



1000

Livro 1

Pré-vestibular Biologia

SISTEMA DE ENSINO
POLIEDRO

Autoria: Elias Avancini de Brito.

Diretor executivo: Nicolau Arbex Sarkis.

Gerência editorial: João Carlos Puglisi.

Coordenação de edição técnica: Marília L. dos Santos C. Ribeiro.

Edição técnica: Equipe de editores técnicos da Editora Poliedro.

Coordenação de produção editorial: Livia Scherrer dos Santos.

Analista de produção editorial: Claudia Moreno Fernandes.

Coordenação de edição: Michelle Silva da Mata e Vivian Plascak Jorge.

Edição: Equipes de edição da Editora Poliedro.

Coordenação de revisão: Mariana Castelo Queiroz.

Revisão: Equipe de revisão da Editora Poliedro.

Coordenação de arte: Antonio Domingues e Kleber S. Portela.

Diagramação: Equipes de arte da Editora Poliedro.

Ilustrações: Equipes de ilustração da Editora Poliedro.

Coordenação de licenciamento: Ana Rute A. M. Perugini.

Licenciamento: Equipe de licenciamento da Editora Poliedro.

Projeto gráfico: Alexandre Moreira Lemes e Kleber S. Portela.

Projeto gráfico da capa: Bruno Torres.

Coordenador de PCP: Anderson Flávio Correia.

Impressão e acabamento: nywgraf Editora Gráfica Ltda.

Créditos: capa e frontispício Keattikorn Samarngoon/123rf.com 5 © Auremar | Dreamstime.com • © Limeyrunner | Dreamstime.com 79 J. Cameron/Wikimedia Commons • Stefanie Van Der Vinden/123rf.com • MacAllenBrothers/Wikimedia Commons 175 Prof. Gordon T. Taylor, Stony Brook University/NSF Polar Programs • Zac Wolf/Wikipedia • Remi Jouan/Wikipedia contracapa Elinalee/Shutterstock.

A Editora Poliedro pesquisou junto às fontes apropriadas a existência de eventuais detentores dos direitos de todos os textos e de todas as obras de artes plásticas presentes nesta obra, sendo que sobre alguns nenhuma referência foi encontrada. Em caso de omissão, involuntária, de quaisquer créditos faltantes, estes serão incluídos nas futuras edições, estando, ainda, reservados os direitos referidos nos arts. 28 e 29 da lei 9.610/98.

SISTEMA DE ENSINO
POLIEDRO

São José dos Campos - SP
ISBN: 978-85-7901-057-6
Telefax: (12) 3924-1616
editora@sistemapoliedro.com.br
www.sistemapoliedro.com.br

Copyright © 2015
Todos os direitos de edição reservados à Editora Poliedro

SUMÁRIO

Frente 1

1 Organização dos seres vivos e noções de bioenergética.....	6
Algumas áreas da Biologia.....	7
Ecologia: do organismo ao ambiente.....	7
A organização dos seres vivos: do organismo ao átomo.....	8
Célula vegetal.....	10
Célula bacteriana.....	10
2 Noções de material genético e núcleo.....	21
Material genético e núcleo.....	22
Noções de gene.....	24
Revisando.....	25
3 Divisão celular: mitose e meiose.....	33
Conceito de mitose.....	34
Mitose.....	35
Conceito de meiose.....	37
Meiose.....	37
Gametogênese.....	40
4 Origem dos seres vivos e o método científico.....	57
Biogênese e abiogênese.....	58
Revisando.....	60
Exercícios propostos.....	61
5 Composição química dos seres vivos.....	66
Introdução.....	67
Água.....	67
Sais minerais.....	67
Carboidratos.....	68
Lípídeos.....	70
Revisando.....	72
Exercícios propostos.....	73
Texto complementar.....	74
Exercícios complementares.....	77

Frente 2

1 Evolução: conceitos e evidências.....	80
Um olhar sobre o tempo.....	81
O conceito de adaptação.....	81
Evidências de evolução.....	82
Jean-Baptiste Lamarck (1744-1829).....	84
Charles Robert Darwin (1809-1882).....	85
Neodarwinismo ou teoria sintética da evolução ...	88
Revisando.....	90
Exercícios propostos.....	91
Texto complementar.....	97
Exercícios complementares.....	99
2 Evolução.....	103
Conceito de espécie.....	104
O isolamento reprodutivo.....	104
Irradiação adaptativa.....	105
Convergência adaptativa.....	106
Homologia e analogia.....	106
Interações ambientais.....	107
Revisando.....	108
Exercícios propostos.....	109
Texto complementar.....	112
Exercícios complementares.....	113
3 Fundamentos de ecologia.....	116
Recapitulando e aprofundando conceitos.....	117
As divisões da biosfera.....	117
Os seres vivos e as relações alimentares.....	119
Revisando.....	120
Exercícios propostos.....	121
Texto complementar.....	122
Exercícios complementares.....	123

4 Energia e matéria no ecossistema.....	125
O fluxo de energia.....	126
O fluxo da matéria – Ciclos biogeoquímicos.....	128
Revisando	132
Exercícios propostos.....	134
Texto complementar.....	139
Exercícios complementares.....	141
5 Populações, comunidades e sucessão ecológica.....	147
Introdução.....	148
Populações.....	148
As relações interespecíficas.....	151
Sucessão ecológica	155
Revisando	158
Exercícios propostos.....	160
Textos complementares.....	166
Exercícios complementares.....	169

Frente 3

1 Classificação dos seres vivos	176
O primeiro passo.....	177
Os reinos.....	177
Os domínios.....	178
Regras básicas de nomenclatura.....	179
Evolução e sistemática	179
A arquitetura de um animal.....	181
Uma breve apresentação dos principais grupos zoológicos.....	181
Revisando	185
Exercícios propostos.....	187
Texto complementar.....	191
Exercícios complementares.....	192
2 Protozoários e protozooses.....	197
Protozoários e o padrão unicelular.....	198
Aspectos gerais das parasitoses	200
Parasitoses causadas por protozoários	201
Revisando	205
Exercícios propostos.....	207
Textos complementares.....	209
Exercícios complementares.....	212
3 Poríferos.....	215
Poríferos.....	216
Revisando	218
Exercícios propostos	218
Texto complementar.....	219
Exercícios complementares.....	220
4 Embriologia.....	222
Fecundação e os tipos de ovos	223
Segmentação.....	223
Tipos de segmentação	224
A sequência do desenvolvimento: de mórula a nêurula	224
Organogênese.....	227
Classificação embrionária dos animais.....	227
Revisando	229
Exercícios propostos.....	231
Texto complementar.....	233
Exercícios complementares.....	235
5 Organização funcional e classificação dos animais.....	239
Atividades vitais básicas de um animal.....	240
Reprodução: conceito e importância.....	242
Classificação e reprodução dos animais.....	243
Cnidários	243
Platelmintos	245
Nematelmintos.....	246
Anelídeos.....	247
Moluscos.....	249
Equinodermos.....	251
Artrópodes.....	253
Revisando	259
Exercícios propostos.....	262
Textos complementares.....	270
Exercícios complementares.....	275
Cabarito.....	279



Frente 1

1

Organização dos seres vivos e noções de bioenergética

FRENTE 1

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 sistemas.
- **Ecologia:** corresponde à biologia do ambiente; seu campo de estudo abrange desde as populações até a biosfera.

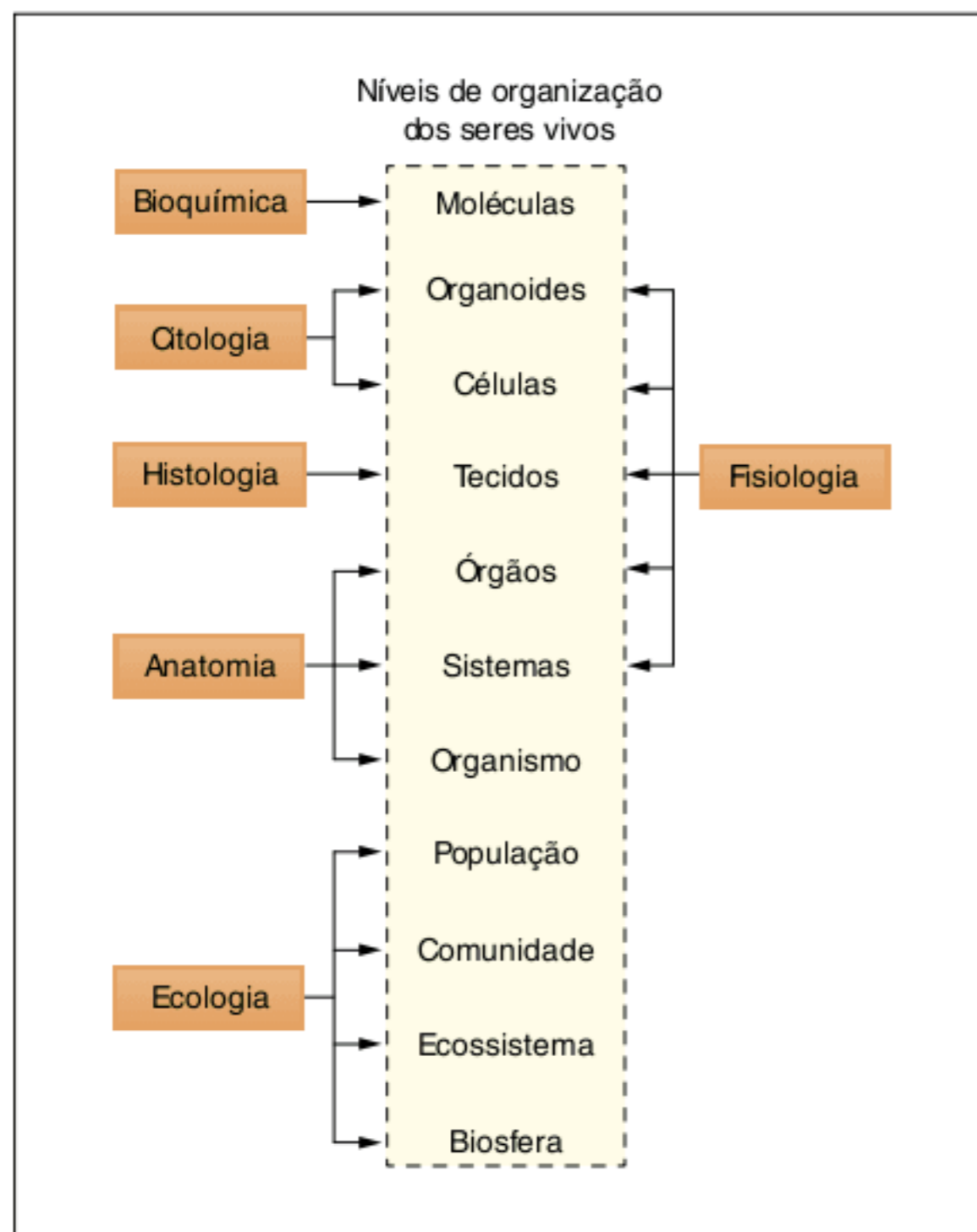


Fig. 1 Áreas da Biologia e sua relação com os níveis de organização.

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.



Fig. 19 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. 2 Comunidade é o conjunto de todos os seres vivos de um ambiente.

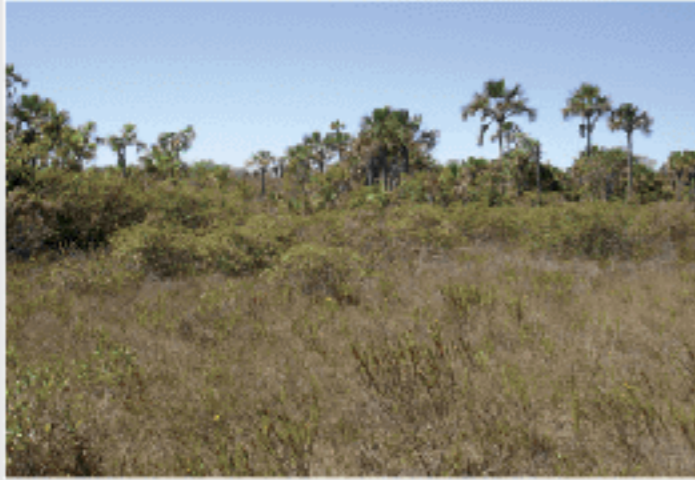
O Pantanal possui componentes não vivos, denominados **fatores abióticos (biótopo)**, como luz, água, temperatura, gases, entre outros. O ambiente completo do Pantanal, com seus componentes bióticos e abióticos em interação, constitui um **ecossistema** (Fig. 4). Florestas, campos, desertos e lagos são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



Fig. 3 O Pantanal é um exemplo de ecossistema: um ambiente constituído por fatores abióticos em interação com uma comunidade.



ANDREVIJAS/WIKIMEDIA COMMONS



VITOR 1234/WIKIMEDIA COMMONS



ABDULLAH/FUCKR



WIENKOW/WIKIMEDIA COMMONS



ZERGHEI/WIKIMEDIA COMMONS



BILLY UNDBLOM/FUCKR

Fig. 4 Biosfera: conjunto de todos os ecossistemas do planeta.

Todos os ecossistemas do planeta constituem a **biosfera** terrestre (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 **organoídes**, como as mitocôndrias e os ribossomos. Um organoide 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.

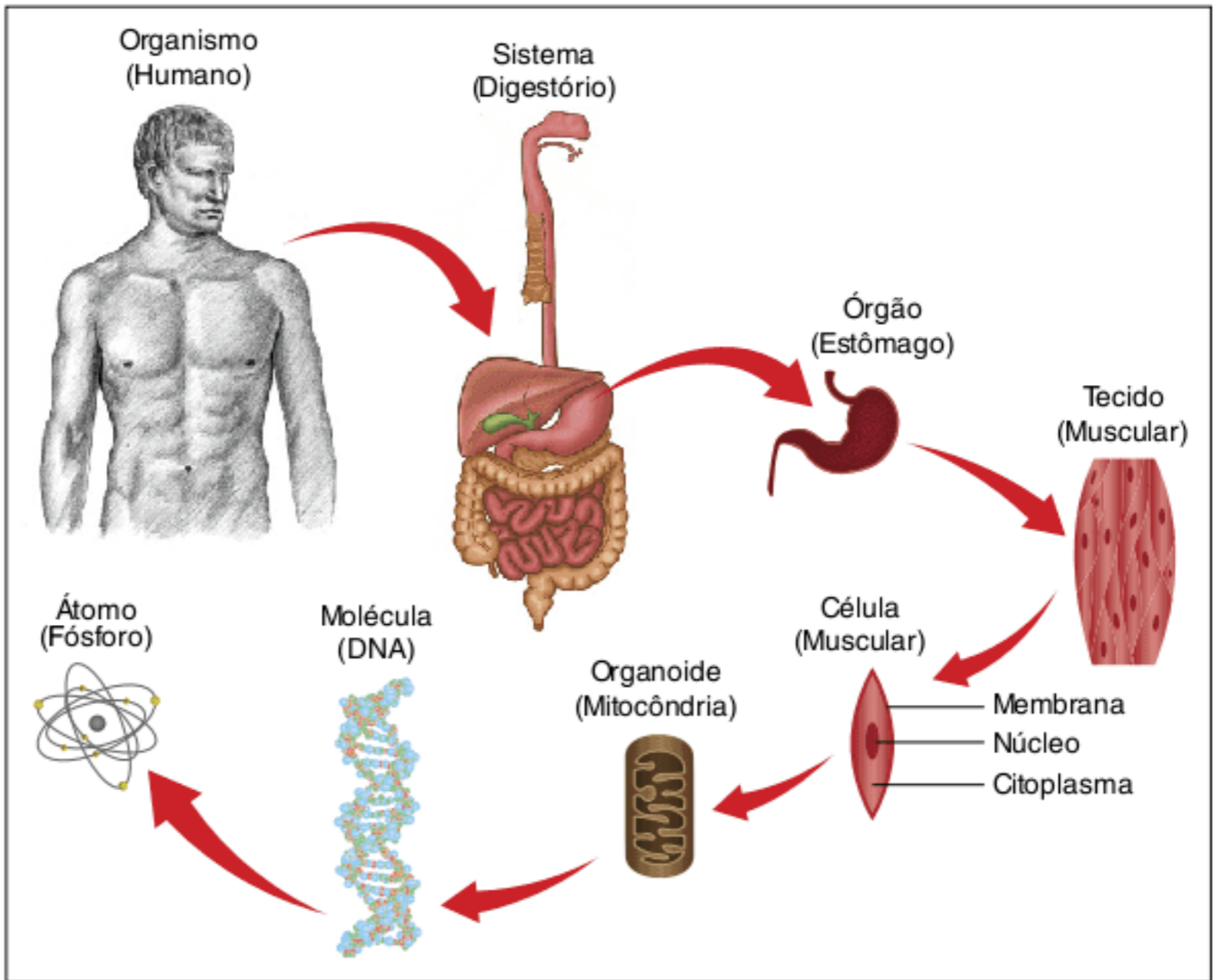


Fig. 5 O organismo é constituído por sistemas, órgãos, tecidos, células, organoídes, moléculas e átomos.

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**.

A célula animal

Uma célula animal apresenta **membrana, núcleo e citoplasma** (com citosol e orgânulos). 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 orgânulos. O citosol é um coloide, tendo, entre outros componentes, água e proteínas. No citosol estão imersos os **orgânulos** (ou organelas), estruturas bem definidas e que desempenham papéis específicos na atividade celular. Os principais orgânulos citoplasmáticos são ribossomos, complexo golgiense, lisossomos, mitocôndrias, retículo endoplasmático, centríolos e peroxissomos (Fig. 7).

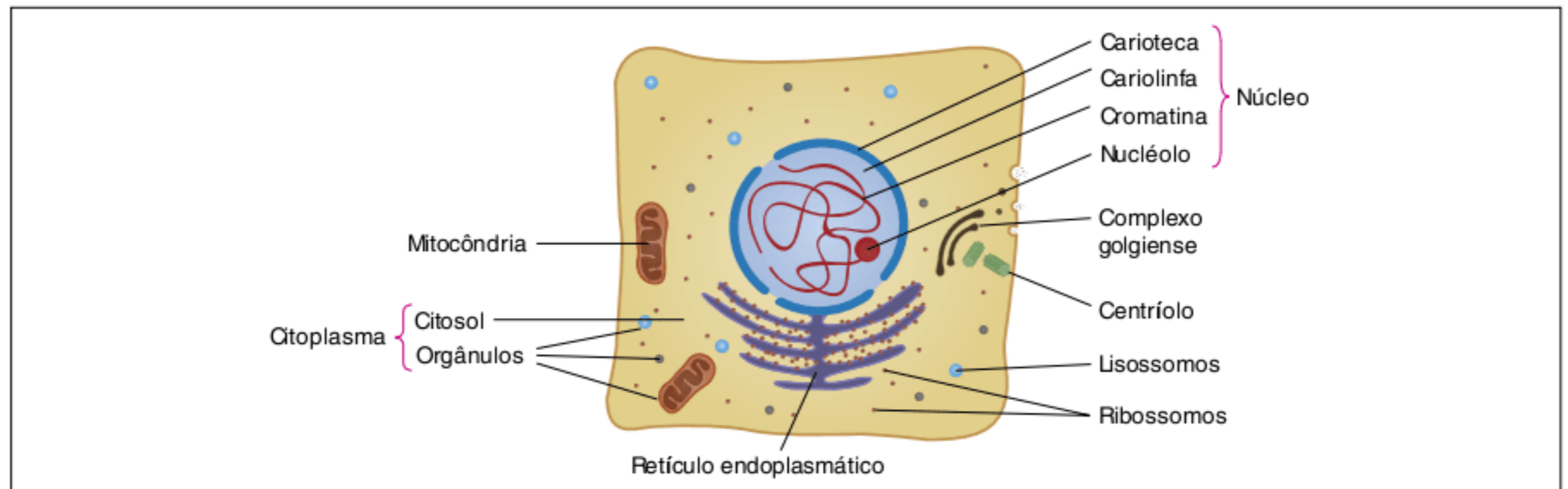


Fig. 6 A célula animal típica apresenta membrana, citoplasma e núcleo. O citoplasma apresenta citosol e diversos tipos de orgânulos.

Os orgânulos 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)	Transporte e síntese de lipídeos
	rugoso ou granular (com 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 orgânulos citoplasmáticos, suas características e funções.

Célula vegetal

Uma célula vegetal típica apresenta estruturas também presentes em células animais; contudo, também 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).

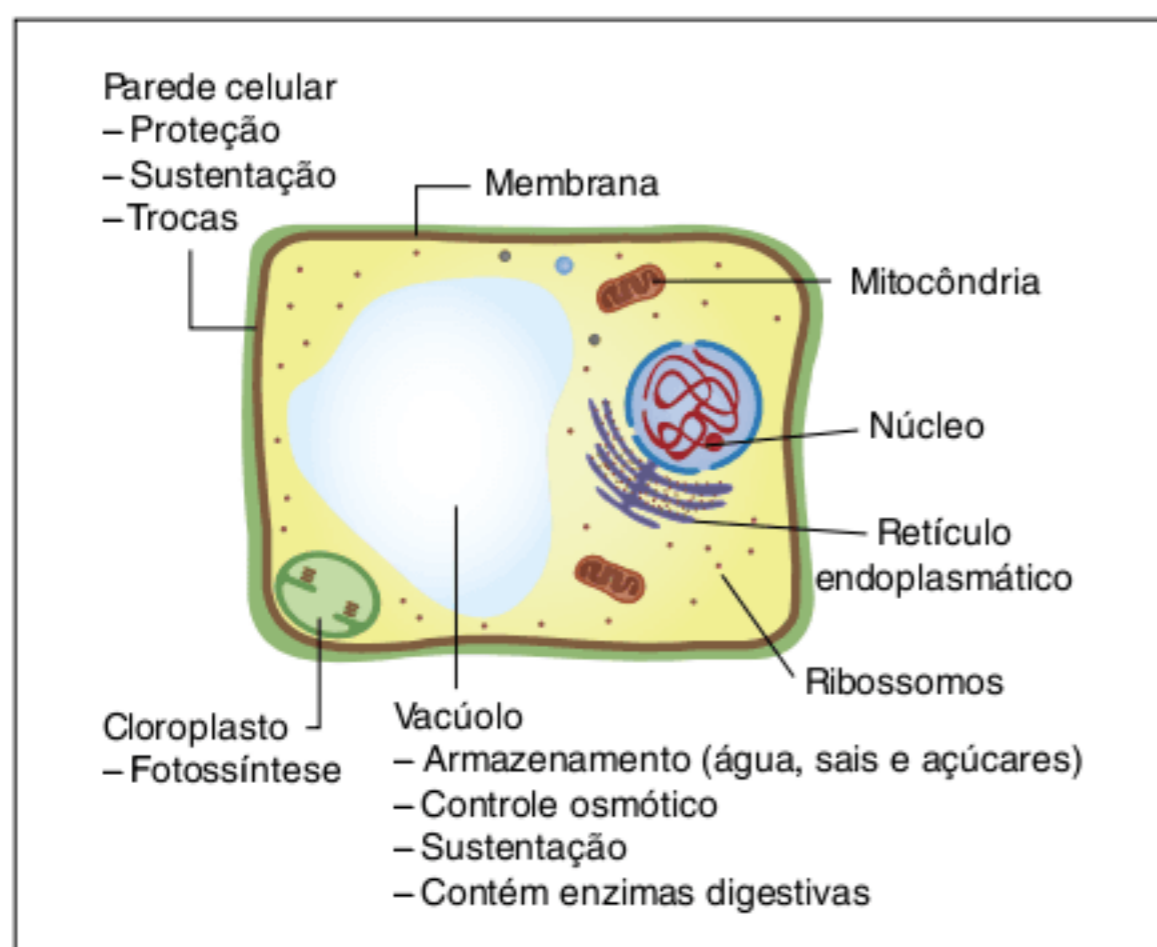


Fig. 7 A célula vegetal apresenta membrana, citoplasma e núcleo. É envolvida pela parede celular, e seu citoplasma pode ter cloroplastos, responsáveis pela realização de fotossíntese.

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).

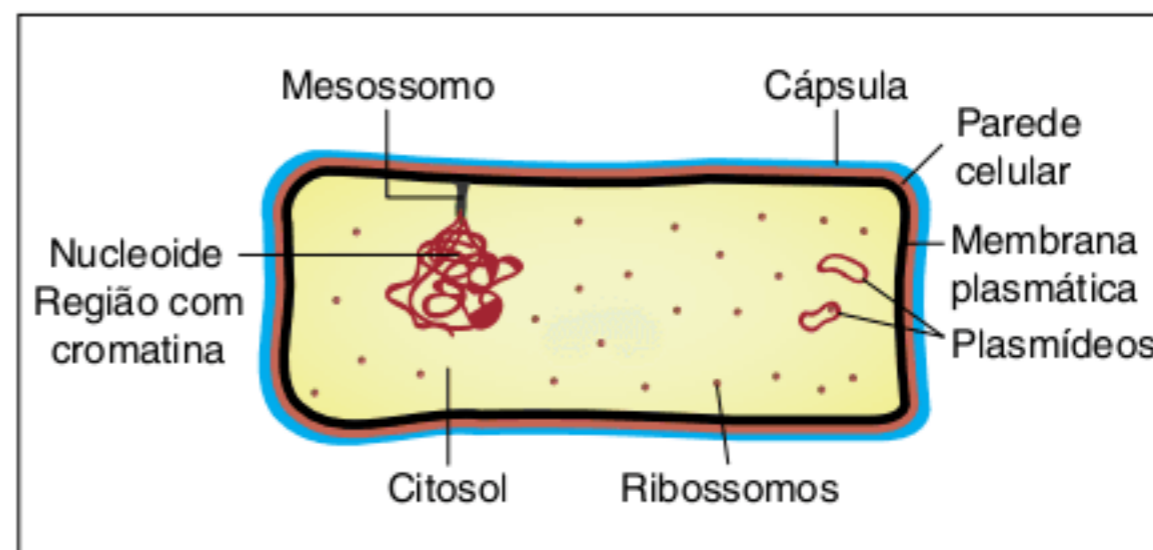


Fig. 8 Uma célula bacteriana pode apresentar como envoltórios a membrana, a parede celular e a cápsula. O citoplasma compreende tudo o que está para o interior da membrana, incluindo citosol, ribossomos e moléculas de DNA.

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.

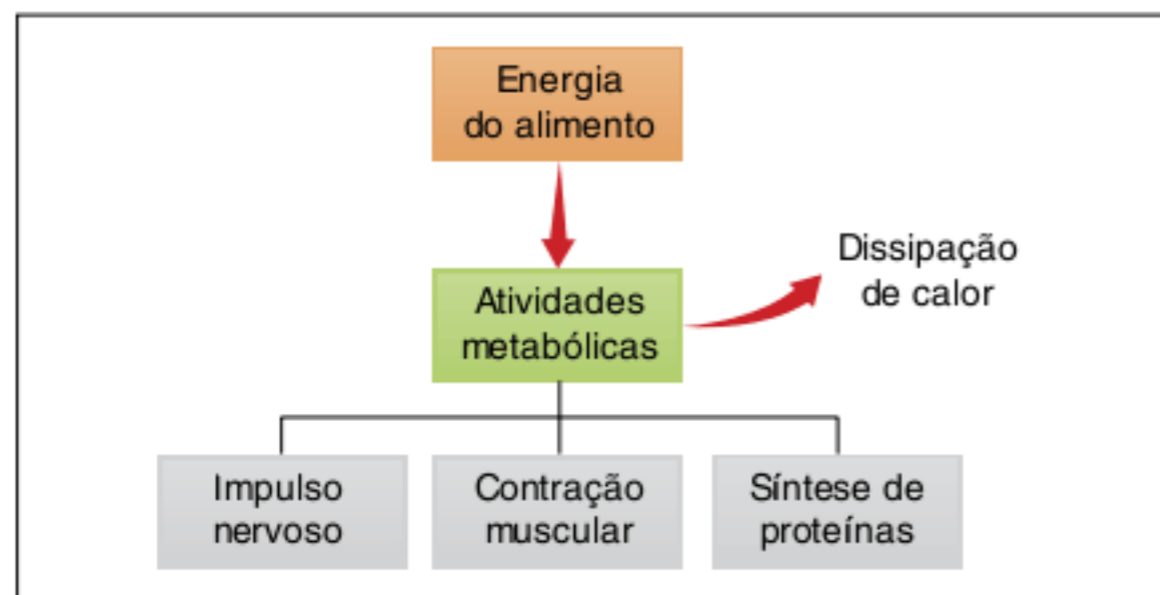


Fig. 9 Destino da energia proveniente do alimento.

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).

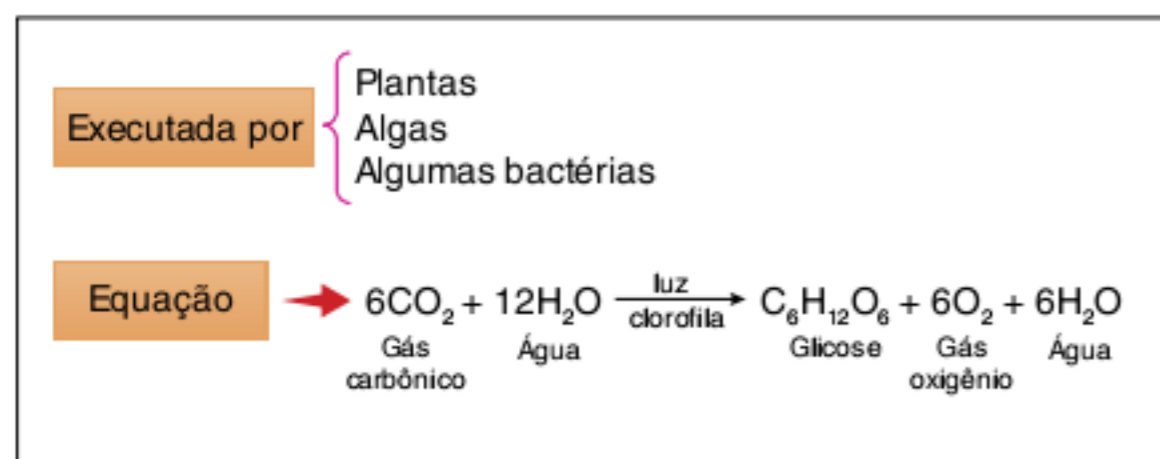


Fig. 10 Fotossíntese: equação e ocorrência entre os seres vivos.

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

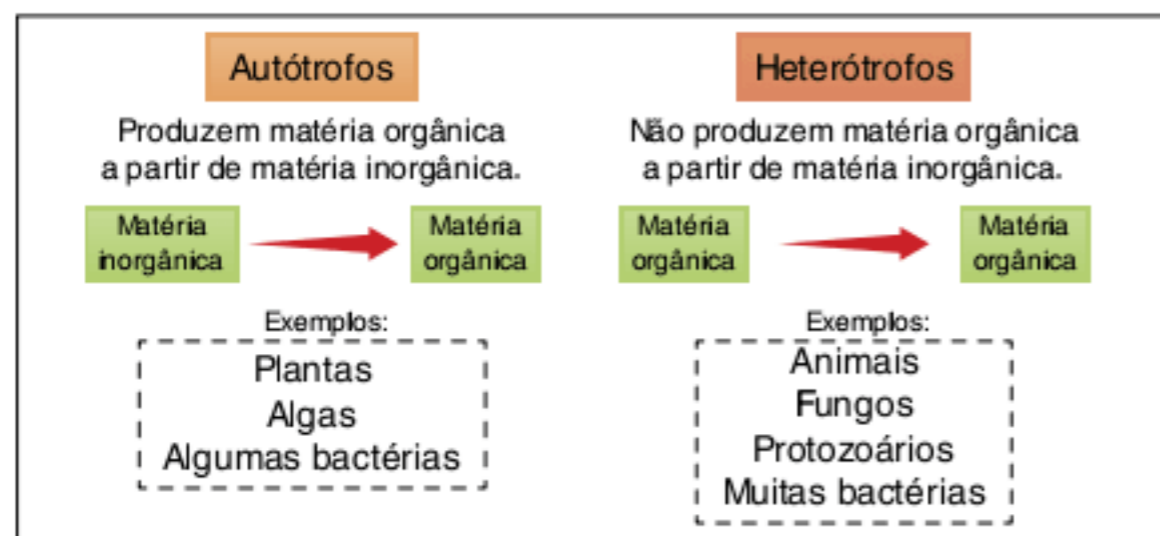


Fig. 11 Principais organismos autótrofos e heterótrofos da natureza e os processos envolvidos na nutrição.

são os principais heterótrofos do ambiente. Esses organismos devem consumir matéria orgânica presente no meio para obter energia (Fig. 12).

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).

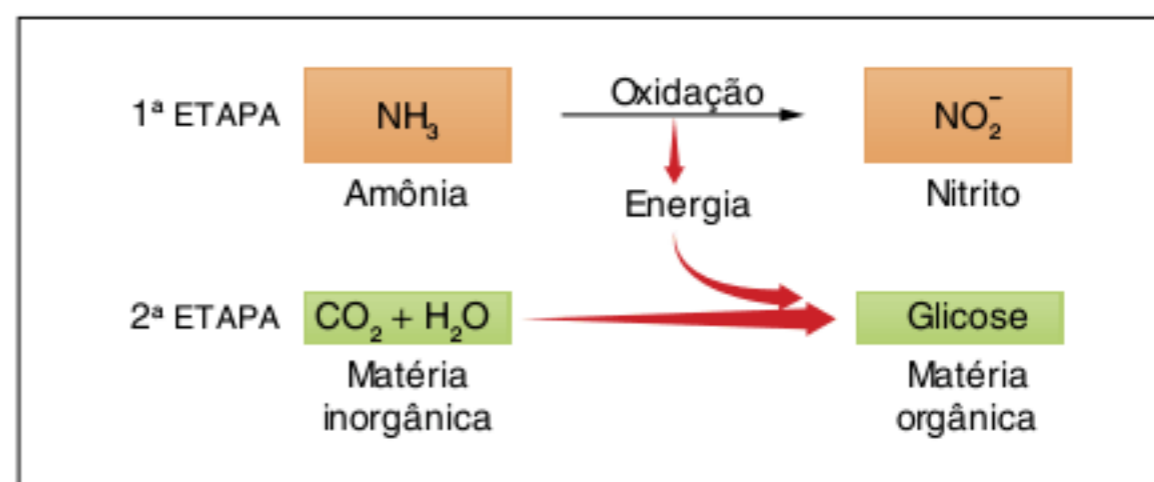


Fig. 12 Quimiossíntese realizada a partir da oxidação de compostos de nitrogênio.

