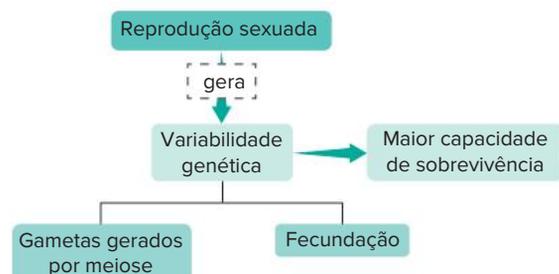


Fig. 7 A reprodução sexuada em animais envolve a união de gametas, gerados por meiose. A vantagem dessa modalidade de reprodução é a grande variabilidade genética que proporciona.

Na Frente 1 foi explicado que os gametas animais são gerados por um processo de divisão celular, conhecido como meiose. Esse processo gera células geneticamente diferentes entre si; além disso, a união de gametas masculinos com femininos (fecundação), formados por indivíduos diferentes, possibilita a produção de descendentes geneticamente diferentes. Tudo isso significa que a reprodução sexuada nos animais constitui uma importante fonte de **variabilidade genética** para a espécie (Fig. 8).

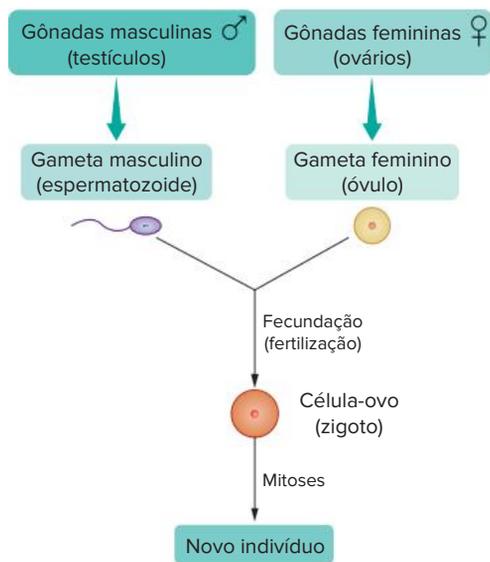


Fig. 8 Esquema explicativo da reprodução sexuada em animais com o encontro de gametas e a nomeação das gônadas.

A população de uma espécie animal dotada de variabilidade genética tem maiores chances de sobrevivência já que, caso ocorram mudanças ambientais, é provável que alguns indivíduos da espécie sejam geneticamente adaptados às novas características do ambiente.

Classificação e reprodução dos animais

A seguir são discutidos aspectos morfológicos gerais, reprodução e classificação dos animais.

Cnidários

Os cnidários ou celenterados incluem hidra, água-viva, coral, anêmona, caravela-portuguesa. Vimos uma série de características dos cnidários: **diblásticos**, geralmente com **simetria radial**; possuem **sistema nervoso difuso**; têm **sistema digestório incompleto**, **digestão extracelular e intracelular**; não apresentam sistema circulatório, excretor e respiratório.

Aspectos gerais

Cnidários têm células típicas denominadas **cnidoblastos**, cada uma delas dotada de uma cápsula chamada **nematocisto**, que contém um líquido urticante e um tubo enrolado em seu interior. Quando o cnidoblasto é estimulado pelo toque ou por algumas substâncias químicas, ocorre a liberação do tubo enrolado, por cuja extremidade é

expelido o líquido urticante. Esse líquido é utilizado na defesa e na captura de presas. Em seres humanos, pode causar lesões dolorosas na pele ou mesmo a morte, decorrente do envenenamento ou do afogamento da pessoa (Fig. 9).

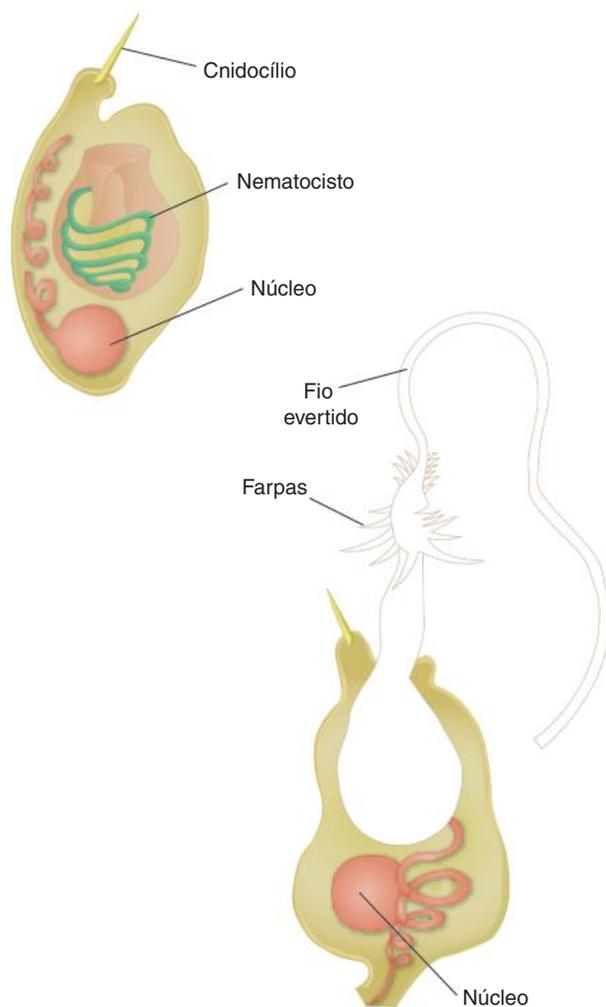


Fig. 9 O cnidoblasto contém uma cápsula denominada nematocisto, que possui um fio tubular. O cnidoblasto, quando estimulado, everte seu longo fio e libera o líquido urticante do seu interior.

São encontrados dois tipos morfológicos de cnidários: pólipo e medusa. O **pólipo** é a forma típica da hidra, da anêmona-do-mar e do coral. É cilíndrico, com a base ligada a um substrato e na extremidade oposta localiza-se a abertura do sistema digestório, rodeada de tentáculos. O pólipo geralmente é sésil (fixo), mas a hidra pode apresentar movimentação por cambalhotas.

Medusa é a forma típica da água-viva; apresenta a forma de um sino. A abertura do sistema digestório localiza-se na parte inferior. Em algumas espécies, a abertura é rodeada de braços orais, empregados na obtenção de alimento. Há tentáculos na borda do corpo, que apresentam inúmeros cnidoblastos. A medusa é móvel; sua mobilidade se dá por jato-propulsão: com a contração do corpo, ocorre expulsão de água e o animal movimenta-se em sentido oposto ao da água; para subir, a medusa relaxa seu corpo, então entra água pela base do seu corpo, o que a faz subir. O deslocamento da medusa se dá com a repetição desse movimento (Fig. 10).

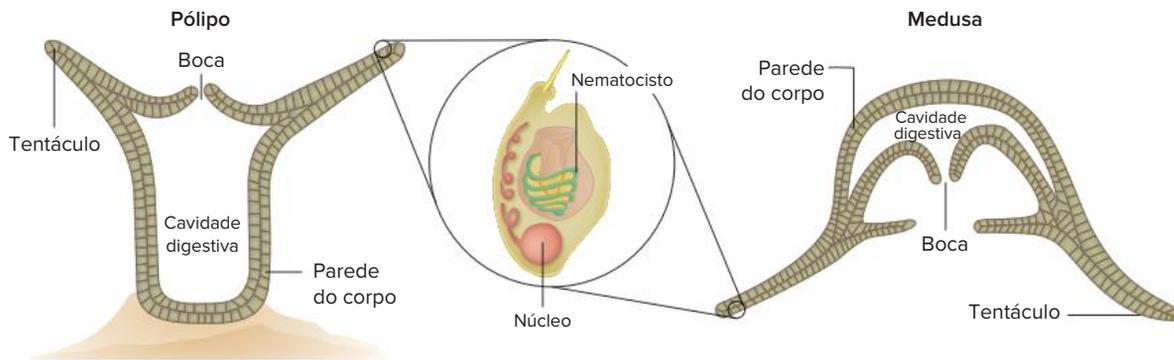


Fig. 10 Pólipos e medusa em corte. Os tentáculos apresentam cnidoblastos; no detalhe, seu nematocisto, dotado de líquido urticante e um tubo enrolado.

Em muitas espécies há as duas formas: o pólipos origina a medusa e a medusa gera o pólipos. O ciclo de vida dessas duas formas costuma caracterizar-se por apresentar **alternância de gerações** ou **metagênese**.

Classificação e reprodução

Os cnidários apresentam duas modalidades de reprodução: assexuada e sexuada. A reprodução **assexuada** inclui o **brotamento** (em hidras e corais) e a **estrobilização** (em alguns animais que vivem fixados a um substrato, como em uma fase do ciclo de vida da *Aurelia* sp.) (Fig. 11).

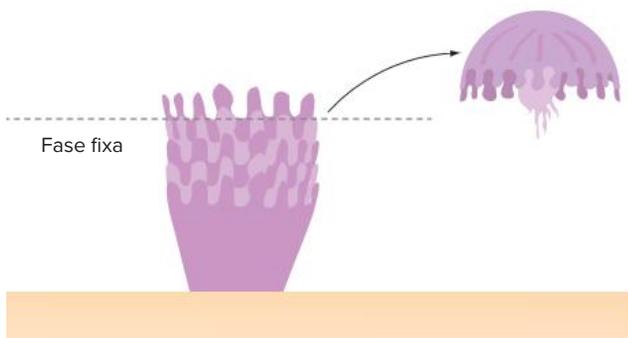


Fig. 11 O pólipos de *Aurelia* sp. gera novas medusas por meio de estrobilização.

A reprodução **sexuada** envolve a produção de gametas. Há cnidários **monoicos** (certas hidras) e **dioicos**. O desenvolvimento pode ser **direto** (hidra) ou **indireto**, como ocorre em muitas espécies que formam uma larva ciliada, conhecida como **plânula** e dotada de simetria bilateral.

No ciclo da *Aurelia* sp. há o pólipos fixo, que se reproduz por estrobilização, gerando medusas jovens (éfrimas). Quando atingem a maturidade sexual, as medusas masculinas liberam espermatozoides na água, os quais entram através da abertura da cavidade digestória da fêmea. Nessa cavidade localizam-se as gônadas femininas, produtoras de óvulos. Com a fecundação, forma-se o zigoto, que se desenvolve em uma larva plânula. Essa larva nada e fixa-se em um substrato, gerando um novo pólipos (Fig. 12).

O ciclo da *Obelia* sp. apresenta pólipos fixo, que constitui uma colônia com indivíduos especializados na captura e digestão de alimento, enquanto outros são responsáveis pela reprodução. Dos indivíduos reprodutores, são geradas jovens medusas por um processo de brotamento. As medusas são dioicas; os machos liberam espermatozoides na água, onde ocorre o encontro com os óvulos liberados pelas fêmeas. Zigotos são produzidos e, posteriormente, originam a larva plânula que se fixa e forma um novo pólipos (Fig. 13).

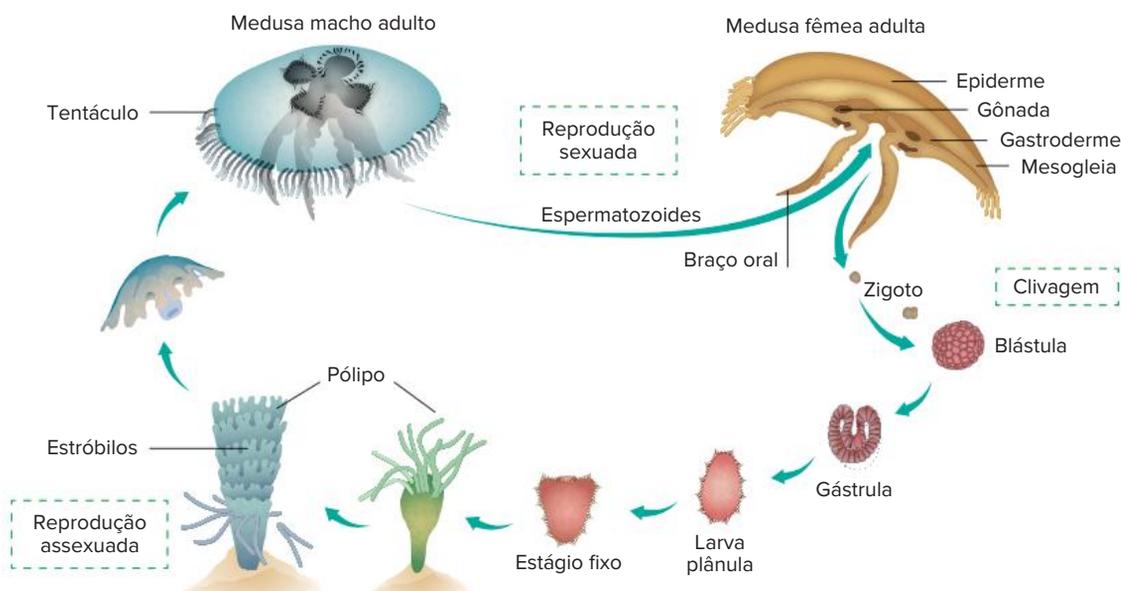


Fig. 12 Ciclo com metagênese de *Aurelia* sp. Na fase de pólipos, ocorre reprodução assexuada por estrobilização.

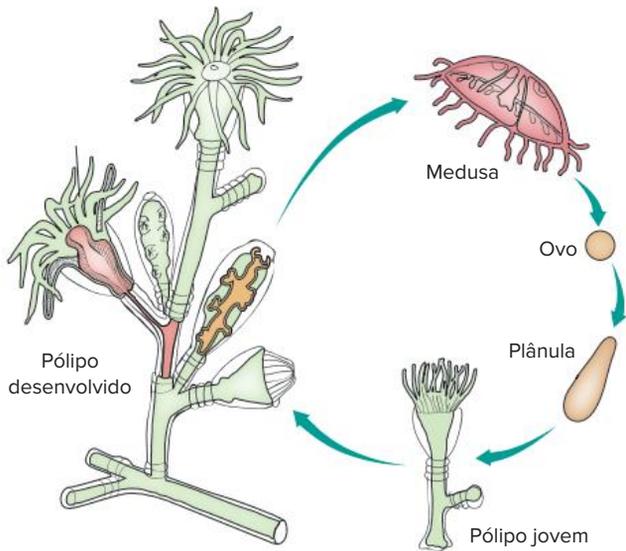


Fig. 13 Metagênese de *Obelia* sp. O pólipop tem divisão de funções e se reproduz assexuadamente por brotamento, gerando novas medusas.

Os cnidários são divididos em três classes: Hydrozoa, Scyphozoa e Anthozoa. Na classe Hydrozoa estão a hidra, a *Obelia* sp. e a caravela-portuguesa. A hidra apresenta apenas a forma de pólipop, sem a formação de larva plânula; a *Obelia* sp. tem alternância de gerações e larva plânula. Em relação à caravela-portuguesa, há controvérsias entre os autores sobre sua organização. Na visão mais tradicional, ela é considerada uma colônia flutuante de pólipos, dotada de indivíduos com funções especializadas: o indivíduo flutuador (que forma uma plataforma e uma bolsa com gás), ao qual estão ligados os indivíduos que realizam defesa; outros digerem o alimento capturado (como peixes) e há os responsáveis pela reprodução (Fig. 14).



Fig. 14 Caravela-portuguesa trazida pelo mar. É possível notar a bolsa com ar e os tentáculos.

Na classe Scyphozoa (cifozoários), há alternância de gerações e seus representantes são formados por medusas mais desenvolvidas do que as presentes nos hidrozoários. A *Aurelia* sp. é bastante representativa do grupo.

Na classe Anthozoa (antozoários) estão as anêmonas-do-mar, os corais e as gorgônias. Esses organismos apresentam apenas pólipos e formam larva plânula. Corais

e gorgônias geram exoesqueleto de calcário. Antozoários têm cavidade digestória bastante complexa, subdividida em compartimentos por mesentérios (Fig. 15).

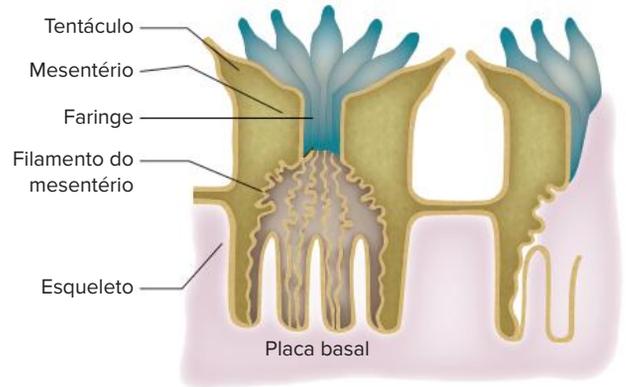


Fig. 15 Estrutura interna de um coral. Esse organismo forma colônias de pólipos com exoesqueleto calcário.

Platelmintos

Platelmintos são os **vermes achatados**, como a planária, que apresentam vida livre; alguns são aquáticos e outros ocupam o solo úmido. Há muitos platelmintos **parasitas**, como o esquistossomo, a fasciola e a tênia.

Platelmintos são animais **triblásticos, acelomados** e têm **simetria bilateral**. Seu sistema nervoso é do tipo **ganglionar**. O **sistema digestório é incompleto**, e a **digestão extracelular**. Não apresentam sistema circulatório nem respiratório. As trocas gasosas são efetuadas pela superfície do corpo (**respiração cutânea**). O sistema excretor é constituído por protonefrídios, que apresentam células-flama.

Aspectos gerais

O aspecto de uma planária é achatado dorso-ventralmente. Na parte dorsal, encontram-se dois **ocelos**, estruturas fotossensíveis, mas que não formam imagens. Na parte ventral, localiza-se a abertura do sistema digestório. Quando a planária localiza alimento, ela everte sua faringe muscular, que se comporta como um tipo de “tromba”, sugando o alimento. Na região ventral também se localiza o poro genital; duas planárias unem seus poros genitais durante o acasalamento (Fig. 16).

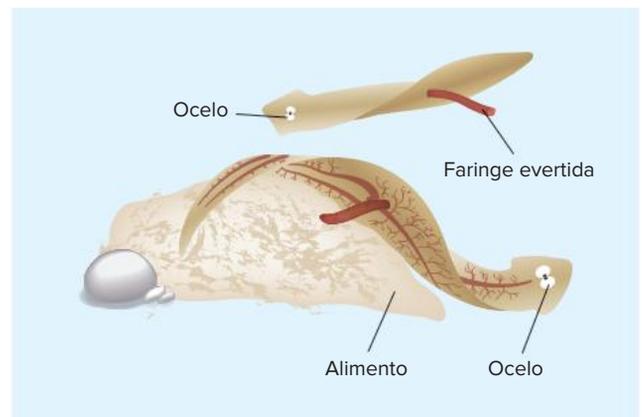


Fig. 16 Planárias apresentam simetria bilateral, com uma cabeça dotada de ocelos. Obtem alimento evertendo sua faringe muscular.

Classificação e reprodução

Uma planária pode apresentar reprodução assexuada ou sexuada. A reprodução **assexuada** ocorre por um processo de **bipartição**: quando o animal atinge um tamanho avantajado para sua espécie, pode sofrer um estrangulamento na região mediana do corpo, gerando dois indivíduos geneticamente idênticos. Se uma planária for seccionada em algumas partes, com cortes transversais em relação ao eixo do corpo, cada fragmento é capaz de gerar um novo indivíduo completo; trata-se de um processo de **regeneração**, que é mais rápido e eficiente nas partes mais próximas à cabeça (Fig. 17).

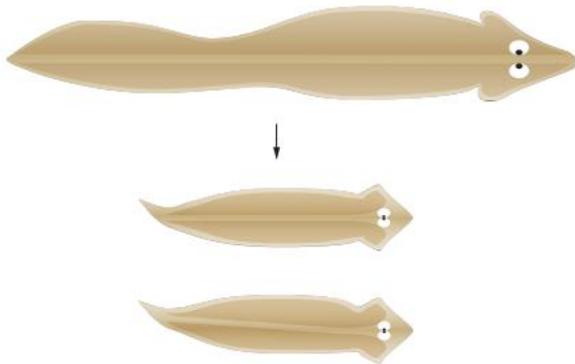


Fig. 17 Uma planária pode sofrer constrição e dividir seu organismo em duas partes, as quais geram novos indivíduos.

Planárias também apresentam reprodução **sexuada**. Os indivíduos são **monoicos**, isto é, dotados de testículos e de ovários. Essas gônadas estão ligadas a canais que permitem a liberação dos gametas que produzem e terminam em uma câmara (o átrio genital) que se abre em um único poro reprodutor. Duas planárias se acasalam levantando a parte posterior do corpo e acoplando seus poros reprodutores, ocorrendo então uma troca de espermatozoides. Cada indivíduo recebe espermatozoides do outro e tem seus óvulos fecundados, caracterizando uma fecundação cruzada. Os zigotos são eliminados no ambiente e geram novos indivíduos sem a formação de larvas, caracterizando o **desenvolvimento direto** (Fig. 18).

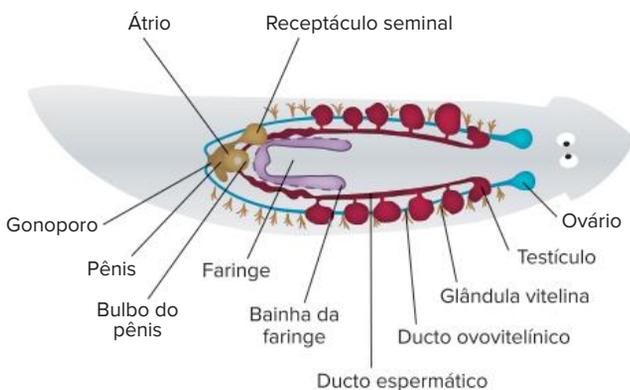


Fig. 18 Estrutura interna de uma planária. Esses platelmintos são hermafroditas: possuem testículos e ovários.

Tênias ou solitárias são monoicas, enquanto o esquistossomo, causador da barriga-d'água, é dioico. Esses

platelmintos têm **desenvolvimento indireto**, isto é, apresentam larvas em seu ciclo de vida. Mais detalhes serão vistos no estudo das parasitoses.

Os platelmintos são divididos em três classes: **Turbelários**, **Trematódeos** e **Cestódeos**. Os **turbelários** incluem os platelmintos de vida livre, como os vários tipos de planárias. A presença de cílios na parte ventral do corpo contribui para seu deslocamento e seu “turbilhonamento” deu origem ao nome da classe.

Os **trematódeos** incluem o esquistossomo e a fasciola, ambos parasitas do fígado. São dotados de ventosas. O esquistossomo é dioico e a fasciola é monoica. Os **cestódeos** incluem as solitárias ou tênias – parasitas intestinais. Tênicas são monoicas e não apresentam tubo digestório.

Nematelmintos

Nematelmintos ou nematódeos são **entozoários**, **triblásticos**, **pseudocelomados** e apresentam **simetria bilateral**. Seu sistema nervoso é constituído por dois cordões nervosos (dorsal e ventral) ligados na região anterior. O **sistema digestório é completo** (com boca e ânus) e apresentam **digestão extracelular**. Não têm sistema circulatório, nem respiratório. O líquido do pseudoceloma tem papel fundamental no transporte. As trocas gasosas são efetuadas pela superfície do corpo (**respiração cutânea**). Alguns parasitas intestinais obtêm energia por meio de processo fermentativo. O sistema excretor é constituído por dois canais excretores situados nas laterais do corpo.

Aspectos gerais

O corpo dos nematelmintos é **cilíndrico**, mas não apresenta segmentação, nítida nos anelídeos. O pseudoceloma tem a função de transportar diversos materiais e colabora para a manutenção da forma do corpo, atuando como uma espécie de **esqueleto hídrico**.

Classificação e reprodução

Os nematelmintos normalmente são **dioicos**. Seu sistema reprodutor é constituído por gônadas (testículos ou ovários), localizadas no pseudoceloma e ligadas a canais que se abrem em um poro genital. Perto da abertura genital do macho, há duas espículas que são introduzidas no orifício genital da fêmea durante a cópula. Geralmente os machos apresentam a extremidade posterior encurvada, mas a fêmea não; isso caracteriza um tipo de **dimorfismo sexual** (Fig. 19).



Fig. 19 Extremidade em corte de nematelminto macho. As espículas auxiliam no acasalamento; estão presentes apenas no macho, evidenciando dimorfismo sexual.

Os espermatozoides não têm flagelo e apresentam **movimento ameboide** (por pseudópodes). Ocorre a formação do zigoto, que normalmente se desenvolve em larvas antes de atingir a fase adulta. Trata-se, portanto, de **desenvolvimento indireto**. O ciclo de vida detalhado dos nematelmintos será visto no estudo das parasitoses.

Nesta coleção, estudaremos alguns organismos de vida livre; e outros, de vida parasitária.

Anelídeos

Anelídeos são **enterozoários, triblásticos, celomados, protostômios** e dotados de **simetria bilateral**. O sistema nervoso é **ganglionar**, com uma cadeia nervosa ventral. Eles têm **sistema digestório completo** e **sistema circulatório fechado**. Apresentam **respiração cutânea ou branquial** e sua excreção é executada por **metanefrídeos**.

Aspectos gerais

Anelídeos têm corpo cilíndrico e segmentado, apresentando **metâmeros** (anéis) que se sucedem ao longo do eixo do organismo e são separados uns dos outros por meio de septos. Na parte mais próxima da boca de uma minhoca, há um **clitelo**, estrutura esbranquiçada que envolve alguns anéis. O clitelo está associado à reprodução, como será visto adiante.

Os anéis da minhoca possuem **cerdas**, estruturas pontiagudas curtas, constituídas por quitina. As cerdas são empregadas no deslocamento, pois aumentam a ligação entre a minhoca e o solo, funcionando como pontos de apoio. Elas também contribuem para manter duas minhocas unidas durante o acasalamento (Fig. 20).

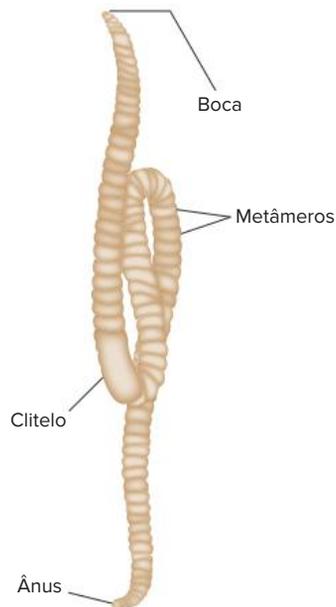


Fig. 20 O corpo de uma minhoca é segmentado e possui clitelo, estrutura clara e relacionada com sua reprodução.

Classificação

Os anelídeos são divididos em três classes: **oligoquetos, poliquetos e hirudíneos**. **Oligoquetos** são de vida livre e ocupam o meio terrestre, como a minhoca comum e o minhocoço (uma variedade australiana, que chega a ter 3 m de comprimento). Também há representantes aquáticos, como o *Tubifex*, encontrado em águas com baixo teor de gás oxigênio. Seu corpo possui **poucas cerdas**, as quais têm comprimento reduzido (Fig. 21).



Tubifex.



Minhoca.



Minhocoço.

Thunderclap/Wikimedia Commons

© Vinicius Tupinamba | Dreamstime.com

Marcelo V. Fukuda

Fig. 21 *Tubifex*, minhoca e minhocoço são representantes da classe oligoquetos.

Os **hirudíneos** são de vida **parasitária**, como as sanguessugas, que se alimentam de sangue de vertebrados. O corpo de uma sanguessuga é mais achatado do que o das minhocas e não possui cerdas. Geralmente são animais aquáticos, mas há espécies de ambiente terrestre úmido. A sanguessuga tem **ventosas** oral e anal, as quais a prendem ao hospedeiro que está sendo atacado. Na boca, possui lâminas que cortam a pele do hospedeiro e sua saliva despeja um **anestésico**; dessa maneira, o hospedeiro não percebe a presença da sanguessuga, que pode se alimentar sem ser retirada. Seu tubo digestório é bastante ramificado e tem capacidade de armazenar grande quantidade de sangue, de modo que ela possa ficar sem se alimentar novamente por vários meses. Um fator que contribui para a manutenção do sangue em seu tubo digestório é a presença de um **anticoagulante** (Fig. 22).

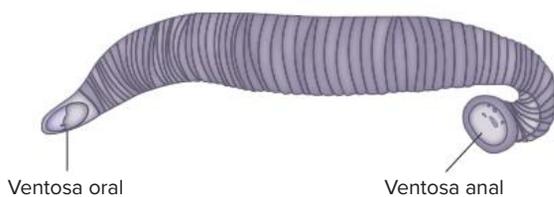


Fig. 22 O corpo da sanguessuga é segmentado e apresenta ventosas.

Os **poliquetos** são aquáticos, principalmente marinhos, caracterizados pela presença de **cerdas abundantes** e **desenvolvidas**, presentes em **parapódios**, que são expansões laterais do corpo e têm participação na locomoção. Parapódios não são considerados como pernas, presentes nos artrópodes. Nos parapódios podem ocorrer **brânquias**. A cabeça dos poliquetos é mais desenvolvida nas espécies que nadam ou se deslocam sobre o fundo do mar (são os errantes), como o *Nereis* ou nereida, um predador de pequenos animais. Na cabeça desse tipo de poliqueto há **mandíbulas** (empregadas em sua nutrição) e **estruturas sensoriais**, como palpos e olhos (que não formam imagens) (Fig. 23).

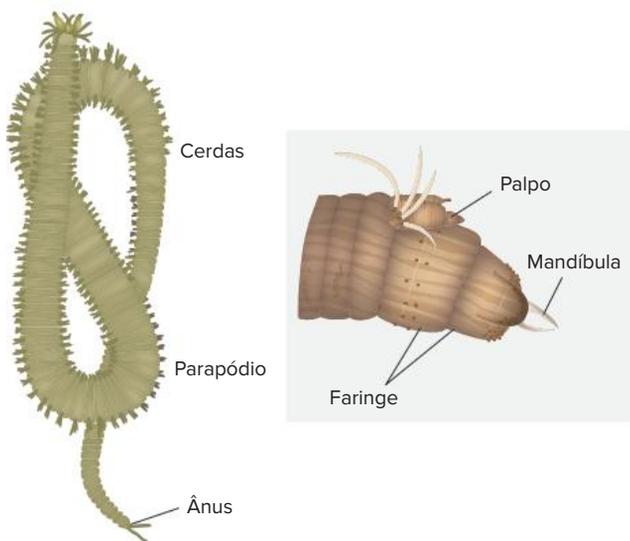


Fig. 23 *Nereis* é um poliqueto que se desloca ativamente. Tem parapódios dotados de cerdas; sua cabeça tem mandíbulas e estruturas sensoriais.

Poliquetos **tubícolas** vivem em túneis que cavam na areia. Alguns desses tubícolas apresentam um **penacho cefálico**, que tem função respiratória (atuando como brânquias) e também recolhem detritos que estão em suspensão na água. Essas partículas são conduzidas à abertura da boca e constituem seu alimento (Fig. 24).

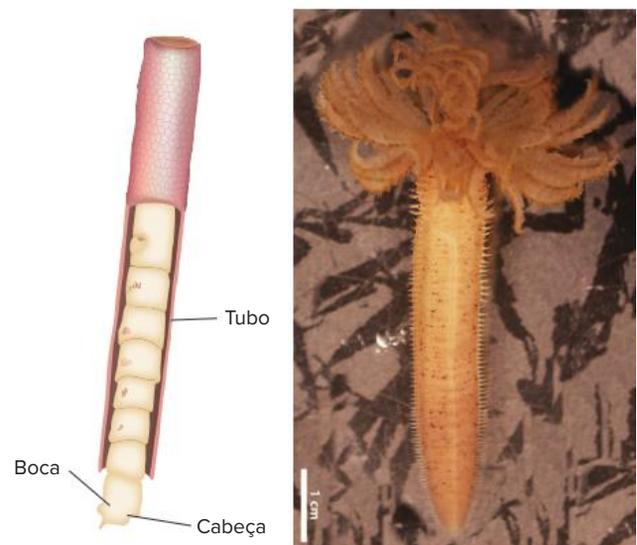


Fig. 24 Poliquetos tubícolas ficam com o corpo enterrado no substrato; alguns formam um grande penacho que atua nas trocas gasosas e no recolhimento de partículas alimentares.

Reprodução

A **minhoca** é **monoica** e sua fecundação é **cruzada**, ocorrendo uma troca de espermatozoides entre dois indivíduos que se acasalam. Cada minhoca tem testículos e ovários, e essas gônadas têm canais que se abrem na superfície do corpo, permitindo a eliminação dos gametas durante o acasalamento. Os espermatozoides são eliminados em uma abertura situada atrás do clitelo, e os óvulos em abertura que fica em um anel envolvido por ele. Adiante do clitelo há um **receptáculo seminal**, uma cavidade que recebe e retém espermatozoides provenientes de outra minhoca. Durante o acasalamento, uma minhoca libera espermatozoides no receptáculo seminal da outra. Cada minhoca desprende um envoltório mucoso do clitelo, que é movido em direção à extremidade onde está a boca. No trajeto, óvulos encontram espermatozoides do receptáculo seminal e ocorre a fecundação, formando vários zigotos. O envoltório é removido do corpo e origina um casulo cheio de ovos, que as minhocas deixam no solo. Os ovos desenvolvem-se, formando novos indivíduos, que saem do casulo. A minhoca tem, portanto, **fecundação externa** e **desenvolvimento direto** (Fig. 25).



Fig. 25 Minhocas são hermafroditas e têm fecundação cruzada, realizando troca de espermatozoides.

A **sanguessuga** é **hermafrodita** e apresenta **fecundação cruzada**, sem formação de larva (**desenvolvimento direto**). Muitas espécies apresentam clitelo e formam casulos. Entre os poliquetos, normalmente, os indivíduos são **dioicos** e apresentam **fecundação externa**. O zigoto gerado na água passa por uma fase larval, denominada **trocófora**; tem, portanto, **desenvolvimento indireto** (Fig. 26).

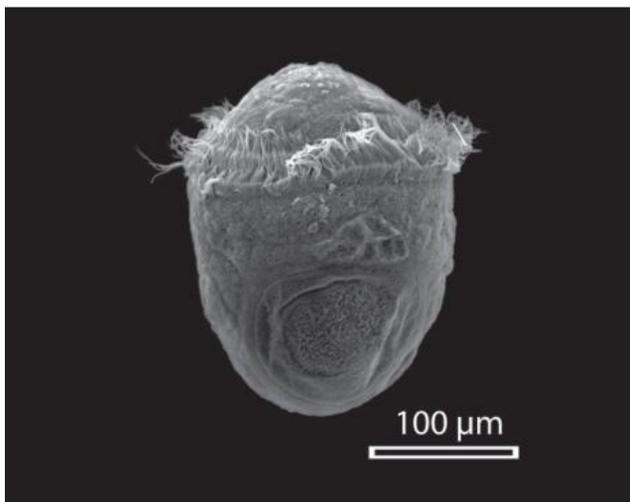


Fig. 26 Trocófora é a larva ciliada de poliquetos e de alguns moluscos.

Moluscos

Moluscos são **entozoários**, **triblásticos**, **celomados**, **protostômios**, dotados originalmente de **simetria bilateral**. O sistema nervoso é **ganglionar**, com um gânglio cerebral e gânglios situados em outras partes do corpo, como nas estruturas locomotoras. Têm **sistema digestório completo**, com **rádula** em muitas espécies. Possuem **sistema circulatório aberto**, mas em polvos e lulas é **fechado**. Apresentam **respiração pulmonar** ou **branquial** e sua excreção é executada por **metanefrídios** responsáveis pela remoção de excretas do líquido da cavidade pericárdica (cavidade celomática).

Aspectos gerais

Moluscos apresentam o corpo **mole** e **não segmentado**, recoberto pelo **manto**, uma película que em muitas espécies secreta a concha de natureza **calcárea**. Moluscos ocupam o ambiente **aquático** (ostras, mariscos, caramujos, polvos e lulas); muitas espécies são de meio **terrestre úmido** (lesmas e caracóis). A diversidade é muito grande; constituem o segundo maior filo em número de espécies (o primeiro é o dos artrópodes).

A **concha**, correspondente ao exoesqueleto calcáreo da maioria dos moluscos, atua como um elemento de proteção contra predadores e contra a perda de água, principalmente nos moluscos de meio terrestre. A concha pode ser interna como na lula, ou ausente (lesma e polvo). É constituída por três camadas: a mais externa é a **nacarada**, com cristais de carbonato de cálcio dispostos paralelamente à superfície (isso lhe confere um aspecto liso e brilhante); a intermediária é a **prismática**, também formada por cristais de carbonato de cálcio dispostos perpendicularmente à

superfície; a camada mais externa é **orgânica**, também conhecida como **perióstraco** (Fig. 27).

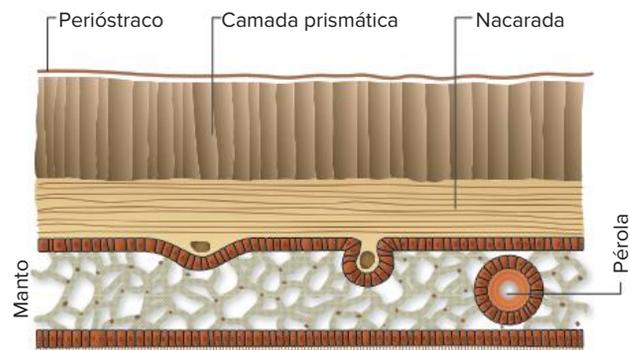


Fig. 27 A concha protege contra predadores e contra a perda de água. É o exoesqueleto calcário da maioria dos moluscos; pode ser interna (lula) ou ausente (lesma e polvo). É constituída por três camadas: nacarada (interna), prismática (intermediária) e perióstraco (externa). Em ostras, pode ocorrer formação de pérolas.

A formação de **pérola** em ostras se dá, na natureza, quando alguma partícula (como um grão de areia ou um parasita) se aloja entre a concha e o manto. Ocorre então o envolvimento da partícula pelo manto, que passa a secretar camadas concêntricas de carbonato de cálcio, constituindo uma pérola.

O corpo dos moluscos é, tipicamente, constituído de três partes: **cabeça**, **pé** e **massa visceral**. Essas partes apresentam variações nos diversos grupos de moluscos. No caracol e na lula elas são bastante evidentes; nas ostras e nos mariscos há uma redução pronunciada da cabeça. No caso do caracol, a cabeça apresenta uma boca dotada de rádula, dois pares de tentáculos sensoriais, sendo que na extremidade dos tentáculos maiores estão os olhos do animal. Abaixo da boca, o caracol apresenta uma abertura por onde é eliminada uma secreção que facilita o deslizamento do caracol sobre o substrato. O pé é uma massa muscular e é empregado no deslocamento. A massa visceral é uma região envolvida pela concha e contém diversos órgãos, como estruturas dos sistemas digestório, circulatório, excretor e reprodutor (Fig. 28).

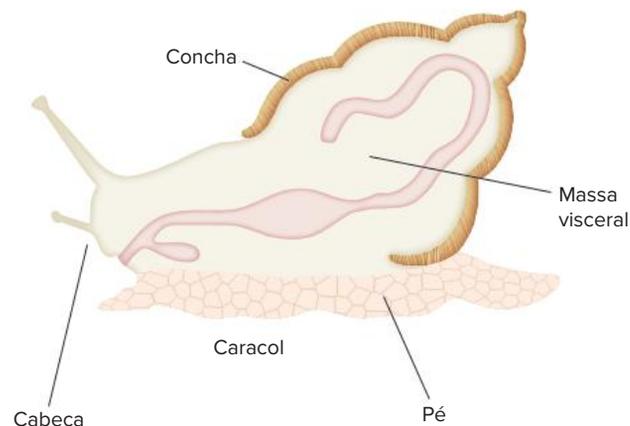


Fig. 28 Tipicamente, o corpo dos moluscos é formado por cabeça, pé e massa visceral.

Em muitos moluscos, como nos caracóis e na lula, há a **cavidade do manto**, onde normalmente estão localizadas as estruturas respiratórias (pulmões ou brânquias), o ânus e o poro urinário. Na ostra e na lula, a abertura genital fica na cavidade do manto; já os caracóis apresentam o orifício genital em um dos lados, logo após a cabeça. Em muitos moluscos, o manto forma uma espécie de funil, que permite o fluxo de água. Polvos e lulas têm **sifão exalante**, cuja função é expelir a água que entrou na cavidade do manto. Em ostras e mariscos, há dois tipos: o **sifão inalante** (por onde a água entra) e o **sifão exalante** (por onde a água sai). A movimentação da água pode ser por atividade muscular, como na lula, cujo manto é musculoso, ou por batimento de cílios que forram a cavidade do manto, como se dá na ostra e no marisco (Fig. 29).

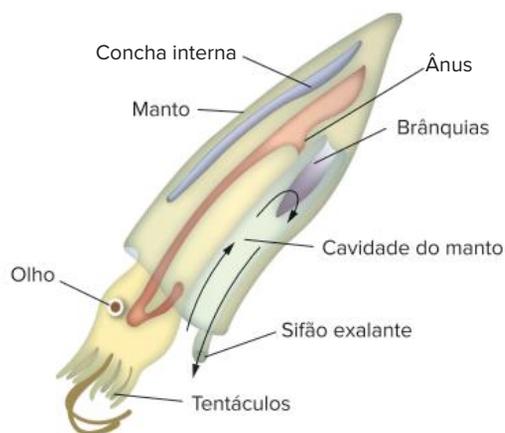


Fig. 29 A massa visceral da lula é envolvida pelo manto musculoso e tem contato com a cabeça que apresenta dez tentáculos. A lula possui um sifão exalante por onde é expelida a água da cavidade do manto.

Classificação

Os moluscos incluem duas classes pequenas: **escafópodes** e **poliplacóforos**. Os escafópodes, como o dentálio (Fig. 30), vivem enterrados na areia e têm concha constituída por uma peça única, dotada de uma abertura em cada extremidade. Poliplacóforos, como o quíton, têm a concha constituída por oito placas, possuem pé musculoso e se aderem a rochas.

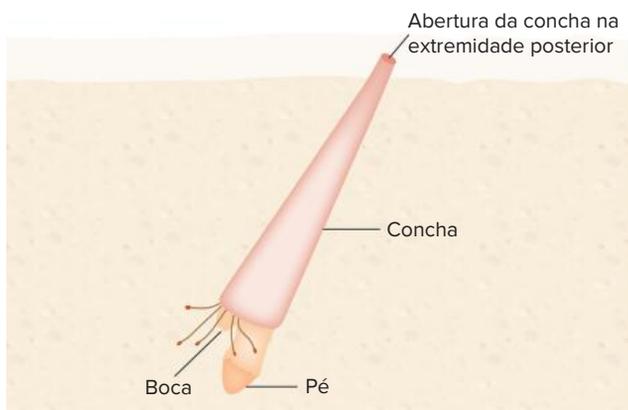


Fig. 30 O dentálio é o escafópode mais representativo; vive quase que integralmente enterrado na areia.

As maiores classes de moluscos são **gastropodes** (lesma, caracol e caramujo), **bivalves** (ostra e marisco) e **cefalópodes** (lula e polvo).

Gastropodes incluem caracóis, lesmas e caramujos. Normalmente, apresentam concha constituída de uma peça única (são **univalves**). A descrição do caracol já foi feita e permite a compreensão do padrão da classe dos gastropodes, caracterizada pela presença de um pé musculoso (podo) ligado à massa visceral (gastro). A respiração de muitos é **pulmonar**, com a cavidade do manto comportando-se como um pulmão primitivo. Alguns caramujos de água doce sobem periodicamente à superfície para obter ar e submergem por longo período. No entanto, há espécies de caramujos aquáticos que apresentam respiração **branquial**, realizada por brânquias situadas na cavidade do manto.

Bivalves são também denominados pelecípodes ou lamelibranquiados, com representantes aquáticos como a ostra e o marisco (ou mexilhão). Sua concha é formada por duas peças (valvas), que se mantêm unidas por um ligamento de natureza proteica. Na face interna da concha encontra-se o manto. As **brânquias** têm forma laminar e localizam-se entre o manto e o corpo. O corpo dos bivalves tem massa visceral e pé desenvolvidos; sua cabeça é reduzida e pobre em estruturas sensoriais e a boca é desprovida de rádula. Essas características relacionam-se com o modo de vida **filtrador** desses animais sésseis: através de batimento ciliar da cavidade do manto, eles promovem uma corrente de água, que penetra pelo sifão inalante, trazendo partículas alimentares (larvas, protozoários, pequenos animais), que são retiradas e encaminhadas à boca. Explica-se, assim, a cabeça reduzida e a ausência de rádula. Pelo sifão exalante sai a água, que carrega gás carbônico, fezes e mesmo gametas, no período de reprodução (Fig. 31).

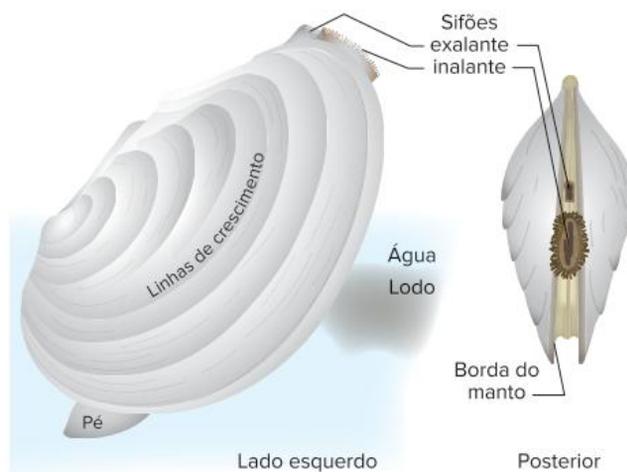


Fig. 31 Bivalves apresentam a concha constituída por duas valvas. São animais filtradores; possuem sifão inalante e sifão exalante.

Cefalópodes são os moluscos mais complexos, como lula, polvo, sépia e náutilo. A massa visceral é envolvida por um manto musculoso. A cabeça tem um grande **gânglio cerebral** e um **par de olhos**, muito semelhante aos

dos vertebrados. O pé é bastante complexo, apresentando vários **tentáculos**. O náutilo, ou argonauta, tem uma concha subdividida em várias câmaras. Com o tempo, o animal produz novas câmaras, e seu corpo ocupa a última que produziu (Fig. 32).

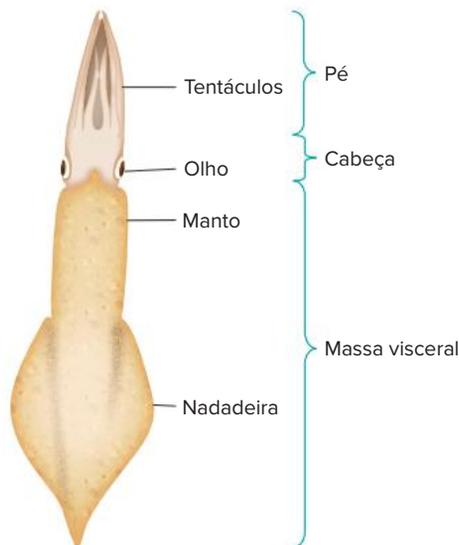


Fig. 32 Lulas possuem cabeça com olhos bem desenvolvidos; têm o pé constituído por dez tentáculos e sua massa visceral é recoberta pelo manto.

A cavidade do manto contém **brânquias**, **poro excretor**, **poro reprodutor** e **ânus**. A água entra com a expansão de volume determinada pela musculatura; com a contração muscular, a água é expelida pelo sifão exalante. No final do intestino há uma **glândula de tinta**, que libera um líquido escuro quando o animal quer confundir ou repelir um eventual predador. A boca apresenta um **bico córneo**, usado na captura de presas e ingestão de alimento; a **rádula** raspa a carne das presas. Os tentáculos têm número variável (o polvo possui oito e a lula, dez) e são dotados de **ventosas**, as quais permitem fixação em um substrato e auxiliam na captura de presas.

Reprodução

O caracol (gastropode) é **hermafrodita**, possui testículos e ovários fundidos em uma estrutura conhecida como **ovoteste**. O poro genital e a ovoteste estão ligados por dois canais: um deles conduz os espermatozoides e o outro transporta óvulos. Nas proximidades do **poro genital**, há um **pênis** e uma **vagina**. Durante o acasalamento, dois caracóis se aproximam, um de frente para o outro, e posicionam suas cabeças lado a lado, unindo seus poros genitais. Cada indivíduo introduz seu pênis na vagina do outro. O pênis desses animais é um tubo que contém espermatozoides. Esse órgão é deixado no interior do parceiro e os indivíduos se separam. No interior de cada caracol, o pênis do parceiro libera os espermatozoides, que alcançam os óvulos do indivíduo. Assim, ocorre a fecundação interna, gerando vários ovos. O caracol deposita ovos no solo e eles geram novos indivíduos, sem a formação de larvas, ou seja, o **desenvolvimento é direto** (Fig. 33).

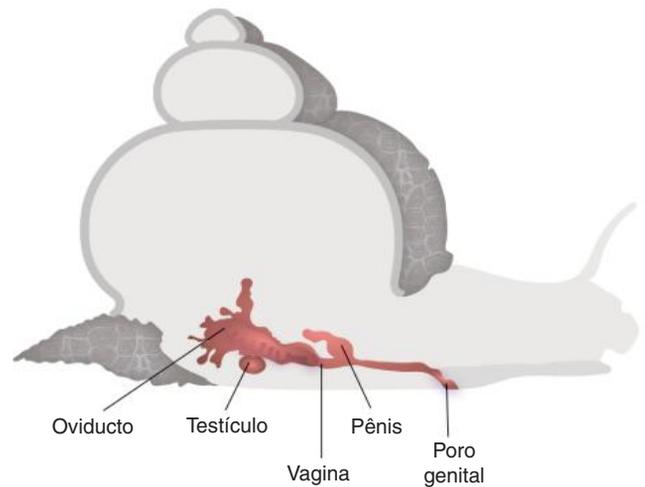


Fig. 33 O caracol é hermafrodita e tem fecundação cruzada.

Em polvos e lulas (cefalópodes), os sexos são separados (dioicos). O macho remove uma bolsa de espermatozoides liberados em sua cavidade do manto e transfere com esses tentáculos os espermatozoides para a cavidade do manto da fêmea, onde estão alojados os óvulos. A fecundação se dá na cavidade do manto da fêmea e os ovos são posteriormente depositados em algum local do ambiente. O desenvolvimento é direto, sem formação de larvas.

Ostras e mariscos são dioicos. O macho libera espermatozoides através do sifão exalante e eles são recolhidos pelo sifão inalante de uma fêmea localizada nas proximidades. A fecundação ocorre na cavidade do manto da fêmea. Os ovos são liberados no ambiente, onde se convertem em larvas nadantes (desenvolvimento indireto). Inicialmente, é formada a larva trocófora (semelhante à dos poliquetos), que se converte na larva véliger, a qual já apresenta um esboço de concha. Após a metamorfose, ela forma um adulto sésil (Fig. 34).

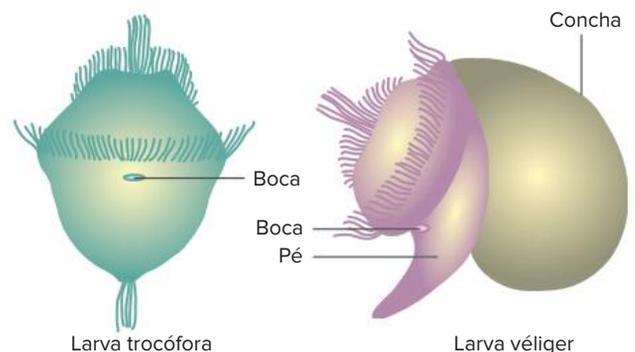


Fig. 34 Bivalves formam as larvas trocófora e véliger.

Equinodermos

Equinodermos são **triblásticos**, **celomados** e **deuterostômios**. Essas características são compartilhadas com os cordados. Possuem **sistema digestório completo**; alguns, como o ouriço-do-mar, apresentam **lanterna de aristóteles**. Realizam trocas gasosas e excreção por meio de **pápulas**.

Seu sistema nervoso consta de um anel que envolve a parte inicial do tubo digestório e que está ligado a cinco nervos que se estendem para os braços do corpo (como ocorre na estrela-do-mar). Não há sistema circulatório e o transporte é realizado pelo líquido celomático.

Aspectos gerais

Equinodermos **adultos**, em sua maioria, têm simetria **radial** e **pentâmera**, apresentando cinco partes semelhantes ao redor de um eixo central, como é o caso dos cinco braços normalmente presentes na estrela-do-mar. A **fase larval** apresenta **simetria bilateral**. Os representantes desse filo são exclusivamente **marinhos**. Possuem um **endoesqueleto calcáreo** revestido por **epiderme**. O esqueleto protege a maior parte das estruturas do corpo e apresenta diversas aberturas. Na parte voltada para o substrato (**face oral**), encontra-se a boca; na extremidade oposta (**aboral**), fica o ânus. Na face aboral, há também os **poros genitais** (por onde os gametas são liberados) e poros por onde entra a água do **sistema hidrovascular** (ou ambulacral), que será descrito a seguir.

Na face aboral do ouriço-do-mar, há uma estrutura conhecida como placa **madrepórica**, situada perto da abertura anal. Na placa madrepórica, há uma abertura genital (por onde são liberados gametas) e inúmeros poros por onde entra água do mar, que passa para finos canais, os quais se reúnem em um tubo maior, o **canal pétreo**. A água passa para um **canal anelar** (em forma de anel) que contorna o início do tubo digestório e de onde a água é distribuída para cinco **canais radiais**. Na estrela-do-mar cada canal radial entra em um de seus braços (Fig. 35). Assim, o trajeto da água é: placa madrepórica, canal pétreo, canal anelar e canais radiais. Ao longo de cada canal anelar há pares de dilatações (**ampolas**) que se prolongam até um pequeno tubo que atravessa um poro do esqueleto, formando uma **ventosa**. Dependendo da quantidade de água na ventosa, ela pode aderir a algum substrato, como rocha, areia ou outro animal. Quando a extremidade tem seu conteúdo esvaziado, a estrutura fica flácida e se desprende do substrato.

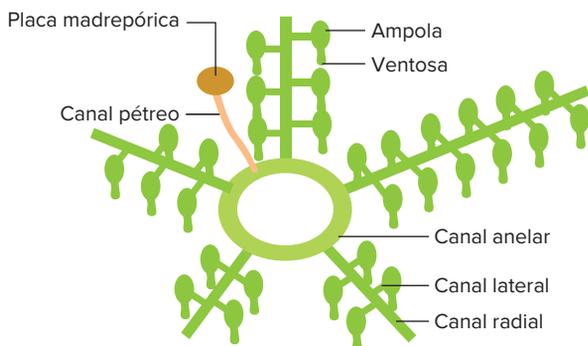


Fig. 35 Nesse sistema, a água percorre a placa madrepórica, o canal pétreo, o canal anelar e os canais radiais. Ampolas são pares de dilatações que se continuam em um pequeno tubo que atravessa um poro do esqueleto, formando uma ventosa: dependendo da quantidade de água, pode aderir ou desprender de algum substrato.

A superfície externa do endoesqueleto é recoberta pela epiderme e a sua superfície interna é revestida por tecido mesodérmico (**peritônio**) que delimita o celoma. A superfície externa possui **pedicelárias**, pequenas estruturas com formato de mandíbulas, que realizam a limpeza da superfície, removendo partículas e animais de pequeno porte (Fig. 36). O ouriço-do-mar apresenta espinhos bastante desenvolvidos e que são articulados na base, permitindo sua mobilidade. Os espinhos são recobertos pela epiderme. Os poros, localizados no esqueleto, são atravessados pelas pápulas e pelas extremidades dos pés ambulacrais. As pápulas são derivadas do revestimento do celoma e estão relacionadas com trocas gasosas e excreção. Pápulas e pés ambulacrais são recobertos pela epiderme.

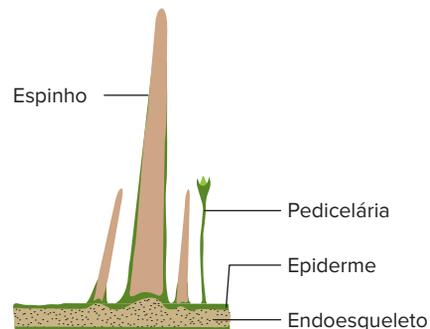


Fig. 36 Detalhe da superfície externa do endoesqueleto dos equinodermos.

Classificação

Os equinodermos compreendem cinco classes.

Asteroidea: estrela-do-mar, dotada, normalmente, de cinco braços. Cada braço possui um par de **cecos gástricos**, ligados ao eixo do tubo digestório, uma gônada e um nervo ligado ao anel nervoso central. Alimentam-se de corais e de moluscos como ostras. Na face aboral cada braço tem duas fileiras de **pés ambulacrais**.

Echinoidea: ouriço-do-mar, de aspecto globoso e com espinhos bem desenvolvidos. A bolacha-da-praia, ou corupio, tem formato achatado, com o aspecto de uma placa, geralmente de cor clara, tendo o desenho semelhante ao de uma estrela-do-mar. Apresenta **simetria bilateral**.