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).

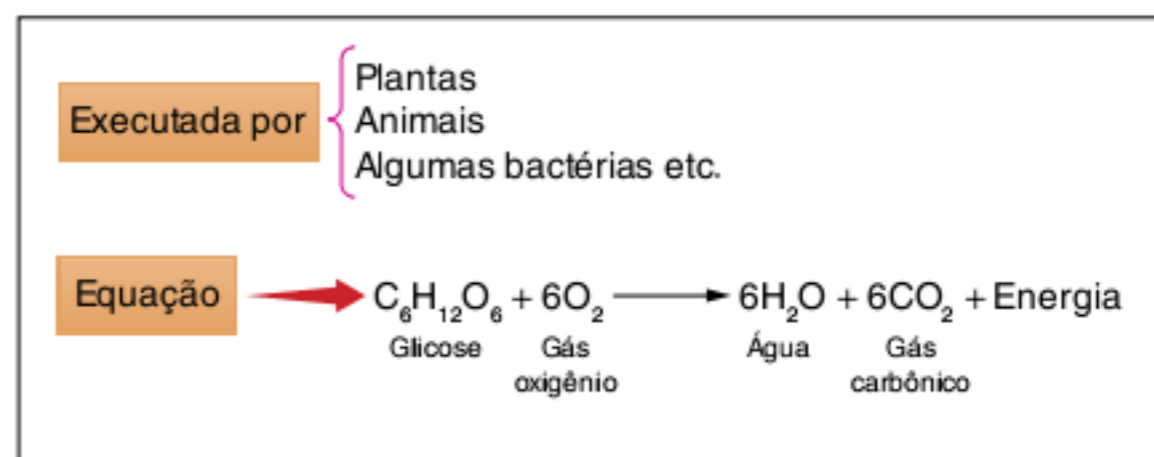


Fig. 13 Respiração: equação e ocorrência entre os seres vivos.

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).

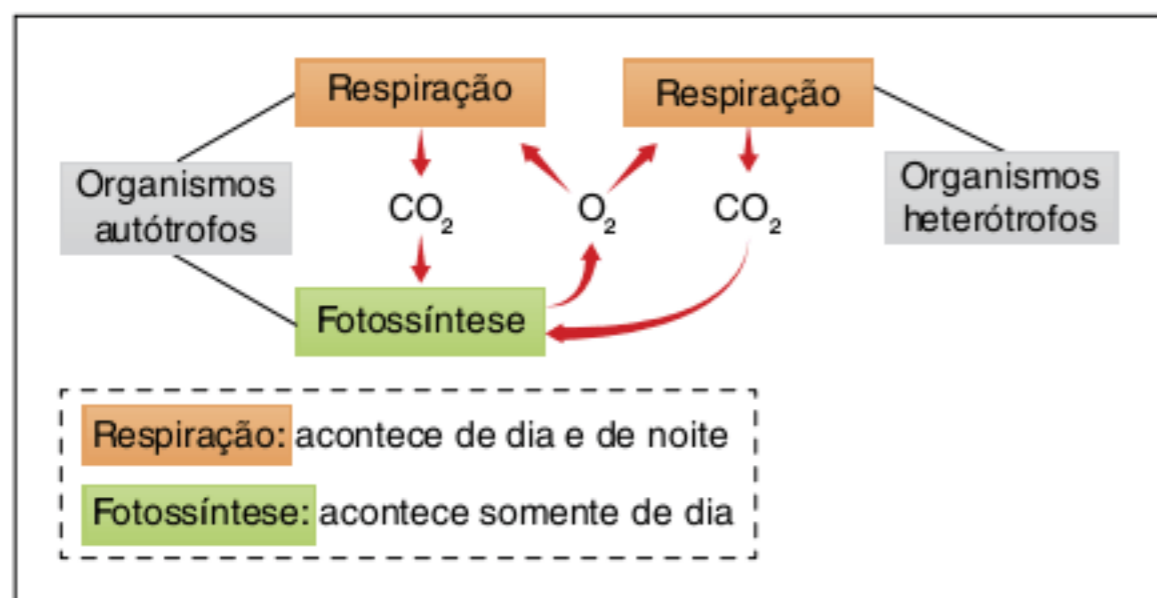


Fig. 14 Respiração e fotossíntese nos seres vivos (autótrofos e heterótrofos).

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).

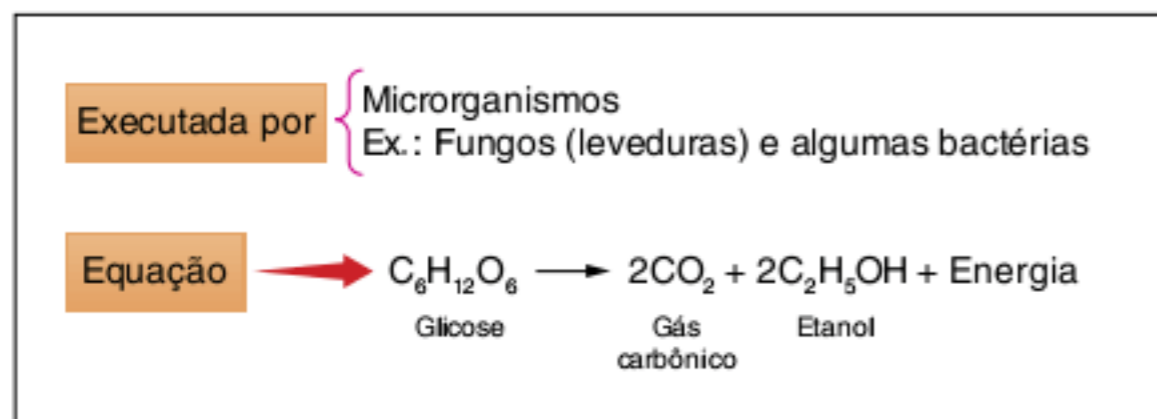


Fig. 15 Equação da fermentação alcoólica.

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 **lática**, 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 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).

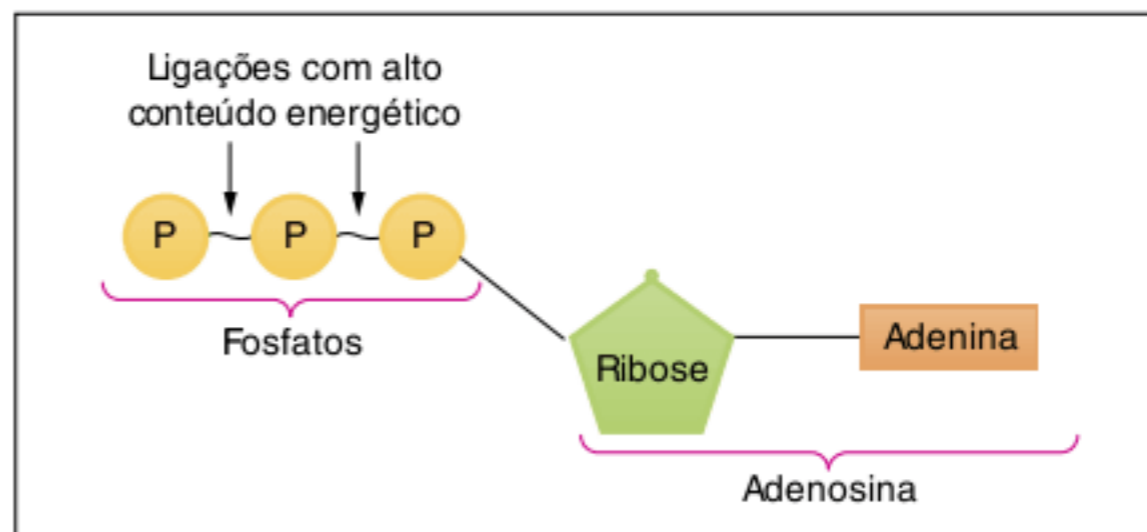


Fig. 16 Estrutura da molécula de ATP.

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.

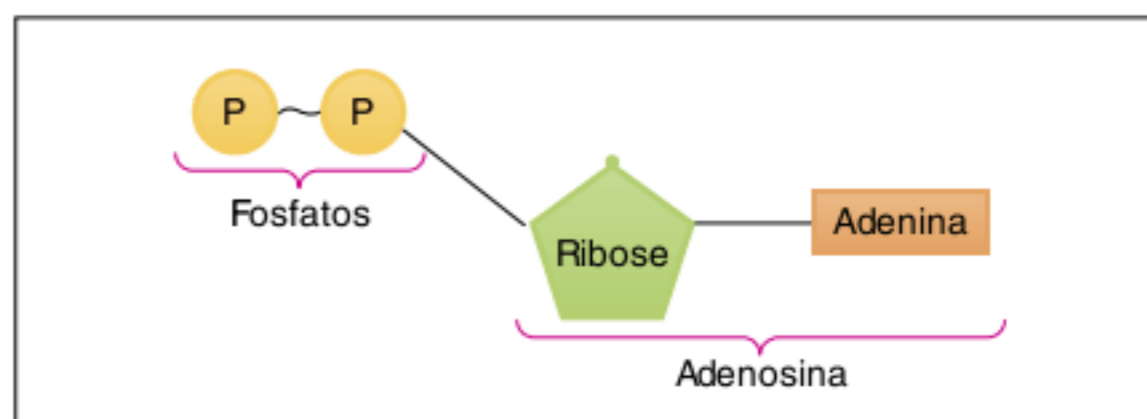


Fig. 17 Estrutura da molécula de ADP.

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

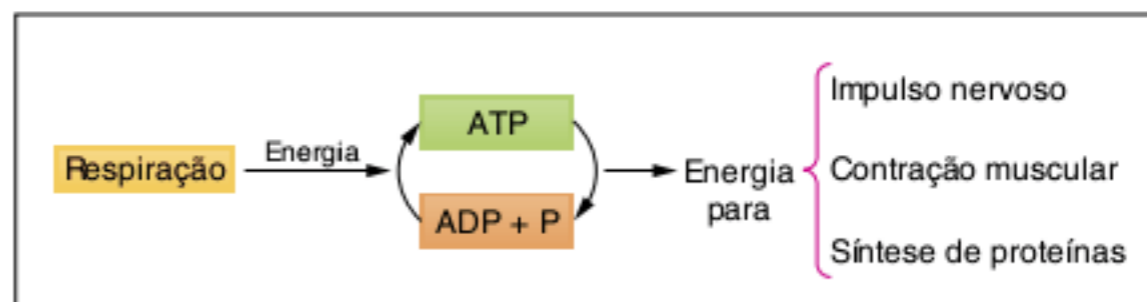


Fig. 18 ATP e o metabolismo celular.

Revisando

1 Conceitue biosfera.

2 Defina população.

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 Cite os níveis de organização compreendidos abaixo de um organismo animal.

6 Classifique os organismos em dois grupos com base no número de células. Vírus enquadram-se nessa classificação? Por quê?

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 Cite os quatro componentes do núcleo.

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 aeróbica 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-RJ 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 Udesc Assinale a alternativa correta, dentre as apresentadas abaixo.

- (a) Comunidade é o conjunto de ecossistemas interligados.
- (b) Comunidade é o conjunto de indivíduos que pertencem à mesma espécie, ocupam locais distintos e desenvolvem relações de competição e predação, entre outras.
- (c) Ecossistema é o conjunto de populações que habitam o mesmo espaço.
- (d) População é o conjunto de indivíduos de espécies distintas que ocupam a mesma área e que podem trocar material genético.
- (e) População é o conjunto de indivíduos que pertencem a uma mesma espécie, ocupam locais semelhantes e têm potencial para cruzamentos.

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 2008 As estruturas presentes em uma célula vegetal, porém ausentes em uma bactéria, são:

- (a) cloroplastos, lisossomos, núcleo e membrana plasmática.
- (b) vacúolos, cromossomos, lisossomos e ribossomos.
- (c) complexo golgiense, membrana plasmática, mitocôndrias e núcleo.
- (d) cloroplastos, mitocôndrias, núcleo e retículo endoplasmático.
- (e) cloroplastos, complexo golgiense, mitocôndrias e ribossomos.

6 Puccamp 2006 Células vegetais e células animais possuem várias estruturas e organelas em comum, mas também apresentam outras que são exclusivas, como os amiloplastos, encontrados apenas nos vegetais. Considere as estruturas a seguir.

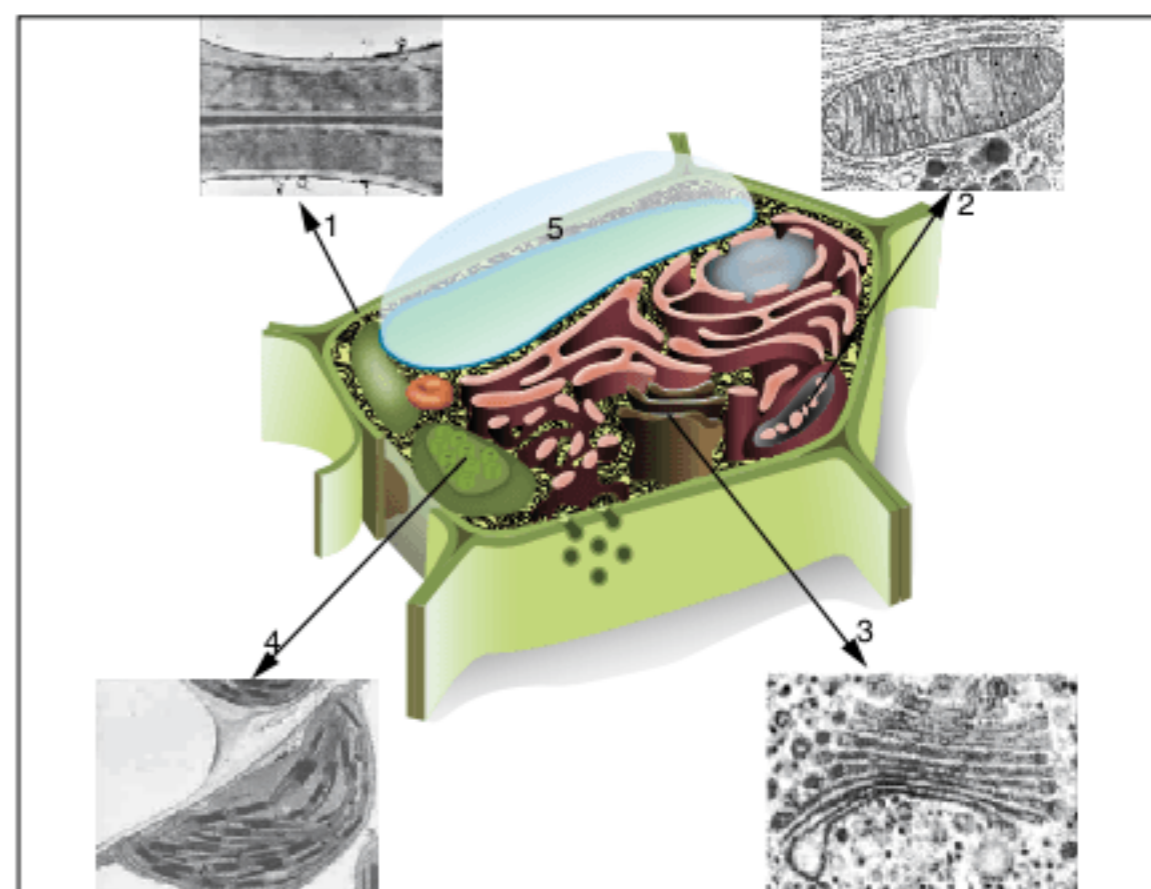
- I. Cloroplasto
- II. Mitocôndria
- III. Retículo endoplasmático
- IV. Parede celular

Comparando as células animal e vegetal, é correto afirmar que:

- (a) apenas a célula vegetal possui I e IV.
- (b) apenas a célula animal possui II e III.
- (c) a célula animal possui as estruturas III e IV.
- (d) ambas possuem as estruturas I, II, III e IV.
- (e) a célula vegetal possui as estruturas I, II, III e IV, e a animal apenas I e II.

7 UEL 2009 Na década de 1950, a pesquisa biológica começou a empregar os microscópios eletrônicos, que possibilitaram o estudo detalhado da estrutura interna das células.

Observe, na figura a seguir, a ilustração de uma célula vegetal e algumas imagens em micrografia eletrônica.



D. Sadava et al. *Vida: a ciência da Biologia*. 8 ed. Porto Alegre: Artmed, 2009. p. 77. v.1. (Adapt.).

Quanto às estruturas anteriormente relacionadas, é correto afirmar:

- (a) A imagem 1 é de uma organela em que as substâncias obtidas do ambiente externo são processadas, fornecendo energia para o metabolismo celular.
- (b) A imagem 2 é de uma organela na qual a energia da luz é convertida na energia química presente em ligações entre átomos, produzindo açúcares.
- (c) A imagem 3 é de uma organela que concentra, empacota e seleciona as proteínas antes de enviá-las para suas destinações celulares ou extracelulares.
- (d) A imagem 4 é de uma organela na qual a energia química potencial de moléculas combustíveis é convertida em uma forma de energia passível de uso pela célula.
- (e) A imagem 5 é de uma organela que produz diversos tipos de enzimas capazes de digerir grande variedade de substâncias orgânicas.

8 UFSCar 2007 Na tabela, estão assinaladas a presença (+) ou ausência (-) de alguns componentes encontrados em três diferentes tipos celulares (A, B e C).

Componentes	Tipos celulares		
	A	B	C
Envoltório nuclear	+	-	+
Ribossomos	+	+	+
Mitocôndrias	+	-	+
Clorofila	-	+	+
Retículo endoplasmático	+	-	+

A, B e C pertenceriam, respectivamente, a organismos:

- eucariotos heterótrofos, procariotos heterótrofos e procariotos autótrofos.
- eucariotos autótrofos, procariotos autótrofos e eucariotos autótrofos.
- procariotos heterótrofos, eucariotos heterótrofos e eucariotos autótrofos.
- procariotos autótrofos, eucariotos autótrofos e eucariotos heterótrofos.
- eucariotos heterótrofos, procariotos autótrofos e eucariotos autótrofos.

9 UFMG 1997 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 mitocôndria.
- o complexo de Golgi.
- o lisossomo.
- o retículo endoplasmático rugoso.

10 Unesp 2000 Se fôssemos comparar a organização e o funcionamento de uma célula eucarionte com o que ocorre em uma cidade, poderíamos estabelecer determinadas analogias. Por exemplo, a membrana plasmática seria o perímetro urbano e o hialoplasma corresponderia ao espaço ocupado pelos edifícios, ruas e casas com seus habitantes.

As colunas reúnem algumas similaridades funcionais entre cidade e célula eucarionte.

Cidade

- Ruas e avenidas
- Silos e armazéns
- Central elétrica (energética)
- Casas com aquecimento solar
- Restaurantes e lanchonetes

Célula eucarionte

- Mitocôndrias
- Lisossomos

- Retículo endoplasmático
- Complexo de Golgi
- Cloroplastos

Correlacione os locais da cidade com as principais funções correspondentes às organelas celulares e assinale a alternativa correta.

- I-3, II-4, III-1, IV-5 e V-2.
- I-4, II-3, III-2, IV-5 e V-1.
- I-3, II-4, III-5, IV-1 e V-2.
- I-1, II-2, III-3, IV-4 e V-5.
- I-5, II-4, III-1, IV-3 e V-2.

11 UFMT Os vegetais são parte dos recursos naturais largamente empregados na fabricação de papel, cuja matéria-prima é a celulose. Assinale a estrutura celular da qual a celulose é o principal componente.

- Parede celular
- Membrana celular
- Vacúolo
- Cloroplasto
- Mitocôndria

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

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

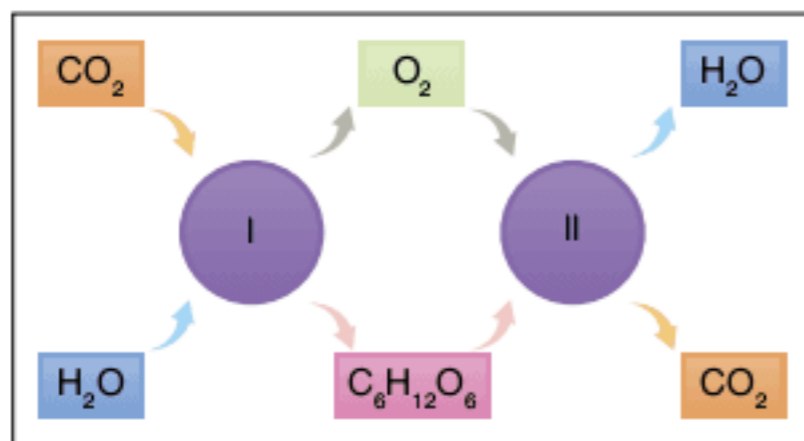
13 Enceja 2006 Cachaça, vinho e cerveja são bebidas muito apreciadas que têm coloração, sabor e aroma característicos. Na produção dessas bebidas, sob a ação de microrganismos, os carboidratos da cana-de-açúcar, da uva e do malte são convertidos em etanol, em concentrações que variam de bebida para bebida. O conjunto de transformações que leva à obtenção do etanol com liberação de CO_2 é conhecido como:

- alcooolização.
- fermentação.
- pasteurização.
- condensação.

14 Fuvest 2010 A cana-de-açúcar é importante matéria-prima para a produção de etanol. A energia contida na molécula de etanol e liberada na sua combustão foi:

- (a) captada da luz solar pela cana-de-açúcar, armazenada na molécula de glicose produzida por fungos no processo de fermentação e, posteriormente, transferida para a molécula de etanol.
- (b) obtida por meio do processo de fermentação realizado pela cana-de-açúcar e, posteriormente, incorporada à molécula de etanol na cadeia respiratória de fungos.
- (c) captada da luz solar pela cana-de-açúcar, por meio do processo de fotossíntese, e armazenada na molécula de clorofila, que foi fermentada por fungos.
- (d) obtida na forma de ATP no processo de respiração celular da cana-de-açúcar e armazenada na molécula de glicose, que foi, posteriormente, fermentada por fungos.
- (e) captada da luz solar por meio do processo de fotossíntese realizado pela cana-de-açúcar e armazenada na molécula de glicose, que foi, posteriormente, fermentada por fungos.

15 UFF 2008 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.

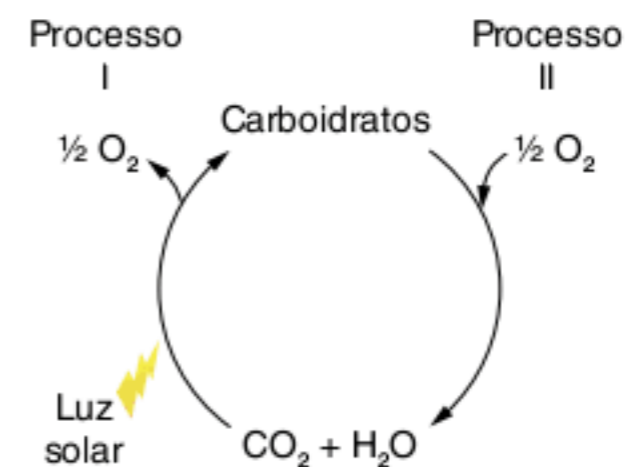
16 UFRRJ 2009 De acordo com a Polícia Rodoviária Federal, só em Feira de Santana, cidade com maior número de prisões de motoristas alcoolizados, 15 condutores já foram detidos desde o início da Lei Seca. Apesar das críticas e insatisfação da população, é indiscutível que a implantação da Lei Seca no Brasil contribuiu 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 o processo fisiológico está envolvido nas representações I e II, respectivamente? Qual organela celular é especializada para realização de cada processo?

TEXTO COMPLEMENTAR

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.



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 de organização: sistemas, órgãos, tecidos, células, organelas, 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 organelas citoplasmáticas: 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 organelas 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 a partir 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 para a 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 1992 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:

- 01 pela interação de todos os seres vivos.
- 02 pelo conjunto dos fatores climáticos.
- 04 pela interação de fatores abióticos e a comunidade de seres vivos.
- 08 pela interação entre autótrofos e heterótrofos.
- 16 pelo conjunto vivo constituído pela biocenose e o biótopo em interação.

Soma =

3 Puccamp 2007 O conjunto dos organismos que vivem no mangue forma:

- (a) um bioma.
- (b) um biótopo.
- (c) uma população.
- (d) um ecossistema.
- (e) uma comunidade.

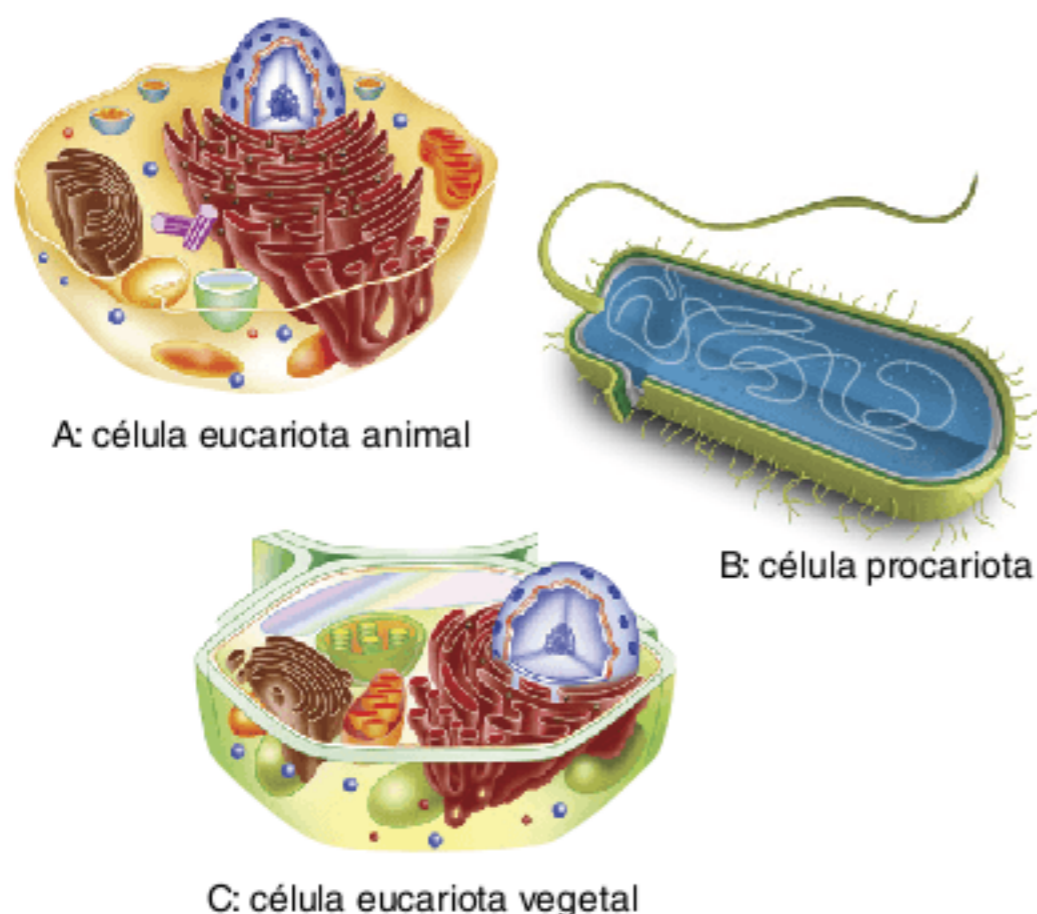
4 Uece 2005 Considere as seguintes definições.

- I. Conjunto de todos os indivíduos de uma mesma espécie, vivendo em uma mesma área em um mesmo intervalo de tempo.
- II. Conjunto de todas as populações que ocorrem em uma determinada área.
- III. Conjunto de todos os ecossistemas terrestres.

Assinale a opção que corresponde, respectivamente, aos conceitos definidos acima.

- (a) População, comunidade e bioma.
- (b) Raça, biocenose e biosfera.
- (c) Tribo, ecossistema e biocenose.
- (d) População, comunidade e biosfera.

5 UFRJ 2009 Existe um dito popular que afirma: “A união faz a força”. Quando nos referimos às células, tal frase faz muito sentido, pois essas estruturas minúsculas são capazes de formar seres complexos, como o organismo de um animal, e, às vezes, apenas uma célula já pode ser considerada um ser vivo que é capaz de destruir outros seres mais complexos. Na figura abaixo, podemos visualizar três células com suas principais estruturas.



Responda:

- a) Que estrutura presente em A e C e ausente em B justifica essa classificação?
- b) Cite uma estrutura presente em C que justifique sua classificação, diferente de A.

6 UFMT A estrutura da célula bacteriana que não permite alteração no formato da célula é:

- (a) cloroplastos.
- (b) retículo endoplasmático.
- (c) mitocôndria.
- (d) parede celular.
- (e) vacúolo.

7 UFSCar (Adapt.) A edição n.º 76 da revista *Scientific American Brasil*, de 2008, noticiou que pesquisadores da Harvard Medical School, nos Estados Unidos, conseguiram construir um modelo da célula primitiva, que surgiu há, aproximadamente, 3,5 bilhões de anos e que deu início à jornada da vida na Terra. A partir dessa célula primitiva, surgiram os dois tipos fundamentais de células: um presente em bactérias e cianobactérias, e o outro presente em todos os demais seres vivos conhecidos atualmente, exceto os vírus. Esse feito científico é de extrema importância, pois pode fornecer informações mais precisas de como esse processo de diversificação aconteceu. Quais são os dois tipos celulares aos quais o texto faz referência, e qual é a diferença mais marcante entre eles, visível com o auxílio do microscópio óptico?

8 UFV 1999 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 Unicamp 2000 No século XVIII foram feitos experimentos simples mostrando que um camundongo colocado em um recipiente de vidro fechado morria depois de algum tempo. Posteriormente, uma planta e um camundongo foram colocados em um recipiente de vidro, fechado e iluminado, e verificou-se que o animal não morria.

- a) Por que o camundongo morria no primeiro experimento?
- b) Que processos interativos no segundo experimento permitem a sobrevivência do camundongo? Explique.
- c) Quais as organelas celulares relacionadas a cada um dos processos mencionados na sua resposta ao item b?

10 Fuvest 1998 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?

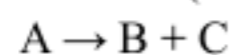
11 Fuvest 1998 Considere as seguintes informações.

- I. A bactéria *Nitrosomonas europaea* obtém a energia necessária a seu metabolismo a partir da reação de oxidação de amônia a nitrito.
- II. A bactéria *Escherichia coli* obtém a energia necessária a seu metabolismo a partir da respiração aeróbica ou da fermentação.
- III. A bactéria *Halobacterium halobium* obtém a energia necessária a seu metabolismo a partir da luz captada por um pigmento chamado rodopsina bacteriana.

Com base nessas informações, *Nitrosomonas europaea*, *Escherichia coli* e *Halobacterium halobium* podem ser classificados, respectivamente, como organismos:

- (a) autotróficos; autotróficos; autotróficos.
- (b) autotróficos; heterotróficos; autotróficos.
- (c) autotróficos; autotróficos; heterotróficos.
- (d) autotróficos; heterotróficos; heterotróficos.
- (e) heterotróficos; autotróficos; heterotróficos.

12 Mackenzie 1996 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.

Noções de material genético e núcleo

2

FRENTE 1

Muitas das características dos seres vivos são determinadas pelo material genético herdado dos pais. O tipo de dentição dos leões é geneticamente determinado, sendo adaptativo à sua nutrição carnívora. Genes também são responsáveis pela determinação da cor dos pelos desses animais. Alguns leões são portadores de genes modificados e apresentam albinismo (falta de pigmentação).



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 é gerado pela atividade dos segmentos de cromatina; o RNA ribossômico entra na composição dos ribossomos, estruturas responsáveis pela síntese de proteínas.

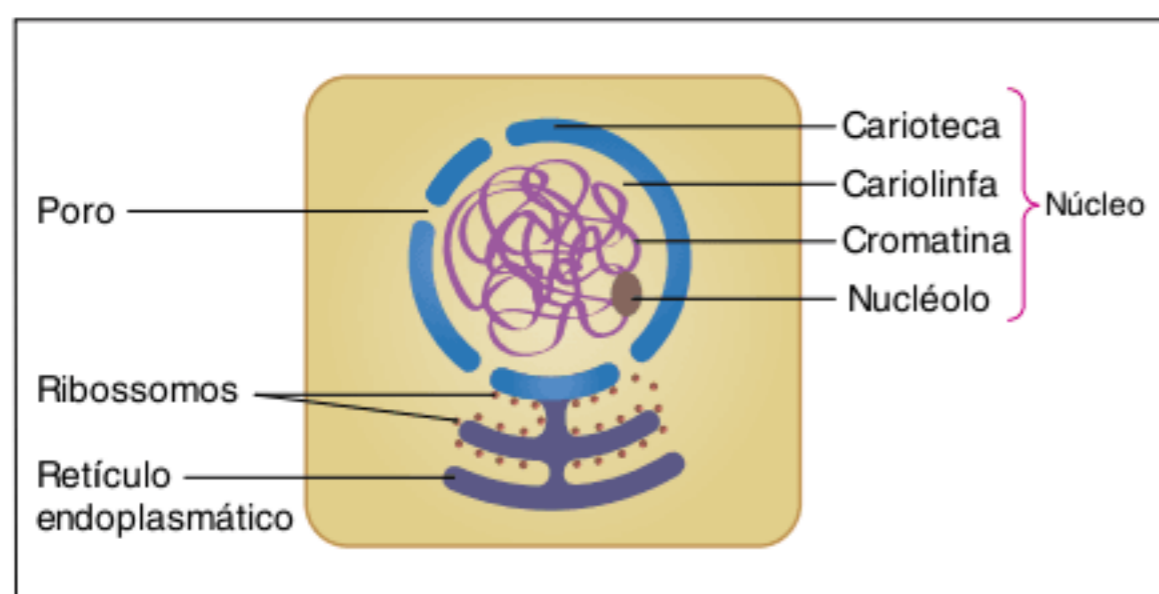


Fig. 1 Componentes do núcleo de uma célula.