Holothuroidea: pepino-do-mar, de corpo alongado e esqueleto formado por ossículos mais separados, o que confere uma consistência flexível. **Tentáculos** ao redor da boca coletam partículas de alimento do substrato onde vivem.

Crinoidea: lírio-do-mar, com uma base fixada ao fundo do mar, seguida de um pedúnculo que se alarga. A boca, ao contrário dos demais equinodermos adultos, é voltada para cima. Ao redor da boca, há braços com ramificações que coletam partículas em suspensão na água e que são conduzidas ao sistema digestório pelos **pés ambulacrais**.

Ophiuroidea: serpente-do-mar, constando de um centro pentagonal de onde saem cinco braços, cada um deles com o formato similar ao de uma serpente. Esses braços têm movimentos ondulantes que permitem o deslocamento do animal sobre o fundo do mar (Fig. 37).



Estrela-do-mar.



Ouriço-do-mar.



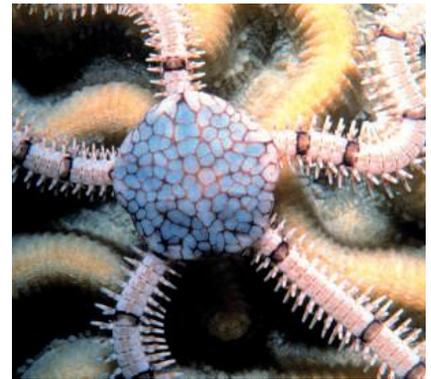
Bolacha-da-praia.



Pepino-do-mar.



Lírio-do-mar.



Serpente-do-mar.

Fig. 37 Fotos de representantes dos principais grupos de equinodermos.

Reprodução

A estrela-do-mar apresenta grande capacidade de **regeneração**. Se um de seus braços for removido do corpo, poderá originar um organismo adulto e geneticamente idêntico ao organismo materno; trata-se, portanto, de uma modalidade de **reprodução assexuada**.

Os equinodermos são **dioicos** e apresentam **testículos** ou **ovários**. Em uma estrela-do-mar há uma gônada em cada braço, que se liga por um canal a um poro genital por onde os gametas são liberados. A fecundação é externa e o zigoto produzido gera forma larval (**desenvolvimento indireto**), dotado de **simetria bilateral** e grupos de cílios que propiciam seu deslocamento. Esse mecanismo constitui uma forma de **reprodução sexuada**.

Artrópodes

Artrópodes são **enterozoários**, **triblásticos**, **celomados**, **protostômios**, dotados de **simetria bilateral**. O sistema nervoso é **ganglionar** e **ventral**, com uma cadeia nervosa que se estende abaixo do tubo digestório.

Possuem **sistema digestório completo** e **sistema circulatório aberto**. Apresentam respiração diversificada, podendo ser **branquial**, **traqueal** ou **filotraqueal**. A excreção é executada por **túbulos de Malpighi**, **glândulas verdes** ou **glândulas coxais**.

Aspectos gerais

Artrópodes constituem o filo com maior número de espécies. Compreendem os crustáceos, insetos, aracnídeos,

quilópodes (centopeia) e diplópodes (piolho-de-cobra). Há representantes aquáticos, de meio terrestre úmido e de ambientes secos. Desempenham inúmeros papéis ecológicos: predadores, presas, parasitas, detritívoros. Participam de outras associações, como comensalismo e mutualismo.

O corpo dos artrópodes apresenta segmentação, **exoesqueleto** e **apêndices articulados**, como pernas – ou patas – e antenas. A segmentação do corpo é nítida em alguns artrópodes, como na centopeia e no camarão (Fig. 38). Em muitos casos, os metâmeros se fundem durante o desenvolvimento e a segmentação não fica tão evidente.



Fig. 38 A centopeia tem exoesqueleto de quitina, apresenta nítida segmentação e possui apêndices articulados.

© Nick Hobgood/Wikimedia Commons

© Kirill Zelanodjevo | Dreamstime.com

© John Valenti | Dreamstime.com

O exoesqueleto dos artrópodes é composto de **quitina**, um polissacarídeo nitrogenado, podendo ainda apresentar cálcio e ter a superfície recoberta com uma camada de cera. Esse exoesqueleto confere proteção mecânica e proteção contra desidratação. A movimentação depende da contração e da distensão de músculos ligados a partes específicas do esqueleto. Nas regiões de articulação, o exoesqueleto é mais delgado e flexível, possibilitando a movimentação (Fig. 39).



Fig. 39 Artrópodes movem suas pernas pela interação do exoesqueleto e de músculos internos.

O exoesqueleto quitinoso é impermeável e impede trocas gasosas, assim, artrópodes não apresentam respiração cutânea. Os sistemas respiratórios de artrópodes apresentam orifícios para a entrada e saída de ar (como nos sistemas traqueal e filotraqueal) e brânquias, presentes em crustáceos, e que são expansões que efetuam trocas gasosas com o ambiente aquático. O exoesqueleto limita o tamanho do animal. O crescimento dos artrópodes ocorre por meio de **mudas** ou **ecdises**: o animal sai do

exoesqueleto e sofre uma rápida expansão; em seguida, secreta um novo exoesqueleto e permanece com esse tamanho por longo período, até a ocorrência de nova muda. O exoesqueleto abandonado é denominado **exúvia** (Fig. 40).

Classificação

Atualmente, os artrópodes são divididos em três subfilos: Crustacea (crustáceos), Chelicerata (quelicerados) e Uniramia (unirâmios). Os quelicerados compreendem aracnídeos e merostomados e unirâmios incluem insetos, quilópodes e diplópodes.

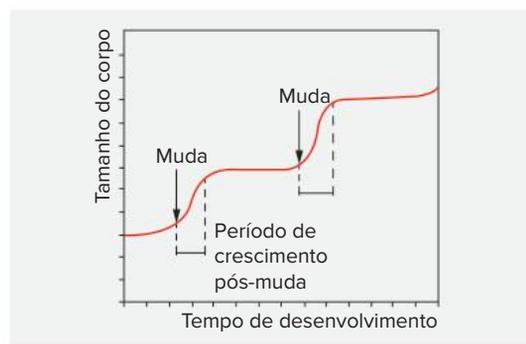
Subfilo Crustacea

Os crustáceos, em classificações tradicionais, eram considerados uma classe do filo dos artrópodes. Destacam-se dois grupos: **copépodes**, pequenos crustáceos componentes do zooplâncton, e **decápodes**, com representantes bastante conhecidos, camarão, lagosta, siri e caranguejo. Há outros crustáceos cuja denominação técnica não é tão importante, como o tatuzinho-de-jardim, que ocupa ambiente terrestre úmido e apresenta respiração branquial, e a dáfnia (pulga-d'água), com cerca de um milímetro, encontrada em água doce.

Cracas pertencem a um grupo conhecido como cirrípedios. Em sua fase adulta, são sésseis e envolvidas por **carapaça calcárea**. As cracas são fixadas a um substrato por meio de secreções que produzem em sua base. Preenchem-se em rochas, embarcações, ou mesmo no corpo de animais, como baleias. Podem se alimentar de partículas em suspensão na água, mas muitas espécies são **parasitas** (Fig. 41).



Fig. 40 Inseto no período em que sai do exoesqueleto (muda). O gráfico mostra o padrão de crescimento dos artrópodes.



Tatu de jardim.



Cracas.



Dáfnia.

Fig. 41 Fotos de alguns representantes dos crustáceos.

Crustáceos apresentam **apêndices bifurcados**, como pernas e antenas, o que não ocorre nos representantes dos subfilos Uniramia e Chelicerata. O corpo dos crustáceos apresenta duas partes: **cefalotórax** (fusão de cabeça e tórax) e **abdome**. No cefalotórax, junto à boca, o camarão possui **mandíbulas** (para mastigação) e **maxilas** (para a manipulação do alimento). Acima da boca há **um par de olhos** e **dois pares de antenas**, com função sensorial. Na parte posterior do cefalotórax há **5 pares de longas pernas locomotoras**, empregadas no deslocamento do animal quando se apoia sobre areia ou rochas. O abdome termina em uma projeção pontiaguda, o **télson**. Cada metâmero do abdome tem um par de apêndices: cinco pares empregados na natação e o sexto par (**urópodes**) atua como um leme (Fig. 42).



Fig. 42 Representação esquemática de apêndices bifurcados de crustáceos.

Lagosta, siri e caranguejo apresentam cinco pares de pernas locomotoras, sendo que o primeiro par tem forma de pinças e é empregado na defesa e na obtenção de alimento. Siri e caranguejo têm abdome reduzido e encurvado sob o cefalotórax. O último par de pernas do siri é achatado, sendo adaptado à natação. No caranguejo, essas pernas têm extremidades afiladas, facilitando o deslocamento sobre um substrato (Fig. 43).

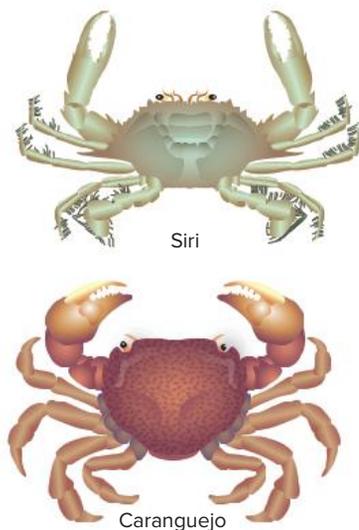


Fig. 43 O siri possui o último par de pernas adaptadas à natação, com aspecto achatado; no caranguejo essas patas são mais afiladas.

Cada olho fica na extremidade de um pedúnculo; trata-se de um **olho composto**, constituído de unidades conhecidas como **omatídeos**. São olhos adaptados à percepção de movimentos e capazes de formar imagens (Fig. 44).

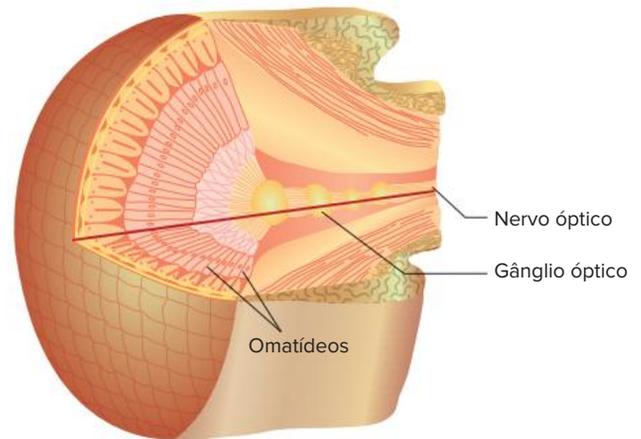


Fig. 44 Muitos artrópodes têm olhos compostos, constituídos por unidades conhecidas como omatídeos.

Reprodução dos crustáceos

Cracas geralmente são hermafroditas e têm fase larval móvel (**desenvolvimento indireto**). Em dáfnia é muito comum a reprodução por **partenogênese**, tendo **desenvolvimento direto**. Crustáceos do grupo dos decápodes apresentam sexos separados e **fecundação cruzada**. O macho introduz espermatozoides no corpo da fêmea empregando um apêndice. A fêmea retém os espermatozoides em um **receptáculo seminal**. Ela elimina óvulos através de um **poro genital** e eles, então, ficam aderidos à superfície do seu corpo. Após isso, ela libera os espermatozoides que estavam retidos no receptáculo seminal e ocorre a fecundação na superfície do corpo da fêmea (**fecundação externa**). Os zigotos desenvolvem-se em larvas, passando por vários estágios, até que se origina um organismo adulto.

Subfilo Uniramia

Unirâmios, artrópodes dotados de apêndices sem bifurcações, compreendem os **insetos**, **quilópodes** e **diplópodes**. Os representantes do subfilo Uniramia têm um **par de antenas**. Sua excreção é realizada por **túbulos de Malpighi** e sua **respiração** é **traqueal**.

Subfilo Myriapoda

Miriápodes é o termo que designa o conjunto constituído de quilópodes e diplópodes (Fig. 45). Os **quilópodes** têm como representantes as centopeias ou lacraias. São predadores de pequenos animais, como insetos e roedores. Seu corpo possui **cabeça e tronco**, formado pela união de tórax e abdome. A cabeça possui **um par de antenas**. Algumas espécies têm **olhos compostos**. Junto à abertura da boca há um **par de mandíbulas** ou **forcípulas**, que injetam veneno e são empregadas na apreensão do alimento. O tronco é segmentado e cada metâmero apresenta **um par de pernas locomotoras**.

Os **diplópodes** têm como representante o piolho-de-cobra, também conhecido como embuá ou ainda gongolo. Diplópodes são **necrófagos**, isto é, ingerem plantas e animais mortos. Possuem cabeça, tórax e abdome. Na cabeça, têm **duas antenas** e **olhos simples**. Não possuem apêndices inoculadores de veneno, no entanto, nas laterais do corpo há glândulas que produzem odor intenso e que secretam substâncias tóxicas para muitos animais, constituindo-se, portanto, em **defesas químicas**. Apresentam **um par de pernas por segmento** do tórax; no **abdome há dois pares de pernas por segmento** (daí o nome “diplópodes”). Na realidade, cada segmento do abdome é resultante da fusão de dois metâmeros.

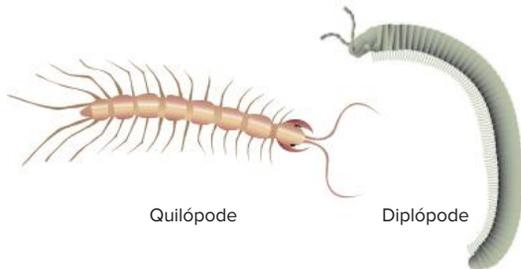


Fig. 45 Os miriápodes compreendem os quilópodes (centopeia) e os diplópodes (piolho-de-cobra).

Reprodução

Quilópodes e diplópodes são **dioicos**, apresentam **fecundação interna** e têm **desenvolvimento direto**.

Insetos

Os insetos constituem o grupo com maior número de espécies. O corpo é dividido em **cabeça, tórax e abdome**. Na cabeça há **um par de antenas**, com função sensorial. Possuem **um par de olhos compostos** e vários **ocelos**, estruturas receptoras de luz. Os olhos compostos formam imagens, mas os ocelos, não (Fig. 46).

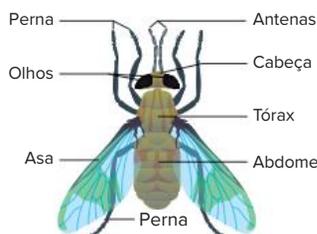


Fig. 46 O corpo de um inseto tem cabeça, tórax e abdome; e na maioria das espécies há asas.

O tórax tem três segmentos: **protórax, mesotórax e metatórax**. Em cada segmento torácico há um par de pernas,

em um **total de 3 pares de pernas**. Insetos também podem apresentar asas, capacitando esses animais ao voo, o que foi determinante na história evolutiva do grupo, permitindo a exploração de mais ambientes e contribuindo para a formação de novas espécies.

O abdome não apresenta pernas nem asas. É dotado de vários orifícios, como os **espiráculos** do sistema respiratório traqueal e a abertura do ânus. No abdome estão localizadas as estruturas genitais.

Há insetos que não possuem asas, como as traças-do-livro. A maioria tem um par de asas ligado ao mesotórax (asas anteriores) e outro par ligado ao metatórax (asas posteriores), em um total de **2 pares de asas**. Nos dípteros, como moscas e mosquitos, o primeiro par de asas é desenvolvido, mas o segundo é bastante reduzido, constituindo os **halteres** ou **balancins**, que atuam como estruturas de equilíbrio.

Asas são expansões do exoesqueleto quitinoso e seu movimento envolve um sistema de alavancas acionado por músculos que ficam no interior do tórax. Asas membranosas são delgadas e seu batimento propicia o voo; nos dípteros, as asas membranosas correspondem às asas anteriores. Nos besouros e joaninhas, as asas posteriores são membranosas, protegidas pelas asas anteriores, bastante espessas e não empregadas diretamente no voo. No gafanhoto e na barata, as asas posteriores são membranosas; o par anterior é espesso, mas não tanto como nos besouros. Em percevejos, o par anterior tem a parte basal mais espessa do que a porção mais distante da base e as asas posteriores são membranosas. Há insetos em que o par anterior e o par posterior são de asas membranosas, como nas libélulas, abelhas e vespas.

Reprodução

Os insetos têm grande variedade de reprodução, existindo espécies com **partenogênese**, como em abelhas e pulgões de plantas (afídeos). Os sexos são separados (**dioicos**) e a **fecundação é interna**; os ovos são depositados no ambiente e podem ter **desenvolvimento com ou sem metamorfose**. Insetos sem metamorfose são denominados **ametábolos**; é o caso da traça-do-livro, pertencente à ordem Thysanura. Há insetos com dois tipos de metamorfose: completa (**holometábolos**) e incompleta (**hemimetábolos**). Os hemimetábolos formam uma **ninfa** antes da fase adulta, que é relativamente semelhante ao adulto, mas não têm ainda capacidade reprodutiva e suas asas são reduzidas. Entre os hemimetábolos encontram-se a barata e o gafanhoto (ordem Orthoptera), o percevejo, como o barbeiro (ordem Hemiptera), e os cupins ou térmitas (ordem Isoptera) (Fig. 47).

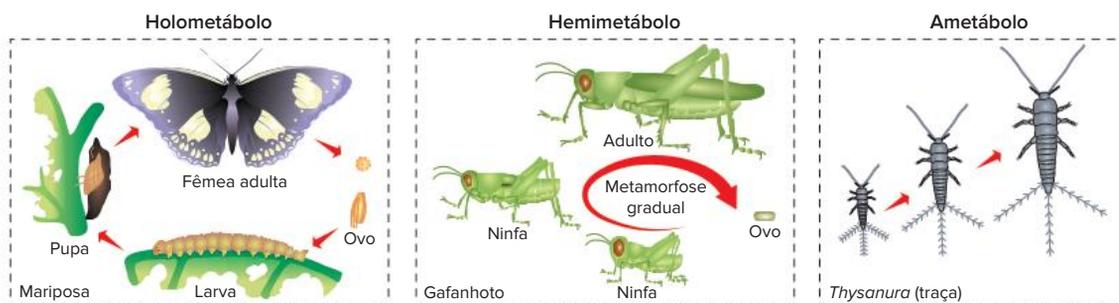


Fig. 51 Tipos de desenvolvimento em insetos, considerando a presença de estágios entre as fases de ovo e adulta.

Os holometábolos têm a seguinte sequência de desenvolvimento: **ovo**, **larva**, **pupa** ou **crisálida** e **adulto** ou **imago**. Isso ocorre, por exemplo, em borboletas e mariposas (ordem Lepidoptera). A larva da borboleta, conhecida como lagarta, é muito diferente do adulto e alimenta-se de folhas de plantas. Em um certo momento do seu desenvolvimento, a larva para de se alimentar e tece um casulo, passando a empregar as reservas acumuladas nos períodos anteriores. No interior do casulo, a fase do inseto é a pupa ou crisálida, que passa por grandes modificações. Do casulo emerge a forma adulta, conhecida também como imago. Outros holometábolos são: moscas, pernilongos e mosquitos (ordem Diptera); abelhas, vespas e formigas (ordem Hymenoptera); besouros e joaninhas (ordem Coleoptera).

A seguir, é apresentado um quadro com as principais ordens da classe Insecta.

| Grupos | Metamorfose | Ordens |
|---|---------------|---|
| <i>Apterigota</i> (originalmente sem asas) | Ametábolos | <i>Thysanura</i> : traça-do-livro |
| <i>Pterigota</i> (originalmente com asas) | Hemimetábolos | <i>Odonata</i> : libélula |
| | | <i>Isoptera</i> : cupim ou térmita |
| | | <i>Orthoptera</i> : gafanhoto e barata |
| | | <i>Anoplura</i> : piolho |
| | Holometábolos | <i>Hemiptera</i> : percevejo |
| | | <i>Homoptera</i> : cigarra e afídeo |
| | | <i>Coleoptera</i> : besouro e joaninha |
| | | <i>Lepidoptera</i> : borboleta e mariposa |
| | | <i>Diptera</i> : mosca, mosquito e pernilongo |
| | | <i>Hymenoptera</i> : abelha, vespa e formiga |
| <i>Siphonaptera</i> : pulga | | |

Tab. 1 Ordens principais de insetos.

Subfilo Chelicerata

Quelicerados não possuem antenas e têm quelíceras. Compreendem aracnídeos (aranhas, escorpiões e carrapatos) e merostomados, como o límulo.

Aracnídeos

Os principais representantes entre os aracnídeos são aranhas, escorpiões e ácaros. As aranhas têm o corpo dividido em **cefalotórax** (ou prossomo) e **abdome** (ou opistossomo). No cefalotórax estão **quatro pares de pernas**, **um par de pedipalpos** e **um par de quelíceras**. Há ainda um número variável de **olhos simples**, com capacidade de formar imagens (Fig. 48).

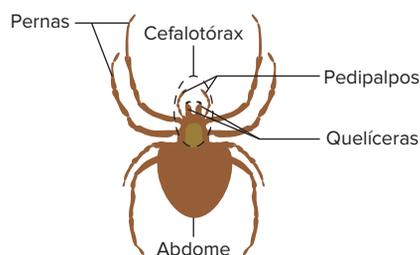


Fig. 47 O corpo de uma aranha apresenta cefalotórax e abdome.

Os pedipalpos são estruturas sensoriais empregadas na manipulação de alimento. Em machos de muitas espécies, funcionam como elementos que transferem espermatozoides para a fêmea. As quelíceras têm peças que inoculam a peçonha em uma presa. A peçonha é gerada nas glândulas salivares do animal e pode provocar a morte da presa; também têm ação digestiva, promovendo **digestão extracorpórea**. Com a ajuda dos pedipalpos, a aranha comprime o corpo da presa (um inseto, por exemplo) e aingere na forma de um líquido já digerido.

O abdome (opistossomo) não tem apêndices; nele localizam-se o ânus e as aberturas dos sistemas respiratório e reprodutor. No abdome de muitas aranhas há **fiandeiros**, estruturas relacionadas à produção dos fios de seda, empregados na formação de teia, utilizadas para envolver presas, como insetos.

Há várias espécies de aranhas que podem causar acidentes em seres humanos, alguns com pouca gravidade, e outros que podem provocar dor intensa ou até morte. As aranhas, como a pequena papa-mosca, a avantajada caranguejeira e a aranha-de-jardim (*Lycosa*) não causam graves distúrbios. As que propiciam distúrbios mais graves são a armadeira (*Phoneutria*), a aranha-marrom (*Loxosceles*) e a viúva-negra (*Latrodectus*) (Fig. 49).



Aranha-armadeira.



Aranha-marrom.



Aranha viúva-negra.

Fig. 48 Algumas espécies de aranhas cuja peçonha pode causar danos ao ser humano.

No Brasil, são comuns duas variedades de escorpiões: *Tityus bahiensis* (marrom) e o *Tityus serrulatus* (amarelo). O corpo dos escorpiões tem cefalotórax (prosomo) e abdome (opistossomo). No cefalotórax há quatro pares de pernas e um par de pedipalpos com forma de pinça, sendo empregados na manipulação de alimento; junto à boca há um par de quelíceras sem peçonha e utilizadas na trituração de alimento. O abdome é dividido em duas partes, uma anterior mais ampla e a parte posterior (a cauda), mais delgada e em cuja extremidade fica o aguilhão venenoso, associado à glândula de veneno. O escorpião pode atacar uma presa ou se defender de algum agressor esticando a cauda sobre seu corpo para atingir o alvo, inoculando o veneno. Em seres humanos, a picada de escorpião pode causar fortes dores, por tempo prolongado, e até causar a morte, principalmente de crianças (Fig. 50).



Fig. 49 Escorpião-amarelo, com seus evidentes palpos anteriores e seu aguilhão venenoso na extremidade da cauda.

Entre os aracnídeos há o grupo dos ácaros, alguns de tamanho bastante reduzido e que provocam distúrbios respiratórios em seres humanos. Outros ácaros bastante familiares são o carrapato, o cravo da pele e os agentes causadores de sarna humana. O carrapato apresenta uma carapaça que recobre toda a parte dorsal, incluindo cefalotórax e abdome. Alguns carrapatos são transmissores de doença, como a febre Q, causada por uma variedade de bactérias. O cravo da pele é determinado pela presença de um ácaro (*Demodex folliculorum*) que se alimenta de secreções das glândulas sebáceas. A sarna humana, também conhecida como escabiose, é causada pelo *Sarcoptes scabiei* (Fig. 51).

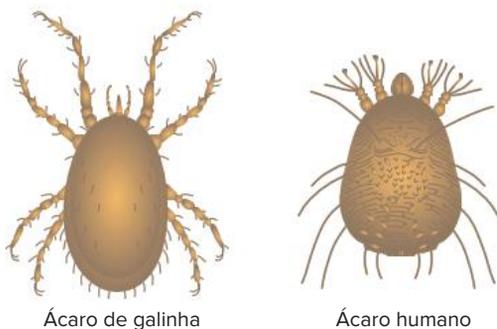


Fig. 50 Ácaros apresentam o cefalotórax e o abdome recobertos por uma peça comum do exoesqueleto.

Reprodução

Aranhas são **dioicas**. Frequentemente, o macho elimina espermatozoides no ambiente e os recolhe com os palpos, introduzindo-os, depois, no orifício genital da fêmea. A **fecundação é interna**; a fêmea elimina os ovos, que geram novos indivíduos, sem passar pelo estágio larval (**desenvolvimento direto**). Carrapatos podem apresentar **partenogênese**.

Merostomados

Os merostomados constituem um grupo de quelicerados com um pequeno número de espécies. O representante mais significativo é o límulo, ou caranguejo-ferradura. A parte dorsal do corpo é recoberta por uma **carapaça** e tem **dois olhos compostos**. Na parte ventral, é possível constatar a divisão do corpo em **cefalotórax e abdome**. O cefalotórax tem **pernas e quelíceras**, situadas nas proximidades da boca. No abdome há brânquias e seu último segmento é longo, com aspecto pontiagudo.

Reprodução

São organismos exclusivamente marinhos e não apresentam parentesco próximo com os crustáceos, estando mais relacionados, evolutivamente, com os aracnídeos. São **dioicos** e apresentam **fecundação externa**, que ocorre em locais determinados de praias (na faixa de variação das marés). As fêmeas cavam a areia e eliminam óvulos; os machos eliminam espermatozoides sobre eles. Cada zigoto formado gera uma larva que origina um organismo adulto. Merostomados têm, portanto, **desenvolvimento indireto** (Fig. 52).

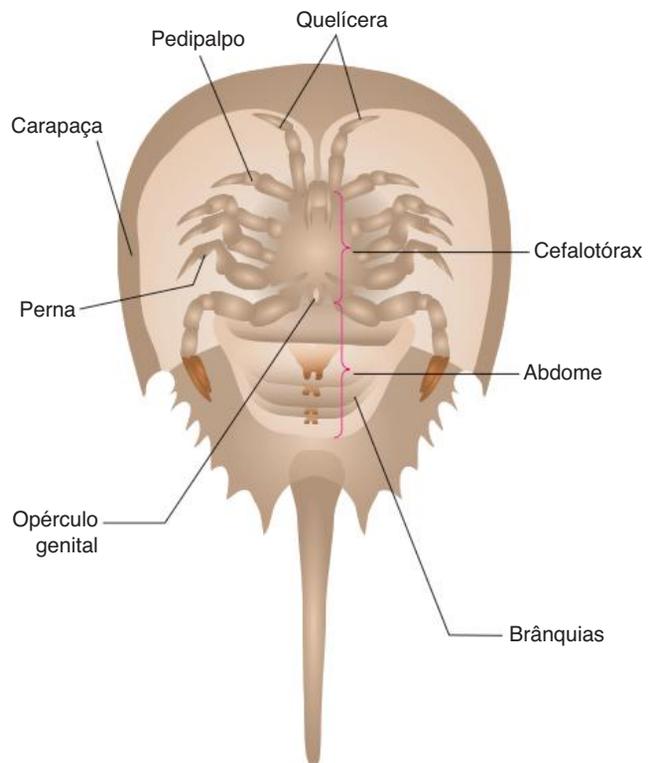


Fig. 52 Límulo ou caranguejo-ferradura é um merostomado marinho; um verdadeiro fóssil vivo.

Revisando

1 Em relação ao organismo de um mamífero, cite as estruturas pelas quais ocorre a passagem de nutrientes desde o tubo digestório até as células dos diversos tecidos.