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 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).

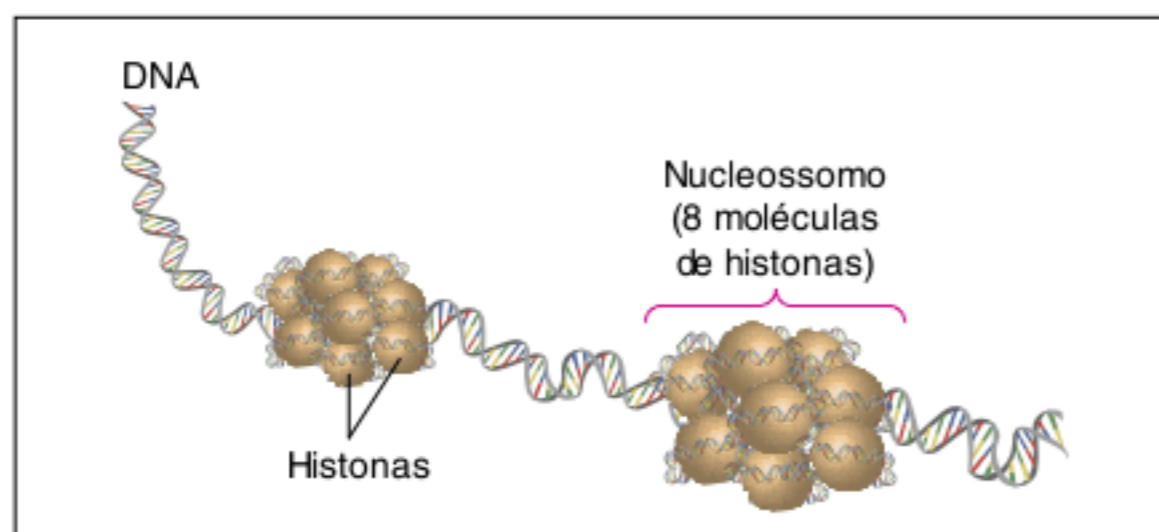


Fig. 2 Organização de um filamento de cromatina (cromonema).

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.

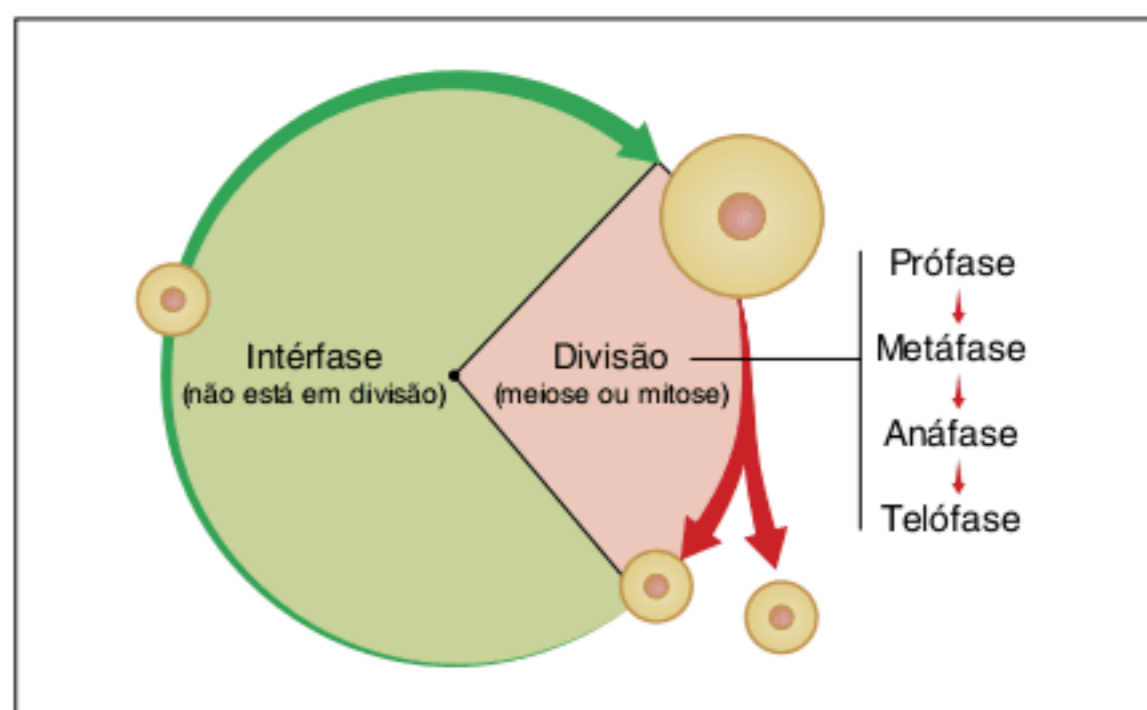


Fig. 3 Etapas do ciclo celular.

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-irmãos**. Duas cromátides-irmãs ficam ligadas 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.

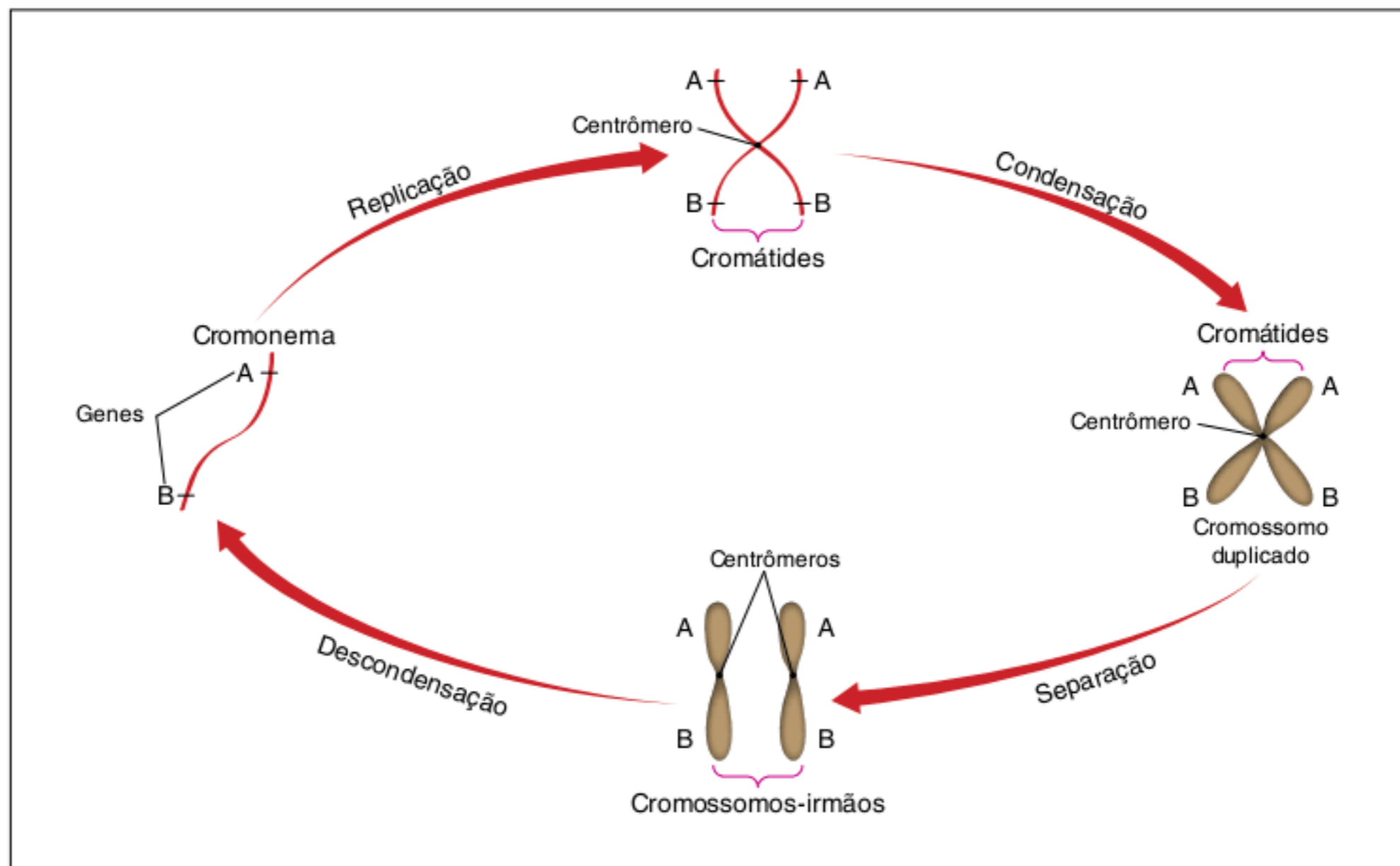


Fig. 4 Modificações do material genético durante o ciclo celular.

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.

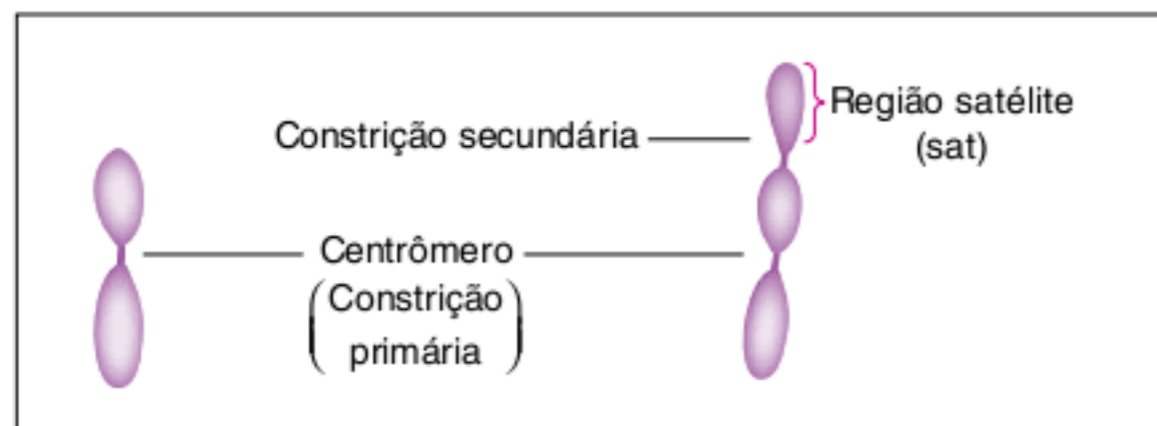


Fig. 5 Um cromossomo apresenta centrômero (constricção primária); há cromossomos também dotados de constricção secundária.

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 $2n$.

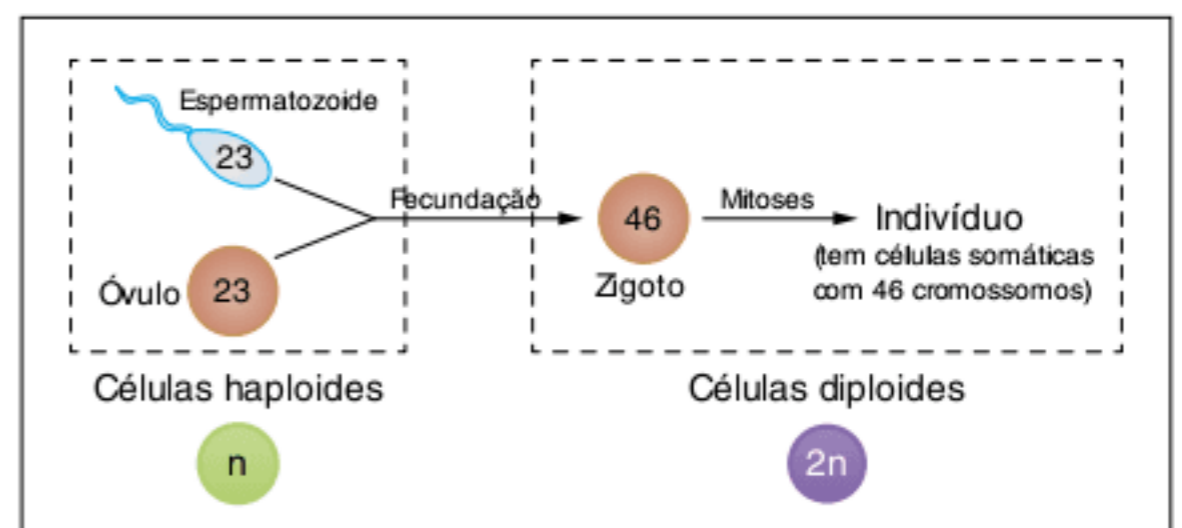


Fig. 6 Células haploides e células diploides.

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).

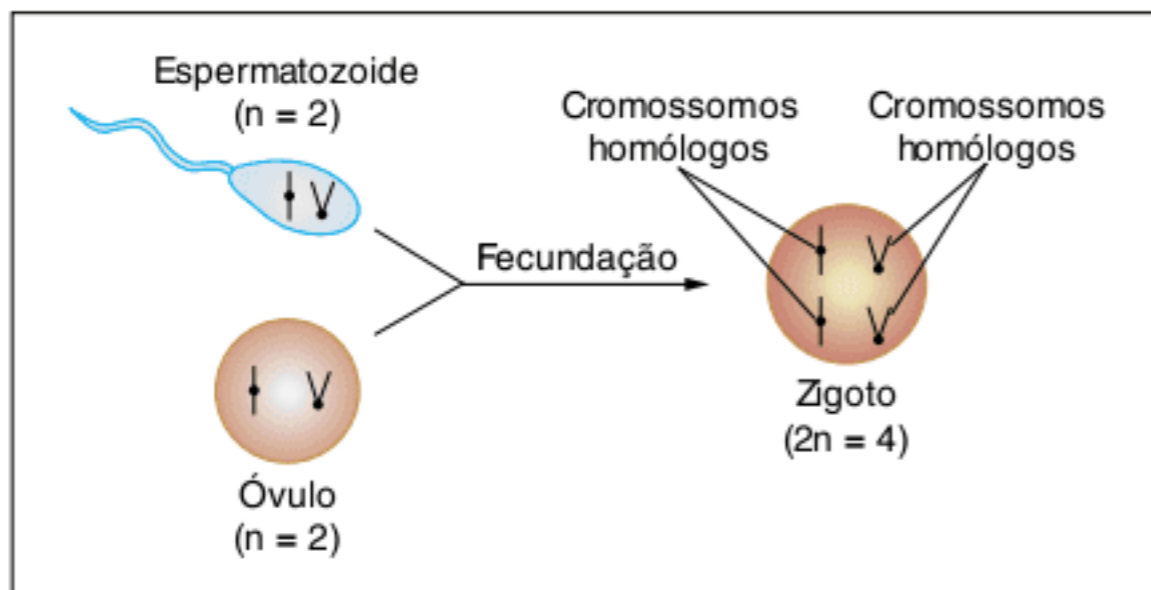


Fig. 7 Cromossomos homólogos: células diploides e células haploides.

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).

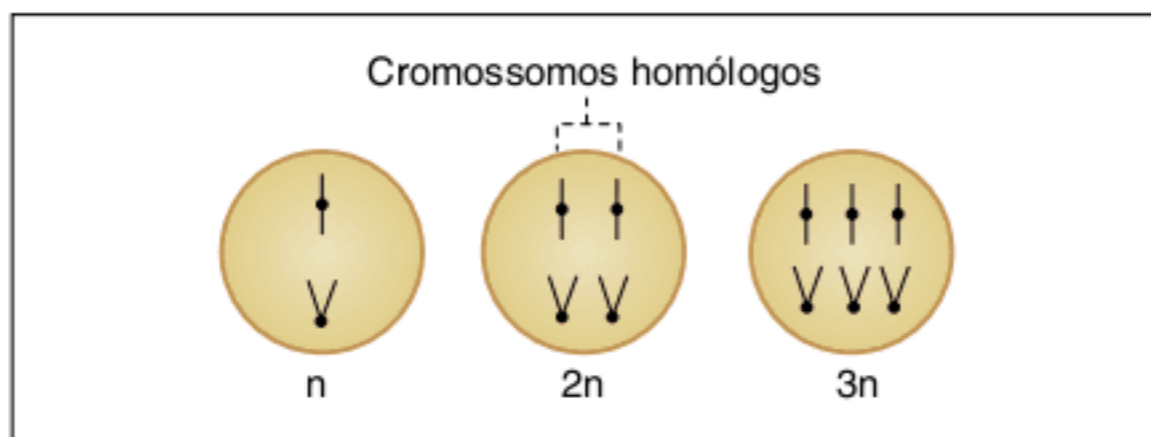


Fig. 8 Célula haploide (n) apresenta um representante de cada tipo de cromossomo. Em células diploides ($2n$), há um par de cada tipo de cromossomo. Células triploides ($3n$) possuem trios de cada tipo de cromossomo.

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).

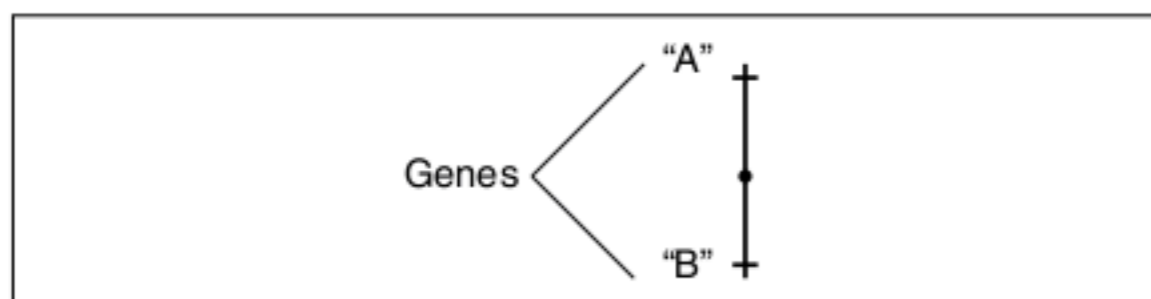


Fig. 9 *Locus* é a posição do gene no cromossomo.

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).

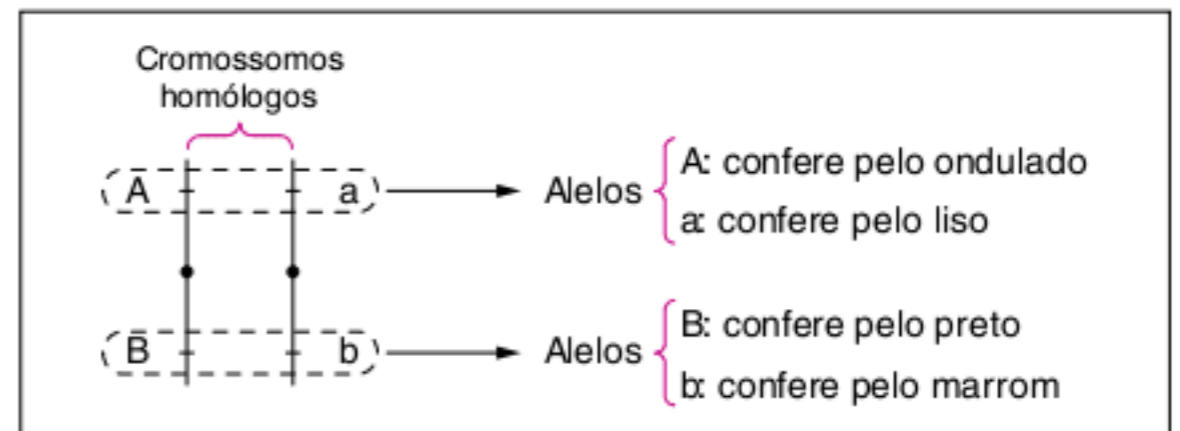


Fig. 10 Alelos e cromossomos homólogos e as características que determinam.

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 **RNA** liga-se a vários ribossomos presentes no citoplasma e orienta a síntese de uma proteína específica, que pode ser uma enzima (Fig. 11).

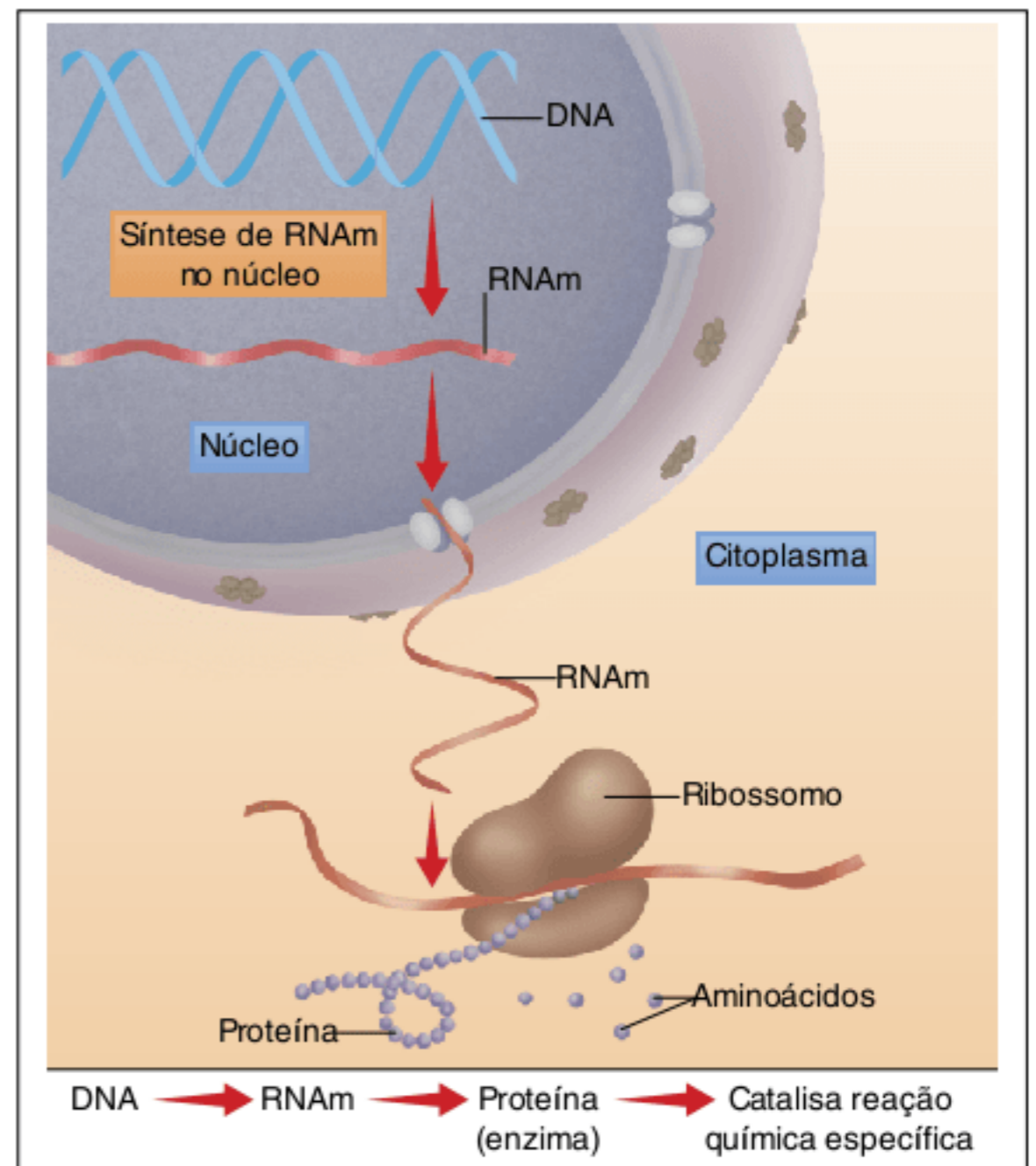


Fig. 11 Mecanismo de controle de reações químicas pelo DNA nuclear.

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.

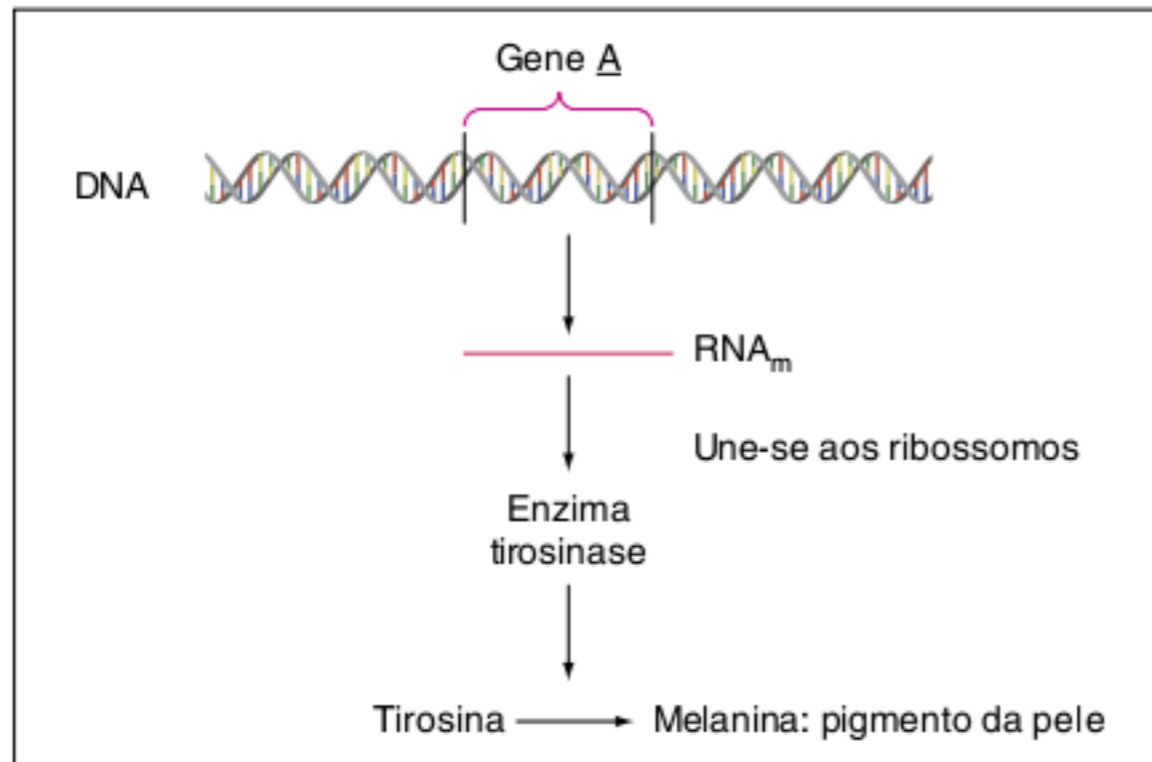


Fig. 12 O gene “A” determina a produção da enzima tirosinase, responsável pela formação do pigmento melanina.

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 Qual é o componente químico de um gene? Estabeleça a relação entre gene e síntese de proteínas.

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 1999 Os cromossomos são constituídos principalmente por:

- (a) fosfolipídeos.
- (b) proteínas.
- (c) ácido ribonucleico.
- (d) enzimas.
- (e) ácido desoxirribonucleico.

2 Uma célula procarionte se diferencia de uma célula eucarionte pela ausência de:

- (a) DNA.
- (b) carioteca.
- (c) citoplasma.
- (d) membrana plasmática.
- (e) ribossomos.

3 Fuvest 1993 Um estudante escreveu o seguinte em uma prova: “as bactérias não têm núcleo nem DNA.”

Você concorda com o estudante? Justifique.

4 PUC-MG 1997 No citoplasma de células eu cariotas, 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 UFC 2004 Analise as afirmativas a seguir, acerca dos elementos constituintes do núcleo celular eucariótico.

- I. Cada cromossomo possui uma única molécula de DNA.
- II. Histonas são proteínas relativamente pequenas que se ligam fortemente ao RNA.
- III. Os nucléolos podem atuar na síntese de carboidratos que migram do núcleo para o citoplasma.

Pode-se afirmar, de modo correto, que:

- (a) somente I é verdadeira.
- (b) somente II é verdadeira.
- (c) somente I e II são verdadeiras.
- (d) somente I e III são verdadeiras.
- (e) somente II e III são verdadeiras.

6 UEL 1994 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 Fuvest 2003 Qual das alternativas se refere a um cromossomo?

- (a) Um conjunto de moléculas de DNA com todas as informações genéticas da espécie.

- (b) Uma única molécula de DNA com informação genética para algumas proteínas.
- (c) Um segmento de molécula de DNA com informação para uma cadeia polipeptídica.
- (d) Uma única molécula de RNA com informação para uma cadeia polipeptídica.
- (e) Uma sequência de três bases nitrogenadas do RNA mensageiro correspondente a um aminoácido na cadeia polipeptídica.

8 PUC-SP 1995 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 Unitau 1995 A célula nervosa, o espermatozoide e o zigoto possuem, respectivamente:

- (a) 46, 46 e 46 cromossomos.
- (b) 23, 46 e 23 cromossomos.
- (c) 23, 23 e 46 cromossomos.
- (d) 46, 23 e 23 cromossomos.
- (e) 46, 23 e 46 cromossomos.

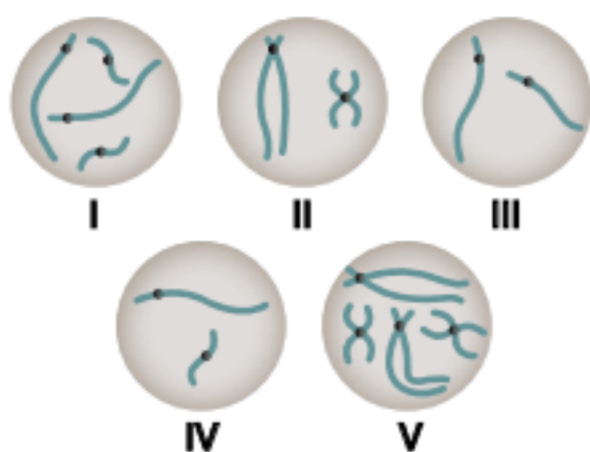
10 Puccamp 1993 A análise citogenética realizada em várias células de um mamífero permitiu elaborar o seguinte esquema:



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 Puccamp 1999 Observe os cromossomos a seguir esquematizados.



As figuras que representam, respectivamente, o conjunto diploide e o conjunto haploide correspondente são:

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

12 Faap 1996 Em uma célula eucariótica, as características genéticas responsáveis por todo o controle de atividades celulares estão:

- (a) nas organelas citoplasmáticas.
- (b) somente nos retículos endoplasmáticos.
- (c) nas cristas mitocondriais.
- (d) encerradas no interior do núcleo, na cromatina.
- (e) somente nos ribossomos.

13 UFSCar 2003 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 2005 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 2004 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 Enem 2003 Na embalagem de um antibiótico, encontra-se uma bula que, entre outras informações, explica a ação do remédio do seguinte modo:

O medicamento atua por inibição da síntese proteica bacteriana.

Essa afirmação permite concluir que o antibiótico:

- (a) impede a fotossíntese realizada pelas bactérias causadoras da doença e, assim, elas não se alimentam e morrem.
- (b) altera as informações genéticas das bactérias causadoras da doença, o que impede a manutenção e a reprodução desses organismos.
- (c) dissolve as membranas das bactérias responsáveis pela doença, o que dificulta o transporte de nutrientes e provoca a morte delas.
- (d) elimina os vírus causadores da doença, pois estes não conseguem obter as proteínas que seriam produzidas pelas bactérias que parasitam.
- (e) interrompe a produção de proteína das bactérias causadoras da doença, o que impede sua multiplicação pelo bloqueio de funções vitais.

18 PUC-Rio 2002 *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 2007 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.

TEXTOS COMPLEMENTARES

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		

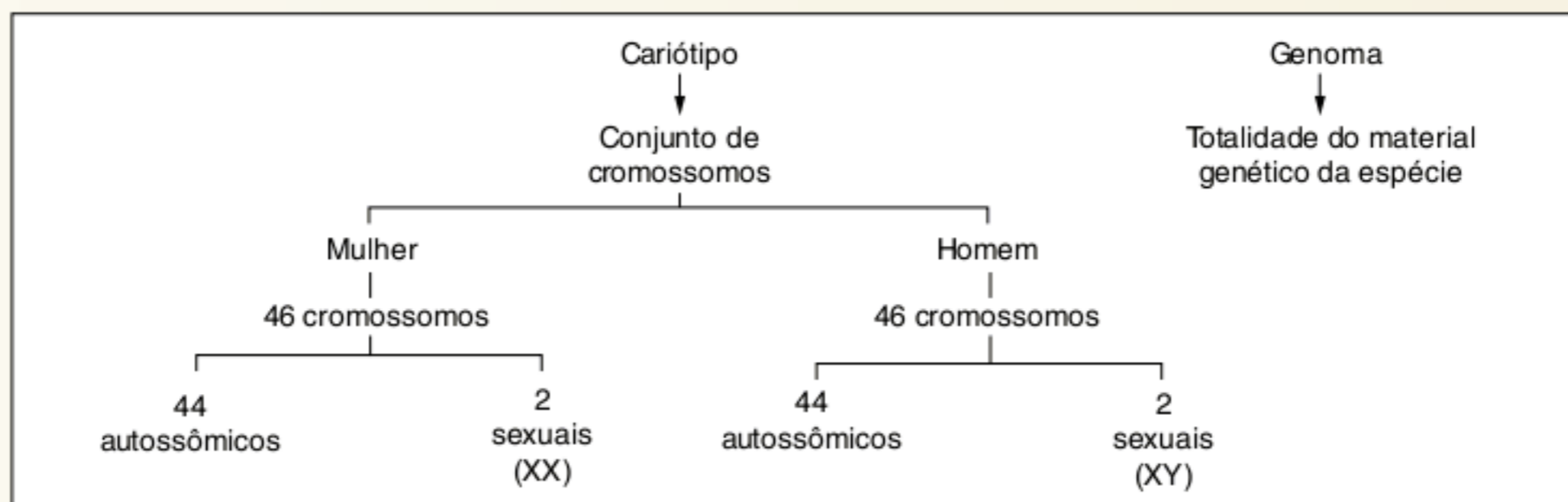
Classificação dos cromossomos.

- **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

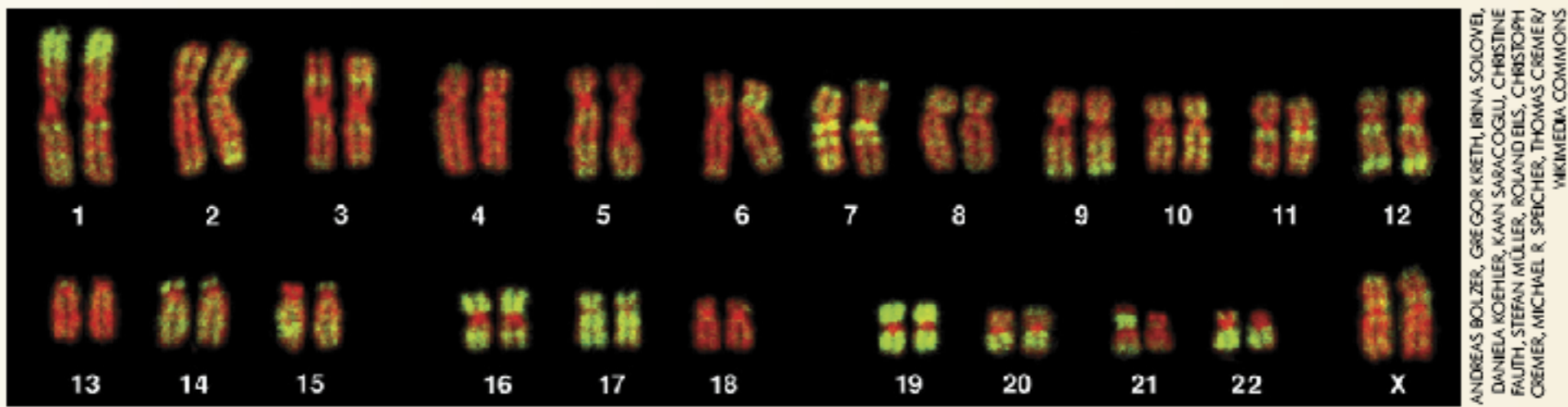
A totalidade do material genético de uma espécie constitui seu **genoma**. Isso inclui o **DNA nuclear** e o **DNA mitocondrial**; em algas e plantas, há ainda o **DNA dos cloroplastos**.

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.

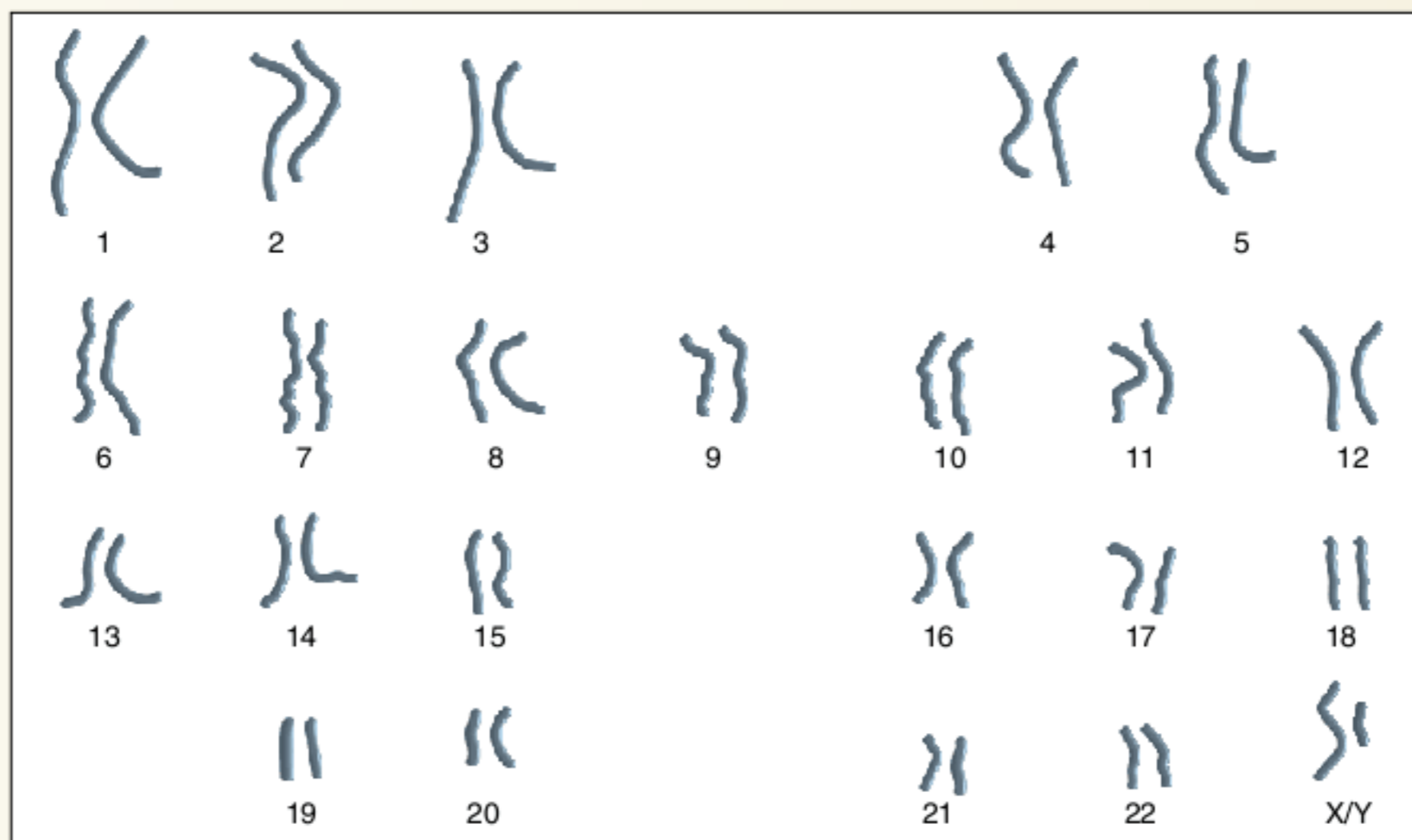


Diferenças entre cariótipo e genoma.

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.



Idiograma de uma mulher.



Idiograma de um homem.

RESUMINDO

- Organização do núcleo**
 O núcleo é dotado de carioteca, cariolinha (ou nucleoplasma), nucléolo e filamentos de cromatina.
 - Cromatina**
 Um filamento de cromatina é denominado cromonema; possui DNA e histonas (proteínas associadas). Cada cromonema apresenta inúmeros genes.
 - Ciclo celular**
 Uma célula normalmente apresenta dois períodos: intérfase (não divisão) e divisão celular (mitose ou meiose). O DNA apresenta replicação durante a intérfase.
 - 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.
 - 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 $2n$.
 - 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.
- 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.

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 PUC-SP A mesma molécula – o RNA – que faturou o Nobel de Medicina ou Fisiologia na segunda-feira foi a protagonista do prêmio de Química entregue ontem. O americano Roger Kornberg, da Universidade Stanford, foi laureado por registrar em imagens o momento em que a informação genética contida no DNA no núcleo da célula é traduzida para ser enviada para fora pelo RNA – o astro da semana.

Esse mecanismo de transcrição, através do qual o RNA carrega consigo as instruções para a produção de proteínas (e por isso ele ganha o nome de RNA mensageiro), já era conhecido pelos cientistas desde a década de 50.

G. Girardi. "Estudo de RNA rende o segundo Nobel". *O Estado de S. Paulo*, 5 out. 2006.

A partir da leitura do trecho acima e de seu conhecimento de biologia molecular, assinale a alternativa incorreta.

- (a) A produção de RNA mensageiro se dá por controle do material genético.
- (b) No núcleo da célula ocorre a transcrição do código da molécula de DNA para a de RNA.
- (c) O RNA mensageiro leva do núcleo para o citoplasma instruções transcritas a ele pelo DNA.

- (d) No citoplasma, o RNA mensageiro determina a sequência de aminoácidos apresentada por uma proteína.
- (e) Cada molécula de RNA mensageiro é uma longa sequência de nucleotídeos idêntica ao DNA.

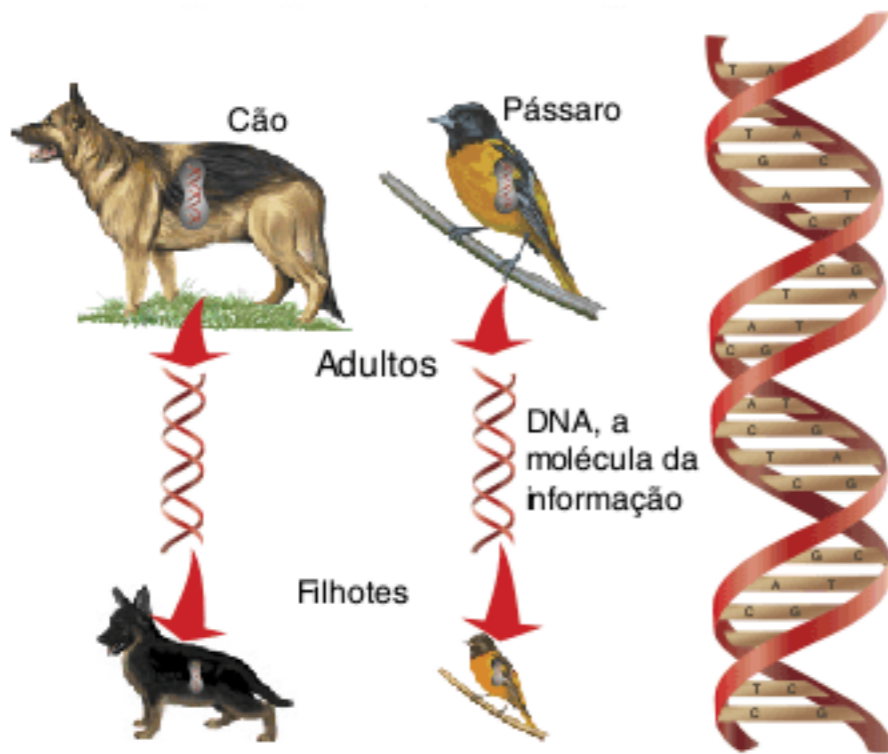
2 Uerj 2007 Compartimentos e estruturas que contêm ácidos nucleicos, em uma célula eucariota, estão apresentados na seguinte alternativa:

- (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 UFPE Assinale a alternativa que indica o fator que conduz ao surgimento de variabilidade gênica nova, em uma população.

- (a) Mutação
- (b) Fluxo gênico
- (c) Seleção natural
- (d) Recombinação gênica
- (e) Oscilação gênica

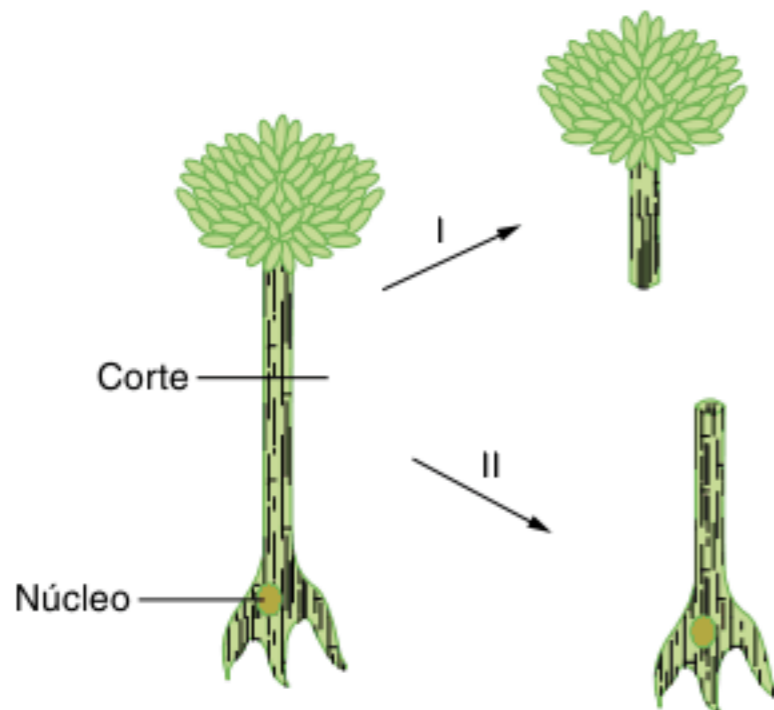
4 UEG 2005 A figura a seguir refere-se à hereditariedade:



César Silva Júnior; Sezar Sasson. *Biologia*. São Paulo: Saraiva, 1998. p. 12.

- Qual a característica do DNA, como molécula mandatória da informação genética, que permite a transmissão dessa informação do organismo para seus descendentes?
- A ocorrência de mutações é importante para a evolução da espécie? Justifique sua resposta.

5 UEL 2000 O esquema a seguir apresenta um experimento realizado com uma alga unicelular.



Sônia Lopes. *Bio 1*. São Paulo: Saraiva, 1997. p. 200. (Adapt.).

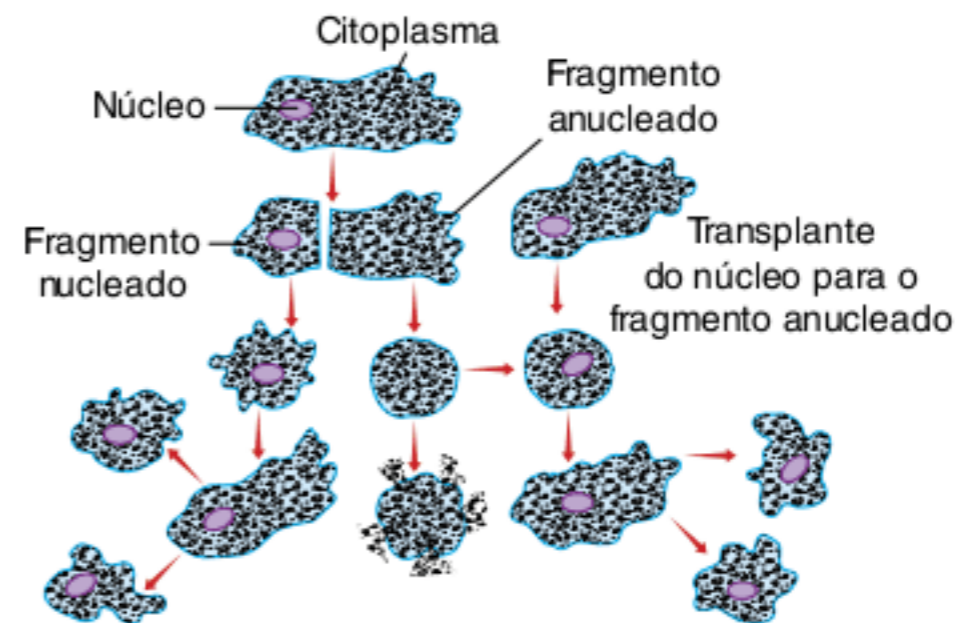
Esse e outros experimentos semelhantes levaram à conclusão de que o núcleo comanda e coordena todas as funções nas células, sendo indispensável à manutenção da vida.

A partir dessa conclusão, pode-se inferir que o resultado do experimento foi o seguinte:

- I regenerou uma porção igual a ela, o mesmo acontecendo com II, formando-se duas algas diferentes.
- I regenerou a porção II, formando-se uma alga igual à que foi cortada, e II morreu.
- II regenerou a porção I, formando-se uma alga igual à que foi cortada, e I morreu.
- I e II regeneraram as porções perdidas, formando-se duas algas iguais à que foi cortada.
- I e II morreram.

6 Fuvest 1991 Por que a ausência de nucléolo compromete a síntese de proteínas em uma célula eucarionte?

7 PUC-PR 1999 A ilustração procura representar experimentos realizados em amebas e que demonstram a importância do núcleo no controle das atividades celulares.



Analise as afirmativas.

- Uma ameba, com núcleo transplantado, é incapaz de se dividir.
- O transplante do núcleo para o fragmento de uma ameba anucleada regenera as funções vitais da ameba.
- A porção nucleada da ameba cresce e vive normalmente.
- A porção nucleada da ameba é capaz de se dividir normalmente.
- A porção anucleada de uma ameba seccionada degenera.

Estão corretas:

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

8 Unesp 1995 Se corarmos uma célula animal com um corante específico para RNA, a estrutura mais corada será:

- o lisossomo.
- o complexo de Golgi.
- a mitocôndria.
- o nucléolo.
- o centríolo.

9 Por que uma ameba morre se retirarmos seu núcleo?

10 UFF 1999 Ao se pesquisar a função dos nucléolos, realizaram-se experiências com uma linhagem mutante do anfíbio *Xenopus*. Verificou-se que cruzamentos de indivíduos desta linhagem produziam prole com alta incidência de morte – os embriões se desenvolviam normalmente e, pouco depois da eclosão, os girinos morriam. Estudos citológicos mostraram que os núcleos dos embriões ou não apresentavam nucléolos ou apresentavam nucléolos anormais.

Conclui-se que a primeira atividade celular afetada nestes embriões foi:

- o processamento do RNA mensageiro.
- a produção de RNA mensageiro.
- a produção de histonas.
- a produção de ribossomos.
- a produção de RNA polimerase.

Divisão celular: mitose e meiose

3

FRENTE 1

© UMETRUNNER | DESIGNSTIME.COM

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 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).

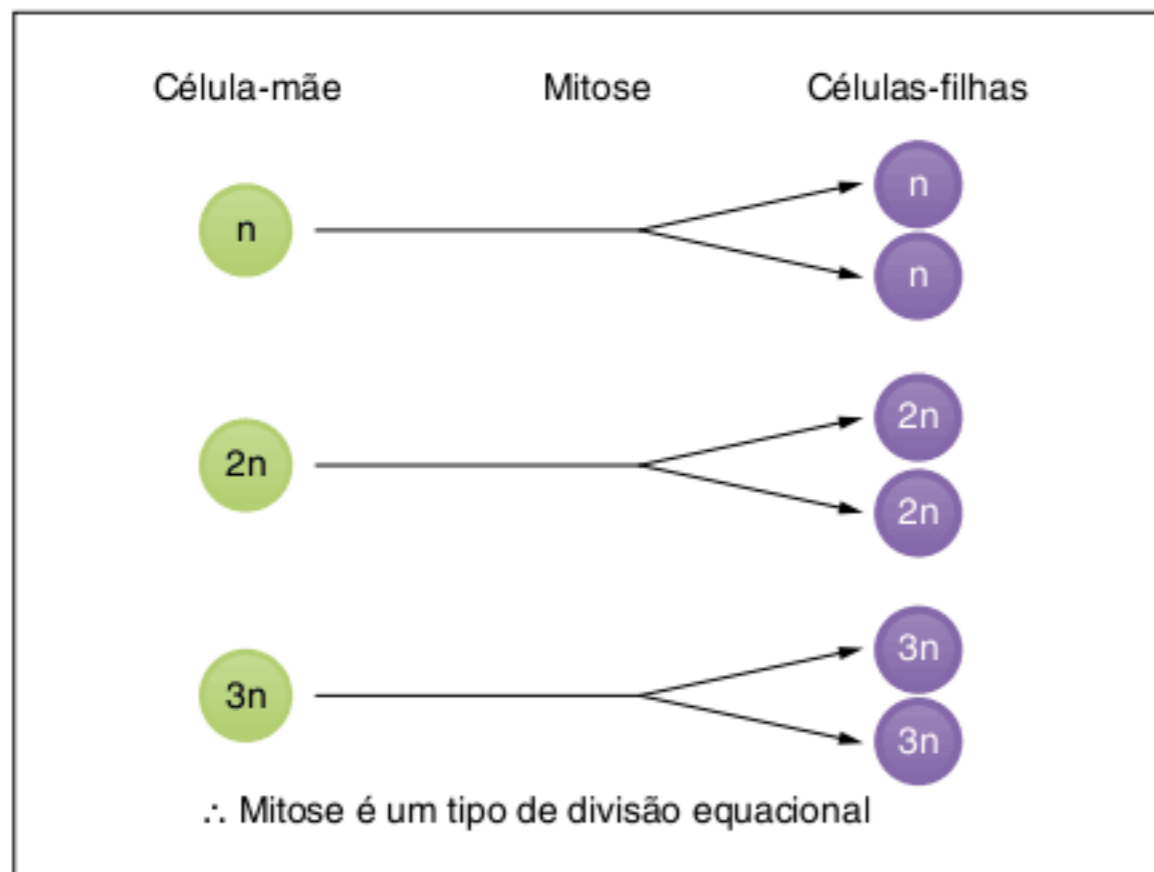


Fig. 1 Mitose mantém constante o número de cromossomos.

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**.

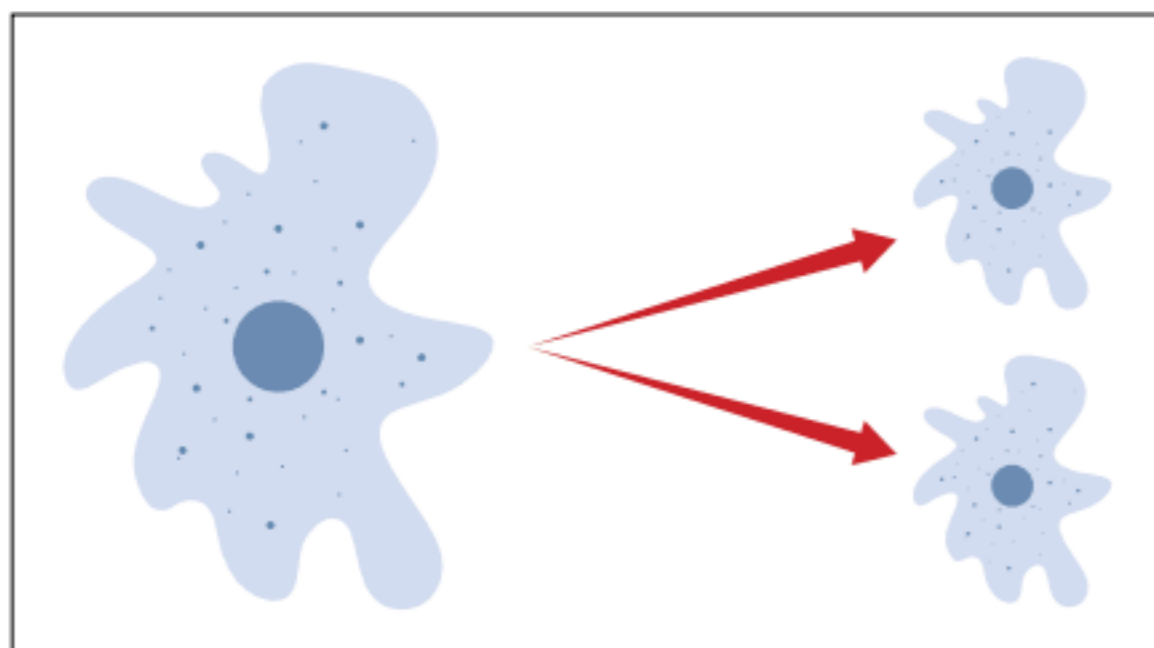


Fig. 2 Bipartição em ameba.

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).

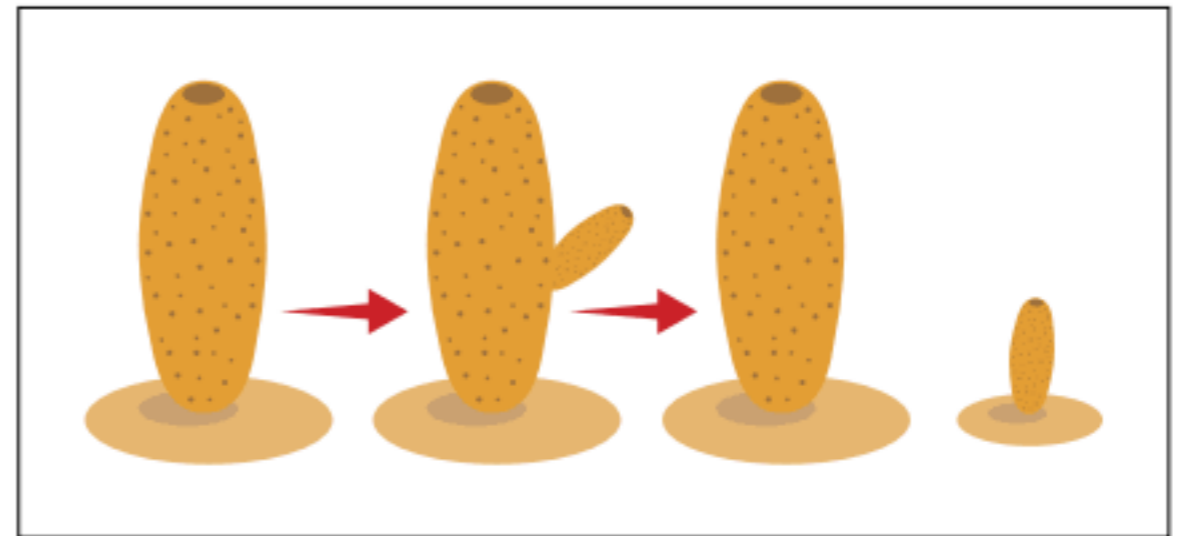


Fig. 3 Brotamento em esponja.

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).

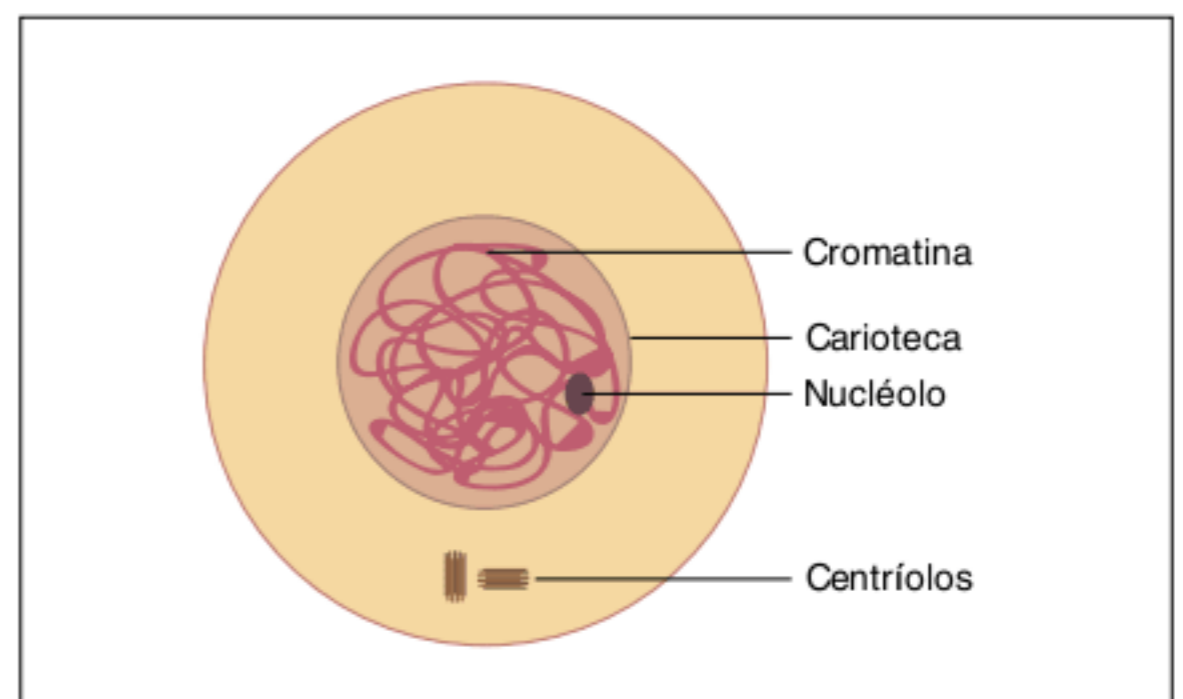


Fig. 4 Estrutura típica da célula em intérfase.

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).

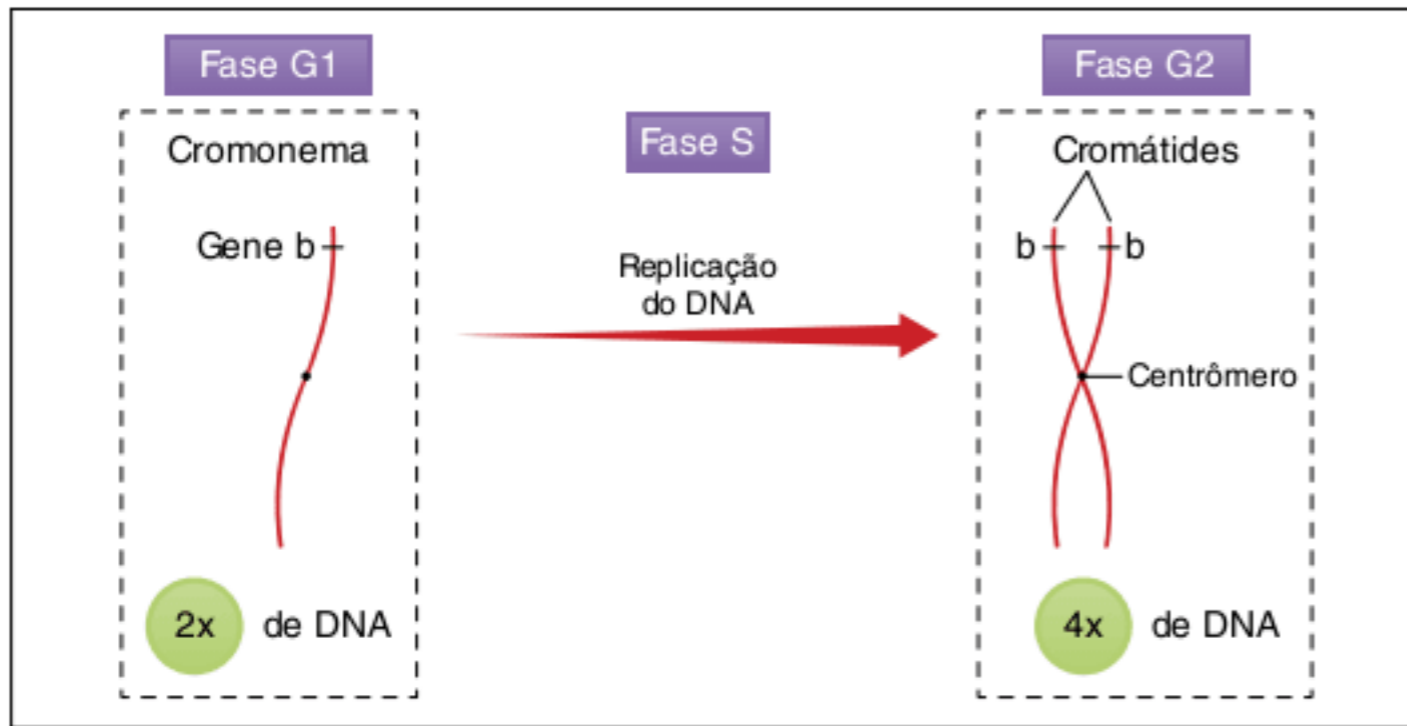


Fig. 5 O material genético e as etapas da intérfase.

A maior atividade da síntese proteica ocorre em G1, permitindo elevado metabolismo e crescimento celular. Algumas células normalmente não se dividem (ou o fazem raramente), como é o caso dos neurônios e das células do miocárdio (fibras musculares do coração); essas células ficam estacionadas em um período anterior à replicação, denominado G0 (zero).

Durante o período S da intérfase de células animais acontece a duplicação dos centríolos. A célula, então, ingressa em mitose.

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).

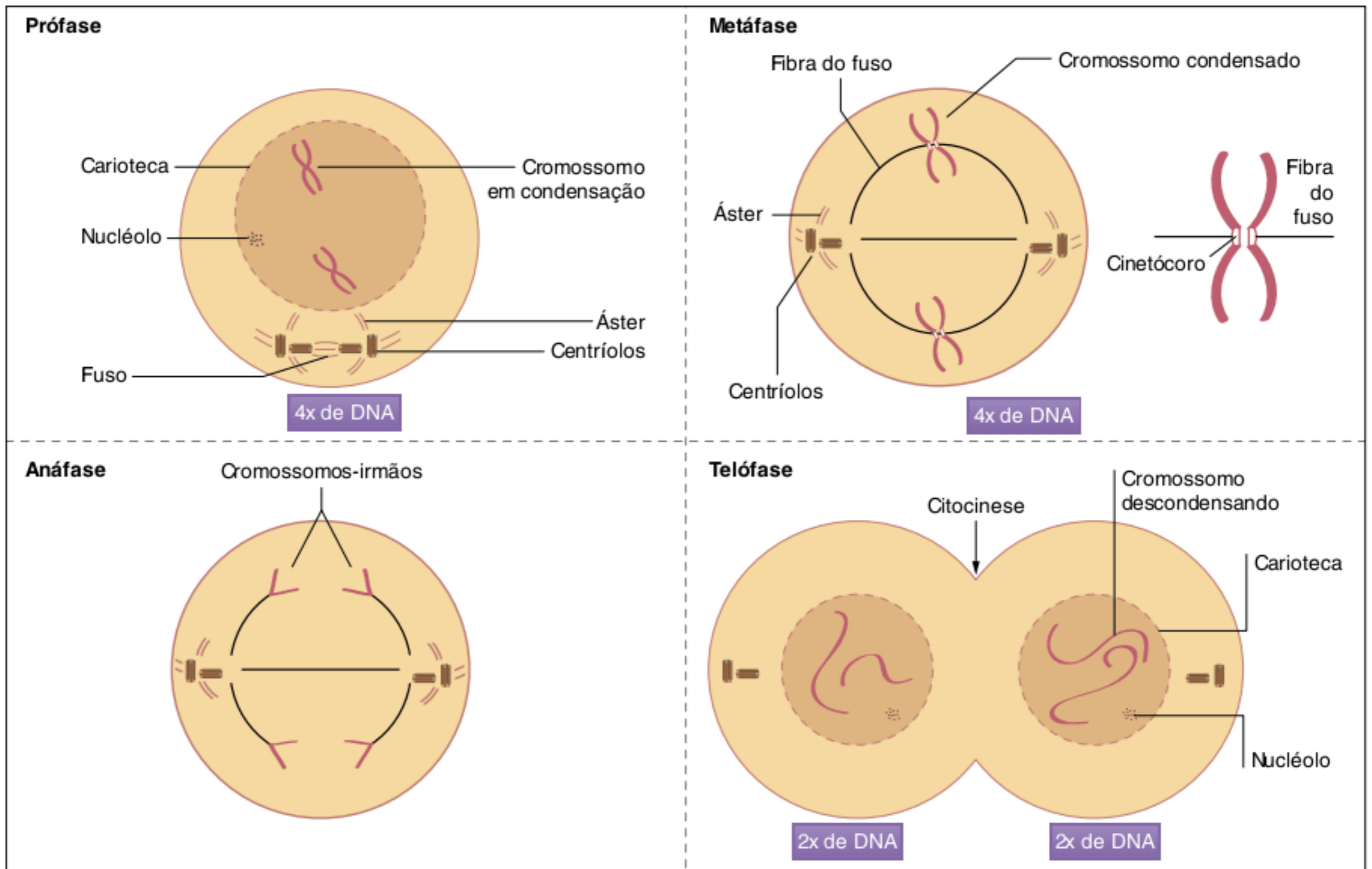


Fig. 6 Comportamento da célula durante as fases da mitose.