2 Conceitue homeostase.

3 Cite quatro atividades básicas que mantêm o funcionamento do organismo.

4 Quais são os dois principais sistemas responsáveis pelo controle das atividades de um mamífero?

5 Os movimentos são controlados pelo sistema nervoso. Cite os sistemas diretamente envolvidos na execução dos movimentos.

6 Os reguladores da homeostase são os sistemas nervoso e endócrino. Qual deles emprega mensageiros químicos gerados em glândulas? Como são denominados esses mensageiros?

7 O que é reprodução e qual é a sua importância para a espécie?

8 Cite os dois tipos mais gerais de reprodução. Qual dos dois tipos gera descendentes geneticamente idênticos?

9 Caracterize os cnidários quanto à simetria do corpo.

10 O que é nematocisto? Quais são suas funções?

11 Quais são os tipos morfológicos que participam da metagênese nos cnidários?

12 Qual é a larva presente no ciclo de alguns cnidários?

13 Cite as três classes de platelmintos e indique seus representantes.

14 Diferencie nematelmintos de platelmintos quanto à estrutura corporal.

15 Cite as três classes de anelídeos e exemplifique.

16 Diferencie nematelmintos de anelídeos quanto à cavidade corporal.

17 Em relação à minhoca, caracterize os seguintes aspectos da reprodução: sexo dos indivíduos, tipo de fecundação e tipo de desenvolvimento.

18 Qual é o tipo de larva presente no ciclo de poliquetos?

19 Caracterize crustáceos em relação ao número de antenas e divisão do corpo.

20 Caracterize insetos e aracnídeos em relação ao número de antenas, divisão do corpo e número de pernas.

21 Qual é a função das quelíceras em aranhas e escorpiões?

22 Quais são as três principais partes do corpo de um molusco?

23 Cite exemplos de gastrópodes, bivalves e cefalópodes.

24 Por que equinodermos e cordados são considerados com parentesco evolutivo muito próximo?

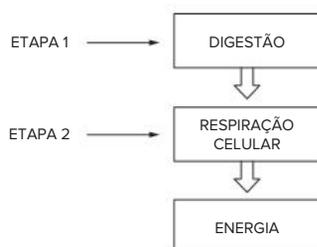
Exercícios propostos

1 Mackenzie 2020 Células eucariontes animais e vegetais compartilham

- A A capacidade de realizar a reação $6\text{CO}_2 + 6\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 6\text{O}_2$.
- B O armazenamento de glicose na forma de amido.
- C O armazenamento de glicose na forma de glicogênio.
- D Centríolos como produtores de fibras do fuso mitótico.
- E A capacidade de realizar a reação $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 6\text{O}_2 \rightarrow 6\text{CO}_2 + 6\text{H}_2\text{O}$.

2 UFMG (Adapt.) Observe o esquema que representa a obtenção de energia por um vertebrado.

Com base nesse esquema e em seus conhecimentos sobre o assunto, é incorreto afirmar-se que:



- A a energia produzida está armazenada na glicose.
- B a etapa 1 é extracelular.
- C a liberação de CO_2 ocorre na etapa 2.
- D o O_2 participa da etapa 2.

3 Fatec Todos os seres vivos mantêm um ambiente interno estável, mesmo quando as condições ambientais externas apresentam variações. Essa estabilidade, denominada I , é garantida por um conjunto de reações químicas ordenadas, que constituem o II . Assim, cada ser vivo mantém a sua própria vida e, através do processo de III , garante a sobrevivência de sua espécie.

Assinale a alternativa que contém os termos que preenchem, corretamente, as lacunas I, II e III.

- A I = metabolismo; II = homeostase; III = reprodução.
- B I = metabolismo; II = reação a estímulos do ambiente; III = reprodução.
- C I = reação a estímulos do ambiente; II = reprodução; III = adaptação.
- D I = homeostase; II = metabolismo; III = reprodução.
- E I = homeostase; II = reprodução; III = adaptação.

4 UCB 2016 Os diferentes organismos são classificados em reinos a partir da análise da respectiva cadeia evolutiva, surgindo outras ramificações dentro de cada um desses reinos. De acordo com a classificação dos animais, os corais são classificados no filo dos

- A poríferos, em razão da presença de poros e canais para a circulação de água e nutrientes.
- B celenterados, no qual surge a digestão intracelular.
- C moluscos, por possuírem corpo não segmentado.

D cnidários, por possuírem cavidade digestória e serem animais diblásticos.

E equinodermos, grupo constituído por animais marinhos de esqueleto interno de calcário.

5 PUC-Campinas Considere o texto a seguir.

“Os corais pétreos, ou corais verdadeiros, são os principais organismos formadores dos recifes coralíneos, comuns na região do Caribe e na Austrália. Possuem um exoesqueleto de carbonato de cálcio secretado pela epiderme do corpo, produzindo uma taça esqueletal dentro da qual o organismo se aloja.”

O texto refere-se a:

- A poríferos com esqueleto calcário.
- B cnidários hidrozoários.
- C moluscos gastrópodes.
- D poríferos com esqueleto silicoso.
- E cnidários antozoários.

6 PUC-PR Em relação ao Phylum Cnidaria, foram feitas as seguintes proposições:

- I. Os cnidários são aquáticos, diblásticos e com simetria radial, sendo encontrados em duas formas: pólipos (fixos) e medusa (livres).
- II. A digestão nos cnidários é extra e intracelular e não há aparelho respiratório, circulatório ou excretor e o sistema nervoso é difuso.
- III. Nos cnidários, a reprodução sexuada ocorre por brotamento ou estrobilização.
- IV. Os corais e a anêmona-do-mar são exemplos da classe dos cifozoários.

Assinale a alternativa correta.

- A Todas estão incorretas.
- B Apenas III e IV estão corretas.
- C Apenas I está correta.
- D Todas estão corretas.
- E Apenas I e II estão corretas.

7 UFMG As figuras adiante representam animais numerados de 1 a 4.



Assinale a alternativa que contém o animal pertencente ao mesmo grupo das águas-vivas, frequentes causadoras de queimaduras em banhistas no litoral brasileiro.

- A 1
- B 2
- C 3
- D 4

- 8 **UFPEL** Recife, ou arrecifes, são verdadeiros paredões naturais, largos e, às vezes profundos, que ocorrem no mar. Os recifes podem ser formados pelos esqueletos de corais ou por acúmulo de produtos das rochas e dos solos, como o arenito, com participação da atividade de alguns organismos, podendo ocorrer até mesmo a presença de corais.

Existem, assim, dois tipos de recifes: os de corais, chamados também de recifes coralíneos, e os de pedra. Esse último tipo, recifes de pedra, pode ser observado em praticamente toda a costa nordeste do Brasil, tendo dado origem ao nome da capital do estado de Pernambuco.

J. Laurence. *Biologia*. v. único (Adapt.).

Baseado no texto e em seus conhecimentos, assinale a alternativa que indica o filo e a classe dos indivíduos que constituem um recife.

- A Filo Ctenophora – classe Cnidaria
- B Filo Anthozoa – classe Hydrozoa
- C Filo Cnidaria – classe Scyphozoa
- D Filo Ctenophora – classe Anthozoa
- E Filo Cnidaria – classe Anthozoa

- 9 **Unitau** Inicialmente, o pólipo reproduz-se assexuadamente, por brotamento, originando as medusas. Estas formarão gametas, que depois se unirão para a formação dos zigotos. Dos zigotos, surgem larvas que nadam livremente até se fixarem para dar início a novos pólipos. Esse tipo de reprodução, denominado metagênese, ocorre nos:

- A celenterados.
- B poríferos.
- C anelídeos.
- D moluscos.
- E artrópodes.

- 10 **Unicamp 2019** Nos quadrinhos a seguir, o personagem Garfield questiona a relevância ecológica do animal representado à direita.



(Disponível em <http://www.aprendendocomopenomato.wordpress.com/>.)

Assinale a alternativa que descreve corretamente aspectos zoológicos e ecológicos referentes a esse animal.

- A As minhocas são invertebrados do filo dos anelídeos, possuem corpo celomado e segmentado, convertem detritos ingeridos em matéria orgânica e melhoram o arejamento do solo.
- B As cobras-cegas são vertebrados do filo dos anelídeos, possuem corpo pseudocelomado e reprodução sexuada, são predadoras de pragas agrícolas e melhoram o arejamento do solo.
- C As cobras-cegas são invertebrados do filo dos cordados, possuem corpo celomado e não segmentado e são capazes de controlar ervas daninhas, pois consomem suas raízes.
- D As minhocas são invertebrados do filo dos anelídeos, possuem pseudoceloma e reprodução assexuada, são predadoras de pragas agrícolas e melhoram o arejamento do solo.

- 11 **UEL** Leia o texto a seguir.

Foi aproveitando a necessidade de dezenas de prefeituras por assistência médica que, de acordo com a Polícia Federal e o Ministério Público, um grupo teria desviado R\$ 110 milhões das verbas federais destinadas à compra de ambulâncias. O grupo, segundo a PF, reuniria uma centena de pessoas, entre políticos, empresários e servidores públicos. Pela acusação de sugar o Orçamento da União, seus representantes ficaram conhecidos [...] pela alcunha de sanguessugas.

A. Meireles; M. Machado. "Um convite ao crime". In: Revista *Época*. São Paulo, n. 417, p. 28, maio 2006.

As verdadeiras sanguessugas são animais que habitam rios e lagos de água doce, têm o corpo ligeiramente achatado dorsoventralmente, sem apresentar cerdas nem parápodos e com duas ventosas para fixação.

Com base no texto e nos conhecimentos sobre o tema, assinale a afirmativa que caracteriza as sanguessugas.

- A Platyelmintos trematodas.
- B Platyelmintos turbelários.
- C Anelídeos poliquetas.
- D Anelídeos oligoquetas.
- E Anelídeos hirudíneos.

- 12 **Ufes** As minhocas participam ativamente da produção de húmus, e quanto maior o número desses animais, maior é a fertilidade do solo. Sobre as minhocas, pode-se dizer que:

- A são animais dioicos, com dimorfismo sexual, fecundação interna e desenvolvimento direto.
- B têm um sistema reprodutor masculino bem-desenvolvido, que apresenta testículos, receptáculos seminais e glândulas prostáticas.
- C emparelham-se no processo reprodutivo, mas apenas uma transfere esperma para a outra, separando-se logo em seguida.
- D armazenam nas vesículas seminais o esperma recebido de outra minhoca no momento da cópula.
- E liberam o esperma quando o casulo contendo óvulos passa pelas aberturas dos receptáculos seminais, momento em que ocorre a fecundação.

13 UFPI Os moluscos constituem um grupo abundante e diversificado de animais que apresentam corpo mole, com ou sem concha, simetria bilateral, sendo triblásticos e celomados. Assinale a alternativa que indica corretamente todos os possíveis habitats desses animais.

- A Ambientes aquáticos e terrestres.
- B Ambiente marinho.
- C Ambientes aquáticos: marinho e dulcícola.
- D Ambientes marinho e terrestre.
- E Ambientes dulcícola e terrestre.

14 UFRGS O filo Mollusca é o segundo filo com maior diversidade de espécies, possuindo representantes nos ambientes marinho, de água doce e terrestre. Considere as afirmações a seguir, relacionadas às características apresentadas por esse filo.

- I. O corpo compreende três regiões distintas: região cefálica, massa visceral e pé.
- II. O sistema nervoso é centralizado e do tipo ganglionar.
- III. A reprodução é sexuada e se dá mediante fecundação externa ou interna.

Quais estão corretas?

- A Apenas I.
- B Apenas II.
- C Apenas I e III.
- D Apenas II e III.
- E I, II e III.

15 UEPG A respeito dos moluscos bivalves (ostras, mexilhões etc.), que são organismos importantes como fonte de alimento para o homem, assinale o que for correto.

- 01 São chamados filtradores e alimentam-se de organismos presentes no plâncton.
- 02 Possuem brânquias ciliadas, responsáveis pela circulação da água na cavidade palial e pelas trocas gasosas.
- 04 Todos são hermafroditas.
- 08 Não possuem sistema nervoso ganglionar e também pouco sistema digestório.

Soma:

16 UFJF Em uma aula de ciências, os alunos buscaram informações em jornais e revistas sobre a importância de espécies animais para o homem. Ao final da aula, entregaram um exercício no qual classificaram como corretas ou incorretas as informações encontradas. Algumas dessas informações são apresentadas a seguir.

- I. Cnidários possuem células especializadas, os cnidoblastos, capazes de causar queimaduras e irritações dolorosas na pele de pessoas que os tocam.
- II. Algumas espécies de moluscos gastrópodes podem formar pérola a partir de algas raspadas pela rádula (dentes raspadores).
- III. Protozoários flagelados causam a inflamação dos ossos das pernas, tornando-as deformadas e provocando uma doença conhecida como elefantíase.

IV. Devido ao seu hábito alimentar, as sanguessugas foram muito utilizadas no passado na prática de sangrias, em pacientes com pressão alta.

Assinale a opção que apresenta somente afirmativas corretas.

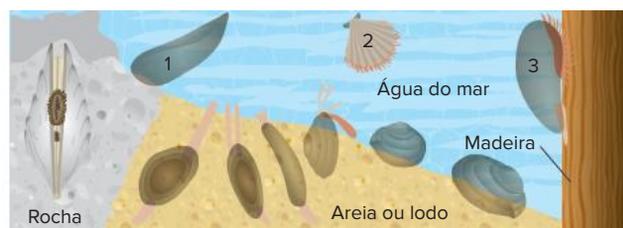
- A I e II.
- B I, II e III.
- C I e IV.
- D II e IV.
- E III e IV.

17 UFSC

[...]Os moluscos constituem um grupo muito bem-sucedido na natureza. Ocupam vários ambientes e exibem hábitos de vida bastante diversificados.

Amabis e colaboradores. *Biologia*, 1974. p. 294.

Em relação a esse filo e baseado na observação dos diferentes hábitos mostrados na figura, assinale a(s) proposição(ões) verdadeira(s).



Legenda:
1 - Ostra 2 - Pécten 3 - *Mytilus*

- 01 Como características embrionárias são celomados, deuterostômios e apresentam simetria radial.
- 02 Os gastrópodes possuem no assoalho da faringe a rádula, que utilizam para raspar o alimento.
- 04 A respiração é branquial nos animais aquáticos e pulmonar nos terrestres.
- 08 O grupo dos bivalves compreende muitos animais comestíveis e importantes economicamente, como os mexilhões, as ostras e os *escargots*.
- 16 A figura representa o grupo dos bivalves, que se caracterizam por apresentar uma concha formada por duas partes, chamadas valvas, no interior das quais se encontra a cabeça, diferenciada, o pé e a massa visceral.
- 32 Baseados na figura, podemos constatar que enquanto o pécten é um animal de vida livre, a ostra e o *mytilus* são fixos.
- 64 A lula é um decápode com o corpo afilado em forma de cone e cabeça com oito tentáculos.

Soma:

18 UFF Assim como os moluscos, anelídeos e artrópodes, os equinodermos também são invertebrados triploblásticos e celomados. A larva dos equinodermos é planctônica, mas, na época da metamorfose, assenta-se sobre o substrato e dá origem ao adulto, que é sésil, ou apresenta pequena capacidade de deslocamento.

- B Os insetos possuem 3 pares de patas e não possuem antenas, e os aracnídeos possuem 4 pares de patas e 2 pares de antenas.
- C Os insetos possuem 6 patas e antenas, e os aracnídeos possuem 3 pares de patas e não possuem antenas.
- D A diferença se restringe ao número de tagmas. Os insetos possuem 2 (cefalotórax e abdômen), e os aracnídeos possuem 3 (cabeça, tórax e abdômen).
- E Os insetos possuem 3 pares de patas e antenas, e os aracnídeos possuem 4 pares de patas e não possuem antenas.

24 UEL A região cefálica de um caranguejo difere daquela de um besouro porque a do caranguejo possui:

- A dois pares de antenas, enquanto a do besouro possui só um par.
- B um par de antenas, enquanto a do besouro possui dois pares.
- C olhos compostos, enquanto a do besouro possui ocelos simples.
- D ocelos simples, enquanto a do besouro possui olhos compostos.
- E um par de mandíbulas, enquanto a do besouro possui dois pares.

25 Fuvest Caranguejo, caramujo e anêmona-do-mar pertencem a três filos diferentes de animais. A esses mesmos filos, pertencem, respectivamente:

- A lagosta, lula e estrela-do-mar.
- B abelha, lesma e água-viva.
- C camarão, planária e estrela-do-mar.
- D barata, mexilhão e ouriço-do-mar.
- E ouriço-do-mar, polvo e água-viva.

26 UFPI Assinale a alternativa que exemplifica animais de corpo formado por metâmeros.

- A Minhoca e abelha.
- B Camarão e polvo.
- C Planária e tênia.
- D Medusa e ouriço-do-mar.
- E Lula e lesma.

27 PUC-SP O animal A é hermafrodita e tem respiração cutânea, enquanto o animal B é dioico (tem sexos separados) e tem excreção por túbulos de Malpighi; já o animal C apresenta simetria pentarradial e sistema ambulacral. Os animais A, B e C podem ser, respectivamente:

- A minhoca, gafanhoto e estrela-do-mar.
- B minhoca, planária e estrela-do-mar.
- C barata, planária e ouriço-do-mar.
- D barata, gafanhoto e hidra.
- E gafanhoto, barata e hidra.

28 Unifesp O termo “vermes” é aplicado indistintamente para designar invertebrados alongados e de corpo mole, principalmente do grupo dos anelídeos. Na charge, os “vermes” desenhados provavelmente são larvas de insetos.

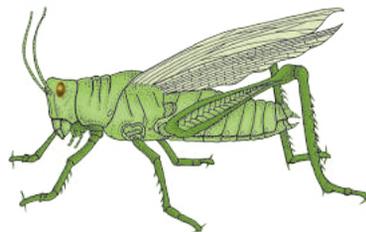


Fernando Gonsales. *Níquel Náusea*: botando os bofes de fora. Devir, 2002.

Sobre esses dois grupos, anelídeos e insetos, podemos afirmar corretamente que:

- A ambos apresentam o corpo segmentado e revestido por um exoesqueleto. Nos anelídeos terrestres, esse exoesqueleto é bastante fino e flexível e nos insetos é quitinoso e rígido, conferindo proteção e sustentação.
- B o padrão vermiforme das larvas de insetos é a principal evidência de que os artrópodes, grupo ao qual os insetos pertencem, surgiram a partir dos anelídeos, pois reproduzem um estágio anterior da evolução.
- C observamos mais insetos, o que nos dá a falsa impressão de um maior número de espécies desse grupo. Porém, o número de espécies de anelídeos conhecidas é superior, pois inclui muitos grupos marinhos e terrestres.
- D a segmentação do corpo está presente em ambos e a organização do sistema nervoso é semelhante. Os insetos, porém, possuem exoesqueleto, caráter evolutivo de importância fundamental no grupo.
- E os anelídeos são terrestres e aquáticos e a maioria das espécies alimenta-se de detritos, estando no final da cadeia alimentar. Já os insetos são aéreos e terrestres e a maioria é herbívora, sendo, portanto, consumidores primários.

29 Cefet-PR Observe o animal a seguir e assinale a questão correta.



- A É um inseto, pois apresenta o corpo dividido em cefalotórax e abdome, e um conjunto de seis patas.
- B As suas antenas são olfativas, a sua respiração é traqueal, enquanto que sua circulação é do tipo aberta.
- C Esse animal apresenta um aparelho bucal do tipo picador, por isso é transmissor de doenças.
- D Sua reprodução é assexuada e apresenta metamorfose incompleta.
- E É considerado um artrópode, pois apresenta exoesqueleto calcário como os aracnídeos.

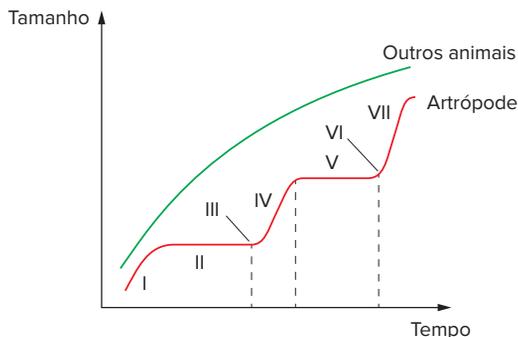
30 PUC-SP João deixou seus pais apreensivos, pois resolveu criar alguns animais nada convencionais, como tarântulas, escorpiões, piolhos-de-cobra e tatu-zinhos-de-jardim. A partir de seu conhecimento sobre invertebrados, João descreveu aos pais algumas características dos animais que está criando, e fez apenas uma afirmação incorreta. Assinale-a.

- A Todos apresentam apêndices articulados.
- B Todos têm corpo revestido de exoesqueleto.
- C Todos pertencem ao filo Arthropoda.
- D Há aracnídeos entre eles.
- E Um deles é inseto.

31 UFPel

O Filo Arthropoda reúne mais de um milhão de espécies, sendo dividido em 3 subfilos: Crustacea (ex.: siri), Chelicerata (ex.: aranha) e Uniramia (ex.: insetos). O mecanismo de crescimento destes animais é bastante diferenciado dos outros animais, como mostra o gráfico.

J. M. Amabis; G.R. Martho. *Fundamentos da Biologia Moderna*. São Paulo: Moderna, 2001. (Adapt.)



J. A. Favaretto; C. Mercadante. *Biologia*. São Paulo: Moderna, 2000.

Com base nos textos e em seus conhecimentos sobre os artrópodes, é correto afirmar que:

- A o novo exoesqueleto recém-formado do artrópode após a muda é rígido e por isso muito importante para a proteção dos órgãos internos. Nesse momento ocorre uma parada de crescimento, o que é visualizado nas etapas II e V.
- B o animal retoma o crescimento (etapas IV e VII) após as ecdises, em que o exoesqueleto cresce junto com o restante do corpo do artrópode até ocorrer uma parada do crescimento e uma nova ecdise.
- C os artrópodes dos três subfilos apresentam reprodução interna. Durante a cópula, o macho introduz o pênis na vagina da fêmea e elimina os espermatozoides, que serão armazenados na espermateca da fêmea.
- D o sistema digestório dos artrópodes é completo, sendo a digestão intracelular. As enzimas que atuam na cavidade intestinal são secretadas pela parede do tubo digestivo e pelos órgãos anexos hepatopâncreas e cecos gástricos.
- E os artrópodes – animais que apresentam apêndices corporais articulados – apresentam um

exoesqueleto de quitina, o qual se rompe ao longo do dorso do animal, que o abandona, cada vez que cresce. Esse fenômeno é denominado ecdise e é mostrado nas etapas III e VI.

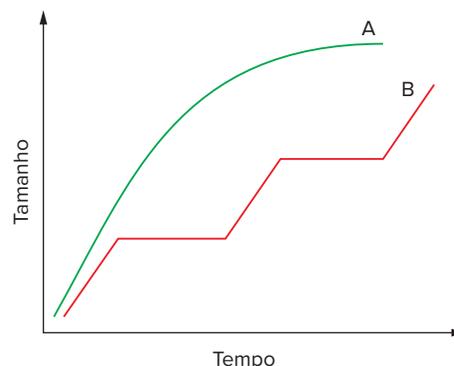
32 UFPI Analise as afirmativas a seguir sobre as prováveis causas do filo Arthropoda estar entre os organismos mais bem-sucedidos do planeta.

- I. Possuir um grande número de espécies.
- II. Apresentar exoesqueleto.
- III. Viver em uma enorme diversidade de habitats.

Assinale a alternativa correta.

- A Somente I está correta.
- B Somente I e II estão corretas.
- C Somente II e III estão corretas.
- D Somente I e III estão corretas.
- E I, II e III estão corretas.

33 FGV No gráfico, as curvas representam o padrão de crescimento de dois grupos distintos de organismos.



As curvas A e B representam, respectivamente, o crescimento de:

- A anelídeos e moluscos.
- B mamíferos e anfíbios.
- C moluscos e artrópodes.
- D artrópodes e anfíbios.
- E mamíferos e anelídeos.

34 Acafe 2019

Aquecimento global vai estimular crescimento de insetos e pragas, diz estudo

Pesquisadores da Universidade do Estado de Washington concluem, em um estudo publicado na revista Science, que a produção agrícola mundial verá seu rendimento reduzido por causa de uma característica fisiológica universal dos insetos, a de que quanto mais calor faz, mais comem.

Além disso, nas regiões temperadas, o aumento das temperaturas também fará com que os insetos se reproduzam mais rápido, com a soma de ambos os efeitos.

“Haverá mais insetos e eles comerão mais”, diz em resumo à AFP Curtis Deutsch, um dos autores do estudo, professor de oceanografia na Universidade de Washington.

Fonte: g1.globo, 01/09/2018. Disponível em: <https://g1.globo.com>

- 38 PUC-PR** Durante uma aula de Zoologia, um professor descreveu um artrópode como: “pequeno animal sem asas, com três pares de patas, antenas e o corpo segmentado em três partes distintas: cabeça, tórax e abdome”.

Com esta descrição, o animal deveria ser:

- A um escorpião. C um inseto. E um diplópode ou um quilópode.
B um ácaro. D uma aranha.

39 Unifesp



Fernando Gonsales. *Folha de S.Paulo*, 8 jul. 2008.

No quadrinho, a carapaça de quitina dos insetos é relacionada à sua função protetora. Nesses animais, a quitina também se encontra diretamente relacionada às funções de:

- A sustentação e respiração. D respiração e circulação.
B transpiração e circulação. E sustentação e reprodução.
C locomoção e digestão.

- 40 PUC-Minas** Os ácaros domésticos são animais microscópicos, normalmente parasitas da epiderme humana. Vivem no pó acumulado em tapetes, carpetes, cortinas e roupas de cama, onde, normalmente, se alimentam de descamações epidérmicas humanas e de outros animais domésticos, sendo capazes de provocar alergia. Alguns deles podem mesmo provocar lesões na pele humana como a sarna e o cravo de pele. A respeito desses animais, é correto afirmar, exceto:

- A são insetos microscópicos.
B apresentam exoesqueleto quitinoso.
C são heterótrofos e realizam respiração celular.
D possuem quatro pares de patas e não apresentam antenas.

- 41 PUC-RS** O canal de televisão fechada “National Geographic Channel” divulgou um documentário que trata de artrópodes, indicando que o grupo dos insetos era o mais desprestigiado do Reino Animal, por apresentar espécies que causam repugnância ao homem. Dos exemplares relacionados abaixo, o único a não ser apresentado no documentário, por tratar-se de um aracnídeo, ao invés de um inseto, é:

- A o cupim. C a pulga. E a barata.
B o percevejo. D o carrapato.

42 UFRN



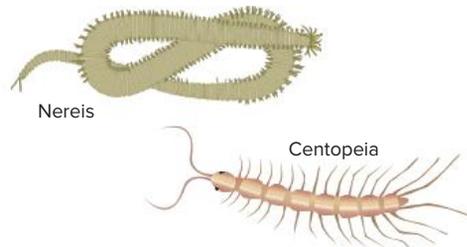
Folha de S.Paulo, 21 maio 2002.

Diferente do que é observado nas diversas espécies da classe dos insetos, todas as espécies da classe das aranhas:

- A apresentam antenas e quatro pares de patas.
B nascem com forma semelhante à do adulto.
C inoculam veneno por meio de ferrão abdominal.
D apresentam o corpo com cabeça, tórax e abdome.

- 43 UFRGS** Os aracnídeos são animais terrestres que ocorrem em uma grande diversidade de habitats. Em relação a esses animais, é correto afirmar que:
- A possuem antenas. D possuem quelíceras.
 B possuem três pares de patas. E são monoicos.
 C apresentam excreção por nefrídios.

- 44 Unesp** As figuras a seguir representam dois animais invertebrados, o nereis, um poliqueto marinho, e a centopeia, um quilópode terrestre.



Apesar de apresentarem algumas características comuns, tais como apêndices locomotores e segmentação do corpo, estes animais pertencem a filos diferentes. Assinale a alternativa correta.

- A O nereis é um anelídeo, a centopeia é um artrópode e ambos apresentam circulação aberta.
 B O nereis é um artrópode, a centopeia é um anelídeo e ambos apresentam circulação fechada.
 C O nereis é um asquelminto, a centopeia é um platelminto e ambos não apresentam sistema circulatório.
 D O nereis é um anelídeo, a centopeia é um artrópode e ambos apresentam exoesqueleto.
 E O nereis é um anelídeo, a centopeia é um artrópode, mas apenas a centopeia apresenta exoesqueleto.

- 45 UFPel** Os artrópodes constituem o mais numeroso grupo animal existente na Terra: de cada quatro animais, três são artrópodes. O nome desse filo deriva do fato de todos os animais pertencentes a esse táxon possuírem pernas articuladas, assim como as demais extremidades, representadas pelas antenas e peças bucais.