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: **áster**, 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 as cromátides são afastadas. Originam-se os cromossomos-irmãos, que são tracionados para polos opostos.

Telófase

Os cromossomos-irmãos 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).

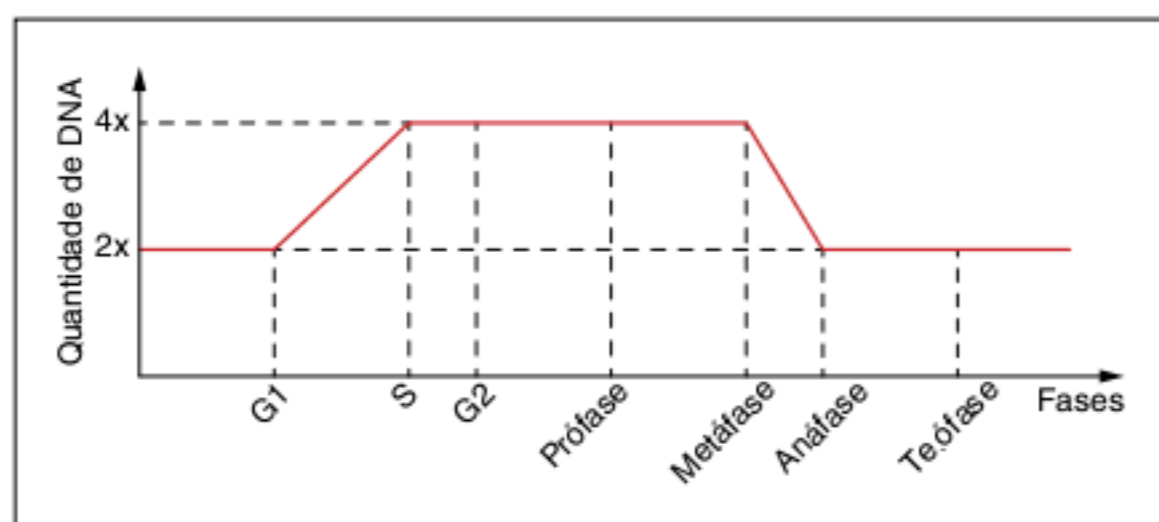


Fig. 7 Gráfico representativo da variação da quantidade de DNA ao longo do ciclo celular com mitose.

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).

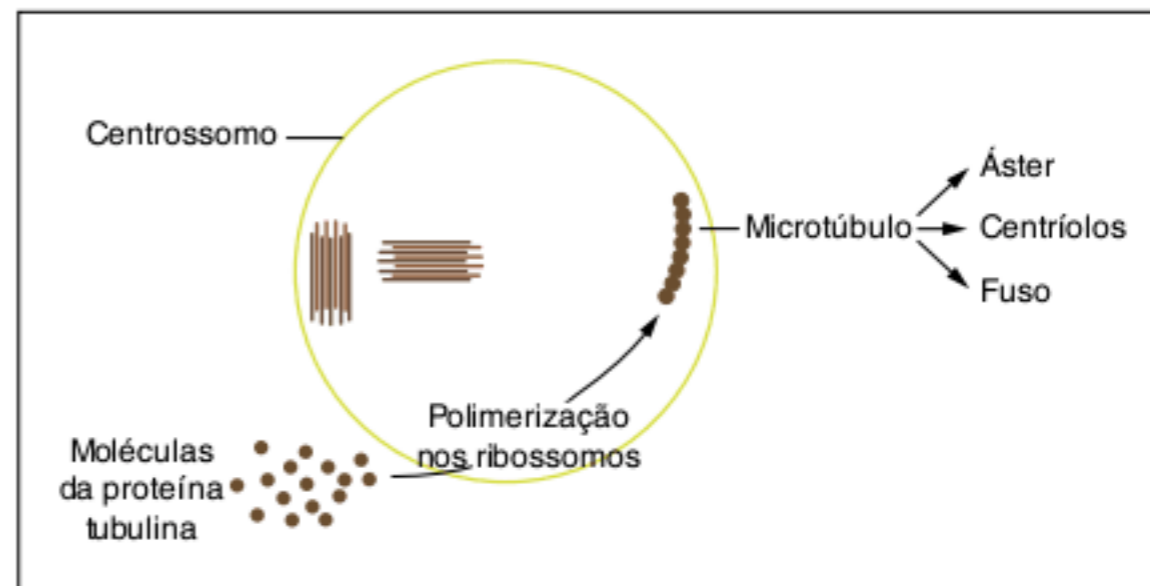


Fig. 8 Origem e destino dos microtúbulos.

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 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).

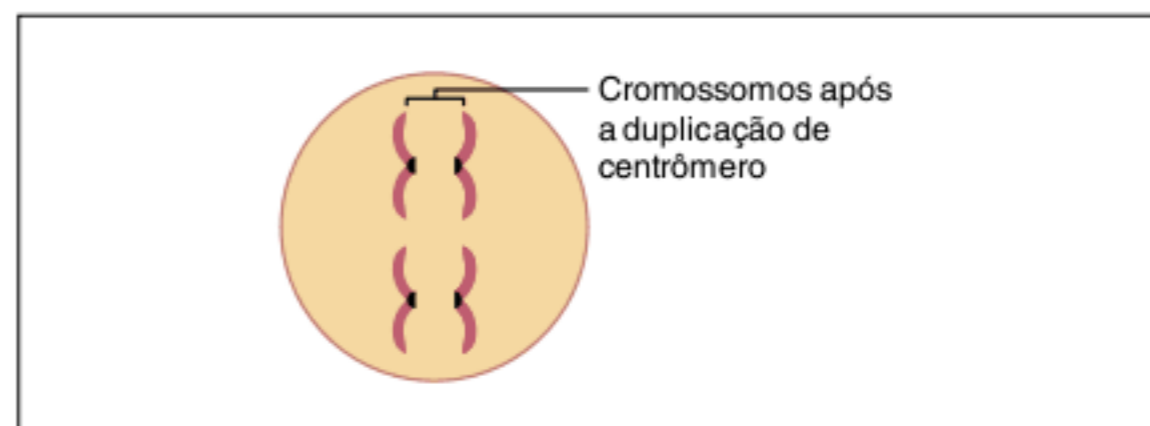


Fig. 9 Aspecto dos cromossomos de uma célula na qual não há formação de fibras de fuso.

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 **cntrica**. Células de vegetais com sementes não possuem centríolos; sua mitose é **acntrica**. 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 canáliculos 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).

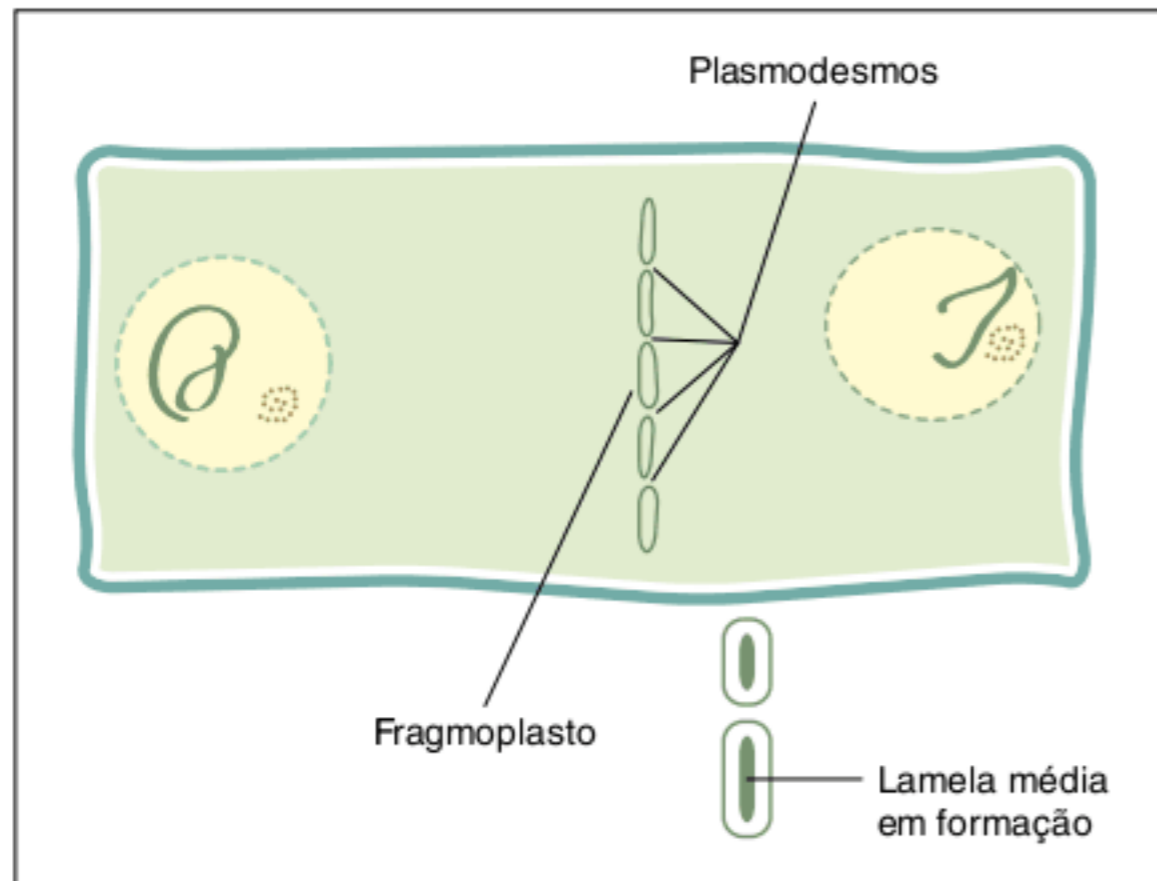


Fig. 10 A lamela média é formada pelo fragmoplasto. O processo inicia-se no centro da célula e prossegue até a periferia, caracterizando a citocinese centrífuga.

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!**.

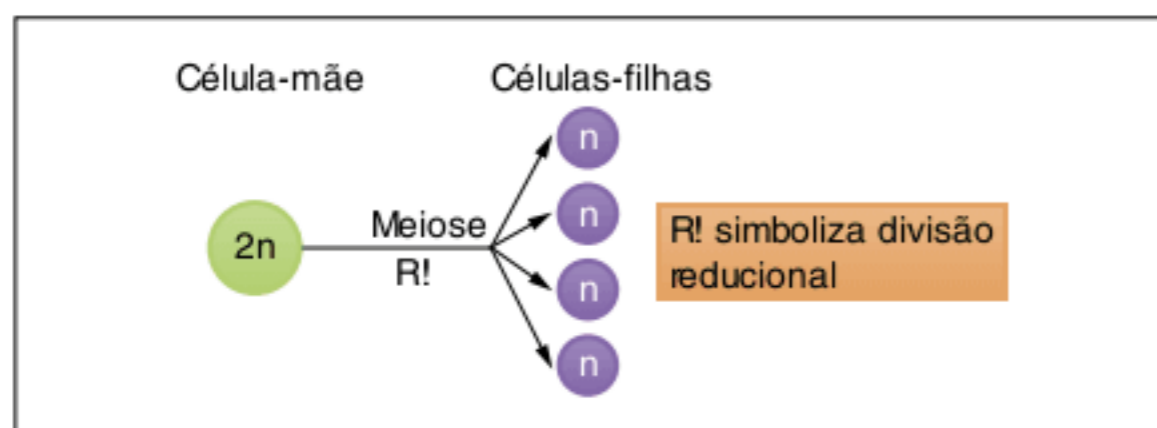


Fig. 11 Meiose reduz o número de cromossomos à metade; é uma divisão reducional.

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).

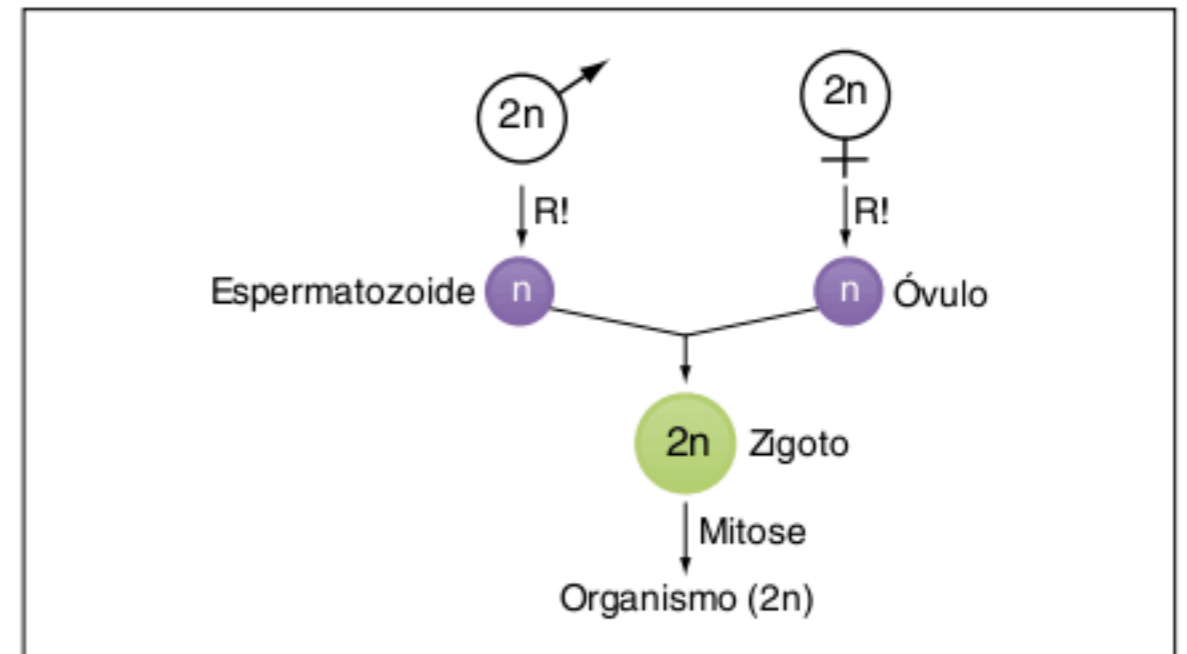


Fig. 12 Os gametas dos animais são gerados por meiose. Com a fecundação é formado o zigoto diploide.

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 espora, ao cair em solo úmido, sofre mitoses e provoca o surgimento de uma planta também haploide (Fig. 13).

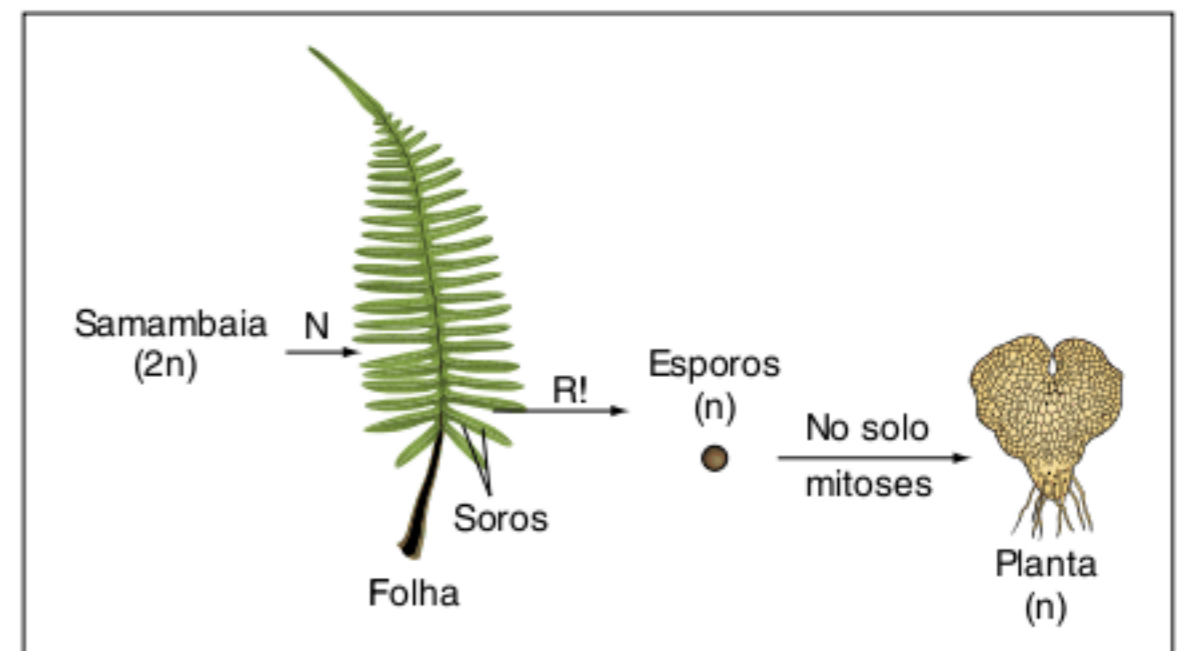


Fig. 13 A meiose nos vegetais gera esporos. Cada espora é capaz de gerar um indivíduo haploide por meio de mitose.

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).

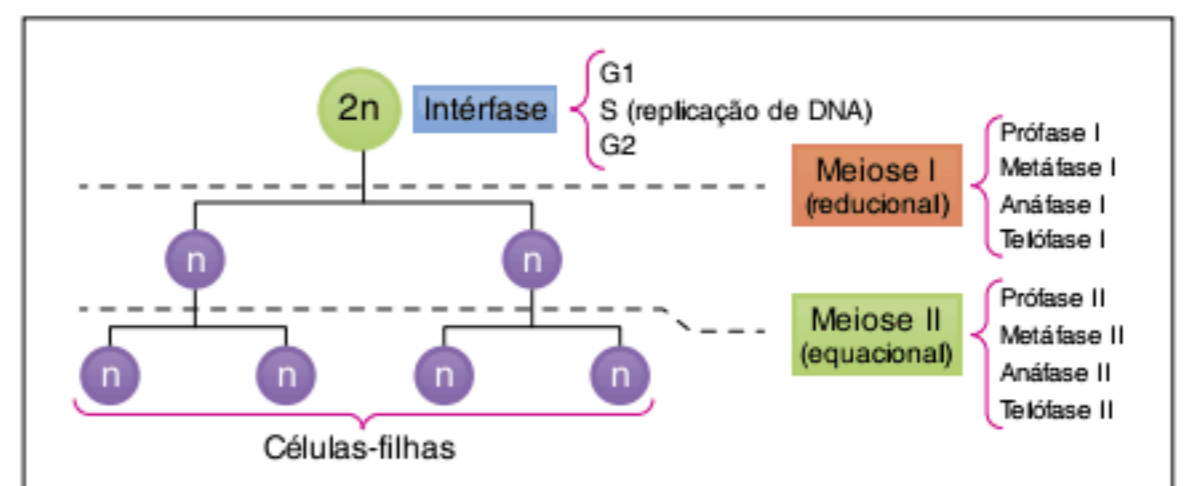


Fig. 14 Principais etapas do processo meiótico, que compreende: intérfase, meiose I, intercinese e meiose II.

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).

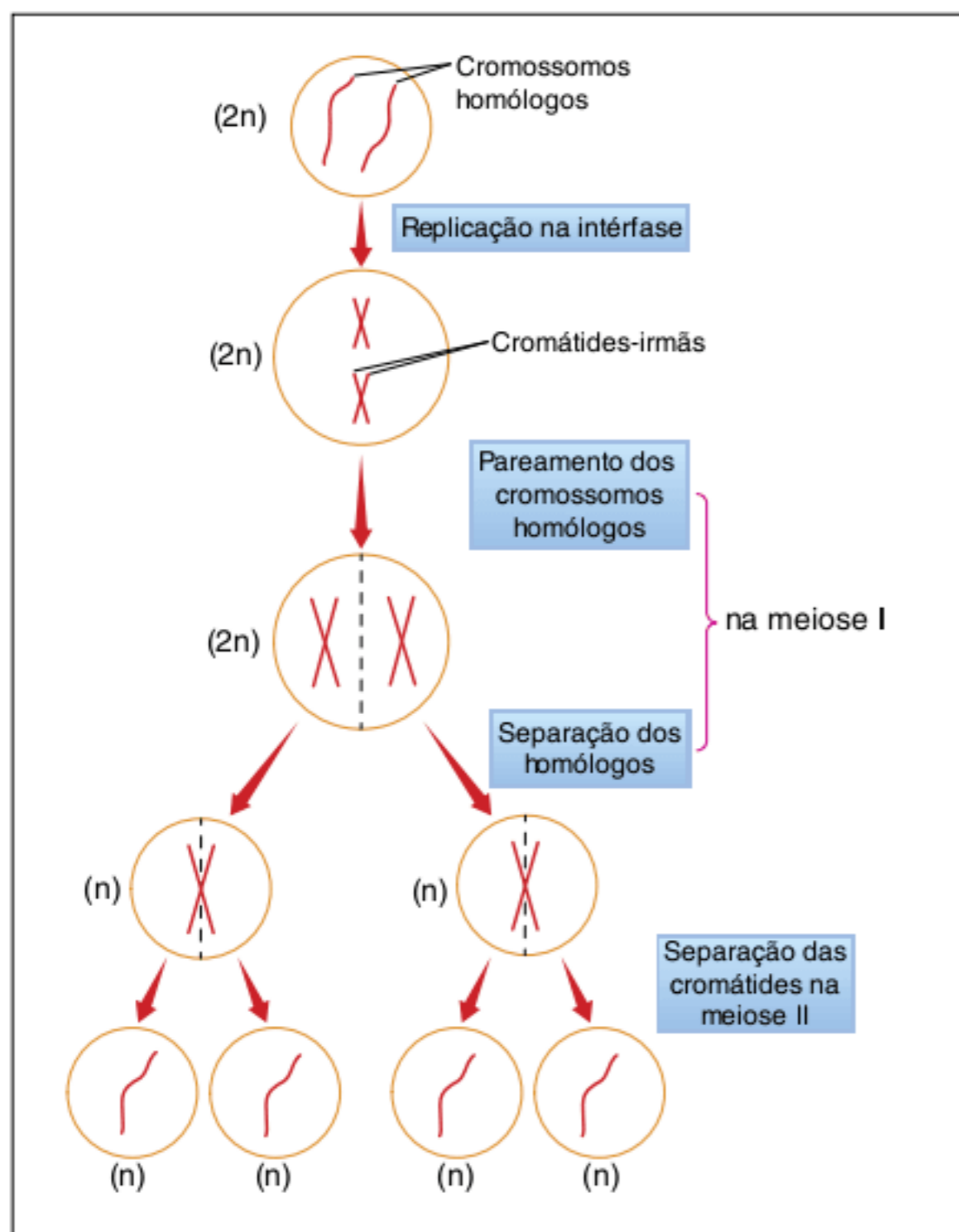


Fig. 15 Comportamento geral do material genético ao longo do processo meiótico.

Meiose I

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

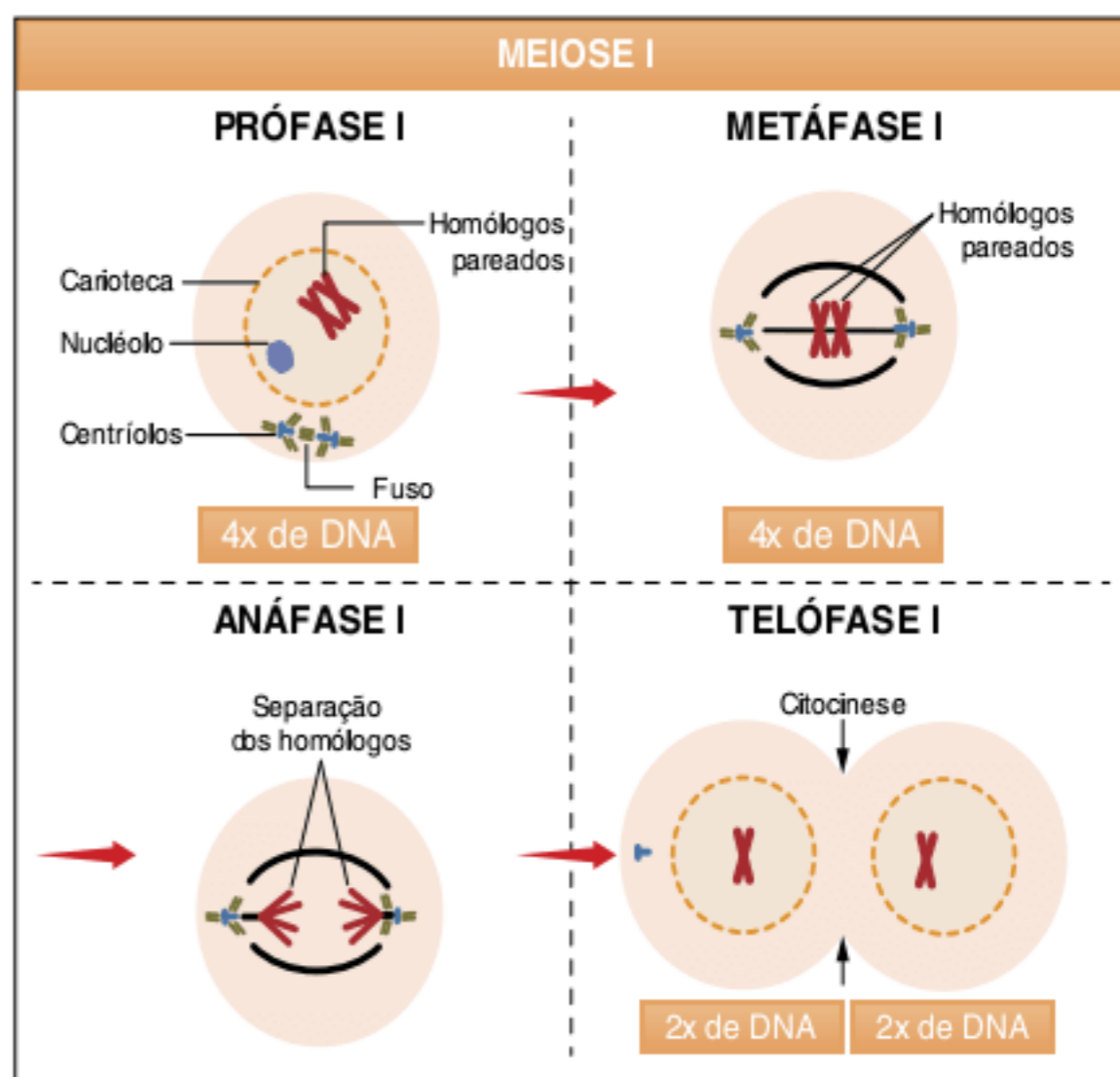


Fig. 16 Descrição dos principais processos da meiose I. São fundamentais o pareamento de homólogos (prófase I) e sua posterior separação (anáfase I).

- **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).

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).

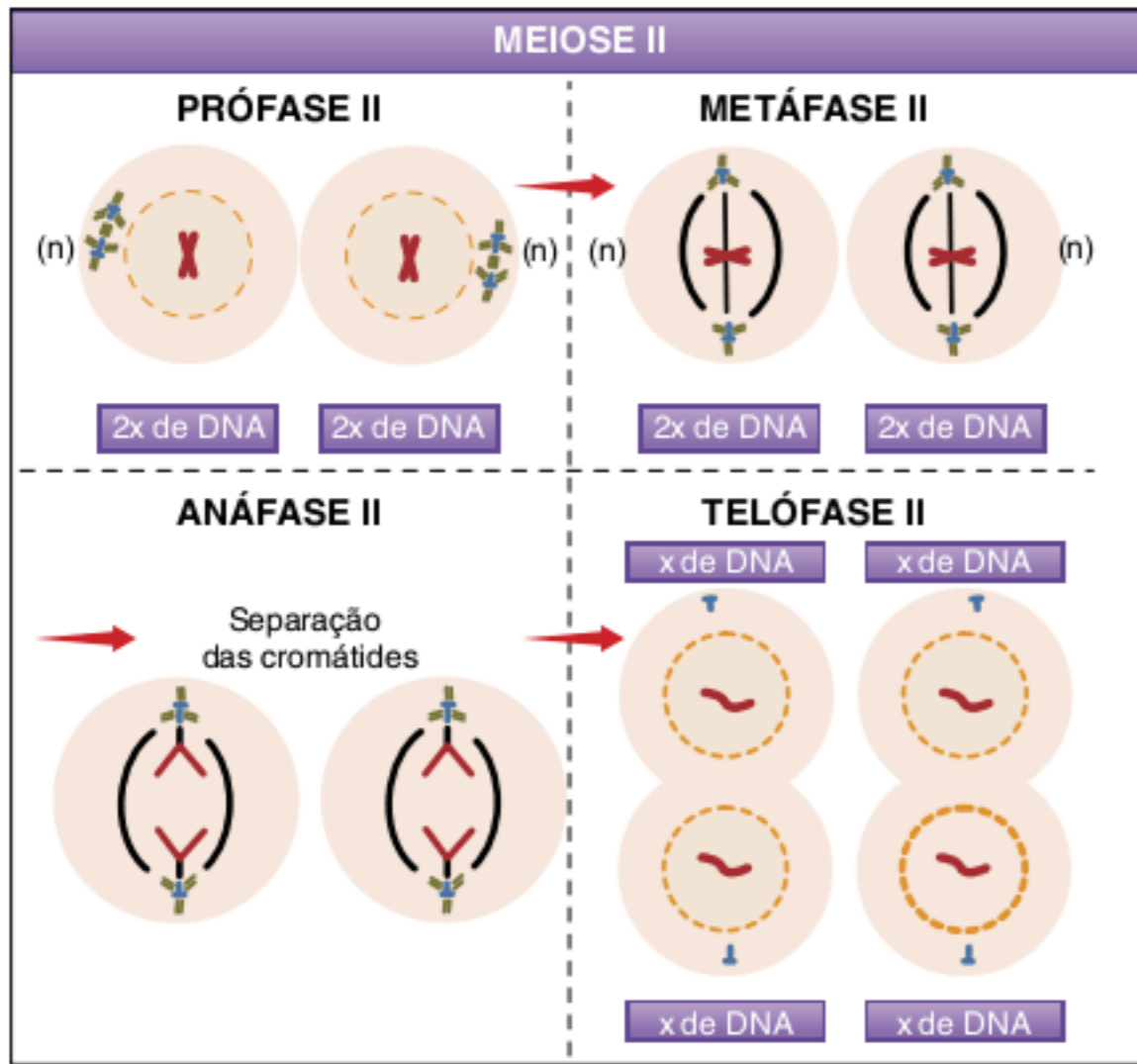


Fig. 17 Representação das principais fases da meiose II. Vimos que na anáfase I ocorre a separação de cromossomos homólogos; e na anáfase II há a separação de cromátides-irmãs.

- **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).

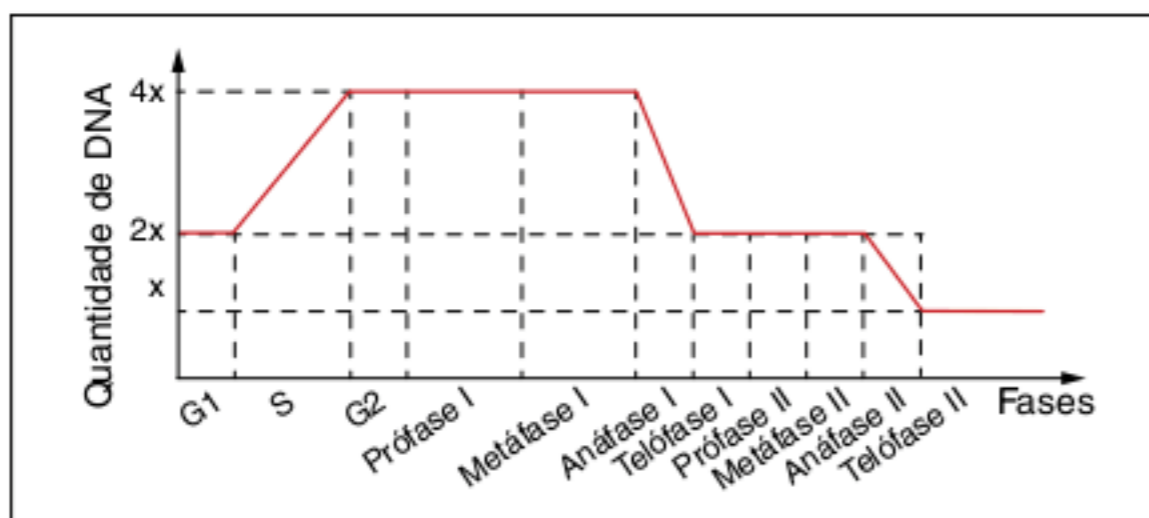


Fig. 18 Gráfico representativo da variação da quantidade de DNA ao longo do ciclo celular com meiose.