Com base no texto e em seus conhecimentos, é correto afirmar, em relação aos artrópodes, que:

- A os insetos apresentam corpo dividido em cabeça, tórax e abdome. Possuem um par de antenas na cabeça, três pares de pernas no tórax e podem ou não ter asas.
 B os equinodermos são animais acelomados, triblásticos e cujas características se aproximam dos cordados por serem protostômios.
 C os aracnídeos apresentam geralmente seu corpo dividido em cefalotórax e abdome, um par de antenas, quatro pares de pernas no abdome e quelíceras.
 D os crustáceos possuem um exoesqueleto quitinoso, dois pares de antenas na região cefálica, dois olhos compostos e geralmente pedunculados e, ao redor da boca, dois pares de mandíbulas.
 E os diplópodes, como o piolho-de-cobra, possuem corpo dividido em cabeça e tronco, dois pares de patas por segmento do tronco, dois pares de antenas e um par de mandíbulas.

- 46 UFV-Pases** Em uma aula prática de Biologia, o professor entregou aos alunos os seguintes artrópodes para que fossem agrupados em suas respectivas classes taxonômicas: aranha, borboleta, pulga, camarão, lacraia e escorpião. Quantas classes estão representadas nessa lista?

- A 1 C 4 E 5
 B 2 D 3

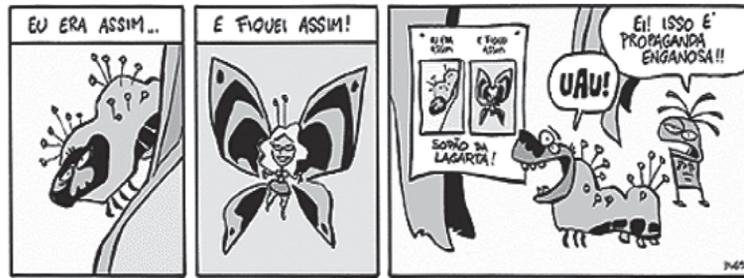
- 47 FGV** A tabela apresenta características de algumas classes do filo Arthropoda.

| | |
|---|--|
| 1 | Corpo dividido em cefalotórax e abdome; 2 pares de antenas |
| 2 | Corpo dividido em cabeça, tórax e abdome; 3 pares de patas no tórax. |
| 3 | Corpo dividido em cefalotórax e abdome; sem antenas. |

Na tabela, Arachnida, Crustacea e Insecta estão respectivamente representados pelos números:

- A 1, 2 e 3. C 2, 3 e 1. E 3, 2 e 1.
 B 1, 3 e 2. D 3, 1 e 2.

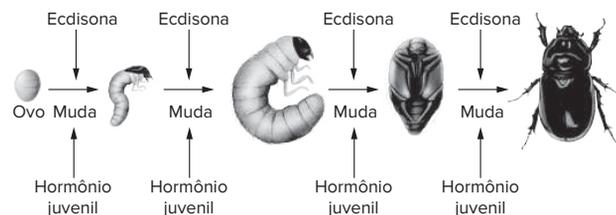
- 48 Unita 2018** Os insetos representam um dos grupos animais de maior sucesso adaptativo, em especial no que se refere à exploração dos ambientes terrestres, onde existem mais de um milhão de espécies já descritas. Os insetos podem ser classificados de acordo com o tipo de desenvolvimento que apresentam durante a vida, para o que se verifica uma diversidade de mecanismos. A tirinha abaixo explora, com bom humor, um desses processos de desenvolvimento dos insetos.



www.niquel.com.br

Assinale a alternativa que corresponde ao tipo de desenvolvimento verificado em insetos como as borboletas, as mariposas e os besouros.

- A Desenvolvimento direto, em que os insetos não passam por mudanças, ou seja, há o nascimento de um indivíduo semelhante ao adulto, mas ainda imaturo.
 - B Desenvolvimento direto, em que apresentam fases de crescimento, as ninfas, que passam por sucessivas mudas até atingirem a fase de imago, quando aparecem as asas.
 - C Desenvolvimento indireto, em que os insetos não passam por mudanças, ou seja, há o nascimento de um indivíduo adulto já maduro.
 - D Desenvolvimento indireto, em que, após o nascimento, há uma etapa de desenvolvimento larval, da qual surge a pupa, passando por transformações até a formação do adulto.
 - E Desenvolvimento indireto, em que, após o nascimento, há uma etapa de desenvolvimento larval, da qual surge a ninfa, quando o inseto passa por uma fase de intensa atividade até a formação do adulto.
- 49 Enem 2018** Insetos podem apresentar três tipos de desenvolvimento. Um deles, a holometabolia (desenvolvimento completo), é constituído pelas fases de ovo, larva, pupa e adulto sexualmente maduro, que ocupam diversos habitats. Os insetos com holometabolia pertencem às ordens mais numerosas em termos de espécies conhecidas. Esse tipo de desenvolvimento está relacionado a um maior número de espécies em razão da
- A na fase de pupa, favorecendo a sobrevivência de adultos férteis.
 - B produção de muitos ovos, larvas e pupas, aumentando o número de adultos.
 - C exploração de diferentes nichos, evitando a competição entre as fases da vida.
 - D ingestão de alimentos em todas as fases de vida, garantindo o surgimento do adulto.
 - E utilização do mesmo alimento em todas as fases, otimizando a nutrição do organismo.
- 50 Enem** O desenvolvimento da maior parte das espécies de insetos passa por vários estágios até chegar à fase adulta, quando finalmente estão aptos à reprodução. Esse desenvolvimento é um jogo complexo de hormônios. A ecdisona promove as mudas (ecdíases), mas o hormônio juvenil impede que o inseto perca suas características de larva. Com o tempo, a quantidade desse hormônio diminui e o inseto chega à fase adulta.



Cientistas descobriram que algumas árvores produzem um composto químico muito semelhante ao hormônio juvenil dos insetos.

A vantagem de uma árvore que produz uma substância que funcione como hormônio juvenil é que a larva do inseto, ao se alimentar da planta, ingere esse hormônio e:

- A vive sem se reproduzir, pois nunca chega à fase adulta.
- B vive menos tempo, pois seu ciclo de vida encurta.
- C vive mais tempo, pois ocorrem poucas mudas.
- D morre, pois chega muito rápido à fase adulta.
- E morre, pois não sofrerá mais mudas.

Anelídeos, artrópodes e onicóforos

Os artrópodes constituem o grupo com maior número de espécies; o número de espécies de artrópodes é maior do que o número de espécies de todos os demais grupos animais reunidos. O registro fóssil indica que alguns artrópodes foram pioneiros na ocupação do ambiente terrestre pelos animais.

Os artrópodes apresentam grandes semelhanças com os anelídeos: têm corpo segmentado, são celomados, protostômios, dotados de simetria bilateral e seu sistema nervoso é ganglionar e ventral. No entanto, os dois grupos divergem em relação a vários aspectos. A segmentação externa dos artrópodes é mais reduzida e, em termos de anatomia interna, essa segmentação é praticamente inexistente. Anelídeos têm nítida segmentação externa e interna; o sistema excretor dos anelídeos é constituído por pares de nefrídeos, localizados em cada segmento do corpo. Há vários tipos de sistema excretor em artrópodes, como túbulos de Malpighi e glândulas verdes; nenhuma dessas estruturas tem distribuição segmentar pelo organismo, sendo localizadas em regiões bem específicas do corpo.

O celoma dos artrópodes é muito mais reduzido do que o dos anelídeos. A cavidade corporal mais desenvolvida dos artrópodes é a hemocele, constituída pelas lacunas por onde a hemolinfa passa, caracterizando um sistema circulatório aberto; anelídeos têm sistema circulatório fechado.

Os artrópodes têm um exoesqueleto de quitina e possuem inúmeros apêndices articulados, movidos por músculos. Anelídeos têm o corpo revestido por uma epiderme delgada, protegida por uma cutícula; o líquido do celoma funciona como um esqueleto hídrico, com sua pressão contribuindo para a manutenção da forma do organismo. Não há apêndices articulados nos anelídeos; poliquetos apresentam expansões laterais, conhecidas como parápodes.

Em algumas florestas tropicais há uma variedade de animais do grupo dos Onicóforos, como o *Peripatus sp.* Esses animais apresentam características de artrópodes e de anelídeos. Seu corpo é alongado e cilíndrico; nas laterais apresentam curtas estruturas locomotoras, com extremidades similares a pequenas ventosas. A semelhança com os anelídeos reside na existência de epiderme fina, recoberta por cutícula; seu sistema excretor é segmentado. Onicóforos têm semelhanças com artrópodes como a presença de sistema circulatório aberto, dotado de hemoceles; seu sistema respiratório é similar ao traqueal, presente em insetos. Apesar de ser tentadora a ideia de imaginar onicóforos como uma espécie de transição entre anelídeos e artrópodes, não há unanimidade sobre a natureza das relações de parentesco entre artrópodes, anelídeos e onicóforos.



Bruno C. Vellutini/Flicker

Exemplar de onicóforo.

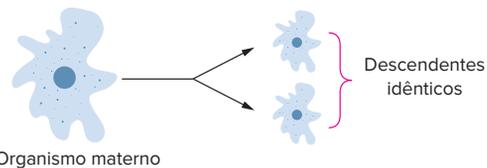
Reprodução assexuada em protozoários e nos animais

Há diversos tipos de reprodução assexuada em animais e protozoários. A reprodução assexuada em plantas, fungos, algas e bactérias será discutida na Frente 2.

Bipartição

É também conhecida como **cissiparidade** ou **divisão binária**. Ocorre, por exemplo, em protozoários e em amebas.

Um organismo materno origina dois indivíduos geneticamente idênticos entre si e ao organismo que lhes deu origem.

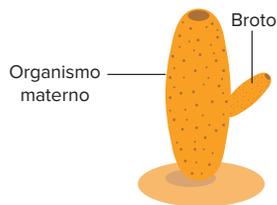


Representação da modalidade de reprodução assexuada do tipo bipartição em ameba.

Processo semelhante se dá em planárias; um indivíduo que atingiu um grande tamanho sofre uma espécie de estrangulamento no corpo, gerando dois novos indivíduos.

Brotamento

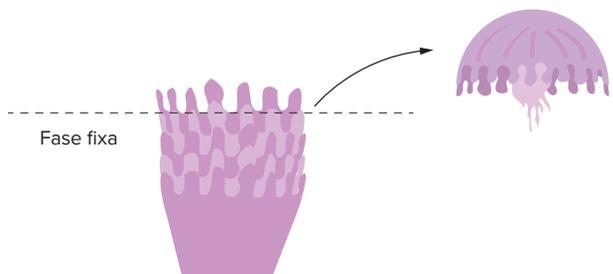
Esse processo é também denominado **gemiparidade**; ocorre, por exemplo, em esponjas e hidras. Um organismo materno apresenta uma parte do corpo gerando uma espécie de miniatura (broto) que fica ligada à sua lateral. Posteriormente, o broto pode se destacar, constituindo um organismo idêntico àquele que o originou. Enquanto o broto e o organismo materno estão unidos, constituem uma **colônia**: um conjunto de indivíduos da mesma espécie e que apresentam ligação física.



Representação da modalidade de reprodução assexuada do tipo brotamento em esponja.

Estrobilização

É o processo no qual um organismo materno parte-se em inúmeros descendentes geneticamente idênticos. A *Aurelia sp.* é um tipo de água-viva, que apresenta em seu ciclo de vida uma fase fixada ao fundo do mar; esse organismo sofre estrobilização e gera muitas medusas jovens, que correspondem à sua forma móvel. Mais adiante será detalhado o ciclo de vida completo de *Aurelia sp.*



Representação da modalidade de reprodução assexuada do tipo estrobilização na espécie *Aurelia sp.*

Regeneração

Muitos animais têm capacidade de regenerar estruturas perdidas acidentalmente. Uma lagartixa, por exemplo, pode perder sua cauda, mas com o tempo, acaba formando outra idêntica àquela que foi perdida.

Quando o próprio animal promove a retirada de uma estrutura do seu corpo, fala-se em **autotomia**.

Em alguns casos, a estrutura retirada do organismo de um animal pode gerar um novo indivíduo completo; nessa situação, a regeneração corresponde a um processo de reprodução assexuada. Isso ocorre, por exemplo, em esponjas e estrelas-do-mar.



Representação da modalidade de reprodução assexuada do tipo regeneração em esponja e estrela-do-mar.

Conceito relacionado à reprodução sexuada

A reprodução sexuada apresenta aspectos bastante diversificados entre os grupos de animais, principalmente no que se refere aos tipos de gônadas presentes no organismo, às diferentes modalidades de fecundação e em relação ao desenvolvimento do zigoto até a formação do adulto.

Animais e gônadas

Um galo (♂) apresenta testículos formadores de espermatozoide; a galinha (♀) possui ovários produtores de óvulos. Esses animais apresentam sexos separados: são unissexuados ou **dioicos**. Além disso, essa espécie apresenta dimorfismo sexual: é possível diferenciar o macho da fêmea por outros aspectos que não o exame de suas gônadas (a diferença nas penas e na crista, por exemplo). Por outro lado, um caracol-de-jardim possui testículos e ovários. Esse animal é bixessuado, também denominado hermafrodita ou **monoico**.



Remi Jouan/Wikipedia



Peter Cooper/Wikimedia Commons

Animais dioicos. Cada indivíduo tem testículos ou ovários.

Jana Kollarova/stock.xchng



Animal monoico. O caracol tem testículos e ovários.

Fecundação

A fecundação é classificada em dois tipos, dependendo do local em que ocorre.

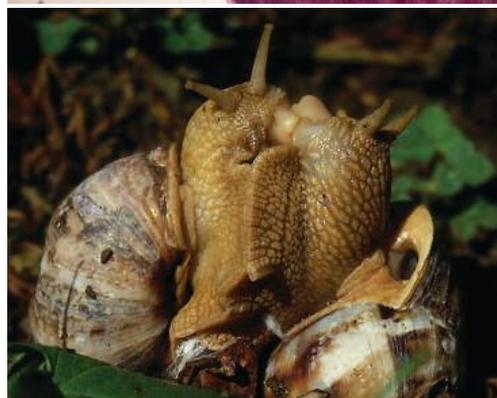
- Fecundação interna: ocorre no interior do sistema reprodutor feminino. O galo, por exemplo, elimina espermatozoides em estruturas do sistema reprodutor da galinha; dentro dela ocorre a fecundação.
- Fecundação externa: ocorre no ambiente, fora do sistema reprodutor feminino. Entre os sapos, por exemplo, macho e fêmea eliminam os gametas na água, onde se encontram, originando zigotos.

Outra maneira de classificar a fecundação é pelos organismos envolvidos em sua realização. Há duas modalidades.

- Fecundação cruzada: é efetuada entre dois indivíduos; um fornece espermatozoides e o outro, óvulos. Esse processo ocorre entre animais dioicos, como aves (galo e galinha) e anfíbios (sapo macho e a fêmea). No entanto, a fecundação cruzada também pode ocorrer entre hermafroditas. É o caso do caracol-de-jardim: dois indivíduos permanecem unidos e cada um fornece espermatozoides para o outro. Isso representa uma troca de espermatozoides e cada indivíduo gera seus próprios descendentes.
- Autofecundação: ocorre apenas entre certos hermafroditas, como a sanguessuga e a tênia (solitária). Os espermatozoides do indivíduo fecundam óvulos que ele próprio produz.



Roberto J. Galindo/Wikipedia



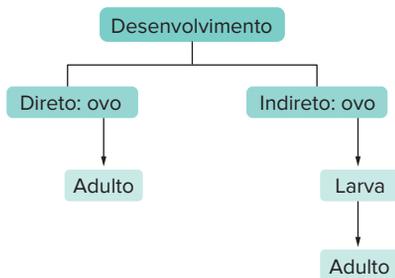
Newt Dillmen/Wikimedia Commons

A solitária ou tênia é hermafrodita e tem autofecundação. O caracol é hermafrodita e apresenta fecundação cruzada.

Desenvolvimento do ovo

Existem dois tipos principais de desenvolvimento.

- Desenvolvimento indireto: o zigoto gera uma larva, a qual sofre metamorfose e se converte na forma adulta. Isso ocorre, por exemplo, no sapo, cuja larva é denominada girino e tem aspecto bem diferente do adulto.
- Desenvolvimento direto: o zigoto gera um novo indivíduo sem a passagem por uma fase larval. É o tipo de desenvolvimento apresentado por aves, répteis e mamíferos.



Principais tipos de desenvolvimento.

Casos especiais de reprodução

Um caso particular de reprodução é a **partenogênese**, isto é, quando um óvulo desenvolve-se em um novo organismo sem a ocorrência de fecundação. Esse processo ocorre em plantas e animais. No caso de abelhas, a rainha é a única fêmea fértil da

colmeia; ela deposita zigotos (produto da união de óvulo com espermatozoide) que resultam em fêmeas. Caso o ovo seja nutrido com mel, será gerada uma operária (fêmea estéril); se for nutrido com geleia real haverá a formação de uma jovem rainha (fêmea fértil). A rainha também deposita óvulos não fecundados que geram zangões (os machos da colmeia). Há inúmeros casos de partenogênese em grupos animais e eles serão vistos mais adiante, nesta frente.

Um tipo especial de partenogênese é a **pedogênese**, que ocorre em larvas. Essas larvas são capazes de produzir óvulos que se desenvolvem em novos indivíduos, sem a ocorrência de fecundação.

A **neotenia** é uma forma específica de reprodução sexuada. Ela significa a retenção de características juvenis no indivíduo adulto, que pode se tornar apto para a reprodução; isso pode ocorrer durante a fase larval, que têm capacidade de reprodução. Normalmente decorre de um retardamento do desenvolvimento somático (não sexual) em comparação com o desenvolvimento mais acelerado dos órgãos reprodutivos. É muito comum em salamandras.

Resumindo

Atividades vitais básicas de um animal

No organismo de um mamífero há uma intensa troca de materiais entre sistemas, sangue, fluido intersticial e tecidos. Os principais materiais que passam através dessas estruturas são: nutrientes (como glicose e aminoácidos), gás oxigênio, água, sais, gás carbônico e excretas nitrogenadas. O equilíbrio dinâmico do organismo é denominado homeostase.

Homeostase

As atividades básicas que mantêm o funcionamento do organismo são:

- trocas gasosas
- nutrição
- excreção
- transporte

O controle das atividades

As atividades de manutenção da vida de um mamífero são controladas pelo sistema nervoso e pelo sistema endócrino (que produz hormônios). Os sistemas esquelético e muscular proporcionam movimentos, úteis na interação do organismo com o ambiente.

Conceito e importância da reprodução

Os seres vivos podem se reproduzir e deixar descendentes, assegurando a permanência da espécie no ambiente em que se desenvolvem.

Reprodução assexuada

Há dois tipos principais de reprodução: sexuada e assexuada. Na reprodução assexuada: um organismo materno origina descendentes geneticamente iguais entre si e ao organismo que lhes deu origem.

Tipos de reprodução assexuada em protozoários e em animais

- Bipartição
- Brotamento
- Estrobilização
- Regeneração

| Grupo | Aspectos gerais | Classificação | Reprodução |
|---------------|---|---|--|
| Cnidários | Diblasticos, com simetria radial. Possuem cnidoblastos, com cápsulas chamadas nematocistos. Podem ter dois tipos morfológicos: pólipos (sésseis) e medusa (móvel). | <i>Hydrozoa</i> : hidra, <i>Obelia</i> , caravela-portuguesa | Hidra apresenta apenas a forma de pólipos e tem desenvolvimento direto. <i>Obelia</i> tem alternância de gerações. |
| | | <i>Scyphozoa</i> : <i>Aurelia</i> | Alternância de gerações, com medusas bastante desenvolvidas. |
| | | <i>Anthozoa</i> : coral, gorgônia, anêmona-do-mar | Apresentam apenas pólipos e formam larva plânula (desenvolvimento indireto). |
| Platelmintos | Triblasticos, acelomados, com corpo achatado dorso-ventralmente; simetria bilateral. | Turbelários: planárias | Monoicos, fecundação cruzada e interna, desenvolvimento direto. |
| | | Trematódeos: esquistossomo, fasciola | Dioicos, fecundação cruzada, desenvolvimento indireto. |
| | | Cestódeos: tênias | Monoicos, autofecundação e desenvolvimento indireto. |
| Nematelmintos | Triblasticos, pseudocelomados, com corpo cilíndrico e não segmentado; simetria bilateral. | O filo <i>Nematoda</i> pertence ao grupo dos Asquelmintos, que inclui mais sete filos | Dioicos, fecundação cruzada e desenvolvimento indireto. |
| Anelídeos | Triblasticos, celomados, com corpo cilíndrico e segmentado; simetria bilateral. Presença de clitelo em alguns representantes. | Oligoquetos: minhoca, minhocoço e <i>Tubifex</i> | Monoicos, fecundação cruzada e externa, com formação de casulo, desenvolvimento direto. |
| | | Poliquetos: tubícolas e nereida | Dioicos, fecundação externa, desenvolvimento indireto (larva trocófora). |
| | | Hirudíneos: sanguessuga | Monoicos, fecundação cruzada e externa, desenvolvimento direto. |
| Moluscos | Triblasticos, celomados e protostômios. Corpo mole e não segmentado, recoberto pelo manto. Muitos exemplares com concha calcárea. Corpo com três partes: cabeça, pé e massa visceral. | Gastrópodes: lesma, caracol e caramujo | Monoicos, fecundação cruzada e interna, desenvolvimento direto. |
| | | Bivalves: ostra e marisco | Dioicos, fecundação externa, desenvolvimento indireto (larvas trocófora e véliger). |
| | | Cefalópodes: lula, polvo, sépia e náutilo | Dioicos, fecundação externa (na cavidade do manto), desenvolvimento direto. |
| Equinodermos | Triblasticos, celomados e deuterostômios. Simetria radial e pentâmera nos adultos; larvas com simetria bilateral. Exclusivamente marinhos. Possuem um endoesqueleto calcáreo. | <i>Asteroidea</i> : estrela-do-mar | Dioicos, com fecundação externa e desenvolvimento indireto; larvas que apresentam simetria bilateral e cílios. |
| | | <i>Echinoidea</i> : ouriço-do-mar e bolacha-da-praia | |
| | | <i>Holothuroidea</i> : pepino-do-mar | |
| | | <i>Crinoidea</i> : lírio-do-mar | |
| | | <i>Ophiuroidea</i> : serpente-do-mar | |

Artrópodes

| Classe | Corpo | Número de pernas (ou patas) | Número de antenas | Número de asas | Reprodução |
|----------------------------|----------------------------------|---|--|--------------------------------|--|
| Crustáceos (nos decápodes) | Cefalotórax e abdome | 5 pares no cefalotórax | 2 pares | Ausentes | Dioicos, fecundação externa, desenvolvimento indireto. |
| Insetos | Cabeça, tórax e abdome | 3 pares | 1 par | Sem asas, um par ou dois pares | Dioicos, fecundação interna. Pode ou não ocorrer formação de larvas. |
| Aracnídeos | Cefalotórax e abdome | 4 pares | Sem antenas. Dotados de palpos e quelíceras. | Ausentes | Dioicos, fecundação interna. Desenvolvimento direto. |
| Quilópodes | Cabeça e tronco (tórax e abdome) | 1 par por segmento | 1 par | Ausentes | Dioicos, fecundação interna. Desenvolvimento direto. |
| Diplópodes | Cabeça, tórax e abdome | 1 par por segmento do tórax; 2 pares por segmento do abdome | 1 par | Ausentes | Dioicos, fecundação interna. Desenvolvimento direto. |



Sites

- Zoologia de invertebrados
LIMA, Daniel Cassiano. *Zoologia de invertebrados*. Fortaleza: EdUECE, 2015.
Disponível em: <https://educapes.capes.gov.br/bitstream/capes/431608/2/Livro_Ciencias%20Biologicas_Zoologia%20dos%20Invertebrados.pdf>.
- Introdução à Zoologia
FERREIRA JUNIOR, Nelson. *Introdução à Zoologia*. v. 3. Rio de Janeiro: Fundação Cecierj, 2010.
Disponível em: <<https://canal.cecierj.edu.br/012016/7c4a7d9845e4eaba845b542bb374d52e.pdf>>.

Exercícios complementares

1 Cesgranrio A manutenção da estabilidade do ambiente fisiológico interno de um organismo é exercida por diversos órgãos. Por exemplo, os rins são responsáveis, entre outras coisas, pela estabilidade dos níveis de sais, água e açúcar do sangue. Assinale a opção que indica corretamente o nome do mecanismo referido anteriormente.

- A Homeotermia. D Ontogenia.
B Homeostase. E Etologia.
C Organogênese.

2 PUC-Rio Os sistemas celulares do corpo dos heterotróficos pluricelulares (animais) dispõem de dois sistemas de sinalização para integração dos sistemas corporais. São eles:

- A sistema circulatório e respiratório.
B sistema circulatório e excretor.
C sistema nervoso e hormonal.
D sistema respiratório e nervoso.
E sistema locomotor e hormonal.

3 UFPR

Um organismo é uma reunião de sistemas intimamente integrados que interagem de forma harmônica e eficiente. Cada sistema contribui para o bom desempenho dos demais e todos são de igual importância para a manutenção das diferentes funções. Essa interação dos diferentes sistemas possibilita aos animais manterem, dentro de certos limites, um meio constante, tanto em composição química como em ritmo de atividade.

Sônia Lopes. *Bio*, 1999. v. único.

O processo pelo qual a manutenção de um meio é conseguido é denominado:

- A equilíbrio iônico. D *organoléptico*.
B homeostase. E isonomia.
C homocinético.

4 UFRS Assinale a alternativa que preenche corretamente as lacunas do texto a seguir, na ordem em que aparecem. Os organismos multicelulares mantêm seu meio interno relativamente estável através da realização de

constantes ajustes metabólicos. Assim, o principal tema da evolução da vida é o crescente desenvolvimento de sistemas complexos para a manutenção da _____. As atividades dos órgãos devem ser controladas em resposta a alterações tanto do meio interno como do externo, sendo os sistemas _____ e _____ os principais responsáveis por esse controle.

- A homotermia – excretor – endócrino.
B entropia – linfático – urinário.
C entropia – glandular – respiratório.
D homeostase – nervoso – endócrino.
E homotermia – excretor – reprodutor.

5 PUC-Campinas Proteínas e carboidratos são fontes de energia para os organismos.

Durante o metabolismo das proteínas e carboidratos, a energia liberada na oxidação dessas substâncias é usada diretamente na:

- A síntese de moléculas de AMP.
B síntese de moléculas de ATP.
C degradação de moléculas de ADP.
D oxidação de moléculas de NADH.
E redução de moléculas de NAD⁺.

6 Uncisal 2017

A equipe do Gerenciamento Costeiro do Instituto do Meio Ambiente de Alagoas (IMA-AL) discute medidas para coibir a invasão de coral-sol em Alagoas. Para evitar que a espécie chegue à costa alagoana, um grupo formado por representantes de órgãos ambientais e de fiscalização vem realizando ações preventivas em navios-sonda e plataformas de petróleo que chegam ao Estado. A maior preocupação é que, uma vez inserido na costa de Alagoas, o coral-sol pode colocar em risco outras espécies existentes no Estado, causar sérios danos à biodiversidade marinha e ainda provocar impactos graves, como a destruição de bancos recifais e consequente aceleração do avanço do mar.

Disponível em: <<http://ima.al.gov.br/equipe-discute-medidas-para-coibir-invasao-de-coral-sol-em-alagoas/>>.

Acesso em: 30 nov. 2016.

O coral-sol é um tipo de Cnidário que não apresenta predadores naturais em ambiente brasileiro e é devastador para a biodiversidade. Um dos grandes fatores que auxiliam a proliferação do coral-sol é:

- A a eliminação de espécies nativas através da prática da simbiose.
- B a metagênese, onde as medusas liberam toxinas, que reduzem a biota local, diminuindo a competitividade.
- C a sua forma de reprodução, que pode ocorrer de maneira assexuada, não necessitando de colônias pré-existentes.
- D o clima, que favorece o ciclo de alternância de geração da espécie, dificultando que predadores naturais o identifiquem.
- E a forma de vida do tipo medusa, que consegue nadar livremente, escolhendo o ambiente adequado para a reprodução

- 7 Unitaú 2017** A metagênese, ou alternância de gerações, é uma estratégia do ciclo de vida nas classes Hydrozoa e Scyphozoa. Esse tipo de ciclo envolve uma fase de reprodução assexuada, que não inclui a recombinação genética, e outra fase sexuada, quando há a recombinação gênica. Para os cnidários, a alternância de gerações é diferente da observada entre as plantas e algas multicelulares, uma vez que, nos Cnidaria, ambas as gerações são diploides.