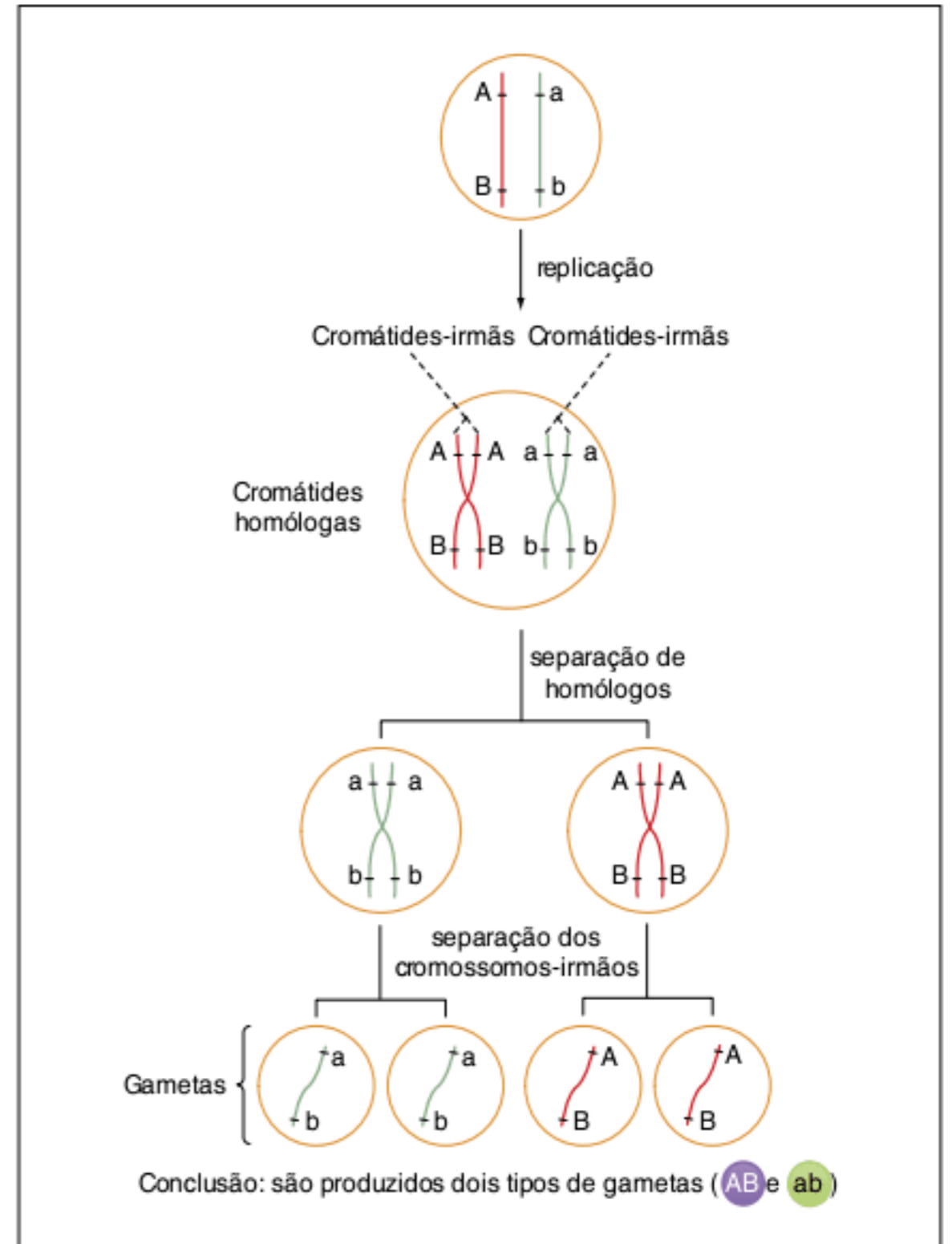


Fig. 19 Uma célula dotada de um par de homólogos gera dois tipos de gametas.

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).

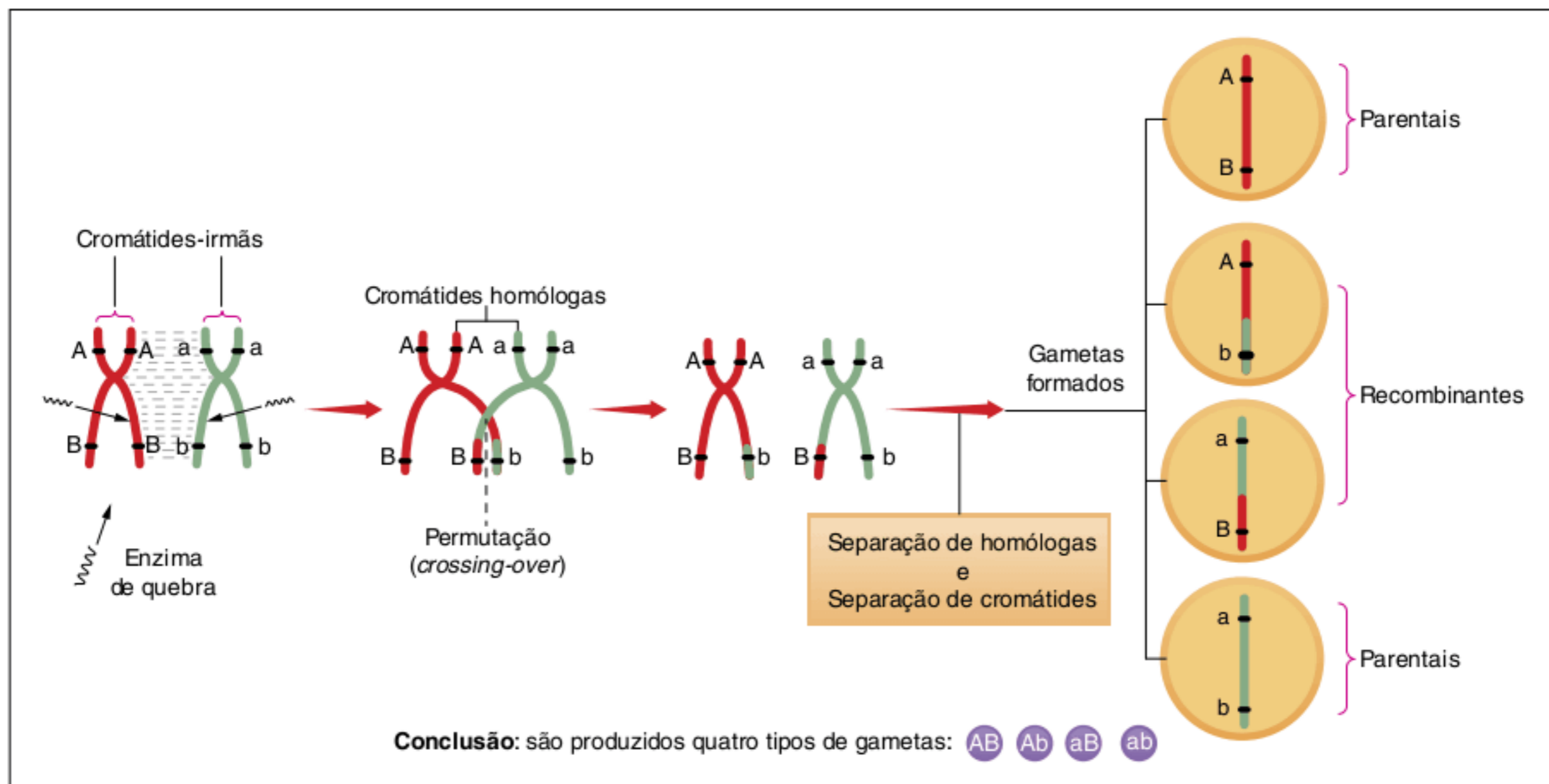


Fig. 20 O *crossing-over* permite a formação de gametas com novas combinações de genes, contribuindo para o aumento da variabilidade genética.

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 homólogas. 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).

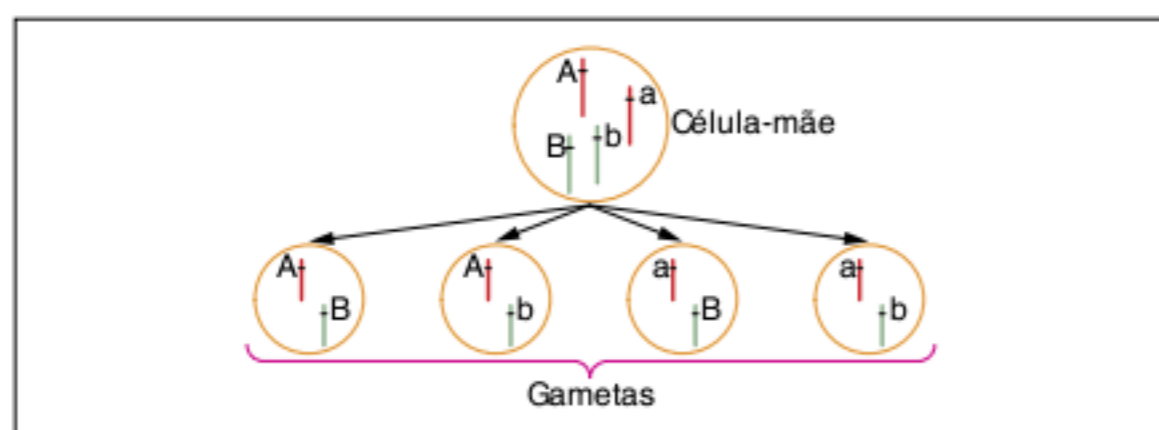


Fig. 21 Célula com dois pares de cromossomos homólogos e as possíveis células-filhas geradas por meiose.

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 ovulogênese.

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 citos primários (Cito I)**: no homem, são **espermatócitos 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).

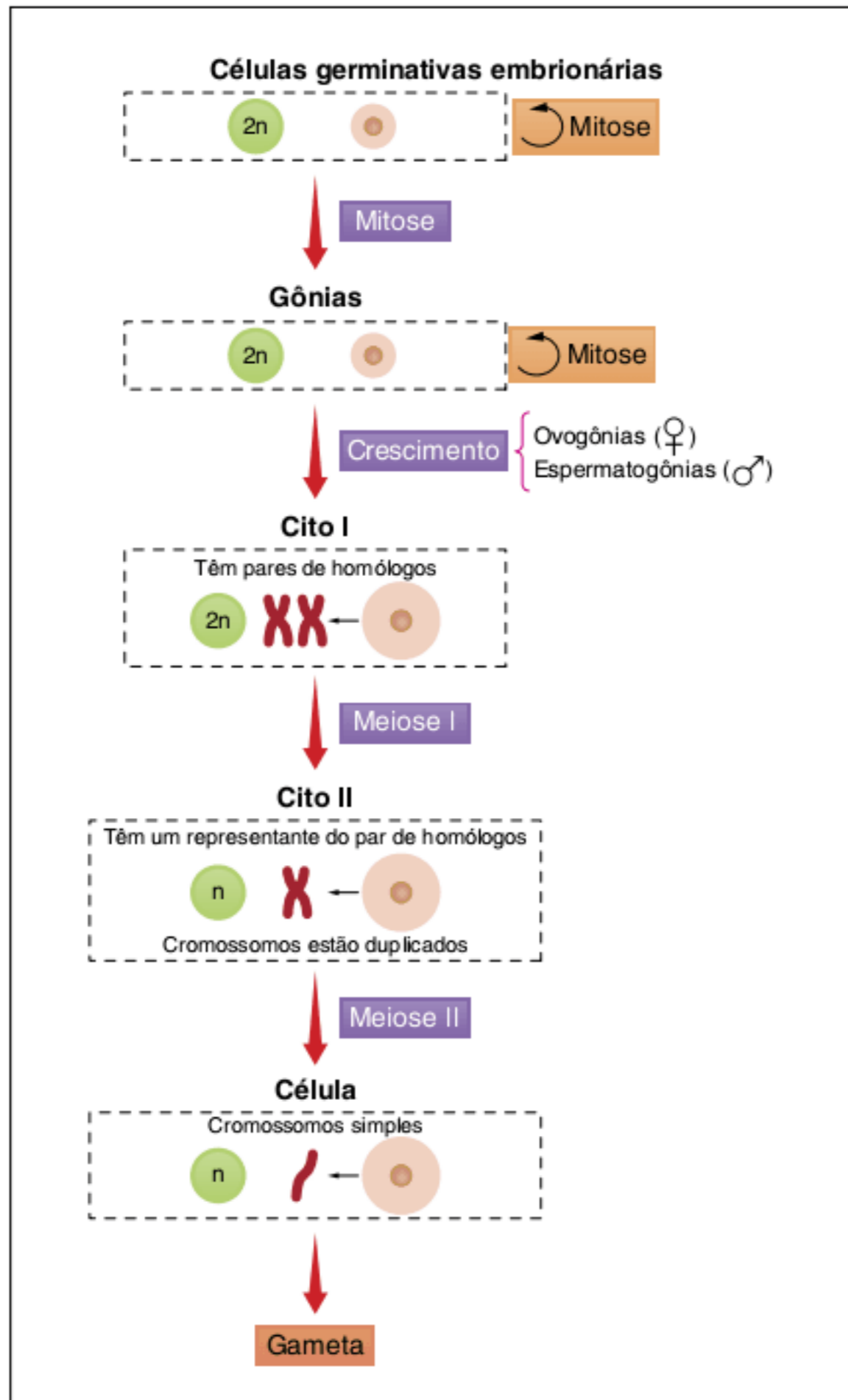


Fig. 22 Processo geral de gametogênese, mostrando o comportamento dos cromossomos.

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 espermatócitos I (2n);
- com a primeira divisão meiótica, cada espermatócito I (2n) produz dois espermatócitos II (n);
- com a segunda divisão meiótica, cada espermatócito 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).

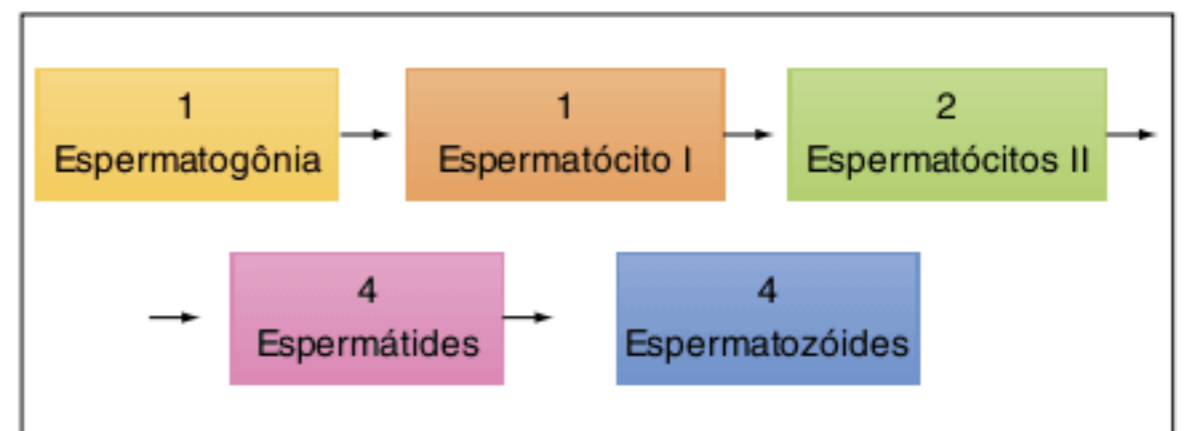


Fig. 23 A partir de uma espermatogônia são gerados quatro espermatozoides.

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).

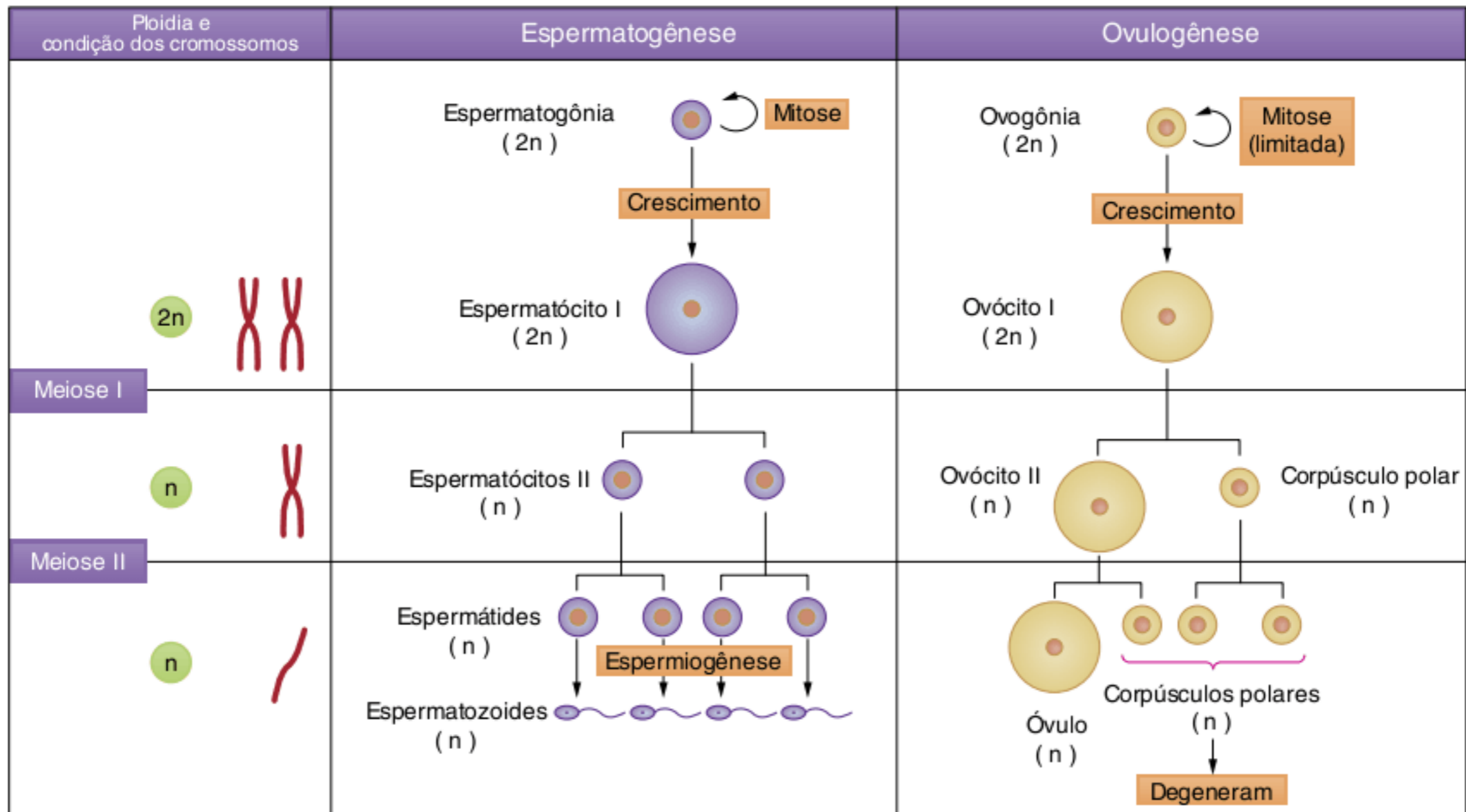


Fig. 24 Uma espermatogônia origina quatro espermatozoides, e uma ovogônia origina apenas um óvulo.

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

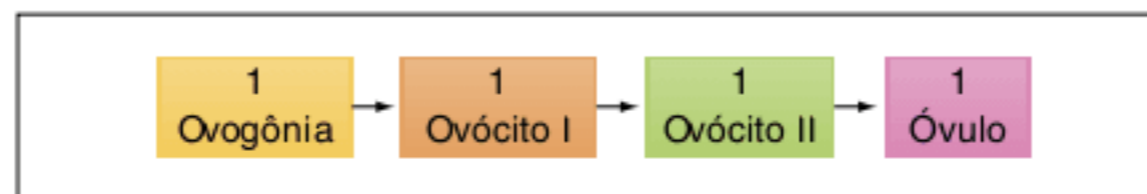


Fig. 25 De uma ovogônia é gerado apenas um óvulo.

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).

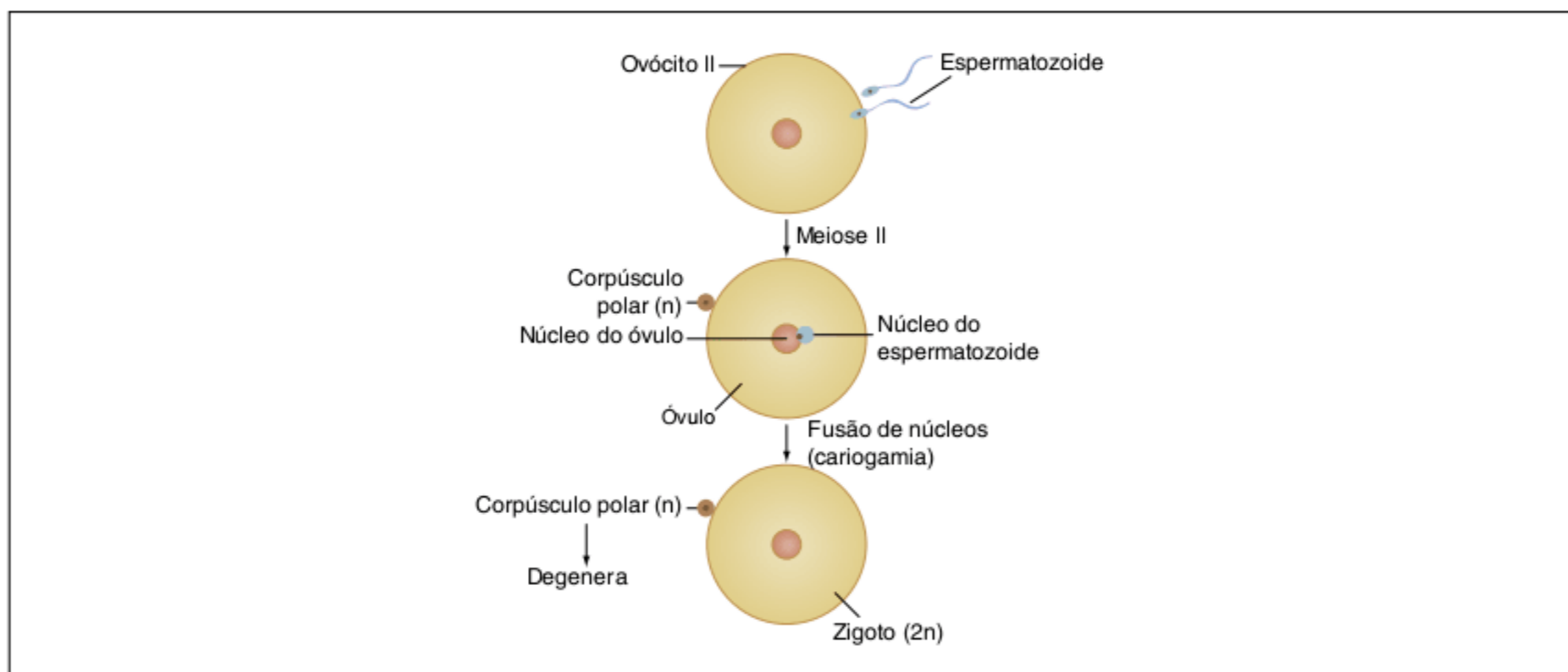


Fig. 26 A fecundação envolve a entrada do espermatozoide no ovócito II. A figura mostra a formação do óvulo e do zigoto.

Revisando

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

2 Qual é a importância da mitose para os seres vivos?

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 Cite as fases da mitose em que ocorrem 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 A formação do fuso pode ser impedida com o emprego de certas substâncias. Cite duas dessas substâncias.

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

9 Como é denominada a meiose I? O que acontece com o número de cromossomos nessa etapa?

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 O que é espermiogênese?

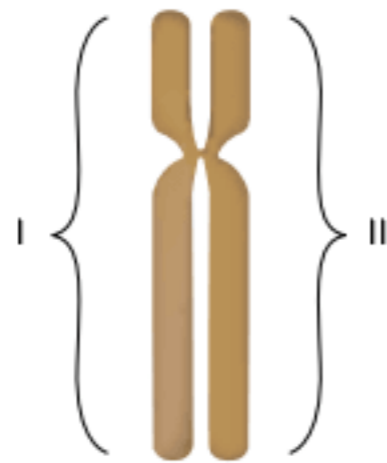
14 Por que na gametogênese feminina cada ovogônia origina um único óvulo?

Exercícios propostos

- 1 Unifor-CE** As fases abaixo fazem parte do ciclo celular.
- Caracteriza-se pela duplicação dos cromossomos.
 - Caracteriza-se pela presença de cromossomos condensados e posicionados no equador da célula.
 - Caracteriza-se pela separação das cromátides-irmãs.
- I, II e III correspondem, respectivamente, a:
- intérfase, metáfase, anáfase.
 - intérfase, anáfase, metáfase.
 - metáfase, intérfase, anáfase.
 - metáfase, anáfase, intérfase.
 - anáfase, intérfase, metáfase.

- 2 Puccamp 2009** 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:
- intérfase, G1.
 - intérfase, G2.
 - citocinese.
 - metáfase.
 - anáfase.

- 3 Unifesp 2008** Analise a figura.



- A figura representa um cromossomo em metáfase mitótica. Portanto, os números I e II correspondem a:
- cromossomos emparelhados na meiose, cada um com uma molécula diferente de DNA.
 - cromátides não irmãs, cada uma com uma molécula idêntica de DNA.
 - cromátides-irmãs, cada uma com duas moléculas diferentes de DNA.
 - cromátides-irmãs, com duas moléculas idênticas de DNA.
 - cromossomos duplicados, com duas moléculas diferentes de DNA.

- 4 CFTCE 2006** Em relação à divisão celular, é correto afirmar que:
- não tem nenhuma associação com o processo reprodutivo dos seres vivos.
 - trata-se apenas da separação de uma célula em duas metades.
 - associa-se intimamente à distribuição dos cromossomos nas células-filhas.
 - é um processo mais simples quando ocorre em células eucarióticas.
 - é um processo mais simples em células procarióticas devido à maior quantidade de cromossomos.

- 5 PUC-RS 2008** 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 sequência das palavras que completam corretamente as frases é:

- prófase – centrômeros – anáfase – metáfase – cromátides – telófase.
- prófase – centrômeros – metáfase – anáfase – cromátides – telófase.
- prófase – cromátides – metáfase – anáfase – centrômeros – telófase.
- telófase – cromátides – metáfase – anáfase – centrômeros – prófase.
- telófase – centrômeros – anáfase – metáfase – cromátides – prófase.

- 6 PUC-SP 2006** Os biólogos costumam dividir o ciclo celular em intérfase (G1, S e G2) e divisão. Uma célula tem ciclo de 20 horas e leva 1 hora para realizar a divisão completa, 8 horas para realizar a fase G1 e 3 horas para realizar G2. Portanto, essa célula leva:

- 3 horas para duplicar seu DNA.
- 1 hora para duplicar seu DNA.
- 8 horas para condensar seus cromossomos.
- 1 hora para descondensar seus cromossomos.
- 8 horas para duplicar seus cromossomos.

- 7 UEL 1996** Considere as seguintes fases da mitose:

- Telófase
- Metáfase
- Anáfase

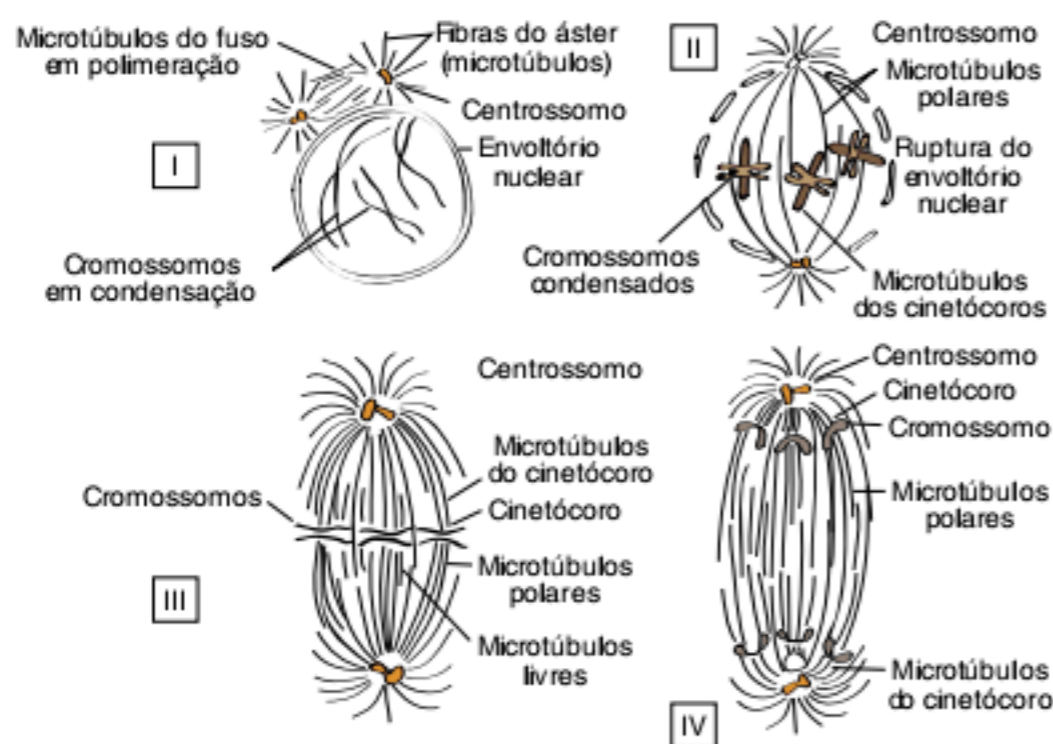
Considere também os seguintes eventos:

- 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.

- I – a; II – b; III – c
- I – a; II – c; III – b
- I – b; II – a; III – c
- I – c; II – a; III – b
- I – c; II – b; III – a

8 UEL 2007 Analise as figuras a seguir.

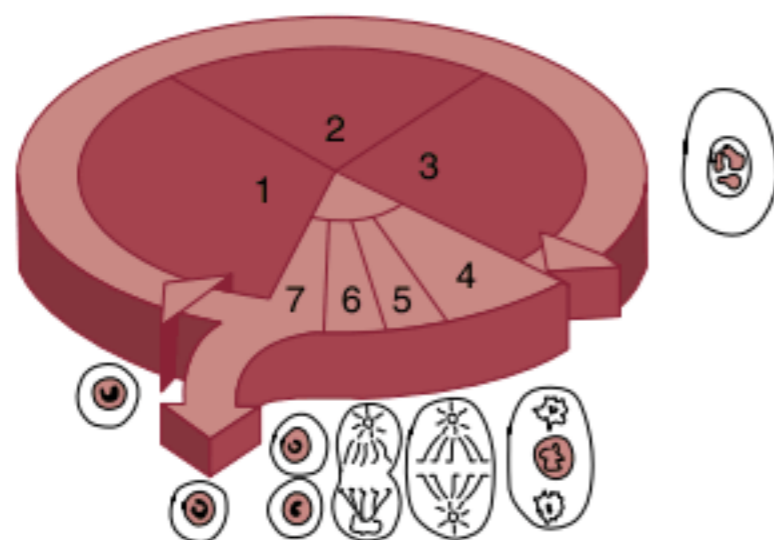


L. C. Junqueira; J. Carneiro. *Biologia celular e molecular*. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2000. p. 184.

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

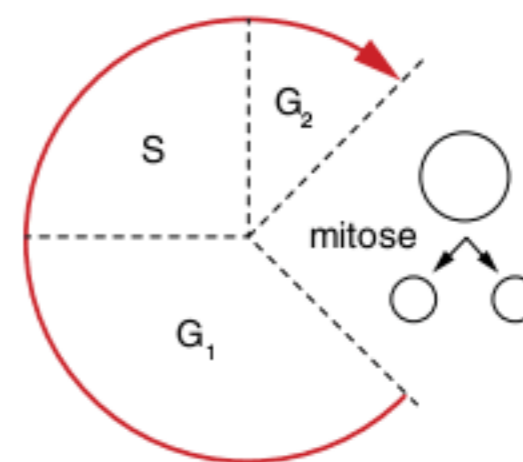
- (a) anáfase, metáfase, início da prófase, fim da prófase.
- (b) início da prófase, fim da prófase, metáfase, anáfase.
- (c) início da prófase, fim da prófase, anáfase, metáfase.
- (d) metáfase, início da prófase, fim da prófase, anáfase.
- (e) metáfase, anáfase, início da prófase, fim da prófase.

9 UFPE 2006 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 Cesgranrio 1995 Sobre o esquema a seguir, que representa o ciclo celular, são feitas 3 afirmativas.



De Robertis; De Robertis Jr. *Bases da Biologia celular e molecular*.

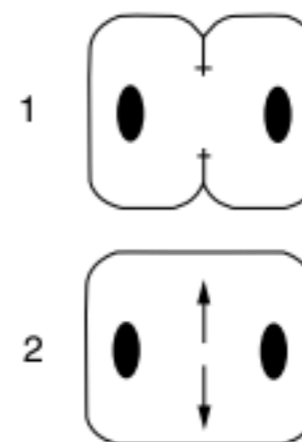
- I. A duplicação do ADN acontece no período S.
- II. A síntese de proteínas é mais intensa durante a mitose.
- III. As células resultantes da mitose diferem da célula-mãe, devido ao fenômeno do *crossing-over*.

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

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

11 Fuvest 1991 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 1994 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 2005 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 2007 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 1990 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 2001 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. (c) apenas I e II. (e) apenas II e III.
- (b) apenas II. (d) apenas I e III.

17 FGV 2006 Uma das diferenças da meiose, em relação à mitose, é que na meiose as células-filhas são geneticamente diferentes da célula-mãe.

Essa afirmação está:

- (a) errada. Tanto na mitose quanto na meiose as células-filhas são geneticamente iguais à célula-mãe.
- (b) errada. O que diferencia a mitose da meiose é o fato de que na primeira são produzidas quatro células-filhas, enquanto na meiose são produzidas apenas duas.
- (c) errada. Na meiose, as células-filhas têm apenas metade do número inicial de cromossomos, mas ainda assim cada uma delas apresenta os mesmos alelos presentes na célula-mãe.
- (d) correta. O *crossing-over* e a segregação das cromátides-irmãs, na segunda divisão, promovem a recombinação do material genético herdado da célula-mãe.
- (e) correta. A segregação dos cromossomos homólogos, na primeira divisão, resulta em células-filhas com diferentes conjuntos alélicos em relação àquele da célula-mãe.

18 UFSC 2005 (Adapt.) A mitose e a meiose são importantes processos biológicos, pois permitem que o número de cromossomos de uma célula permaneça igual, ou seja reduzido, para possibilitar sua restauração numérica após a fecundação. Com relação aos eventos e aos resultados destes dois processos, é correto afirmar que:

- 01 ao contrário da mitose, que ocorre em todas as células, a meiose restringe-se àquelas da linha germinativa, que produzirão gametas.
- 02 nos dois processos, ocorre a compactação da cromatina, fenômeno este que facilita a divisão correta dos cromossomos.
- 04 uma mutação que ocorra em uma das cromátides de uma célula somática será transmitida a todas as suas células-filhas, através da divisão mitótica.
- 08 a mitose é o sistema de reprodução dos organismos nos quais não existe a presença de sexo nem a formação de células germinativas.
- 16 se considerarmos, em uma mesma espécie, duas células-filhas, uma originada por mitose e a outra por meiose, a primeira conterá metade do número de cromossomos e o dobro da quantidade de DNA da segunda.
- 32 na meiose, existe a possibilidade de ocorrer o fenômeno de recombinação, que é a troca de segmentos entre quaisquer dois cromossomos, gerando, com isso, alta variabilidade genética para os indivíduos envolvidos.

64 a meiose compreende duas etapas de divisão cromossômica, sendo que, após a primeira, o número de cromossomos das células-filhas é metade do das células-mães.

Soma =

19 Ufpel 2007 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-MG 2007 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 2004 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 PUC-SP 2008 Uma determinada espécie animal apresenta número diploide de cromossomos igual a 10 ($2n = 10$). Em uma célula dessa espécie, que se encontra na metáfase de uma divisão, são observados 5 cromossomos duplicados. A célula em questão:

- (a) está em divisão mitótica.
- (b) está na primeira divisão de meiose.
- (c) está na segunda divisão da meiose.
- (d) pode ser um blastômero ou um linfócito.
- (e) não tem relação com a gametogênese desse animal.

23 UFSM 2008 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-MG 2003 (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:

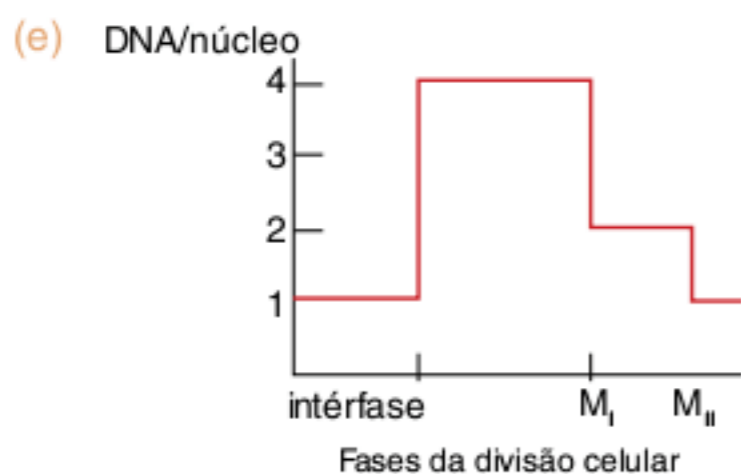
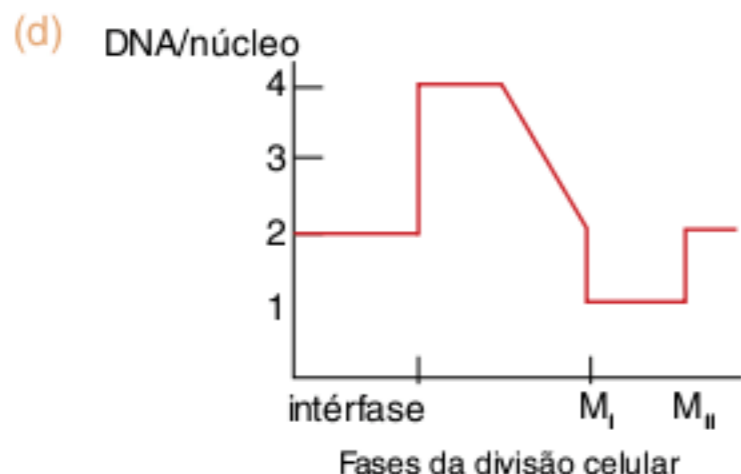
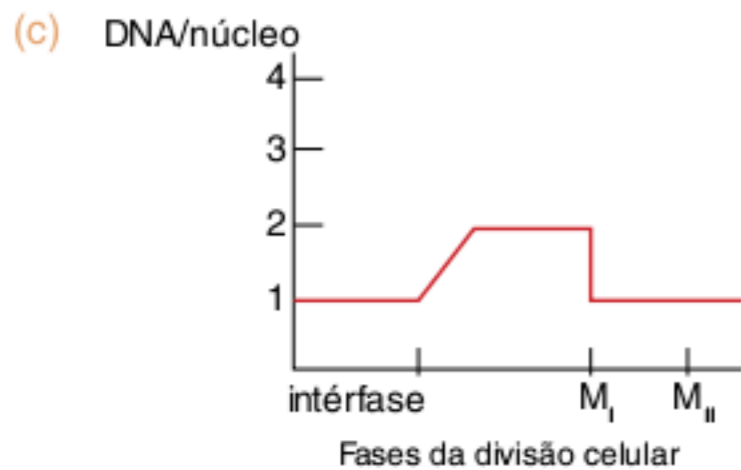
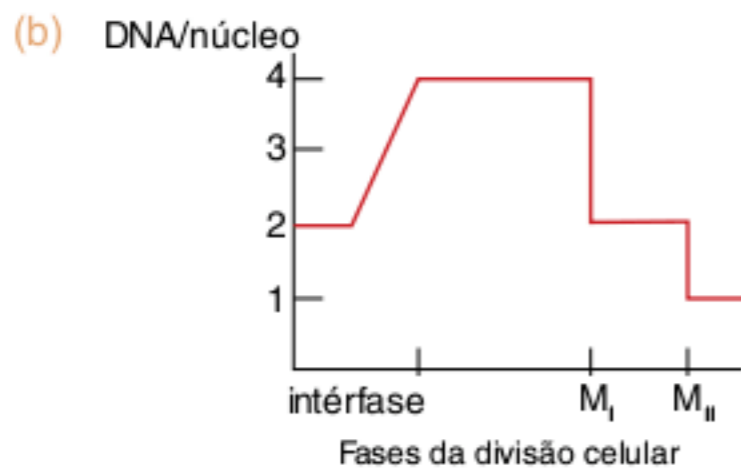
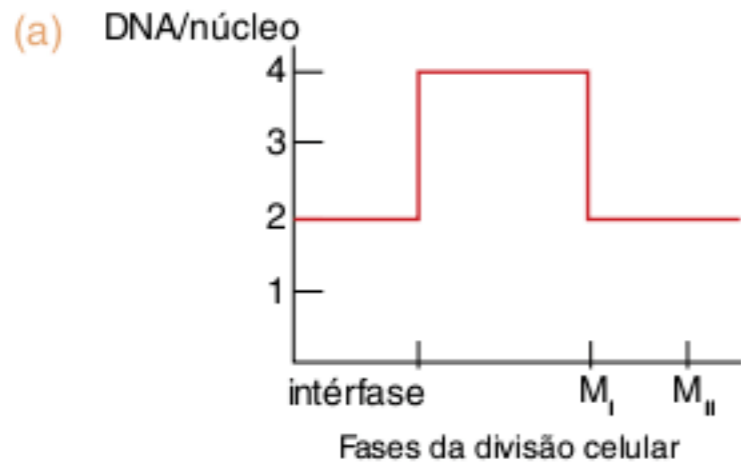
- (a) II e IV, apenas.
- (b) IV e VI, apenas.
- (c) III, IV e VI.
- (d) I, IV e VI.

25 Unesp 2008 A figura representa uma anáfase de uma célula diploide animal.

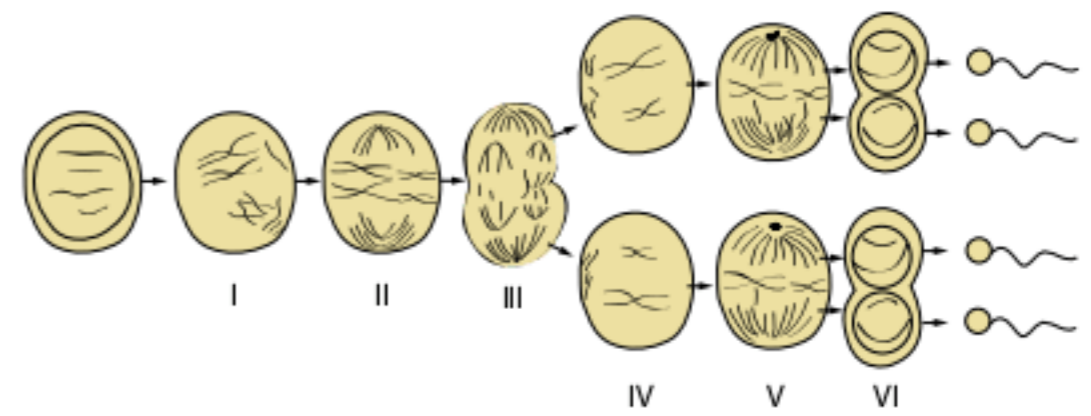


Essa célula está em mitose ou em meiose? Justifique, informando o número diploide de cromossomos em uma célula somática desse animal.

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 2007 (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:

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

28 UFRGS 2006 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:

- V – F – V – F – F
- F – F – V – F – V
- F – V – F – F – V
- V – V – F – V – F
- V – F – F – V – V

29 UFSC 2003 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:

- o *crossing-over* ocorre na prófase da meiose I e caracteriza-se pela permuta entre os segmentos das cromátides-irmãs do mesmo cromossomo.
- a redução, pela metade, do número cromossômico confere à meiose uma importância fundamental na manutenção do número constante de cromossomos da espécie.
- a meiose ocorre durante o processo de produção das células reprodutivas e possibilita o aumento da variabilidade genética dos seres vivos que a realizam.
- 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.
- 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 =

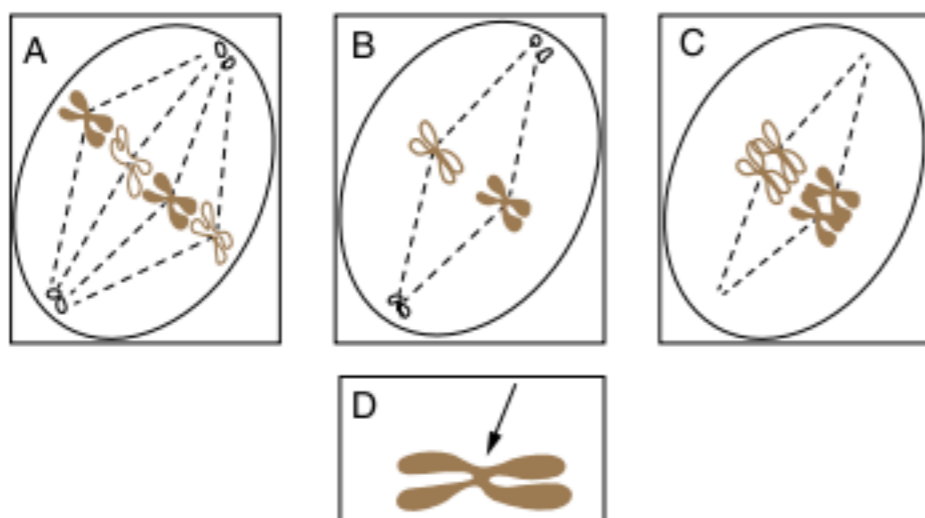
30 UFRGS 2005 Considere as afirmações a seguir, referentes aos cromossomos homólogos.

- 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.
- Durante os estágios iniciais da meiose, os cromossomos homólogos pareiam.
- Cromossomos homólogos são os que contêm os mesmos alelos para cada *locogênico*.

Qual(is) está(ão) correta(s)?

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

31 Unicamp 2005 Os esquemas A, B e C, a seguir, representam fases do ciclo de uma célula que possui $2n = 4$ cromossomos.



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

32 Puccamp 2005 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:

- primeira divisão da meiose.
- segunda divisão da meiose.
- fase S2 da intérfase da mitose.
- germinação do pólen, somente.
- fertilização da oogônia.

33 Mackenzie 2001 (Adapt.) Analise os enunciados a seguir.

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

Estão corretas apenas as afirmações:

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

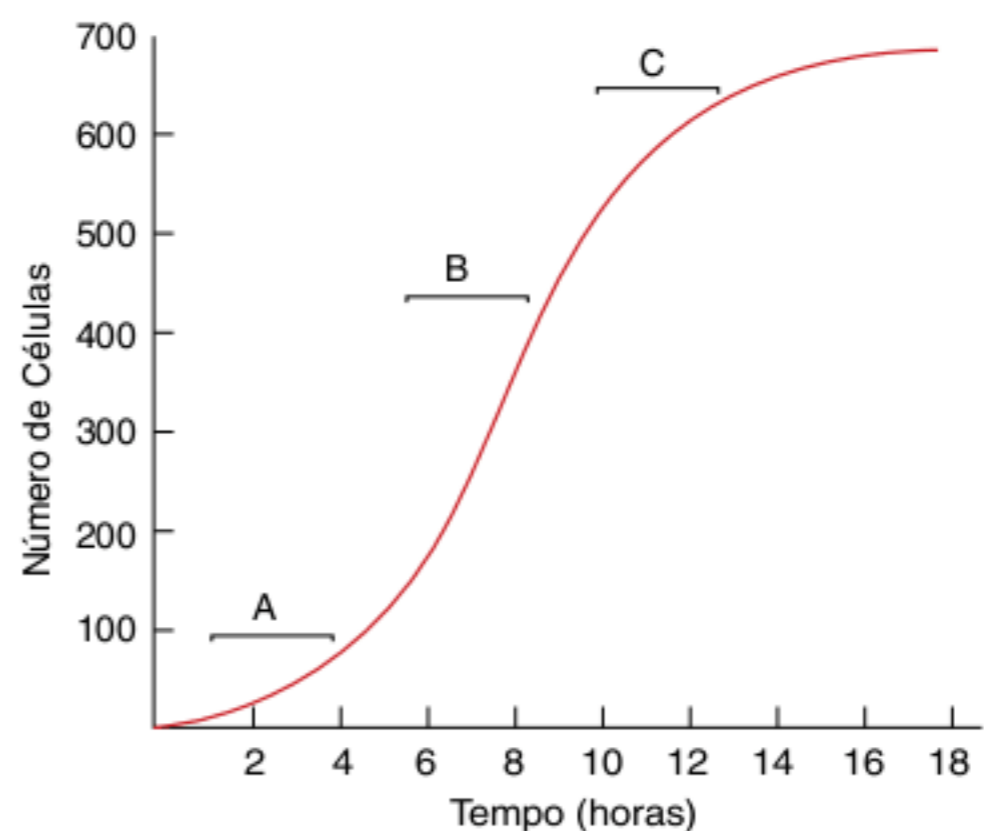
34 Fuvest 2008 (Adapt.) Suponha três espécies de organismos, 1, 2 e 3, que têm exatamente o mesmo número de cromossomos. A espécie 1 tem reprodução sexuada e na meiose ocorre permutação entre os cromossomos homólogos. A espécie 2 tem reprodução sexuada, porém, na meiose, não ocorre permutação entre os 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 2003 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).

- Quantos 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 2010 (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:

- (a) mutação, a seleção natural e a partenogênese.
- (b) mutação, a autogamia e a recombinação gênica.
- (c) 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:

- 1) permutação cromossômica ou *crossing-over* (troca de fragmentos entre cromossomos de um mesmo par de homólogos);
- 2) mutação (modificação da sequência de nucleotídeos de uma molécula de ADN); e
- 3) 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 2008 Com relação à gametogênese humana, a quantidade de DNA:

- I. do óvulo é a metade da presente na ovogônia.
 - II. da ovogônia equivale à presente na espermatogônia.
 - III. da espermatogônia é a metade da presente no zigoto.
 - IV. do segundo corpúsculo polar é a mesma presente no zigoto.
 - V. da espermatogônia é o dobro da presente na espermatíde.
- São afirmativas corretas apenas:

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

40 UFRGS 2004 O espermatócito primário do cavalo doméstico tem 64 cromossomos.

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

- I. Suas espermatogônias apresentam 128 cromossomos.
 - II. Seus espermatócitos secundários apresentam 32 cromossomos.
 - III. Seus espermatozoides apresentam 32 cromossomos.
- Qual(is) está(ão) correta(s)?

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

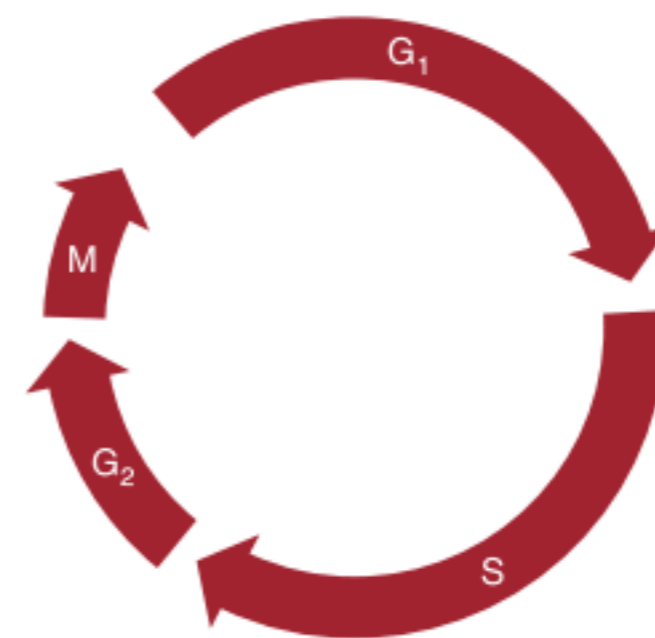
41 UFRGS 2001 Assinale a alternativa que completa corretamente a afirmação abaixo.

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.

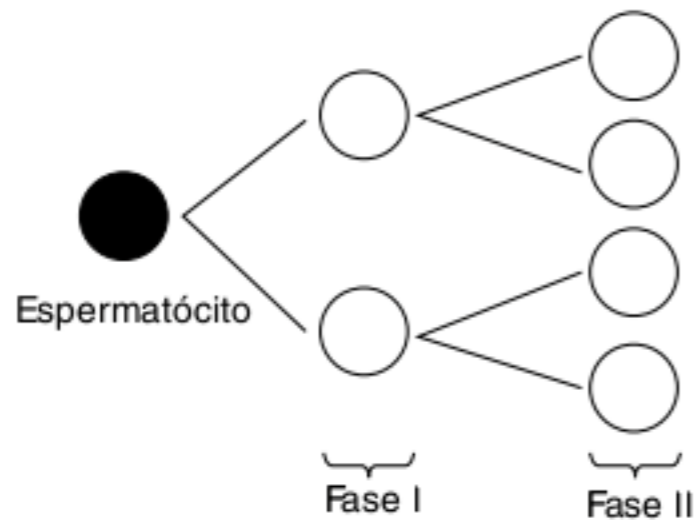
42 Fuvest 2009 Considere um indivíduo heterozigoto Aa.

a) O esquema 1 representa o ciclo celular.



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

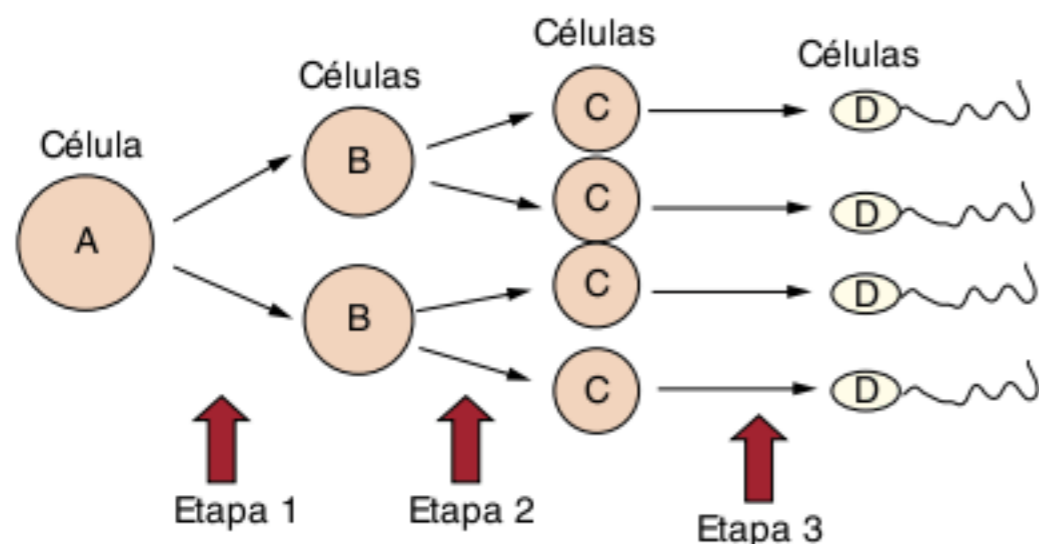
- G₁ (intervalo 1).
 - S (Síntese).
 - M (Mitose).
- b) No esquema 2, está representado o processo de divisão de um espermatócito desse mesmo indivíduo. Preencha as células esquematizadas, nas fases I e II, indicando o tipo e o número de alelos em cada uma delas. Considere que não tenha ocorrido permutação.



43 UFV 2003 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.

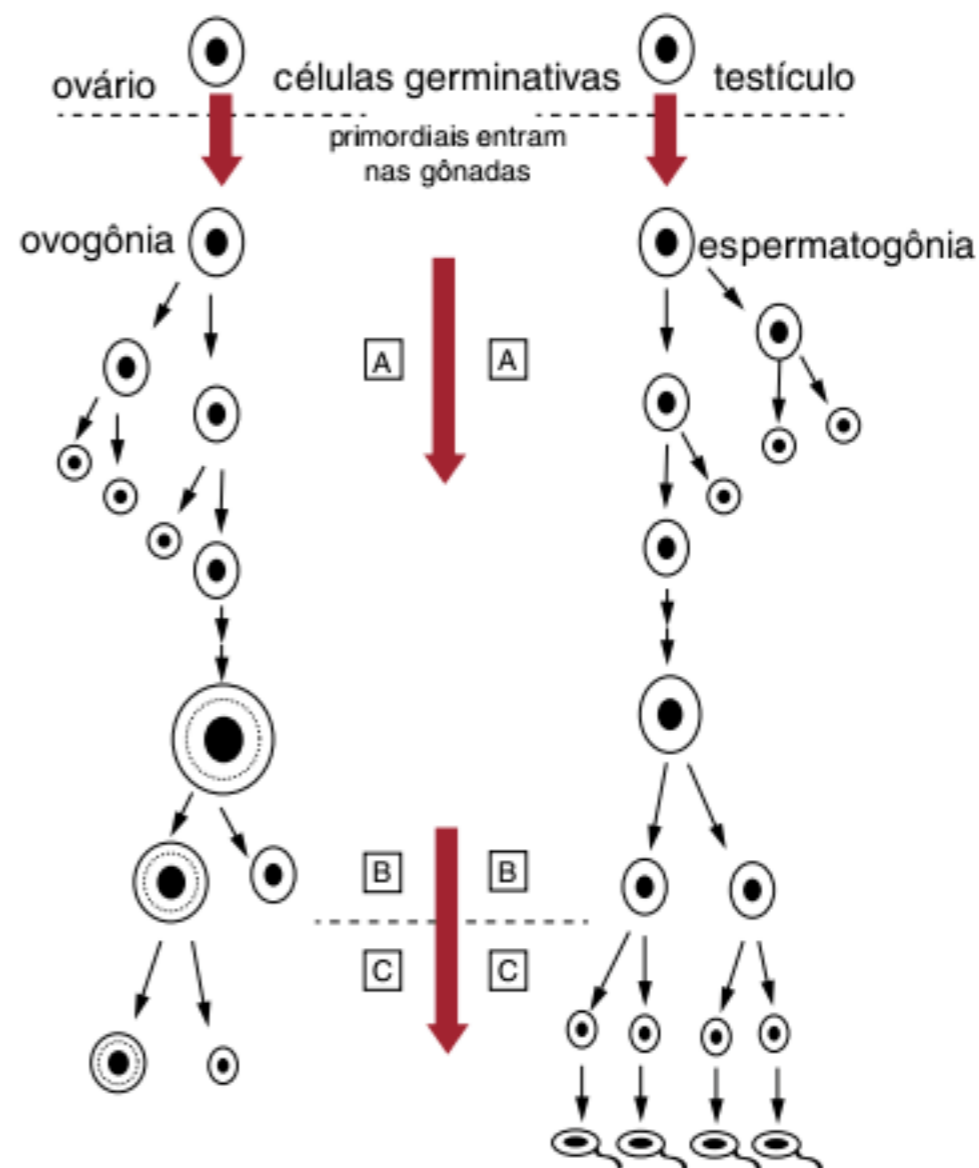
44 UEL 2003 O esquema a seguir representa etapas do processo de gametogênese no homem.



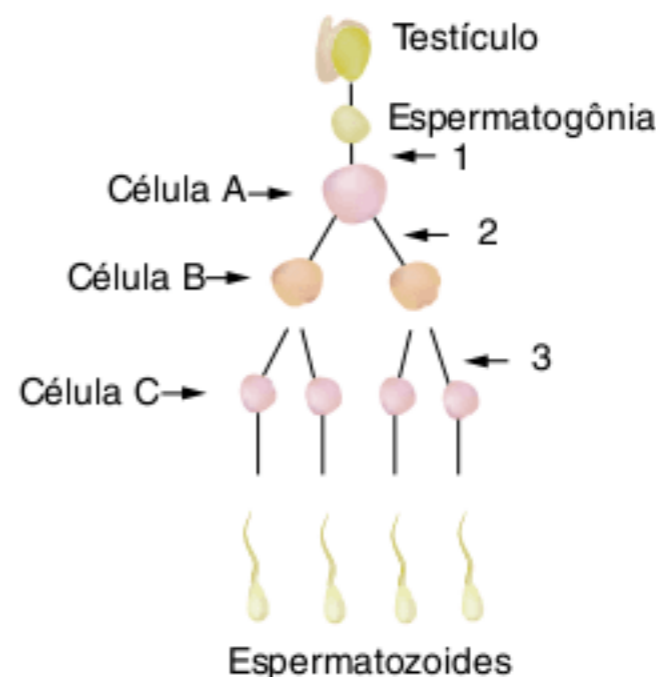
Sobre esse processo, assinale a alternativa correta.

- (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 2009 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 2007 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:

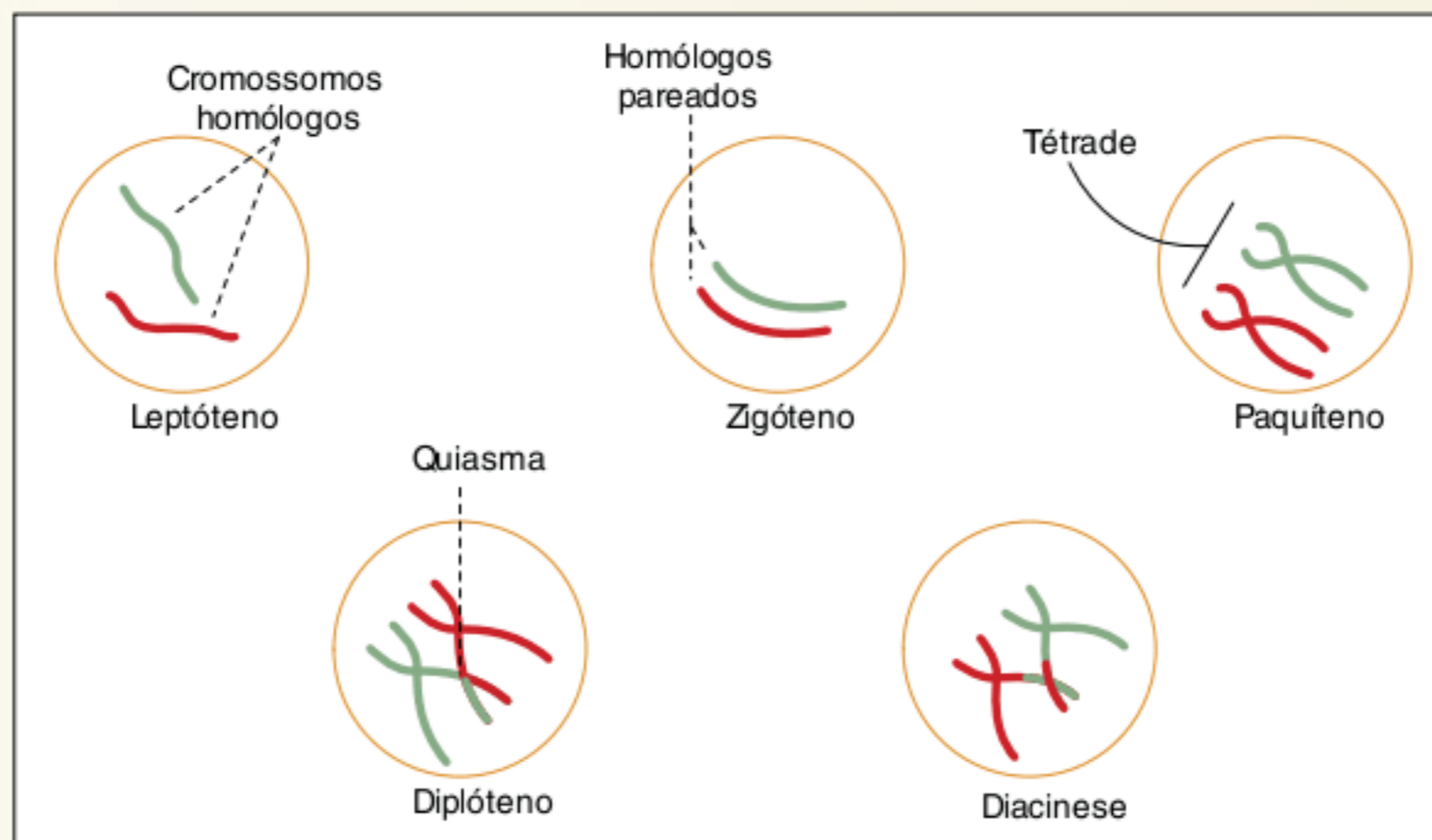
- (a) a seta de número 1 indica mitose.
- (b) a célula A é chamada de espermatíde.
- (c) nas células B, cada cromossomo tem duas cromátides.
- (d) a partir da puberdade, ocorrem apenas os eventos representados pelas setas de números 2 e 3.
- (e) as células A, B e C são haploides.

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.



As etapas da prófase I.

RESUMINDO

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 (E!).

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 cromossomo; 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 citos I (primeira ordem). Cada cito I sofre a primeira divisão meiótica, gerando 2 citos II (n) na gametogênese masculina. Já na gametogênese feminina, o cito I gera um cito II e um corpúsculo polar.

Na gametogênese masculina (espermato gênese), os citos 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/mitosisg/intro.html>.

- Meiose

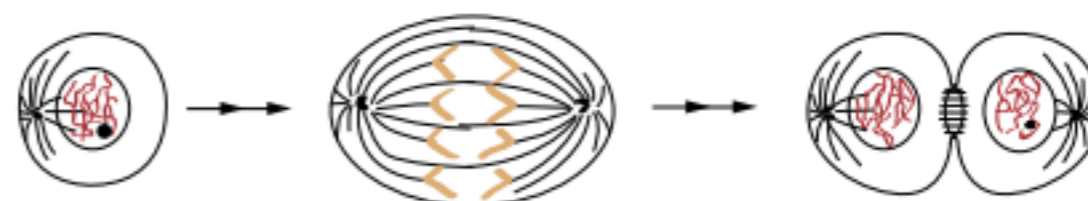
<www.phschool.com/science/biology_place/biocoach/meiosis/intro.html>.

Exercícios complementares

1 UFPR 2007 Do ciclo de vida de uma célula eucarionte-padrão, em torno de uma hora apenas é utilizada para garantir a separação dos cromossomos duplicados e a formação de duas células-filhas.

Apresente 4 modificações na organização celular, sem as quais os eventos mencionados não seriam possíveis.

2 Unicamp 2010 O esquema abaixo representa três fases do ciclo celular de uma célula somática de um organismo diploide.



Hernandes Faustino de Carvalho; Shirlei Maria Recco-Pimentel. *A Célula*. Ed. Manole, 2007. p. 380. (Adapt.).

- a) Qual é o número de cromossomos em uma célula haploide do organismo em questão? Justifique sua resposta.
- b) Identifique se a célula representada é de um animal ou de uma planta. Aponte duas características que permitam fazer sua identificação. Justifique.

3 Unesp 1996 Uma célula, ao se dividir, apresenta as seguintes características:

- I. é anastral ou acêntrica.
- II. forma-se o fragmoplasto, membranas derivadas do Complexo de Golgi.
- III. a citocinese é centrífuga.

Com essas informações, responda:

- a) Que tipo de célula, ao se dividir, apresenta essas características?
- b) Justifique sua resposta, conceituando o termo “anastral”.