Assinale apenas a alternativa que apresenta informações CORRETAS acerca da metagênese dos cnidários e das características de Hydrozoa e de Scyphozoa.

- A No ciclo de vida dos Hydrozoa, a medusa é a forma predominante e a sua medusa jovem é chamada de Éfira.
- B No ciclo de vida dos Hydrozoa, o pólipo é a forma predominante e a sua medusa jovem é chamada de Éfira.
- C No ciclo de vida dos Scyphozoa, a medusa é a forma predominante e a sua medusa jovem é chamada de Éfira.
- D A estrobilação é a reprodução assexuada mais frequente nos cnidários, e a larva plânula é exclusiva dos Hydrozoa.
- E A estrobilação é a reprodução assexuada mais frequente nos Hydrozoa, e a larva plânula é ciliada, livre natante e exclusiva desse grupo.

- 8 Unicamp** Sob a denominação de “vermes”, estão incluídos invertebrados de vida livre e parasitária, como platelmintos, nematódeos e anelídeos.

- a) Os animais citados no texto apresentam a mesma simetria. Indique qual é essa simetria e dê duas novidades evolutivas associadas ao aparecimento dessa simetria.
- b) *Hirudo medicinalis* (sanguessuga), *Ascaris lumbricoides* (lombriga) e *Taenia saginata* (tênia) são exemplos de parasitas pertencentes a cada um dos filos citados, que podem ser diferenciados

também pelo fato de serem endoparasitas ou exoparasitas. Identifique o filo a que pertencem e separe-os quanto ao modo de vida parasitária.

- 9 PUC-Campinas** A compostagem é um processo biológico controlado que consiste na transformação de resíduos orgânicos em húmus. Dele participam diversos tipos de microrganismos e também vermes como a minhoca.

Na vermicompostagem, as minhocas são usadas para digerir matéria orgânica, melhorando o arejamento e a drenagem do material. O habitat natural ideal para as minhocas é, em geral, aquele apresentado pelos solos úmidos, porosos, fofos, nitrogenados, ligeiramente alcalinos, que contenham reservas de nutrientes formados pela decomposição de vegetais ou de outros materiais. Bastam-lhes 3 mg/L de O₂ para que vivam e proliferem. Preferem temperaturas entre 12 °C e 25 °C. Em solos encharcados, fogem para a superfície, não pela presença excessiva de água, mas pela falta de oxigênio; o CO₂ liberado não consegue dissipar-se no exterior devido à camada líquida que o retém.

As minhocas são animais:

- A monoicos, que realizam autofecundação e possuem desenvolvimento direto.
- B dioicos, que realizam fecundação cruzada e possuem desenvolvimento indireto.
- C monoicos, que realizam autofecundação e possuem desenvolvimento indireto.
- D dioicos, que realizam fecundação cruzada e possuem desenvolvimento direto.
- E monoicos, que realizam fecundação cruzada e possuem desenvolvimento direto.

- 10 Unioeste 2018** Em uma viagem à Espanha, Ana foi a um típico restaurante e pediu um prato de Paella, muito tradicional na região. Gostou tanto do sabor que, ao voltar para o Brasil, resolveu fazer a receita para a sua família. Ao pesquisar na internet, encontrou a seguinte receita:

Paella tradicional - Ingredientes

- 1 kg de polvo
- 1 kg de lula
- 2 kg de mexilhões
- ½ kg de camarão médio
- ½ kg de arroz
- 400 g de pimentões
- 400 g tomates
- Sal, pimenta, azeite e açafrão a gosto.

Assim, pode-se dizer que esta receita

- A tem como ingredientes representantes dos filos Mollusca e Arthropoda.
- B tem como ingredientes apenas crustáceos e moluscos cefalópodes.
- C tem como ingredientes apenas moluscos bivalves e crustáceos.

- D tem como ingredientes moluscos gastrópodes e bivalves, além de crustáceos.
 E tem como ingredientes apenas representantes do filo Mollusca.

- 11 Unesp** Considere as seguintes características de um determinado animal: hermafroditismo, celomado, pulmão simples, um par de nefrídios, dois pares de tentáculos sensoriais, glândula pedal secretora de muco e rádula.
- A que classe pertence o animal que apresenta todas as características descritas? Cite um exemplo.
 - Qual é a função do muco secretado pela glândula pedal? Cite uma classe, do mesmo filo, onde esta glândula não existe.

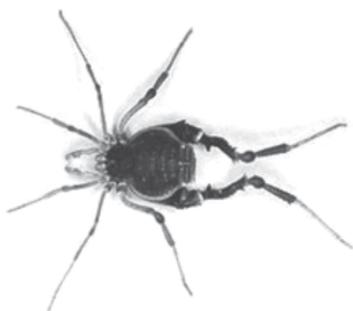
- 12 Unitau 2018** Invertebrados são animais multicelulares que não desenvolveram a coluna vertebral. Representam uma porção muito importante da biota em todos os ecossistemas, relacionando-se com diversos processos biológicos e participando de inúmeras interações ecológicas. Dentre os diversos filios de invertebrados, podemos reconhecer características exclusivas de determinados grupos, as sinapomorfias, como:
- rádula;
 - exoesqueleto;
 - cnidócito;
 - sistema hidrovacular.

Assinale a alternativa que relaciona CORRETAMENTE a sinapomorfia com seu respectivo grupo animal.

- I. Platyhelminthes; II. Arthropoda; III. Porifera; IV. Mollusca
- I. Annelida; II. Arthropoda; III. Nematoda; IV. Cnidaria
- I. Rotifera; II. Arthropoda; III. Porifera; IV. Annelida
- I. Porifera; II. Arthropoda; III. Echinodermata; IV. Platyhelminthes
- I. Mollusca; II. Arthropoda; III. Cnidaria; IV. Echinodermata

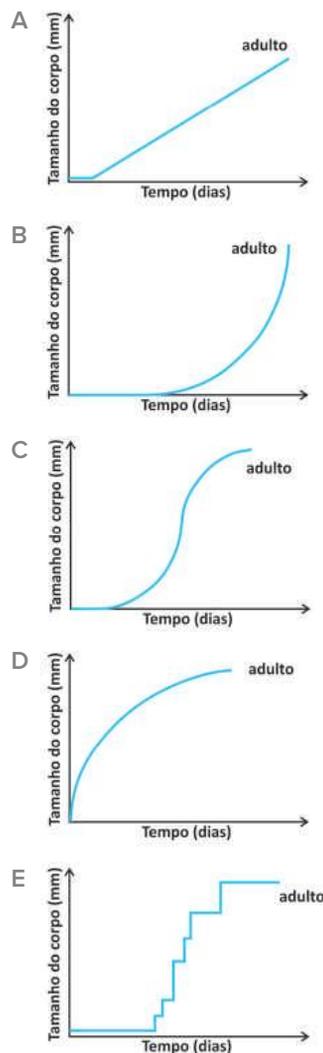
- 13 Unesp** O camarão e a abelha são animais pertencentes ao mesmo filo, embora separados em classes distintas. Cite:
- duas características que permitam agrupá-los no mesmo filo.
 - duas características que os separam em classes distintas.

- 14 Fuvest** A figura mostra um artrópode.



- A que grupo de artrópodes pertence esse animal? Cite uma característica observável na figura e que permite chegar a essa conclusão.
- Em algumas espécies desse grupo, os machos cuidam dos ovos. Em experimentos laboratoriais, quando fêmeas foram colocadas em situação de escolha de um macho para cópula, elas escolheram aqueles que estavam cuidando de ovos. Qual seria a vantagem adaptativa desse comportamento de escolha de machos cuidadores de ovos?

- 15 Fuvest 2020** Qual das curvas representa o crescimento de um inseto hemimetábolo, desde seu nascimento até a fase adulta?



- 16 UFRGS 2019** Assinale com V (verdadeiro) ou F (falso) as afirmações abaixo, referentes aos artrópodes.
- As centopeias apresentam corpo dividido em cabeça e tronco.
 - Os insetos têm três pares de pernas e dois pares de antenas.
 - Os escorpiões são aracnídeos que inoculam sua peçonha através dos ferrões das quelíceras.
 - Os crustáceos geralmente têm corpo dividido em cefalotórax e abdome e um par de antenas.

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

- A V – F – F – F. D V – F – V – V.
B F – V – F – V. E V – F – F – V.
C F – V – V – F.

- 17 PUC-PR** Após várias aulas teóricas de zoologia, o professor propõe a seguinte prática, muito comum em diversos colégios: no laboratório, são distribuídos vários animais (alguns vivos, outros conservados) nas equipes ou bancadas e é solicitado aos alunos que os classifiquem em seus respectivos grupos.

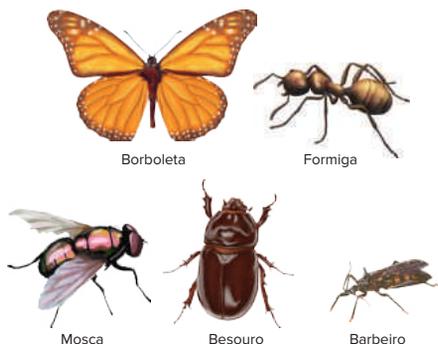
A seguir estão os resultados de algumas equipes.

- Equipe 1:
 - animais com concha e moles = Filo MOLLUSCA;
 - animais segmentados e com exoesqueleto quitinoso = Filo ARTHROPODA;
 - animais com poros e espículas no esqueleto = filo PORIFERA
- Equipe 2:
 - animais com endoesqueleto calcário e espinhos = filo CHORDATA;
 - animais com formato de pólipo e tentáculos = filo COELENTERATA;
 - animais invertebrados com patas articuladas = filo ARTHROPODA
- Equipe 3:
 - animais com cabeça, pé muscular e massa visceral = filo CEPHALOPODA
 - animais com vértebras e crânio calcários = filo CHORDATA
 - animais com corpo dorso-ventralmente achatados = filo PLATYHELMINTHES

Assinale a alternativa correta.

- A Apenas as equipes 2 e 3 classificaram os animais corretamente.
B Apenas a equipe 3 classificou os animais corretamente.
C Apenas a equipe 2 classificou os animais corretamente.
D Apenas as equipes 1 e 3 classificaram os animais corretamente.
E Apenas a equipe 1 classificou os animais corretamente.

- 18 PUC-PR** Na ilustração, estão representados cinco insetos. Considerando a ordem a que cada inseto pertence, assinale a alternativa em que os cinco insetos se encontram corretamente classificados.



- A Hemiptera – borboleta;
Hymenoptera – mosca;
Lepidoptera – formiga;
Coleoptera – besouro;
Diptera – barbeiro.
B Hemiptera – formiga;
Hymenoptera – barbeiro;
Lepidoptera – besouro;
Coleoptera – borboleta;
Diptera – mosca.
C Hemiptera – barbeiro;
Hymenoptera – formiga;
Lepidoptera – borboleta;
Coleoptera – besouro;
Diptera – mosca.
D Hemiptera – barbeiro;
Hymenoptera – formiga;
Lepidoptera – borboleta;
Coleoptera – mosca;
Diptera – besouro.
E Hemiptera – formiga;
Hymenoptera – barbeiro;
Lepidoptera – mosca;
Coleoptera – besouro;
Diptera – borboleta.

- 19 UnitaU 2019** O Censo da Vida Marinha, estudo publicado em 2010, revelou que os oceanos são praticamente dominados pelos crustáceos, que representam 19%, ou um quinto, da vida marinha. É interessante notar que os artrópodes, além de serem os reis da terra (insetos) são também os senhores dos mares (crustáceos).

Disponível em: <https://educacao.uol.com.br/disciplinas/biologia/crustaceos-os-senhores-do-mar>. Adaptado.

Os crustáceos podem ser diferenciados dos demais artrópodes pela presença de algumas características exclusivas, as sinapomorfias, que não são verificadas em outros animais desse mesmo filo.

Assinale a alternativa que reúne apenas as características dos crustáceos.

- A quelíceras; 1 par de antenas; 4 pares de patas no tronco.
B pedipalpos; antenas ausentes; corpo dividido em cefalotórax e abdome.
C mandíbulas; 2 pares de antenas; 2 pares de patas em cada segmento do tronco.
D mandíbulas; 1 par de antenas; corpo dividido em cefalotórax e abdome.
E quelíceras ausentes; 2 pares de antenas, apêndices primitivamente birremes.

- 20 Furg** Com relação ao filo dos Artrópodes, pode-se afirmar que:

- I. são animais que apresentam apêndices articulados, exoesqueleto rígido e sistema circulatório fechado.
- II. nos crustáceos, o exoesqueleto pode sofrer impregnação de sais de cálcio.

- III. os insetos são mandibulados e caracterizam-se pela presença de três pares de apêndices locomotores.
- IV. os aracnídeos são mandibulados e caracterizam-se pela presença de quatro pares de apêndices locomotores.
- V. a principal característica dos crustáceos é apresentar um par de antenas e dois pares de mandíbulas.
- VI. nos insetos, a respiração é traqueal e os túbulos de Malpighi realizam a excreção.

Assinale a alternativa correta.

- A I, II, IV e V estão corretas.
- B II, III e IV estão corretas.
- C III, IV, V e VI estão corretas.
- D IV, V e VI estão corretas.
- E II, III e VI estão corretas.

21 UFPel Os artrópodes constituem o mais numeroso grupo animal existente na Terra: de cada quatro animais, três são artrópodes. O nome desse filo deriva do fato de todos os animais pertencentes a esse táxon possuírem pernas articuladas, assim como as demais extremidades, representadas pelas antenas e peças bucais.

Com base no texto e em seus conhecimentos, é correto afirmar em relação aos artrópodes que:

- A os insetos apresentam corpo dividido em cabeça, tórax e abdome. Possuem um par de antenas na cabeça, três pares de pernas no tórax e podem ou não ter asas.
- B os equinodermos são animais acelomados, triblásticos e cujas características se aproximam dos cordados por serem protostômios.
- C os aracnídeos apresentam, geralmente, seu corpo dividido em cefalotórax e abdome, um par de antenas, quatro pares de pernas no abdome e quelíceras.
- D os crustáceos possuem um exoesqueleto quitinoso, dois pares de antenas na região cefálica, dois olhos compostos e geralmente pedunculados e, ao redor da boca, dois pares de mandíbulas.
- E os diplópodes, como o piolho-de-cobra, possuem corpo dividido em cabeça e tronco, dois pares de patas por segmento do tronco, dois pares de antenas e um par de mandíbulas.

22 Unimontes 2015 O quadro abaixo apresenta características de alguns filos animais. Analise-o.

| Sistemas | Características | | | |
|-----------------------------|---|---|---|--|
| | I | II | III | IV |
| Sistema circulatório | Aberto ou lacunar | Fechado | Aberto | Reduzido ou Ausente |
| Sistema nervoso | Três ou quatro pares de gânglios nervosos conectados a nervos que se distribuem por todo o corpo. | Uma cadeia nervosa ventral com um par de gânglios por segmento. | Gânglios cerebrais desenvolvidos, uma cadeia nervosa ventral com pares de gânglios dispostos sequencialmente. | Um anel nervoso em torno da boca, de onde partem nervos radiais. |
| Sistema respiratório | Presente, brânquias e pulmões. | Presente, branquial e cutânea. | Presente, branquial, traqueal, pulmonar e filotraqueal. | Quando presente, é reduzido do tipo branquial. |

Assinale a alternativa que apresenta a sequência CORRETA para I, II, III e IV respectivamente.

- A Nematelmintos, celenterados, artrópodes e moluscos.
- B Anelídeos, celenterados, moluscos e poríferos.
- C Moluscos, anelídeos, artrópodes e equinodermos.
- D Poríferos, moluscos, equinodermos e anelídeos.

23 Fac. Direito de São Bernardo do Campo 2018 Considere o texto a seguir.

O estudo das larvas de moscas encontradas em cadáveres fornece informações que podem ajudar os peritos e médicos legistas a esclarecerem as circunstâncias da morte, aponta pesquisa da Faculdade de Medicina da USP (FMUSP), em conjunto com o Instituto Adolfo Lutz. O trabalho dos pesquisadores demonstra que os insetos podem servir como marcadores do local em que a morte ocorreu. Resultados preliminares de experimentos com animais indicam que substâncias como cocaína e chumbinho (veneno para ratos) têm efeitos diferentes no desenvolvimento das larvas, o que também pode auxiliar no trabalho de perícia.

Fonte: Jornal da USP – Ciências Biológicas – 02/09/2016

A possibilidade de estudos como o descrito no texto acima resulta do fato de as moscas

- A serem insetos holometábolos, cujas larvas têm hábito saprófago.
- B serem insetos hemimetábolos, cujas ninfas têm forma larval.
- C serem artrópodes hexápodes, com exoesqueleto quitinoso.
- D serem artrópodes dípteros, com um par de antenas e olhos compostos.

Frete 1

Capítulo 1 – Organização dos seres vivos e noções de bioenergética

Revisando

1. É o conjunto de todos os ecossistemas do planeta.
2. D
3. É o conjunto de todos os seres vivos de um ambiente. Também é conhecida como fatores biótico, biocenose ou cenobiose.
4. Um ecossistema apresenta fatores bióticos (correspondem aos componentes com vida, ou seja, os seres vivos) e abióticos (como luz, água, temperatura e gases). O termo *biótopo* (conjunto de condições físicas e químicas que caracterizam um ecossistema ou bioma) é empregado para os fatores abióticos do meio.
5. B
6. A
7. Metabolismo é o conjunto de reações químicas responsáveis pela manutenção da vida.
8. Núcleo: contém o material genético. Membrana plasmática: é responsável pelas trocas.
9. Citosol e orgânulos.
10. Retículo endoplasmático liso e retículo endoplasmático rugoso.
11. Fotossíntese: cloroplastos. Síntese de proteínas: ribossomos e retículo endoplasmático rugoso.
12. Secreção é a liberação de substâncias úteis, por uma célula, para o meio externo ou outras células. Ela é realizada pelo complexo golgiense.
13. D
14. Parede celular e cloroplastos.
15. Núcleo.
16. $6 \text{ CO}_2 + 12 \text{ H}_2\text{O} + \text{luz} \rightarrow \text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6 + 6 \text{ O}_2 + 6 \text{ H}_2\text{O}$
17. Autótrofos são organismos capazes de produzir matéria orgânica a partir de matéria inorgânica, enquanto heterótrofos são incapazes de fazer esse processo, obtendo energia de fontes externas.
18. A fotossíntese transforma matéria inorgânica em orgânica com o uso de energia luminosa, enquanto a quimiossíntese utiliza como fonte de energia alguma reação de oxidação.
19. ATP é a abreviação de adenosina trifosfato, que tem papel de acumulador temporário de energia no organismo.
20. A respiração aeróbia consome oxigênio e produz mais energia por molécula de glicose degradada. Como exemplo, podemos citar a fermentação láctica e a alcoólica.

Exercícios propostos

1. B
2. C
3. B
4. B
5. A
6. Soma: $02 + 08 = 10$
7. A
8. D
9. C
10. D
11. D
12. B
13. B
14. E
15. A
16. O metabolismo energético de fungos pode envolver a fermentação alcoólica, que gera o álcool etílico, componente da cerveja e do vinho.
17. I é a fotossíntese, realizada no cloroplasto. O processo II é a respiração aeróbia, realizado nas mitocôndrias.

Exercícios complementares

1.
 - a) Comunidade
 - b) Ecossistema
2. Soma: $04 + 16 = 20$
3. E
4. D
5. Soma: $02 + 16 = 18$
6. D
7. Os vírus têm por característica invadir as células parasitando-as para assim utilizar a sua maquinaria para se reproduzir. As enzimas utilizadas em engenharia genética para manipulação dos vírus são a de restrição e a outra, conhecida como ligase.
8. E
9.
 - a) A quantidade de gás carbônico liberada na queima de etanol será absorvida pela fotossíntese no plantio da cana-de-açúcar, o que é inviável no caso dos combustíveis fósseis.
 - b) O processo biológico é a fermentação alcoólica, que também produzirá o gás carbônico.
10.
 - a) Pode realizar respiração aeróbia na presença de O_2 ou fermentação na ausência desse gás.
 - b) Quando realiza respiração aeróbia, a atividade metabólica é maior, devido à maior liberação de energia.

11. Soma: $01 + 04 + 08 = 13$
12. B

Capítulo 2 – Noções de material genético e núcleo

Revisando

1. DNA, carioteca, cariolinfa e nucléolo.
2. Intérfase
3. São as cromátides, e são unidas pelo centrômero.
4. DNA com proteínas associadas.
5. 1 Replicação;
2 Condensação;
3 Separação das cromátides;
4 Descondensação.
6. Gametas são haploides e células somáticas são diploides.
7. São cromossomos que têm mesma forma e tamanho.
8. São variantes de um gene que ocupam o mesmo *locus*.
9. D
10. São alterações no material genético.
11. Em células germinativas, pois elas vão dar origem a gametas.
12. Não, mutações ocorrem espontaneamente ou são induzidas por agentes ambientais ou químicos.

Exercícios propostos

1. E
2. B
3. Não. Bactérias são procariontes: não possuem carioteca, mas apresentam DNA.
4. B
5. E
6. A
7. C
8. C
9. A
10. E
11. Soma: $01 + 08 = 09$
12. D
13. E
14. B
15. B
16. B
17. C
18. E
19. Os poros permitem o tráfego de moléculas entre o núcleo e o citoplasma. A parede celular, composta principalmente de celulose, tem como funções a proteção e a estruturação da célula.

Exercícios complementares

- Soma: $01 + 04 = 05$
- B
- 3.
- a) A imagem apresenta a prófase I onde haverá a troca de fragmentos entre as cromátides-irmãs.
- b) Na metáfase I vai ocorrer o emparelhamento dos cromossomos homólogos na região mediana da célula, o que caracteriza essa fase. As diferentes combinações ocorrem porque o emparelhamento acontece ao acaso.
- C
- Soma: $04 + 32 = 36$
- O nucléolo é um reservatório de RNA ribossômico, matéria-prima para a síntese dos ribossomos. Esses organelos são os responsáveis pela produção das proteínas celulares. Sem o nucléolo não há ribossomos disponíveis para a síntese proteica.
- B
- D
- O núcleo contém o material genético, que é o responsável pelo controle de todas as atividades celulares.
- 10.
- a) As células somáticas dos mamíferos somadas aos cromossomos sexuais resultarão 26 cromossomos. Os óvulos e os espermatozoides têm como característica ser haploides, apresentando 13 cromossomos, sendo que metade das células somáticas são diploides.
- b) Nesse caso, o cariótipo ocorre no macho por apresentar os cromossomos de tamanhos diferentes, sendo eles o X e o Y.
- c) Se os gametas dispõem de 13 cromossomos, eles têm 13 moléculas de DNA cromossômico.

Capítulo 3 – Divisão celular: mitose e meiose

Revisando

- Mitose é o processo no qual uma célula-mãe forma duas células-filhas. Em razão de as células originadas apresentarem a mesma quantidade de DNA da célula que lhes deu origem, esse processo é denominado divisão equacional.
- A
- Câncer ocorre quando a célula perde o controle do seu ciclo reprodutivo e começa a se reproduzir descontroladamente.
- G1, S e G2. Acontece em S.
- Prófase, metáfase, anáfase e telófase. É a divisão do citoplasma que ocorre na telófase.
- Prófase: início da condensação; metáfase: cromossomos localizados na região mediana da célula; anáfase: separação

das cromátides (com a formação dos cromossomos-irmãos); telófase: reconstrução do núcleo.

- A
- É um processo de divisão celular que produz células com metade da ploidia da célula-mãe. Nos animais, gera gametas e nos vegetais, esporos.
- C
- Equacional; ocorre a separação das cromátides-irmãs.
- Segregação independente e *crossing-over*.
- Célula germinativa (2n), gônia (2n), cito I (2n) e cito II (n).
- B
- As outras três células (corpúsculos polares) degeneram, restando um óvulo funcional.

Exercícios propostos

- D
- D
- D
- C
- C
- A
- E
- B
- V; V; F; V; V
- B
- A mitose será interrompida na metáfase, pois até essa fase os principais eventos da divisão ocorrem independentemente do fuso.
- A
- C
- E
- E
- B
- D
- B
- B
- D
- E
- D
- D
- A
- C
- B
- 27.
- a) I: Prófase I
II: Metáfase I
III: Anáfase I
IV: Prófase II
V: Metáfase II
VI: Telófase II
- b) Considerar dois dos seguintes eventos:
– *crossing-over* (ou permuta); ruptura (ou

quebra) casual entre cromátides e troca do material gênico entre as cromátides homólogas; ocorre na prófase I;

- separação aleatória dos cromossomos homólogos na meiose I: os cromossomos não seguem um padrão de separação.
- D
 - Soma: $02 + 04 + 16 + 64 = 86$
 - D
 - D
 - a) A – Metáfase da mitose, porque os quatro cromossomos constituídos por duas cromátides cada, não pareados, ocupam o equador do fuso mitótico.
B – Metáfase II da meiose, porque os cromossomos não são homólogos, estão duplicados e dispostos na região equatorial do fuso.
C – Metáfase I da meiose, porque os quatro cromossomos estão duplicados, dispostos na placa equatorial e os homólogos estão pareados.
 - b) A seta indica a região do centrômero, estrutura responsável pela fixação do cromossomo nas fibras do fuso acromático, também responsável pelo deslocamento dos cromossomos-filhos para os polos opostos da célula.
 - A
 - A
 - Incorreta, 1 terá maior variabilidade devido à permutação.
 - 35.
 - a) Os animais têm $2n = 63$ cromossomos, porque são resultantes da união de espermatozoide, com $n = 31$ cromossomos, e óvulo, com $n = 32$ cromossomos.
 - b) Os cromossomos são de 2 espécies diferentes e, portanto, não ocorre pareamento dos chamados cromossomos homólogos, impossibilitando a meiose e a gametogênese.
 36. Trata-se do *crossing-over*. Cromossomos homólogos podem apresentar trocas de segmentos, aumentando a variabilidade genética na espécie.
 - C
 - Apenas 2, já que os gametas são inviáveis e sua reprodução envolve apenas mitose.
 - C
 - E
 - C
 - 42.
 - a) Durante o período G1 da intérfase, a célula-mãe possui dois alelos, sendo genotipicamente Aa. No período S, a célula apresentará duas cópias de cada alelo (AA e aa). Ao final do processo mitótico, formam-se duas células-filhas. Em cada uma ocorrerão dois alelos (Aa).
 - b) Fase I: células haploides com o cromossomo duplicado (AA e aa). Fase II: células haploides com cromossomo simples (A, A, a e a).

43. C
 44. A
 45. O processo A corresponde à mitose, B é a meiose I e C representa a meiose II. A espermatogênese gera quatro células viáveis e a ovulogênese apenas uma.
 46. C

Exercícios complementares

1.
 a) A quantidade de cromossomos presente na prófase da mitose é 46 em células somáticas (2n). Portanto, como os cromossomos duplicados são formados por 2 cromátides constituídas por 2 moléculas de DNA, o resultado será 92 cromátides irmãs e 92 fitas de DNA.
 b) O processo de meiose é reducional. Sendo assim, depois desse processo, haverá metade dos cromossomos nas células, que se tornam (n) e dão origem a quatro células-filhas com 23 cromossomos, 23 cromátides e 23 moléculas de DNA cromossômico.
 c) As combinações possíveis de genótipos para os gametas que serão formados são quatro: AB, Ab, aB e ab. Cada gameta humano apresenta um lote cromossômico (n) de 23 cromossomos.
 2. C
 3.
 a) O crescimento mais expressivo da célula ocorre na fase G1, quando há intensa atividade celular, com a produção de RNA, proteínas e organelas celulares. A fase em que se pode verificar a máxima condensação dos cromossomos é a metáfase.
 b) Na fase S ocorre a duplicação do DNA, gerando as células-filhas. Para se formar um embrião com 16 células serão necessárias quatro mitoses a partir do zigoto.
 4.
 a) Metáfase, porque a colchicina impede a associação das subunidades de tubulina que formam o fuso mitótico, sem afetar a separação das cromátides.
 b) A célula tratada com colchicina passa a ter o dobro do número de cromossomos. Isso acontece porque há replicação do material genético na intérfase e ocorre duplicação do centrômero na metáfase. Assim, a célula fica com o dobro do número de cromossomos que apresentava no início do ciclo celular.
 5.
 a) No painel B é possível notar o efeito do nocodazol, que paralisa a divisão celular durante a metáfase, interferindo na polimerização dos microtúbulos que formam as fibras dos fusos que separam as cromátides-irmãs nessa fase.
 b) Como na meiose o DNA será reduzido pela metade, evento conhecido como divisão reducional, o grupo A, cuja quantidade de DNA é 40, passará a ter 20 nesse processo meiótico.

6.
 a) A gametogênese representada na figura ocorre nos testículos. Ela é caracterizada pela meiose reducional, em que ocorre a espermatogênese, ou seja, a formação dos espermatozoides.
 b) As diferenciações formam o acrossomo e o flagelo.
 7. Soma: $02 + 16 = 18$
 8. A
 9. Soma: 01
 10.
 a) Existem 12 moléculas. Cada cromossomo é formado por 2 cromátides, cada uma representando 1 molécula de DNA. Como a célula apresenta 6 pares de cromossomos, a quantidade de moléculas de DNA presente nas células-irmãs será o dobro, ou seja, 12.
 b) O critério utilizado é a posição do centrômero e a observação das recombinações gênicas. Esta fase é a anáfase I, importante para a segregação independente dos pares de cromossomos que se alinharão na região equatorial do fuso, resultando em maior variabilidade genética.
 11. D

Capítulo 4 – A geração de vida e o método científico

Revisando

- É a teoria que diz que um ser vivo só pode ser proveniente de outro ser vivo.
- É a teoria, sem excluir a biogênese, que diz que um ser vivo pode ter origem em algo não vivo.
- O princípio ativo era a força que transformava algo não vivo em algo vivo.
- Pasteur, com seus experimentos em frascos “pescoço de cisne”.

Exercícios propostos

- B
- B
- C
- C
- C
- E

Exercícios complementares

- E
- C
- a) A teoria que o experimento de Needham reforçou foi a abiogênese que defendia a origem da vida a partir de matéria bruta.
 b) O frasco aberto foi importante para refutar a teoria da abiogênese que acreditava que a força vital que vinha do ar não tinha como dar origem à vida caso o frasco estivesse fechado. Porém, com o experimento de Pasteur, que demonstrava que

os micro-organismos ficavam na curva do pescoço de cisne, ficou comprovado que seres vivos surgiram de outros existentes.

- D
- D
- A
- D
- A
- D

Capítulo 5 – Composição química dos seres vivos

Revisando

- Substâncias inorgânicas (água e sais minerais) e substâncias orgânicas (carboidratos, lipídeos, proteínas, ácidos nucleicos e vitaminas).
- Solvente, meio para reações, transporte e controle térmico.
- A quantidade de água é diretamente proporcional à atividade metabólica dos tecidos e inversamente proporcional à idade do organismo.
- A água é componente do sangue e do suor nos animais e da seiva nos vegetais.
 5. B
 6. C
 7. Seguindo a ordem da coluna B, as respostas são V, I, III, IV e II.
 8. Monossacarídeos, dissacarídeos e polissacarídeos.
 9. Ribose, encontrada no RNA, e desoxirribose, encontrada no DNA.
 10. Glicose, frutose e galactose.
 11. Sacarose → Glicose e frutose
 Maltose → 2 glicoses
 Lactose → Glicose e galactose
 12. Amido: reserva energética vegetal;
 Glicogênio: reserva energética animal;
 Quitina: componente da parede celular de fungos e do exoesqueleto de artrópodes;
 Celulose: componente da parede celular de vegetais.
 13. Glicerídeos (óleos e gorduras): Reserva energética, amortecedor de impacto, isolamento térmico e fluidez.
 Ceras: Impermeabilização de estruturas.
 Fosfolipídeos: Componentes da membrana plasmática e de membranas de organelas.
 Esteroides: Função estrutural e de sinalização.

Exercícios propostos

- C
- C
- A
- C

5. C
6. D
7. C
8. E
9. E
10. C
11. B
12. B

Exercícios complementares

1. D
2. Soma: $04 + 08 = 12$
3. B
4. C
5. D
- 6.
- a) Com base na tabela, o alimento que pode substituir o feijão em um período de escassez é a soja, pois apresenta quantidade de aminoácidos essenciais aos humanos e semelhante à da composição do feijão.
- b) O arroz é composto de amido que, durante o processo de digestão e através de processos enzimáticos, se transformará em glicose (amido \rightarrow maltose \rightarrow glicose). Esta, por sua vez, será absorvida pelos microvilos intestinais com destino à corrente sanguínea, aumentando a glicemia do indivíduo. Para que ela baixe, a glicose precisa entrar nas células por meio da ação da insulina, mas indivíduos com diabetes tipo 2 produzem esse hormônio em quantidade insuficiente ou não o empregam adequadamente, por isso o consumo de alimentos que elevam a glicemia deve ser orientado por um profissional da saúde.
7. A
8. B
9. E
10. B
11. C

Frente 2

Capítulo 1 – Evolução: conceitos e evidências

Revisando

1.
 - a) Fixismo
 - b) Evolucionismo
2.
 - a) Evolucionismo
 - b) Fixismo
3. Fósseis são restos ou vestígios preservados de seres vivos de épocas remotas.
4. Semelhanças anatômicas (de estruturas corpóreas), semelhanças embrionárias (no desenvolvimento do embrião) e semelhanças bioquímicas (semelhança entre macromoléculas como o DNA).

5. São estruturas que perderam praticamente toda sua função em uma espécie ao longo da evolução; são normalmente bastante reduzidas, quando comparadas a espécies nas quais a estrutura ainda mantém função.
6. Lei do uso e desuso e lei da transmissão dos caracteres adquiridos.
7. Necessidade.
8. Seleção natural. Alfred Russel Wallace.
9. Seleção artificial.
10. Seleção sexual.
11. No lamarckismo, o ambiente gera necessidades e induz a ocorrência de adaptações, enquanto no darwinismo o ambiente seleciona os mais adaptados.
12. Teoria sintética da evolução. Ela explica a origem da variabilidade, por meio da genética.

Exercícios propostos

1. E
2. Soma: $02 + 08 = 10$
3. Soma: $01 + 02 + 04 = 07$
4. E
5. C
6. C
7. B
8. C
9. C
10. A
11. A
12. B
13. D
14. A
15. C
- 16.
- a) Seleção natural. Os seres vivos mais adaptados vencem a competição pelos recursos do meio e deixam maior número de descendentes.
- b) Vertebrados capazes de delimitar e defender seu território conseguem se acasalar com maior número de fêmeas.
17. D
18. Os vírus atuaram como fator de seleção natural; apenas os gatos geneticamente resistentes sobreviveram e deixaram mais descendentes. Com o tempo, a população ficou constituída predominantemente por indivíduos resistentes e voltou a crescer.
19. C
20. D
21. A
22. C
23. B
24. C

25.
 - a) Mutações aleatórias geraram bactérias que metabolizam lactose, que foram selecionadas pelo meio.
 - b) No intervalo X, a maioria das bactérias da cultura B morre, já que só conseguem metabolizar glicose. As bactérias mutantes, que metabolizam lactose, são selecionadas e multiplicam-se após esse intervalo.
26.
 - a) As bactérias, ao perceberem o meio inóspito, se adaptam para sobreviver.
 - b) O antibiótico selecionou as bactérias resistentes que já existiam, eliminando as sensíveis.
27. D
28. As borboletas escuras se adaptaram melhor ao ambiente escurecido pela fuligem. As variedades claras são alvos mais fáceis de seus predadores quando pousadas sobre um fundo escuro.
29. E
30. C
31. D

Exercícios complementares

1. Semelhanças bioquímicas, anatômicas, embriológicas e outras indicam o grau de parentesco entre os seres vivos, o que contribui para reconstruir a história evolutiva dos seres vivos atuais.
2. D
3. C
4. D
5. E
6. A seleção natural atua sobre a variabilidade da espécie, eliminando os indivíduos menos aptos; sobrevivem e se reproduzem os indivíduos mais adaptados da espécie.
7. C
8.
 - a) Em um primeiro momento, a utilização do carrapaticida eliminou 97% da população de carrapatos, o que comprova a eficácia inicial da substância utilizada. No entanto, com o passar do tempo, a taxa de mortalidade dos carrapatos sensíveis foi gradualmente diminuindo à medida que os resistentes eram selecionados e aumentavam em número. Isso explica o retorno do crescimento da população após o fim do experimento.
 - b) A utilização de um novo carrapaticida com eficiência comprovada poderia, em um primeiro momento, elevar novamente a taxa da mortalidade na população de carrapatos devido à sensibilidade inicial destes organismos.
9. É provável que Lamarck explicasse a condição de cegueira destes animais pelo fato de eles viverem em ambientes escuros, o que tornava desnecessária

a utilização da visão (lei do uso ou desuso). Por outro lado, a Teoria Sintética da Evolução explica que a variabilidade de tuco-tucos é consequência de mutações, recombinações e outros fatores evolutivos. Com o surgimento de tuco-tucos cegos, foram selecionados indivíduos que apresentavam características que favoreciam a sobrevivência em ambientes com pouca luz, como, possivelmente, a audição e o olfato, em detrimento da visão.

10. A frase 1 é lamarkista porque sugere que os gafanhotos se tornaram verdes pela necessidade de viver na grama. A frase 2 é darwinista porque indica que os gafanhotos verdes levam vantagem sobre os de outras cores. Estes seriam eliminados pelos predadores.
11. Segundo Lamarck, os seres vivos se adaptam de acordo com a necessidade imposta pelo meio. Desse modo, o uso de uma estrutura faz com que ela se desenvolva, e o desuso promove sua atrofia. A aquisição de uma característica, por sua vez, é passada para as gerações futuras (lei da transmissão dos caracteres adquiridos). Por outro lado, o neodarwinismo é resultado da junção da teoria da seleção natural com mecanismos genéticos usados para explicar as variações em uma população. Entre estes, destacam-se as mutações aleatórias que favorecem a melhor adaptação às mudanças ambientais. Indivíduos mais aptos são naturalmente selecionados e transmitem seus genes aos descendentes.
- 12.
13. C
14. a) Os coelhos foram submetidos a um processo de seleção natural, ou seja, foram eliminados os animais sensíveis e preservados os resistentes, que puderam recuperar o tamanho da população.
b) Os mosquitos vetores contribuíram para a sobrevivência dos coelhos transmitindo entre os indivíduos dessa população formas atenuadas do vírus mixoma.
15. C
16. C
17. Soma: $01 + 02 + 32 = 35$
18. A
19. B

20.

- a) As mutações estão relacionadas com a evolução biológica porque originam novas versões de genes (variabilidade gênica), que podem levar a novas características. Os mutantes são submetidos à seleção natural, caso sejam adaptados podem sobreviver e se reproduzir no ambiente.
 - b) Raios X podem provocar mutações nas células germinativas das gônadas, que produzem os gametas, provocando alterações genéticas que poderão ser transmitidas para os descendentes.
21. B
 22. E
 23. A proposição de Anaximandro pode ser genericamente comparável à de Lamarck: os órgãos e estruturas dos seres vivos se desenvolvem ou se atrofiam em função da influência ambiental e do uso ou desuso desses órgãos. A proposição de Empédocles antecipou os princípios fundamentais da teoria da seleção natural de Darwin: ocorrem alterações nos seres vivos, mas apenas os organismos modificados que são mais aptos sobrevivem e se reproduzem.

Capítulo 2 – Evolução

Revisando

1. Espécie é um grupo de indivíduos semelhantes, com capacidade real ou potencial de cruzamento, resultando na formação de descendentes férteis.
2. Existe o isolamento pré-zigótico e pós-zigótico.
3. Espécies simpátricas vivem no mesmo ambiente; pertencem, portanto, à mesma comunidade biológica. Espécies alopátricas vivem em ambientes diferentes; isso significa que estão em isolamento geográfico.
4. Isolamento geográfico – mutações – seleção natural – isolamento reprodutivo – formação de novas espécies.
5. Após o isolamento, surgem diferenças entre os grupos, porém não há isolamento reprodutivo entre eles.
6. Quando espécies apresentam aspecto diferente, pois estão adaptadas a ambientes diferentes, mas conservam semelhanças internas, já que são provenientes de um mesmo ancestral.
7. Diferentes ancestrais podem viver em um mesmo ambiente e são submetidos a pressões seletivas similares. Com o tempo, formam-se espécies que apresentam semelhanças externas (relacionadas às adaptações do mesmo ambiente).
8. Estruturas homólogas possuem a mesma origem embrionária; e análogas, a mesma função, porém com diferente origem e estrutura.
9. É quando uma espécie torna-se, ao longo da evolução, semelhante a uma espécie modelo.

10. Camuflagem, que torna os animais menos visíveis aos predadores ou presas.

Exercícios propostos

1. E
2. D
3. B
4. A
5. E
6. C
7. B
8. E
9. B
10. D
11. C
12. B
13. D
14. D
15. A
16. C
17. A
18. A
19. Soma: $04 + 08 + 16 = 28$
20. E
21. Exemplos de camuflagem que poderiam ser identificados no texto: borboletas cuja coloração se confundia com a dos troncos em que pousavam mais frequentemente; louva-a-deus e mariposas que se assemelhavam a folhas secas; bichos-pau semelhantes a gravetos. Vantagens dessas adaptações: o mimetismo e a camuflagem são fenômenos que oferecem proteção contra a predação, pois, mimetizando outro animal ou se confundindo com a paisagem (camuflagem), o organismo deixa de ser facilmente percebido pelo predador. Ao se camuflarem no ambiente ou se assemelharem a outras espécies, os animais podem ainda confundir a presa, passando despercebidos, e assim predarem mais facilmente.
22. C
23. E
24. E

Exercícios complementares

1. C
2. a) A Cordilheira dos Andes poderia ter sido o primeiro passo na separação de populações de uma mesma espécie, isto é, teria provocado o isolamento geográfico das populações de aranhas, impedindo o fluxo gênico.
b) Posteriormente, devem ter ocorrido mutações e pressões seletivas diferentes nessas populações. Assim, teria havido diversificação gênica entre elas, tornando-as cada vez mais diferentes no seu patrimônio genético, até que não conseguiriam mais se cruzar, ocorrendo, portanto, isolamento reprodutivo. Nesse estágio, elas seriam consideradas espécies distintas.

- 3.
- a) Houve especiação alopátrica, pois uma população inicial foi dividida em dois grupos através de uma barreira física, caracterizando o isolamento geográfico. Isso impediu a troca de genes entre os dois grupos.
- b) Com os dois grupos voltando a entrar em contato, seria necessário verificar se estão em isolamento reprodutivo: caso possam se cruzar e gerar descendentes férteis e normais, serão consideradas de uma mesma espécie; caso contrário, serão consideradas espécies distintas.
- 4.
- a) A sequência de fatos é: III, I e II.
- b) As diferenças genéticas observadas são o resultado de mutações, recombinações gênicas, combinações cromossômicas na formação de gametas e da fecundação, característica da reprodução sexuada. A seleção natural é a responsável pela fixação das características adaptativas.
- c) O isolamento reprodutivo impede o fluxo gênico entre os indivíduos das populações que, então, passam a constituir espécies diferentes.
5. As asas das aves e morcegos são órgãos homólogos, e as asas de insetos são órgãos análogos aos dos morcegos e aves. Estruturas homólogas têm mesma origem embrionária; estruturas análogas não têm a mesma origem embrionária, mas têm a mesma função.
6. D
7. C
8. Soma: $01 + 04 + 08 = 13$
- 9.
- a) Especiação alopátrica.
- b) A formação do Istmo do Panamá criou uma barreira geográfica, separando populações originalmente conectadas. Com o passar do tempo, o isolamento geográfico, seguido da interrupção do fluxo gênico e do acúmulo de diferenças genéticas nas populações separadas, resultou no isolamento reprodutivo e no surgimento de novas espécies.
10. Soma: $02 + 04 = 06$
11. B
- 12.
- a) O *P. portelli* e o peixe-boi-da-amazônia apresentam membros anteriores com organização anatômica semelhante, o que, possivelmente, indica uma mesma origem embrionária. Desse modo, tais estruturas são classificadas como homólogas. No entanto, ao longo da história evolutiva das espécies de peixe-boi atuais, foram selecionadas espécies capazes de sobreviver em ambientes de água doce, o que caracteriza um processo de divergência evolutiva.

- b) O fechamento do braço do mar resultou no isolamento geográfico de uma parte da população ancestral. Com o passar do tempo, o acúmulo de diferenças genéticas e o surgimento do novo ambiente de água doce fez com que as variedades de peixe-boi capazes de sobreviver na bacia do Rio Amazonas fossem selecionadas e aumentassem de número, à medida que se reproduziam.
13. Soma: $01 + 16 = 17$
14. O fenômeno da presença de cores vivas em animais venenosos é chamado aposematismo ou coloração de advertência. A predação destes animais é reduzida, uma vez que a coloração aposemática faz com que predadores reconheçam e evitem as espécies dotadas dessa combinação (sinalização e defesa química). As três espécies apresentam mimetismo mülleriano, uma vez que todas apresentam defesas químicas e, ao se copiarem, reforçam o padrão de advertência apresentado pelas demais.

Capítulo 3 – Fundamentos de Ecologia

Revisando

- O modo de vida de uma espécie em seu habitat constitui seu nicho ecológico.
- Não, já que o habitat é apenas a localização da espécie no ambiente. Seu papel seria mais bem descrito pelo nicho ecológico.
- É o ecótono, que apresenta condições próprias e pode apresentar, além de espécies dos dois ambientes, espécies exclusivas.
- Bioma é uma grande área com semelhanças em diversos aspectos, mas principalmente na vegetação e no clima.
- Produtores (autótrofos), consumidores e decompositores (bactérias e fungos).
- São organismos que se nutrem de células e tecidos mortos.
- Detritívoros são animais que se nutrem de detritos de matéria orgânica morta presente na forma de partículas, encontradas em excrementos de animais, folhas caídas no solo e animais em processo de decomposição.

Exercícios propostos

- B
- C
- D
- B
- C
- D
- D
- A
- V; V; V; V
- B

Exercícios complementares

- C
- a) A ilha não é habitada por duas populações de tentilhões. De acordo com a constatação 1, os tentilhões pertenciam a várias espécies distintas. Em outras palavras, existiam várias populações na ilha. Por outro lado, a constatação 2 permite concluir que os tentilhões na ilha ocupam dois diferentes habitats, sendo eles: a vegetação esparsa, próxima ao solo, e também o alto das árvores.

b) Não há competição por alimento entre os tentilhões. A constatação 3 indica que as espécies consumiam diferentes alimentos na ilha. Por outro lado, pode haver competição por espaço, uma vez que há espécies ocupando os mesmos ambientes.
- Soma: $02 + 04 = 06$
- a) Os fungos são organismos decompositores. Os urubus e as minhocas são organismos que se alimentam de matéria em decomposição.

b) Esses organismos são os responsáveis pela reciclagem dos nutrientes nos ecossistemas terrestres.
- E
- Soma: $02 + 04 + 08 = 14$

Capítulo 4 – Energia e matéria no ecossistema

Revisando

- Produtores, consumidores e decompositores.
- Pirâmides de números, biomassa ou energia. Apenas a de energia nunca é invertida.
- É a massa de um corpo sem considerar a quantidade de líquido presente no organismo.
- Ambientes aquáticos, pois a massa de fitoplâncton pode ser menor que a de zooplâncton. O fitoplâncton compõe o nível dos produtores e o zooplâncton constitui o nível dos consumidores primários.
- Restos (como fezes) e calor (dissipação na respiração).
- Vapor é formado pela evaporação de rios e lagos, bem como pela transpiração das plantas e por alguns processos metabólicos realizados pelos animais – respiração pulmonar, suor, fezes e urina. Esses processos eliminam água, que é posteriormente transformada em vapor; já a água líquida é formada pela condensação do vapor atmosférico.
- Nos oceanos, com cerca de 97,5% da água.
- Plantas obtêm água pela raiz e perdem por transpiração pelos estômatos e pela superfície da folha, além da exudação

e da fotossíntese. Animais obtêm água pela alimentação e perdem pela transpiração, excreção e fezes. A respiração celular também gera água.

9. Fotossíntese e quimiossíntese.
10. Pela decomposição e respiração.
11. Biocombustíveis, considerados renováveis, e combustíveis fósseis, que são não renováveis.
12. Produtores absorvem amônia (NH₃) e nitrato (NO₃⁻).
13. Aminoácidos e bases nitrogenadas.
14. Amonificação: produção de amônia por decomposição.
Nitrificação: conversão de amônia em nitrato por bactérias nitrificantes, processo que libera energia a ser utilizada na quimiossíntese.
Desnitrificação: conversão de nitrato em gás nitrogênio.
Fixação biológica: conversão do gás nitrogênio em amônia.
15. As bactérias do gênero *Rhizobium* se associam a raízes de leguminosas e se multiplicam formando nódulos. Essas estruturas presentes nas raízes de leguminosas abrigam grande quantidade de bactérias que realizam a fixação biológica do gás nitrogênio.

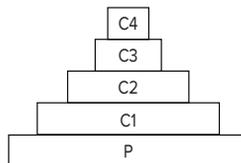
Exercícios propostos

1. D
2. A
3. Soma: 04 + 16 = 20
4. B
5. C
6. B
7. E
8. D
9. C
10. C
11. A
12. B
13. Soma: 01 + 02 + 04 = 07
14. B
15. A
16. A
17. B
18. B
19. E
20. E
21. C
22. A
23. D
24. D
25. C
26. A
27. C
28. A
29. B
30. C

31. A

Exercícios complementares

1.
 - a) Uma rede trófica é caracterizada por apresentar consumidores com alimentação variada, ou seja, ocupando mais de um nível trófico. Na cadeia trófica, os consumidores ocupam somente um nível trófico, possuindo, portanto, uma alimentação mais específica.
 - b) Comunidade A, pois é a comunidade com consumidores ocupando mais de um nível trófico. Portanto, caso um consumidor seja eliminado, outro poderá realizar sua função trófica.
2.
 - a) A jararaca-pintada é uma espécie que ocupa mais de um nível trófico: o terceiro nível trófico (consumidora secundária) ao se alimentar da rolinha-roxa ou do ratinho-do-cerrado, bem como também o quarto nível trófico (consumidora terciária), ao se alimentar do gafanhoto-verde ou do teiú. Outra espécie que também ocupa diferentes níveis tróficos na teia apresentada é o lobo-guará, que pode ser classificado como consumidor primário, secundário, terciário ou quaternário, dependendo da cadeia alimentar analisada; assim, essa espécie ocupa, respectivamente, o segundo, terceiro, quarto e quinto níveis tróficos.
 - b) Uma cadeia alimentar com cinco espécies na teia apresentada é:
Capim-cabelo-de-porco → gafanhoto-verde → rã-manteiga → jararaca-pintada → lobo-guará
Há diferentes respostas possíveis; outra possibilidade é a seguinte cadeia alimentar:
Lobeira (arbusto) → gafanhoto-verde → teiú → jararaca-pintada → lobo-guará.
Considerando que o fluxo de energia é unidirecional e decrescente, a pirâmide deverá ser esquematizada da seguinte forma:

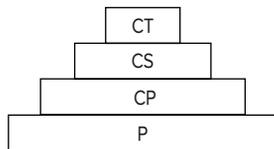


- c) A extinção local do bem-te-vi poderia provocar o aumento da população de gafanhotos-verdes, o que acarretaria o aumento na população do lobo-guará, uma vez que os gafanhotos servem de alimento a estes predadores. Outra possibilidade que pode ser considerada é a diminuição da população da lobeira (arbusto) como consequência do aumento da população de gafanhotos. Nesse caso, indiretamente ocorreria a diminuição da população do predador de topo desta teia. Caso o capim-cabelo-de-porco venha a sofrer uma grande queda em sua biomassa, é esperado que haja maior competição entre os consumidores primários desta teia.

3. B

4.
 - a) Considerando que o fluxo de energia em um ecossistema é unidirecional e que há perda e consumo de energia ao longo dos níveis tróficos de uma cadeia alimentar, haverá menor energia química disponível no nível trófico da *Pisaster ochraceus*, uma vez que os organismos dessa espécie estão mais distantes da base da cadeia alimentar, onde estão os produtores.
 - b) A retirada de *Pisaster ochraceus* pode promover o aumento no tamanho populacional das presas dessa espécie, como os quitons, lapas, cracas etc. Quando esse aumento ocorre na população de consumidores primários, pode, conseqüentemente, gerar queda no tamanho da população de produtores.
5. Soma: 01 + 08 + 32 = 41
6.
 - a) Os organismos responsáveis pela reciclagem dos elementos químicos são os decompositores.
 - b) Sim. A designação de organismos autotróficos como produtores se deve ao fato de eles serem capazes de produzir matéria orgânica por meio de processo fotossintético, utilizando, para isso, compostos inorgânicos, como o CO₂ e a água, além de energia luminosa.
 - c) A teia trófica I apresenta menor perda de energia, uma vez que as relações alimentares são mais simples, além de conter também menor número de componentes. Desse modo, a dissipação energética ao longo dos níveis tróficos será menor.
7. D
8. A
9.
 - a) O oxigênio liberado na fotossíntese serve como parâmetro para medir a produção de matéria orgânica pelo fitoplâncton.
 - b) Na garrafa iluminada ocorre fotossíntese com produção de matéria orgânica e oxigênio. A garrafa escura funciona como controle do experimento, pois nessa situação não há fotossíntese. Comparando o teor de oxigênio nas duas garrafas, tem-se a medida da taxa de fotossíntese.
10.
 - a) A pirâmide I pode representar um ecossistema terrestre; a pirâmide II, por sua vez, representa um ecossistema aquático, no qual a biomassa dos produtores é menor que a biomassa dos consumidores primários. Isso é possível porque o fitoplâncton apresenta elevada taxa de reprodução, sendo, portanto, capaz de suprir as necessidades de uma biomassa maior de consumidores.
 - b) Em ambos os ecossistemas, as pirâmides de energia serão sempre diretas, por

conta do fluxo unidirecional e decrescente de energia ao longo da cadeia alimentar.



- 11.
- O bioma localizado na região Norte e com alta taxa de evapotranspiração é a Amazônia.
 - Os animais ingerem água do meio ou através da alimentação. Eles utilizam essa água na manutenção da homeostase corporal e a devolvem para o ambiente por meio de processos como a transpiração, a respiração e a eliminação de urina e fezes. As plantas, por sua vez, captam água do meio e a utilizam, por exemplo, no processo fotossintético. Através da transpiração, parte dessa água é devolvida para a atmosfera na forma de vapor.
 - O desmatamento, ao remover a vegetação, diminui a taxa de evapotranspiração e, conseqüentemente, altera a quantidade de vapor de água disponível na atmosfera. Além disso, com a remoção da cobertura vegetal, os solos tornam-se mais secos, à medida que há maior escoamento e menor retenção de água no solo.
- 12.
- A revegetação ou reflorestamento de uma área degradada faz com que as plantas desse local capturem grande quantidade de CO_2 para realização do processo de fotossíntese e formação de matéria orgânica. Desse modo, os vegetais atuam na estocagem de carbono pela incorporação deste elemento na forma de biomassa.
 - Após a revegetação, haverá aumento da produtividade primária, e conseqüentemente, da quantidade de biomassa no ambiente. Com a morte e renovação natural de parte da matéria orgânica nesse ecossistema, a decomposição também vai gradualmente aumentar.
13. C
14. E
- 15.
- Combustão. A queima de combustíveis fósseis transfere carbono do compartimento geológico para o compartimento atmosférico.
 - A emissão de carbono por queima de combustíveis fósseis provoca o aumento de CO_2 e outros gases-estufa na atmosfera. Como conseqüência, há a retenção de radiação infravermelha (calor) e aumento de temperatura do planeta (aquecimento global).
16. E
17. Soma: $01 + 04 + 08 + 16 + 32 = 61$
- 18.
- Ciclo do nitrogênio.

- Fixado por bactérias e cianobactérias.
 - Proteínas e ácidos nucleicos (DNA e RNA).
19. Gás X: nitrogênio.
A fixação do nitrogênio é feita pelo rizóbio, que gera, a partir de nitrogênio e água, a amônia necessária à goiabeira. Gás Y: gás carbônico.
A fixação do CO_2 é feita pela atividade fotossintética da goiabeira, que transforma esse gás em compostos orgânicos.
20. Corroboram. Na medida em que o nitrogênio não limitava a multiplicação das bactérias, o maior crescimento na condição B deve-se ao aporte de nutrientes liberados pelas plantas. Isso ocorre somente em função da liberação de nitratos pelas bactérias.
- 21.
- Plantas são produtoras, gafanhotos são consumidores primários, pássaros são consumidores secundários e os gaviões são consumidores terciários.
 - O aumento populacional dos gaviões acarretará, de imediato, uma diminuição no número de pássaros. Esse fato tem como conseqüência o aumento no número de insetos herbívoros. O resultado esperado será uma diminuição na população de plantas da região.
 - O gás carbônico é fixado pelos produtores, por fotossíntese, em compostos orgânicos, entre os quais glicose, aminoácidos etc. As proteínas vegetais, produzidas pelo encadeamento dos aminoácidos, serão transferidas pela cadeia alimentar até o nível trófico ocupado pelos gaviões.
 - As bactérias atuam nos ecossistemas realizando os seguintes fenômenos: fixação biológica do nitrogênio, decomposição da matéria orgânica e nitrificação de compostos nitrogenados produzidos pela excreção dos animais e pela decomposição da matéria morta. Esses processos produzem amônia e nitratos, que podem ser absorvidos e aproveitados pelos produtores do ecossistema.
22. E
23. B
24. D
25. Soma: $01 + 02 + 08 = 27$
26. A

Capítulo 5 – Populações, comunidades e sucessão ecológica

Revisando

- Uma população é constituída por organismos de uma mesma espécie, vivendo em um mesmo ambiente, durante um determinado intervalo de tempo.
- Sociedade e colônia; a grande diferença é que, em uma colônia, os indivíduos têm uma ligação física entre si.

- Canibalismo e competição.
- É a relação entre o número de indivíduos e a área que eles ocupam.
- O número de indivíduos pode ter aumento por natalidade (N) e por imigração (I). A redução do número de indivíduos ocorre por mortalidade (M) e emigração (E). Há três possibilidades sobre o comportamento da população:
 $N + I > M + E$: crescimento da população.
 $N + I < M + E$: diminuição da população.
 $N + I = M + E$: população estável.
- É o potencial de crescimento de uma espécie quando não existem limitações no meio.
- Espaço limitado, presença de predadores, baixa disponibilidade de recursos.
- A primeira fase é caracterizada por pequeno crescimento inicial, na segunda fase o crescimento é muito rápido, na terceira fase há uma diminuição no ritmo de crescimento e na quarta fase há a estabilização da população, com pequenas oscilações.
- É a disputa de duas ou mais espécies pelo mesmo recurso.
- É um princípio segundo o qual se duas espécies tiverem nichos ecológicos totalmente coincidentes, a competição acabará eliminando uma das espécies.
- É uma interação na qual uma espécie é prejudicada por outra, que não é afetada.
- No mutualismo, a separação dos indivíduos leva à morte de um deles. Na protocooperação, isso não ocorre.
- É uma relação em que uma das espécies utiliza restos alimentares de outra espécie, que não é prejudicada nem beneficiada.
- Na forésia, uma das espécies obtém transporte. No inquilinismo, a espécie beneficiada consegue abrigo, enquanto no epifitismo ela consegue apoio e acesso à luz.
- É uma relação na qual um animal alimenta-se de uma planta ou de parte dela.
- Mutualismo, parasitismo, comensalismo e inquilinismo.
- Sucessão primária é o desenvolvimento de uma comunidade onde praticamente não havia seres vivos, e a sucessão secundária ocorre quando a comunidade de um ambiente é substituída por outra comunidade.
- É uma comunidade com máxima biomassa e biodiversidade possível, que consome todos os recursos por ela produzidos, tendo produtividade líquida nula.
- Ecese e sere.

Exercícios propostos

- A
- Em A é maior do que em C. Em A a população é pequena e tem maior disponibilidade de espaço e de alimento. Em C

a população é maior e tem menor disponibilidade de espaço e de alimento.

3. B
4. D
5. No tanque A, a população inicial de zooplâncton é predada pelos peixes, e o número de indivíduos diminui. Assim, há uma redução da densidade populacional, e a população tende a se estabilizar com um número baixo de indivíduos. Já no tanque B, ocorre o crescimento exponencial do zooplâncton, pois há uma menor resistência do meio, devido à ausência de predadores. Assim, a densidade populacional se torna a máxima suportada pelo meio.
6. D
7. D
8. A
9. C
10. A
11. D
12. B
13. B
14. D
15. E
16. B
17. D
18. E
19. B
20. B
21. D
22. D
23. Soma: $01 + 04 + 08 = 13$
24. C
25. C
26. A
27. A
28. D
29. B
30. B
31. Soma: $04 + 08 = 12$
32. E
33. E

Exercícios complementares

1.
 - a) Nesse período, ocorre um crescimento exponencial da população em consequência da abundância de alimentos e da ausência de predadores.
 - b) Nesse período, ocorre uma redução acentuada do tamanho da população, em consequência da degradação do ambiente, causada pelo excesso de renas.
2. D
3. C
4. C
5. Soma: $02 + 04 + 32 = 38$
6.
 - a) A associação entre formigas e cigarrinhas é benéfica para a população de cigarrinhas.

O gráfico I demonstra que o número médio de cigarrinhas é maior em plantas com formigas. O gráfico II, por sua vez, mostra que em plantas com formigas, o número médio de predadores e parasitos das cigarrinhas nas plantas foi menor.

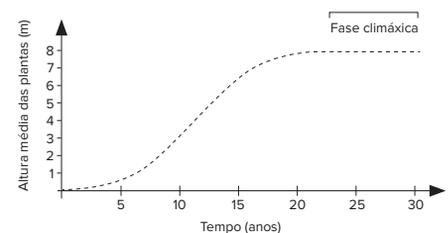
- b) A associação entre formigas e cigarrinhas é benéfica às plantas. O gráfico III demonstra que, sem a associação entre formigas e cigarrinhas, um maior número de plantas apresenta dano foliar superior a 50%.
7.
 - a) A interação ecológica representada na figura A é o predatismo e a presa será gradualmente digerida no trato digestório do predador. Essa interação não pode ser considerada uma associação entre indivíduos porque não há coexistência entre as duas espécies. Em B, por outro lado, observa-se uma interação ecológica onde as duas espécies coexistem, podendo, portanto, ser classificada como uma associação. Um exemplo ocorre na associação mutualística de micro-organismos no trato digestório de animais ruminantes.
 - b) Exemplos de interações ecológicas harmônicas que podem ser citadas: mutualismo, protocooperação (mutualismo facultativo), comensalismo, inquilinismo, forésia, entre outras.
8. Lesma-do-mar e alga: herbivorismo (predatismo). Ocorre entre um animal herbívoro e o vegetal do qual ele se alimenta. Peixe-borboleta e paru: competição. Ocorre quando um mesmo recurso do meio ambiente é disputado por organismos pertencentes ao mesmo nicho ecológico.

9.
 - a) Competição interespecífica.
 - b) Quando as populações dessas espécies são cultivadas separadamente, como apresentado em A e B, elas crescem até atingir determinado número de indivíduos e, não havendo alterações nas condições ideais das culturas, esse número em cada uma das populações permanece relativamente constante ao longo do tempo. Em C, quando as duas populações são cultivadas no mesmo recipiente, tendo o mesmo nicho, elas entram em competição pelo recurso em comum do meio, que não existe em quantidade suficiente para a sobrevivência de ambas as espécies.

10. D
11.
 - a) Produtores: curva Y.
Consumidores de primeira ordem: curva X.
Haverá, inicialmente, um aumento dos consumidores de 1ª ordem, ocasionado pela extinção de seus predadores, que são os consumidores de 2ª ordem. Em consequência, ao longo do tempo, ocorrerá um declínio da população de produtores. A falta de alimento levará, em seguida, a uma diminuição da população de consumidores primários.
 - b) Os organismos invasores, ganhando a competição por nichos ecológicos de espécies

nativas, vão aumentar sua população de maneira desordenada, diminuindo a diversidade biológica.

12.
 - a) Entre as espécies A e B, inicialmente, poderia ocorrer uma relação de competição com pequena vantagem para a espécie B. Após a introdução da espécie C, provavelmente ocorreu uma predação de C sobre B, levando a uma redução na população de B e um aumento na população de A.
 - b) A ave é predadora da espécie B. Com a sua redução populacional, ocorreu diminuição do alimento para as aves, daí o seu desaparecimento. Podem pertencer ao terceiro nível trófico ou a outro nível superior.
13. C
14.
 - a) A ilha rochosa formada a partir da solidificação da lava passará por um processo de sucessão ecológica primária, uma vez que ocorrerá em um ambiente que nunca antes foi habitado.
 - b) Nas fases iniciais da sucessão ecológica, a produtividade bruta (PB) é baixa e vai gradualmente aumentando ao longo da sucessão, à medida que há o aumento da taxa de fotossíntese e aumento da biodiversidade local. Desse modo, a PB, que representa o total de matéria orgânica produzida, é grande em comunidades clímax quando comparada às comunidades pioneiras e seres. Ao mesmo tempo, a taxa de consumo dessa matéria orgânica no processo de respiração também aumenta ao longo da sucessão, fazendo com que a produtividade líquida (PL) aproxime-se de zero na comunidade clímax. Assim, nas fases iniciais da sucessão ecológica, as maiores taxas de PB e menores taxas de consumo (respiração) geram um excedente de matéria orgânica (PL) que é utilizado para que a comunidade consiga se desenvolver e atingir seu clímax na ilha Hunga Tonga.
15.
 - a) A sucessão que ocorreu sobre a rocha nua é do tipo primária. Podem ser citados como organismos pertencentes à comunidade pioneira os líquens e as briófitas.
 - b) Ocorre o aumento gradual da biomassa ao longo da sucessão ecológica até a fase clímax. Portanto, o gráfico deverá ser representado da seguinte forma:



- c) O aumento na altura média das plantas na fase 2 se deve ao fato de a produtividade

primária líquida ser alta nesta etapa, uma vez que a taxa de produção de matéria orgânica na fotossíntese (PPB) é maior que consumo que ocorre no processo de respiração (R). O saldo positivo de matéria orgânica possibilita às plantas o acúmulo e a incorporação dessa matéria orgânica na sua biomassa para crescimento. Na fase 3, a estabilização no tamanho ocorre porque a produção de matéria orgânica pela fotossíntese se iguala ao consumo na respiração. Por esta razão, é também na fase 3 que ocorre um equilíbrio entre o oxigênio que é liberado e o que é consumido pelas plantas.

16. a)

| QUADRO 2 | | |
|----------------------------------|-----------------------------|-------------------|
| Parâmetros | Estágio inicial da sucessão | Estágio de clímax |
| Produção primária bruta/ consumo | maior que 1 | igual a 1 |
| Produção primária líquida | alta | nula |
| Biomassa | mínima | máxima |
| Diversidade de espécies | mínima | máxima |

- b) Os líquens são organismos muito resistentes às condições ambientais. As hifas do fundo liberam substâncias ácidas que, lentamente, degradam a rocha, iniciando a formação de um solo simples, possibilitando a colonização.
- c) No ecótono, pois é a região com a maior oferta de nichos ecológicos.
17. C
18. D
19. D
- 20.
- a) Sucessão ecológica é o conjunto de etapas do desenvolvimento de uma comunidade em um determinado ambiente.
- b) A partir do ano 6, pois há a maior produção primária líquida com uma menor taxa de respiração, ou seja, a incorporação de CO₂ é máxima.
- 21.
- a) Curva 2, pois existe um grande número de jovens e poucos vão chegar à idade adulta.
- b) Aproximadamente 99,9%. Alta, pois a taxa de mortalidade é muito alta.
22. B
- 23.
- a) É possível observar através do gráfico que a população de insetos aumentou gradualmente ao longo do tempo e, aproximadamente 30 anos após a introdução, ocorre a estabilização do crescimento destes animais. Entre os fatores que compõem a resistência ambiental e que

possibilitaram essa estabilização, destaca-se a competição. Essa relação regula o tamanho populacional por meio da disputa de recursos limitantes como alimento, espaço, e até mesmo parceiros sexuais, no caso de competição intraespecífica.

- b) A introdução de animais predadores provocou o declínio na população de insetos. Portanto, trata-se de uma relação ecológica interespecífica desarmônica do tipo predação.
24. D
25. A

Frente 3

Capítulo 1 – Classificação dos seres vivos

Revisando

1. Metazoa, Metaphyta, Fungi, Protoctista e Monera. O reino Monera é formado pelos seres procariontes (bactérias e arqueas).
2. Todos os fungos são eucariontes e podem ser unicelulares ou pluricelulares. Não possuem tipos diferenciados de tecidos. Todos os fungos têm nutrição heterotrófica. As células dos fungos apresentam parede celular que possui quitina. Como exemplo, temos as orelhas-de-pau e os cogumelos.
3. Existem seres heterótrofos, como as amebas, e seres autótrofos, como as algas.
4. Metazoa e Metaphyta ou Plantae.
5. Os domínios são Bacteria (bactérias com a parede dotada de peptidoglicano), Archaea (as arqueas) e Eukarya (seres eucariontes).
6. Reino, filo, classe, ordem, família e gênero.
7. O primeiro nome indica o gênero e os dois conjuntamente indicam a espécie.
8. É a classificação de seres vivos baseada na tentativa de reconstrução da história evolutiva, agrupando organismos em função de parentesco próximo.
9. Significa que só existe um plano de corte que divide esse ser vivo em metades correspondentes.
10. Significa que o corpo desse animal pode ser cortado em diferentes planos, obtendo-se metades similares.
11. Os protozoários são organismos unicelulares.
12. São animais filtradores, que vivem fixos a um substrato. Poríferos não têm tecidos, cavidade digestória nem sistemas.
13. Essas estruturas são os cnidoblastos dotados de nematocistos. Como exemplos, podemos citar hidras e águas-vivas.
14. Platelminhos. Apresentam simetria bilateral. Como exemplo, podemos citar planárias e tênias.
15. São vermes cilíndricos, dotados de simetria bilateral, que possuem tubo digestório com boca e ânus. Como

exemplos, podemos citar o ancilóstomo e a lombriga.

16. Sistema circulatório.
17. Lesma, caracol e polvo. Sua concha é formada por glândulas do manto.
18. Artrópodes, que possuem um exoesqueleto de quitina. São divididos em crustáceos, insetos, aracnídeos e outros grupos.
19. Equinodermos, que têm como exemplos a estrela-do-mar e o ouriço-do-mar.
20. É a notocorda. Os cordados podem ser divididos em protocordados e vertebrados, que são subdivididos em peixes, anfíbios, répteis, aves e mamíferos.

Exercícios propostos

1. B
- 2.
- a) Eles permitem a correta identificação e classificação dos seres vivos.
- b) Foi a língua originalmente utilizada por Lineu nas primeiras classificações, e é mantida por ser uma língua em desuso, que não está sujeita a mudanças.
3. C
4. C
5. A
6. B
7. C
8. C
- 9.
- a) Seres procariontes, que podem ser encontrados no reino Monera.
- b) b1) Protoctista e Monera.
b2) Protoctista, Monera e Fungi.
b3) Protoctista e Metaphyta (Plantae).
b4) Metazoa (Animalia) e Fungi.
10. A
11. Soma: 04 + 16 = 20
12. D
13. C
14. VI é parafilético em relação a VII, já que não inclui todos os descendentes provenientes do mesmo ancestral.
- 15.
- a) Na Região Sul, foram colocados animais de diferentes filos. Os camarões e as aranhas são do filo dos artrópodes, as planárias são platelmintos, as minhocas são anelídeos e os caramujos e as ostras são moluscos.
- b) Na Região Sul, pois existem animais pertencentes a quatro filos distintos: em A, artrópodes; em B, platelmintos e anelídeos e em C, moluscos.
- c) Se cada região só pudesse apresentar 3 animais de cada filo, na Região Norte deveriam ser descartados as estrelas-do-mar (equinodermos) e anêmona-do-mar (cnidários).
16. C
17. Soma: 04 + 08 + 16 = 28

18. A
19. D
20. E
21. E
22. E
23. A
24. A
25. A
26. E
27. Soma: $01 + 04 + 08 = 13$
28. B
29. C

Exercícios complementares

1. C
- 2.
- a) O aluno deve digitar *Cebus apella*, o nome científico da espécie.
- b) A utilização de qualquer outra categoria taxonômica incluiria informações sobre outras espécies, além daquela escolhida. Ao digitar o nome científico tem-se acesso a informações sobre a espécie em vários lugares do mundo, já que se trata de uma denominação universal.
- 3.
- a) Gênero *Felis*.
- b) Todos os gatos domésticos têm o mesmo nome científico porque pertencem à mesma espécie.
- c) A família a que pertencem os animais citados chama-se Felidae. A terminação latina –idae é designativo de família, no caso dos Metazoa.
4. Soma: $01 + 02 + 04 + 08 = 15$
5. E
6. C
7. Soma: $01 + 08 = 09$
8. B
- 9.
- a) Felídeos: nome da família a qual pertencem os gatos domésticos, o leão, o tigre etc.
- b) Canídeos: nome da família a qual pertencem os cães, os lobos, as raposas etc.
10. E
11. A
12. E
13. B
- 14.
- a) Os fungos são heterótrofos, possuem quitina na parede celular e não possuem tipos diferenciados de tecidos.
- b) Metazoa (onça-pintada), Metaphyta (sambaíba), Fungi (cogumelos), Protocista e Monera (bactérias como *E. coli*).
15. Seres de uma mesma espécie podem se cruzar, resultando em descendentes férteis e normais. Dessa maneira, o trecho mostra que todos os seres humanos pertencem a uma única espécie.

16. A
17. Espécie B. As espécies *P. terribilis* e *E. tricolor* são evolutivamente mais próximas entre si, isto é, possuem um ancestral comum que não é compartilhado com *R. palmipes* (espécie que não apresenta veneno) nem com a espécie A. A característica de interesse (presença de veneno) compartilhada pelas duas primeiras espécies pode ter surgido em seu ancestral comum mais próximo. Nesse caso, é provável que todos os descendentes deste mesmo ancestral compartilhem tal característica, incluindo, assim, a espécie B.
18. D
19. C
20. A
21. B
22. A
23. A
24. C
25. A
26. A
27. A
28. C
29. B
30. E
31. B

Capítulo 2 – Protozoários e protozooses

Revisando

1. Os protozoários são eucariontes, unicelulares e heterotróficos.
2. Ectoplasma, que é a região mais consistente, e o endoplasma.
3. Vacúolo digestivo, responsável pela digestão de alimentos, e vacúolo pulsátil, responsável pela regulação da quantidade de água no protozoário.
4. O núcleo é o principal responsável pelo controle das atividades de um protozoário.
5. Através da emissão de pseudópodes, que englobam e ajudam na ingestão do alimento.
6. Os nutrientes provenientes do processo digestivo são aproveitados na construção do organismo da ameba. Uma parte dos nutrientes fornece energia através da respiração celular.
7. É o processo de eliminação de materiais não digeridos.
8. Bipartição.
9. É uma forma de resistência que permite a alguns tipos de seres vivos sobreviver em condições inadequadas, como escassez de alimento.
10. Rizópodes, Flagelados, Esporozoários e Ciliados. Essa classificação se baseava nas estruturas locomotoras.
11. Por meio das fezes.

12. Por meio de cistos presentes em água ou alimentos. Esses cistos são disseminados por baratas e moscas.
13. *Trypanosoma cruzi*. Fibras musculares e células do sistema nervoso.
14. Barbeiro.
15. Protozoários do gênero *Plasmodium*. Esse parasita atinge células do fígado e hemácias.
16. Na malária, o ser humano é o hospedeiro intermediário do plasmódio, e o inseto vetor (mosquito-prego) é o hospedeiro definitivo.
17. Pela picada da fêmea do mosquito-prego ou por transfusões de sangue.

Exercícios propostos

1. D
2. B
3. C
4. A
5. E
6. C
7. B
8. C
9. C
10. D
11. B
12. Soma: $01 + 04 = 05$
13. D
14. A
15. A
16. C

Exercícios complementares

1. B
2. E
3. E
4. Na situação A, a água pura (pouco concentrada em solutos), quando adicionada na amostra contendo paramécios provocou o aumento do volume celular dos mesmos, por meio do processo de osmose, o que não levou à lise celular por causa da maior atividade dos vacúolos pulsáteis presentes nesses protozoários. Na situação B, a solução saturada de NaCl em que se encontravam os paramécios provocou a saída de água de suas células, através do processo de osmose.
5. V; V; F; V; F
6. E
7. C
8. E
9. Soma: $01 + 04 = 05$
10. B
11. V; V; F; F
12. D
13. D

Capítulo 3 – Poríferos

Revisando

- São animais aquáticos e sésseis.
- Significa dizer que elas retiram alimentos do fluxo de água que passa por elas, “filtrando” pequenas partículas que essa água carrega.
- Coanócitos: manter o fluxo de água. Pinacócitos: trocas gasosas. Porócitos: entrada e saída de água, captura e digere alimento. Amebócitos: estão relacionados com a formação das espículas, da digestão, do transporte de nutrientes e da reprodução.
- Ocorre digestão intracelular.
- Calcárea ou silicosa.
- É uma proteína, semelhante ao colágeno.
- Regeneração, brotamento e gemulação, sendo que o último é semelhante à formação de cistos em protozoários.
- O desenvolvimento é indireto, pois há uma larva flagelada como forma intermediária.
- Asconoide, siconoide e leuconoide.

Exercícios propostos

- E
- E
- C
- E

Exercícios complementares

- C
- D
- D
- Soma: $01 + 04 + 08 + 16 + 64 = 93$
- B

Capítulo 4 – Embriologia

Revisando

- Segmentação ou clivagem.
- A posição do núcleo, a quantidade e a distribuição de vitelo.
- São ovos com quantidade pequena de vitelo, uniformemente distribuídos e com o núcleo em posição central. Também são conhecidos como ovos isolécitos ou alécitos.
- São ovos com quantidade intermediária de vitelo, com o núcleo deslocado para o polo animal, no qual fica a menor concentração de vitelo. Também são chamados de heterolécitos ou telolécitos incompletos.
- Têm grande quantidade de vitelo concentrado no polo vegetativo e com o núcleo no polo animal. São encontrados em aves e répteis.

- São ovos com vitelo localizado ao redor do núcleo, sem vitelo na periferia celular.
- Ovos oligolécitos e heterolécitos apresentam segmentação total, enquanto ovos megalécitos e centrolécitos apresentam segmentação parcial.
- Ovos oligolécitos.
- Ovos mediolécitos.
- Porque eles sofrem mitoses apenas no polo animal, formando uma espécie de disco sobre a gema.
- É a segmentação que ocorre quando os núcleos migram para a periferia do ovo e ocorre a organização dos blastômeros a partir deles.
- Mórula é um estágio do embrião que apresenta de 16 a 32 células, sem alteração no volume inicial do zigoto; não há cavidade no interior da mórula. Já a blástula é um estágio posterior à mórula, em que há a formação da blastocele.
- Na gástrula.
- A boca, nos animais protostômios, e o ânus, nos animais deuterostômios.
- Sistema nervoso – ectoderma; Musculatura – mesoderma; Epiderme – ectoderma; Revestimento do tubo digestório – endoderma; Rins – mesoderma; Esmalte dentário – ectoderma; Fígado e pâncreas – endoderma; Derme – mesoderma.
- Parazoários são animais que não têm cavidade digestória, enquanto os entozoários têm essa cavidade.
- Diblásticos têm ectoderma e endoderma, enquanto triblásticos têm ectoderma, mesoderma e endoderma.
- Celoma é uma cavidade delimitada por mesoderma, presente em anelídeos, artrópodes, moluscos, equinodermos e cordados.
- Os platelmintos são acelomados, enquanto os nematelmintos são pseudocelomados.

Exercícios propostos

- B
- C
- B
- A
- A
- D
- Soma: $02 + 04 + 08 + 16 = 30$
- D
- D
- C
- B
- B
- C
- F; V; V; V; F
- C

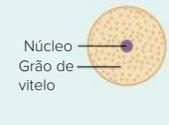
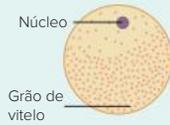
- B
- C
- F; F; F
- C
- E
- Soma: $04 + 08 = 12$

Exercícios complementares

- D
- C
- D
- D
- A
- E
- C
- A blástula corresponde à figura E. Difere da mórula (D) por ter blastocele e da gástrula (F) devido à presença de arquêntura, blastôporo ou tecidos embrionários.

g.

a)

| | |
|---|---|
|  |  |
| 1 - Humano | 1 - Anfíbios |
| 2 - Oligolécito | 2 - Heterolécito |

| | |
|---|---|
|  |  |
| 1 - Aves | 1 - Artrópodes |
| 2 - Telolécitos | 2 - Centrolécito |

- Humanos – Segmentação holoblástica
Anfíbios – Segmentação holoblástica desigual
Ave – Segmentação meroblástica ou parcial
Artrópodes – Segmentação meroblástica superficial
- B
- A seta I indica o tubo neural que originará o sistema nervoso. A seta II indica a notocorda que, na maioria dos vertebrados adultos, será substituída pela coluna vertebral.
 - Zigoto, mórula, blástula e gástrula.
- V; V; V; V; V
- A
- E
- C
- Cavidade corporal completamente revestida por mesoderma: 3; três folhetos germinativos: 2; blastôporo que dá origem ao ânus: 4.

Capítulo 5 – Organização funcional e classificação dos animais

Revisando

1. Tubo digestório – sangue – fluido intersticial – células
2. É a manutenção de condições adequadas para o funcionamento dos organismos, mantida por meio de um equilíbrio dinâmico das atividades do organismo.
3. Trocas gasosas, nutrição, excreção e transporte.
4. Sistema nervoso e sistema endócrino.
5. Sistema muscular e sistema esquelético.
6. O sistema endócrino, que emprega hormônios como mensageiros.
7. Reprodução é a geração de novos seres a partir de indivíduos parentais; ela é importante para a perpetuação da espécie no meio em que vive.
8. Sexuada e assexuada, que gera descendentes geneticamente idênticos.
9. Possuem simetria radial.
10. É uma cápsula do cnidoblasto, dotada de líquido urticante. Permite a captura de presas e a defesa contra outros organismos.
11. Hidra e medusa.
12. Plânula.
13. Turbelários (planárias), trematódeos (esquistossomose/fascíolas) e cestódeos (tênias).
14. Platelminhos possuem corpos achatados, enquanto nematelmintos possuem corpos cilíndricos.
15. Oligoquetos (minhoca), poliquetos (nereída) e hirudíneos (sanguessuga).
16. Nematelmintos são pseudocelomados, enquanto anelídeos são celomados.
17. Monoicos, fecundação cruzada e desenvolvimento direto.
18. Larva trocófora.
19. Corpo dividido em cefalotórax e abdome, com 2 pares de antenas.
20. Insetos: corpo dividido em cabeça, tórax e abdome, com 1 par de antenas e 3 pares de pernas.
Aracnídeos: corpo dividido em cefalotórax e abdome, sem antenas e com 4 pares de pernas.
21. Inocular a peçonha na presa.
22. Cabeça, pé e massa visceral.
23. Gastrópodes: lesma, caracol e caramujo.
Bivalves: ostra e marisco.
Cefalópodes: lula, polvo e náutilo.
24. Por serem deuterostômios.

Exercícios propostos

1. E
2. A
3. D
4. D
5. E
6. E
7. D
8. E
9. A
10. A
11. E
12. E
13. A
14. E
15. Soma: $01 + 02 = 03$
16. C
17. Soma: $02 + 04 + 32 = 38$
18. A
19. C
20. C
21. B
22. D
23. E
24. A
25. B
26. A
27. A
28. D
29. B
30. E
31. E
32. E
33. C
34. A
35. D
36. A
37. C
38. C
39. A
40. A
41. D
42. B
43. D
44. E
45. A
46. C
47. D
48. D
49. C
50. A

Exercícios complementares

1. B
2. C

3. B
4. D
5. B
6. C
7. C
- 8.
- a) A simetria dos vermes é bilateral. Entre as novidades evolutivas, cita-se:
– aparecimento das regiões anterior e posterior;
– aparecimento de regiões dorsal e ventral.
- b) *Hirudo medicinalis*, pertencente ao filo dos Anelídeos, é exoparasita.
Ascaris lumbricoides é endoparasita, do filo Nematelmintos.
Taenia saginata é endoparasita, do filo Platelminhos.
9. E
10. A
- 11.
- a) Classe Gastrópodes, do filo Moluscos. São representantes dessa classe lesmas, caracóis, caramujos etc.
- b) O muco facilita o deslocamento dos moluscos terrestres. Não apresentam glândula pedal os animais pertencentes às classes Pelecípodes, Lamelibrânquios ou Bivalves, como ostras, mariscos e vôngoles.
12. E
- 13.
- a) Corpo segmentado (metameria), exoesqueleto quitinoso e presença de apêndices articulados.
- b) Camarão é crustáceo dividido em cefalotórax e abdome, possui 4 antenas e geralmente 10 pernas locomotoras. Abelha é inseto dividido em cabeça, tórax e abdome, possui 2 antenas e 6 pernas locomotoras.
- 14.
- a) O animal pertence ao grupo dos aracnídeos. Apresenta 4 pares de patas.
- b) A proteção aumenta a probabilidade da perpetuação da espécie, pois maior será a adaptação dessa população em ambientes nos quais os ovos e os descendentes desprotegidos são alvo de predadores naturais.
15. E
16. A
17. E
18. C
19. E
20. E
21. A
22. C
23. A