4 Unifesp 2007 Certos fármacos, como a colchicina, ligam-se às moléculas de tubulina e impedem que elas se associem para formar microtúbulos. Quando células em divisão são tratadas com essas substâncias, a mitose é interrompida na metáfase. Células contendo dois pares de cromossomos homólogos foram tratadas com colchicina, durante um ciclo celular. Após o tratamento, essas células ficaram com:

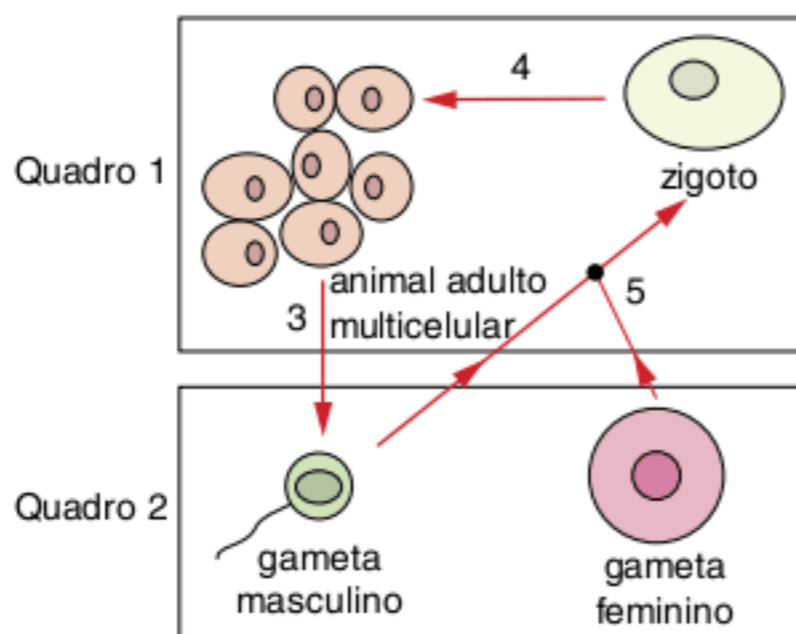
- (a) quatro cromossomos.
- (b) dois cromossomos.
- (c) seis cromossomos.
- (d) dez cromossomos.
- (e) oito cromossomos.

5 Unesp 1992 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:

- a) até que fase a mitose se processaria normalmente em uma célula diploide tratada com a colchicina? Justifique sua resposta.
- b) neste caso, qual seria o número cromossômico resultante do processo de divisão? Justifique sua resposta.

6 Unesp 2004 Em relação ao esquema seguinte, relacionado com o ciclo de vida de um animal de reprodução sexuada, são feitas as seguintes afirmações:



- I. Os quadros 1 e 2 correspondem, respectivamente, aos estágios haploide e diploide.
- II. O número 3 corresponde à meiose e esta favorece um aumento da variabilidade genética.
- III. O número 4 corresponde à mitose e esta ocorre somente em células germinativas.
- IV. O número 5 corresponde à fertilização, onde ocorre a combinação dos genes provenientes dos pais.

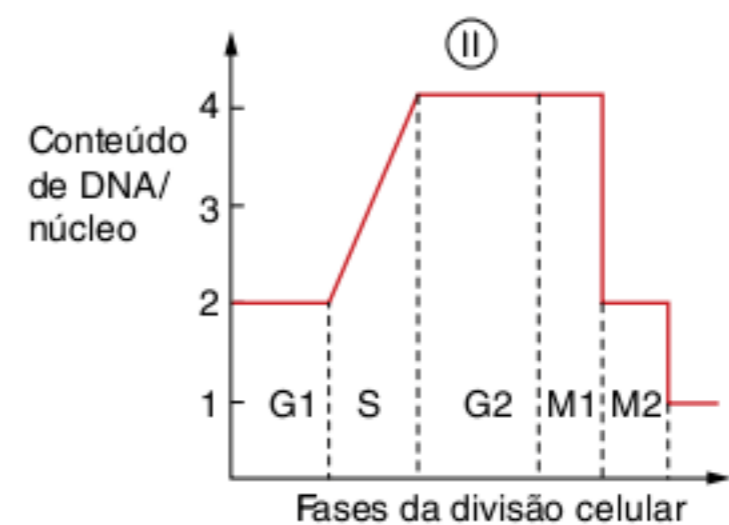
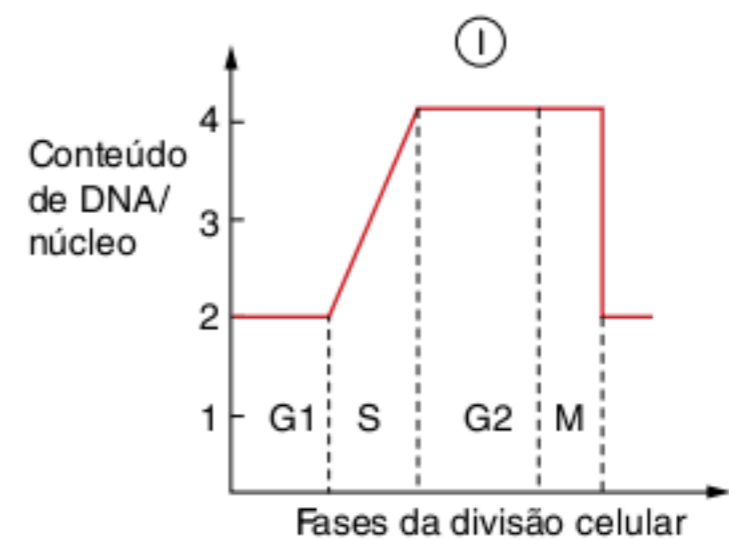
Estão corretas as afirmações:

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

7 Unesp 2010 No homem, a cada ejaculação são liberados milhões de espermatozoides, cada um deles carregando um lote haploide de 23 cromossomos. Considerando-se apenas a segregação independente dos cromossomos na prófase I da meiose, podemos afirmar corretamente que, em termos estatísticos, no volume de um ejaculado estarão presentes até:

- (a) 2^{23} espermatozoides geneticamente diferentes, cada um deles carregando um conjunto cromossômico que difere do conjunto cromossômico de outro espermatozoide, uma vez que cada um deles carrega cromossomos de diferentes pares.
- (b) 2^{23} espermatozoides geneticamente diferentes, cada um deles carregando um conjunto cromossômico que difere do conjunto cromossômico de outro espermatozoide na sua composição de alelos.
- (c) 23^2 espermatozoides geneticamente diferentes, cada um deles carregando um conjunto cromossômico que difere do conjunto cromossômico de outro espermatozoide, uma vez que cada um deles carrega cromossomos de diferentes pares.
- (d) 23^2 espermatozoides geneticamente diferentes, cada um deles com apenas um dos homólogos de cada par.
- (e) 23×23 espermatozoides geneticamente diferentes, cada um deles carregando um conjunto cromossômico que difere do conjunto cromossômico de outro espermatozoide na sua composição de alelos.

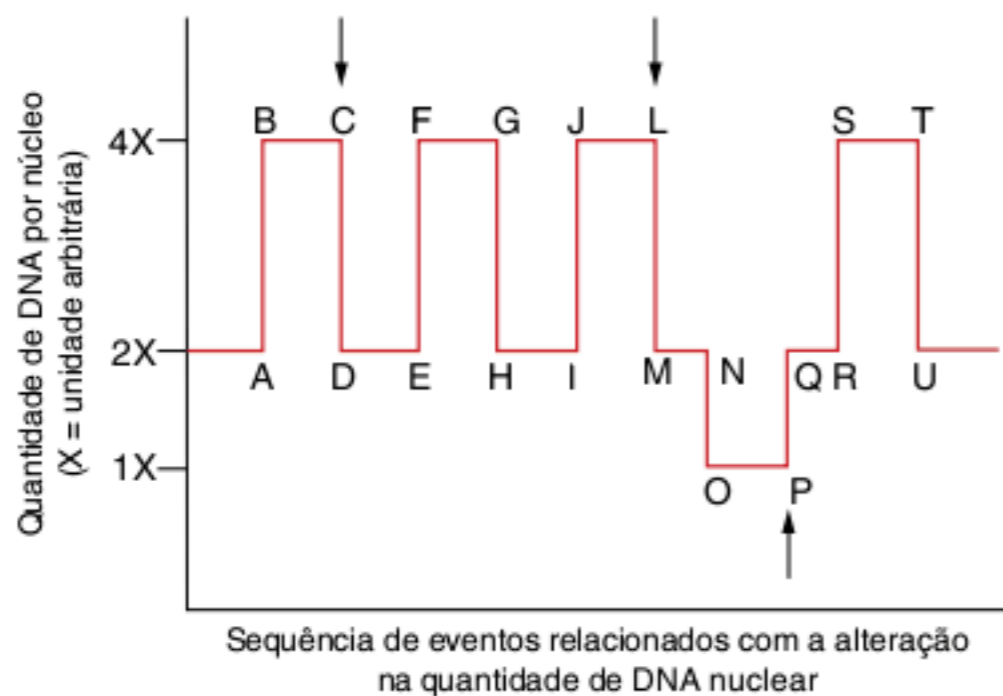
8 Unifesp 2009 Os gráficos I e II representam o conteúdo de DNA durante divisões celulares.



Considerando-se um cromossomo:

- a) quantas cromátides estão presentes no início da fase M do gráfico I? E ao final da fase M2 do gráfico II?
- b) quantas moléculas de DNA estão presentes no início da fase M do gráfico I? E ao final da fase M2 do gráfico II?

9 Unesp 2006 O gráfico representa as mudanças (quantitativas) no conteúdo do DNA nuclear durante eventos envolvendo divisão celular e fecundação em camundongos.



Os intervalos C-D, L-M e P-Q correspondem, respectivamente, a fases em que ocorrem a:

- replicação, meiose II e mitose.
- meiose I, meiose II e replicação.
- mitose, meiose I e fecundação.
- mitose, meiose I e meiose II.
- mitose, meiose II e fecundação.

10 UFU 2007 (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.

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

11 UEG 2006 O processo de formação de espermatozoides, conhecido como espermatogênese, ocorre em quatro períodos: germinativo, de crescimento, de maturação e de diferenciação. Sabendo-se que o espermatócito I é encontrado no período de crescimento e que a espermátide é encontrada ao final do período de

maturação, pergunta-se: quantos espermatozoides serão formados a partir de 80 espermatócitos I e de 80 espermátides?

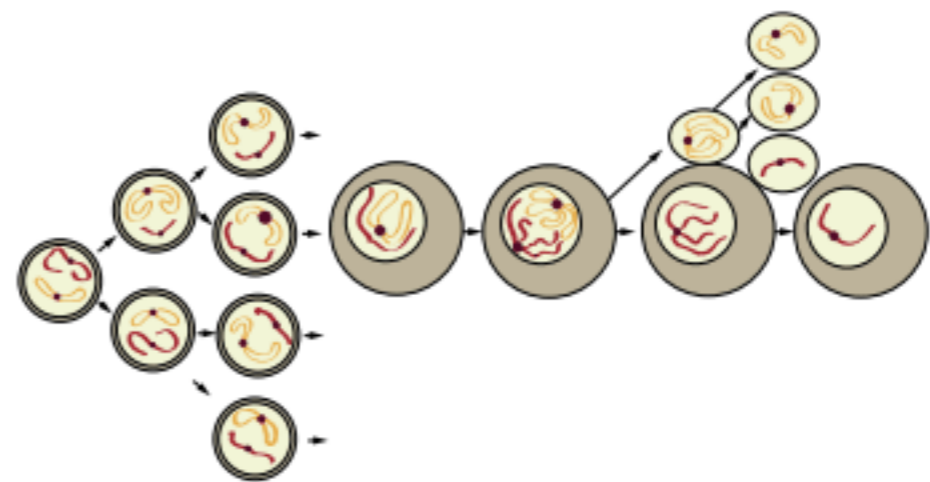
- 40 e 20
- 160 e 320
- 320 e 80
- 320 e 160

12 UFPR 2009 O tic-tac do relógio biológico feminino – que marca a diminuição da fertilidade e fica mais forte à medida que a mulher alcança a meia-idade – está profundamente arraigado na cultura popular. [...] Mas será que os homens sofrem do mesmo problema? [...] Para manter os níveis do sêmen, as chamadas células germinais devem continuar se dividindo. Afinal de contas, os homens dispõem de muitas formas de produzir esperma e, uma vez ejaculados, os espermatozoides só sobrevivem por alguns dias. Por volta dos 50 anos, essas células germinais terão se dividido 840 vezes. E em cada divisão há uma chance de que algo saia errado.

Anne Casselman. "Relógio biológico dos homens. Será que a fertilidade masculina tem data de validade?". *Scientific American Brasil*, jul. 2008.

- O que são células germinais (ou germinativas)?
- No homem, como são chamadas as células germinativas e onde são encontradas?
- As células germinativas masculinas e femininas se multiplicam por mitose. A fase de multiplicação dessas células ocorre ao mesmo tempo no homem e na mulher? Justifique.

13 PUC-PR 1999 Analise as afirmações relacionadas à meiose durante a ovulogênese.



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

São verdadeiras:

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

Origem dos seres vivos e o método científico

4

FRENTE 1

reprodução

A variedade de vida no planeta inclui organismos que toleram condições bastante adversas, como as proximidades de fendas vulcânicas e fontes termais, como no parque Yellowstone.

COLETA FANTASIA/WWW.WIKIPEDIA

Oychobata



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.

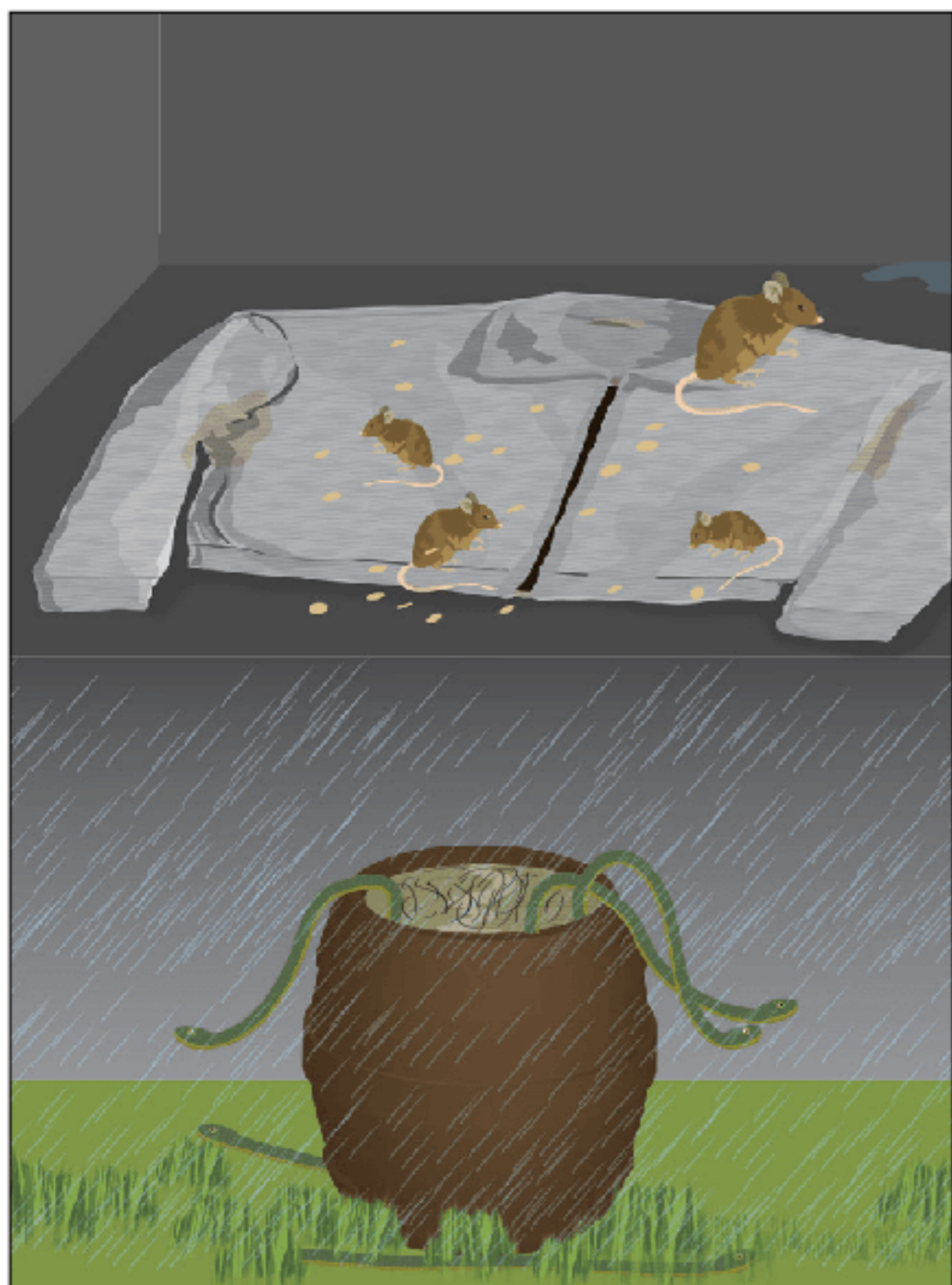


Fig. 1 Pela teoria da abiogênese, seres vivos seriam provenientes de algo não vivo. Assim, uma camisa suja em local escuro, com grãos de trigo, geraria camundongos; um barril com água e cabelos de mulher, na chuva, geraria cobras.

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 encobertos 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).

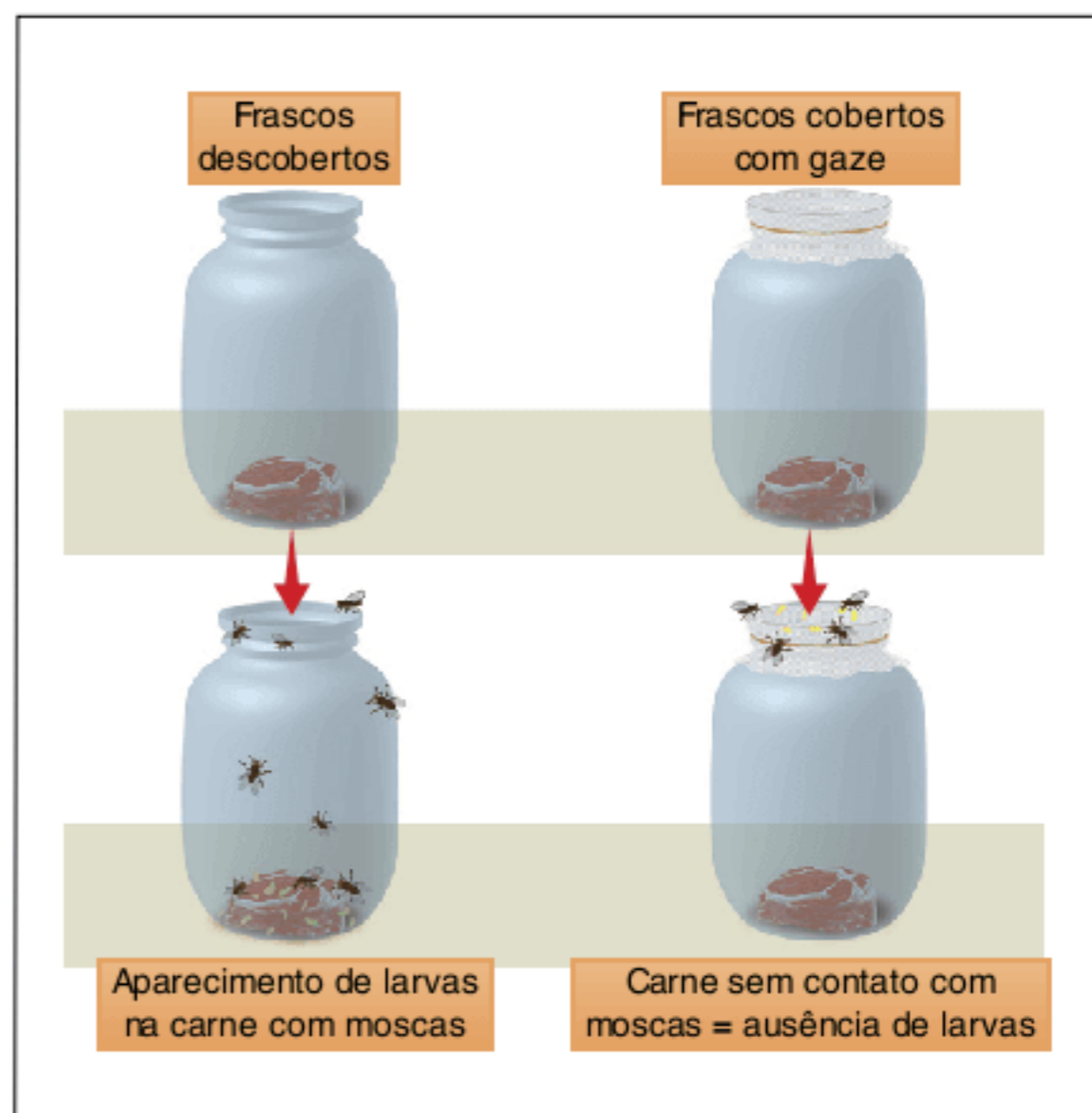


Fig. 2 À esquerda, estão os frascos abertos; à direita, os frascos são encobertos. A cobertura dos frascos impede a entrada de moscas, e não ocorre o desenvolvimento de “vermes” (larvas) na carne.

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. Pessoas diferentes podem observar os mesmos fenômenos, os quais se repetem se forem mantidas as mesmas condições, ou seja, os procedimentos podem ser reproduzidos. 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:** o experimento controlado permite verificar se a hipótese pode ser descartada.
 - *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 as observações. 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.

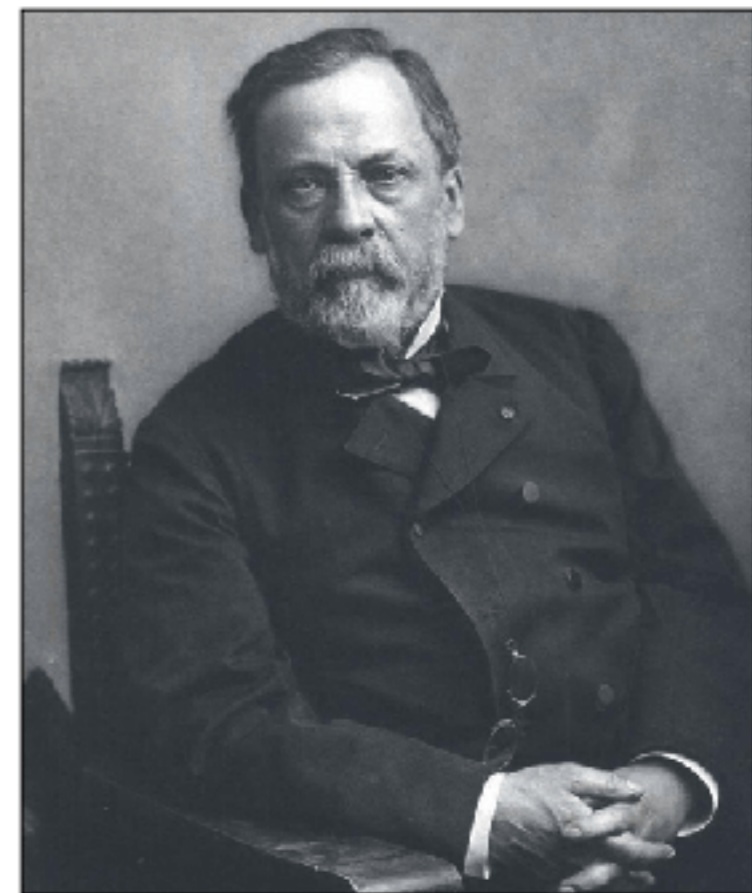


Fig. 3 Pasteur era químico, e seu trabalho sobre microrganismos tomou-se um marco na história da Ciência.

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!

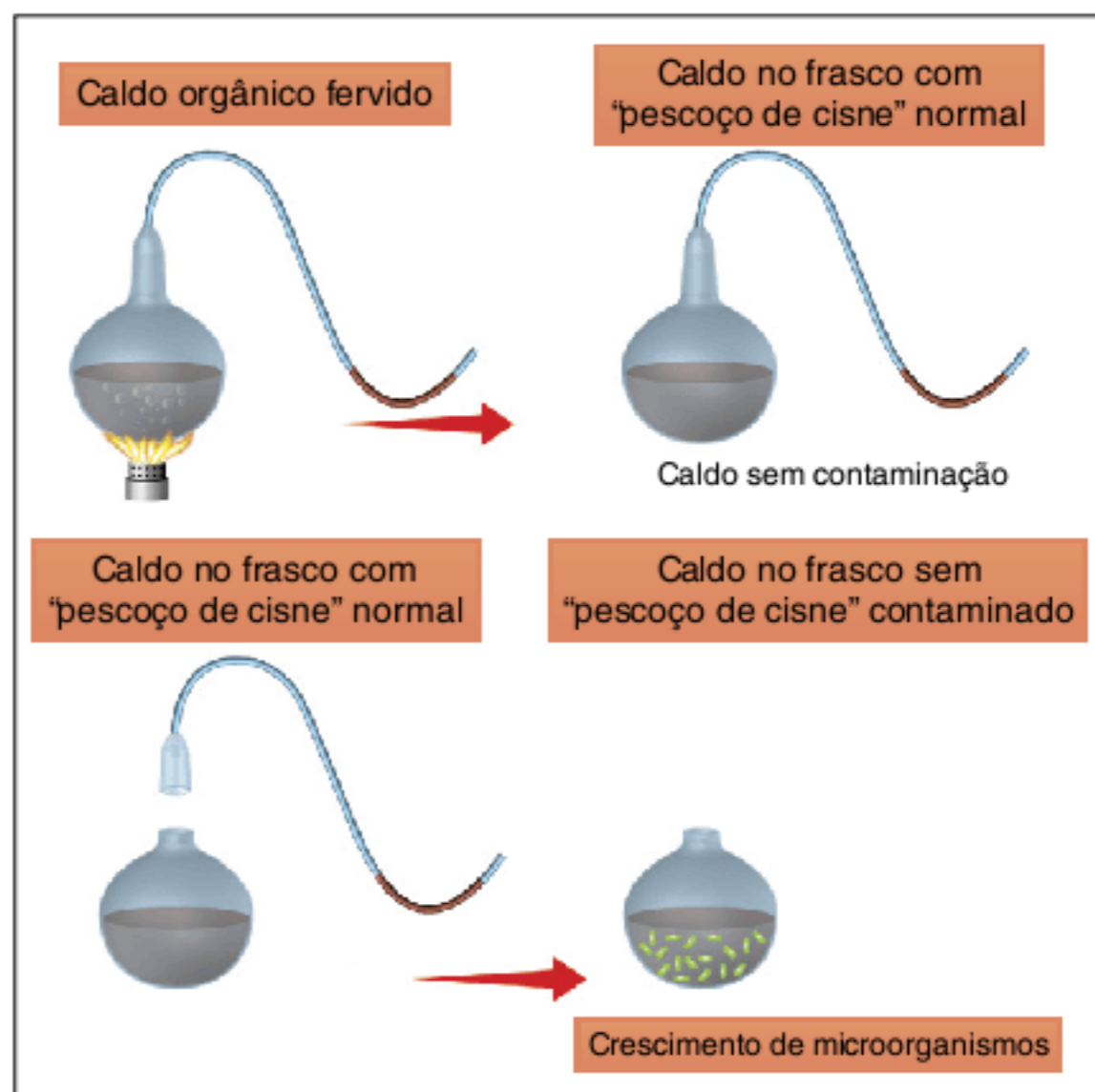


Fig. 4 Experimento de Pasteur. O gargalo longo do equipamento impede a entrada de microrganismos provenientes do ar.

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 mais adiante.

Revisando

1 Conceitue biogênese.

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

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

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

Exercícios propostos

1 PUC-MG 1999 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 1998 (Adapt.) Com relação à origem da vida são feitas três afirmações:

- I. A ideia de que a vida surge a partir de vida préexistente 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 Helmont chegou a uma “receita” para produzir ratos, em que afirmava que, se você pegasse uma camisa suja e suada, colocasse nela grãos de trigo e a deixasse em um canto escuro, como em um porão, após alguns dias surgiriam ratos.

- a) Essa receita descreve qual princípio sobre a origem da vida?
- b) A receita, apesar de errônea, mostrava um certo grau de eficiência, ou seja, ela funcionava em alguns casos. Proponha uma explicação alternativa à abiogênese que justifique o aparecimento dos ratos.

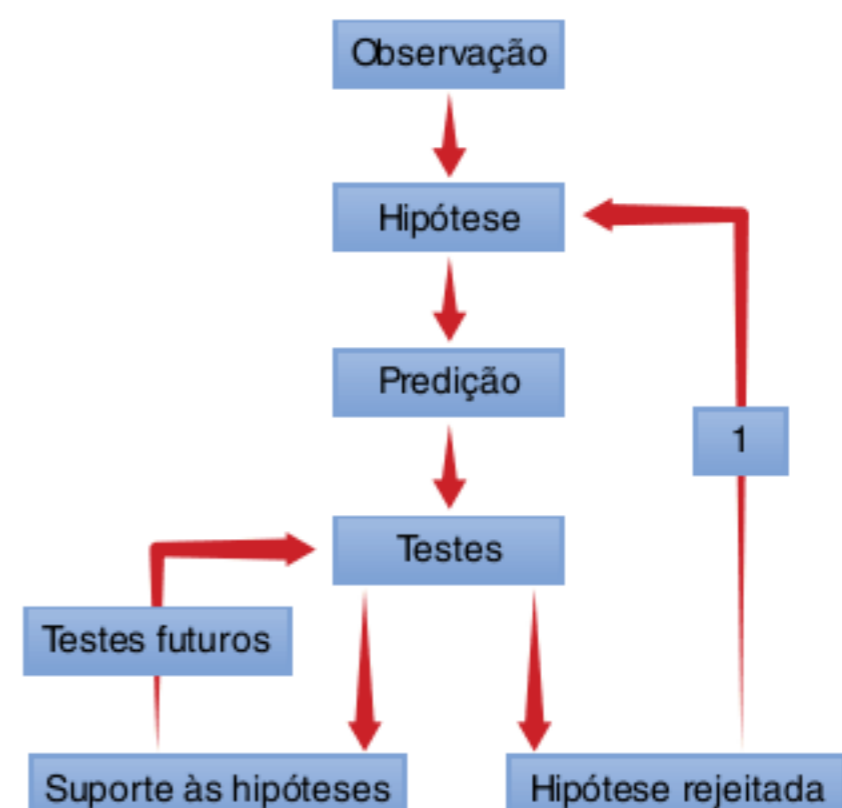
4 CFTMG 2004 O trecho a seguir foi escrito por um determinado cientista do século XIX para descrever sua teoria a respeito da origem da vida.

[...] 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.



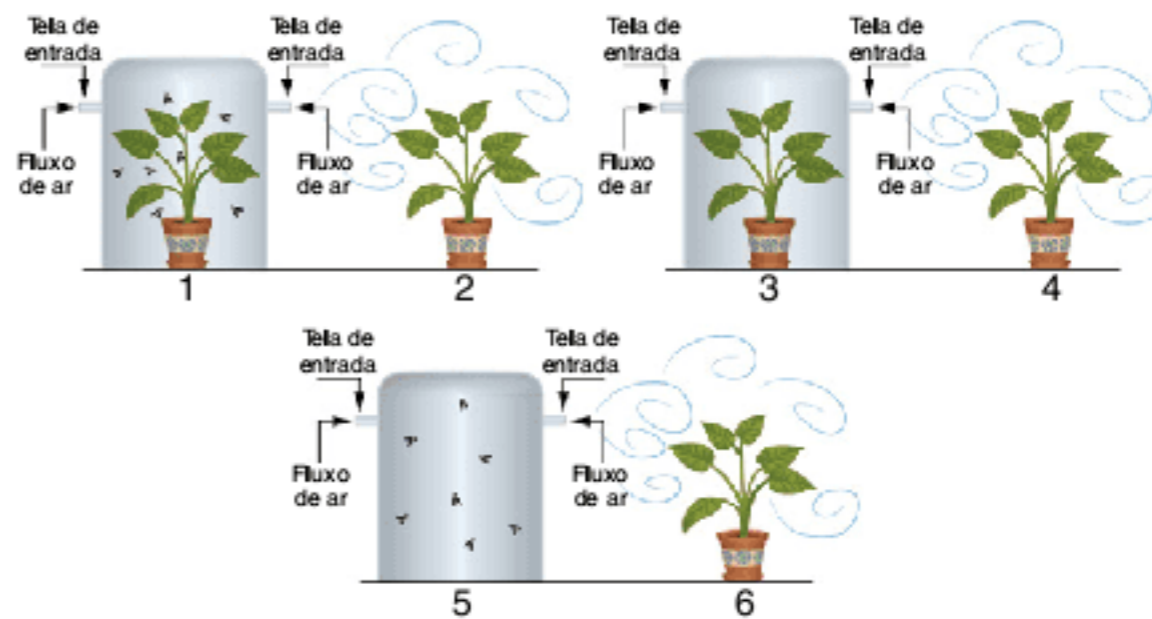
De acordo com o esquema e o assunto abordado, assinale a alternativa que melhor identifica a etapa I.

- (a) Discussão.
- (b) Conclusão.
- (c) Hipótese nova ou revisada.
- (d) Experimentação.

6 PUC-RS 2011 Um grupo de pesquisa realizou um experimento com o objetivo de determinar se plantas atacadas por insetos herbívoros liberam compostos voláteis que alertariam outras plantas, promovendo a síntese de compostos de defesa de forma preventiva. Durante o experimento, foram realizadas as seguintes ações:

- A planta 1 foi colocada no interior de uma campânula na presença de insetos herbívoros.
- A planta 3 foi colocada em uma campânula sem insetos.
- Na campânula 5 foram colocados somente insetos.
- As plantas 2, 4 e 6 ficaram expostas ao ar que atravessou a campânula.

Os pesquisadores constataram que a planta 2 produziu níveis elevados de nicotina (composto que repele insetos), quando comparada com as plantas 4 e 6.



Sobre os resultados do experimento, afirma-se:

- (a) Tanto a planta 1 quanto a 3 produziram compostos de alerta.
- (b) A planta 3 e a campânula 5 representam o controle do experimento.
- (c) A planta 3 demonstra que os vegetais não produzem compostos de alerta quando não atacados por herbívoros.
- (d) A campânula 5 demonstra que os insetos são os responsáveis pela síntese de compostos de alerta.

TEXTO COMPLEMENTAR

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. Tomou-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.



JEAN BAPTISTE GARAND/WIKIMEDIA COMMONS

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

John Needham

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.



JEROEN ROUWEMAN/FUCKER

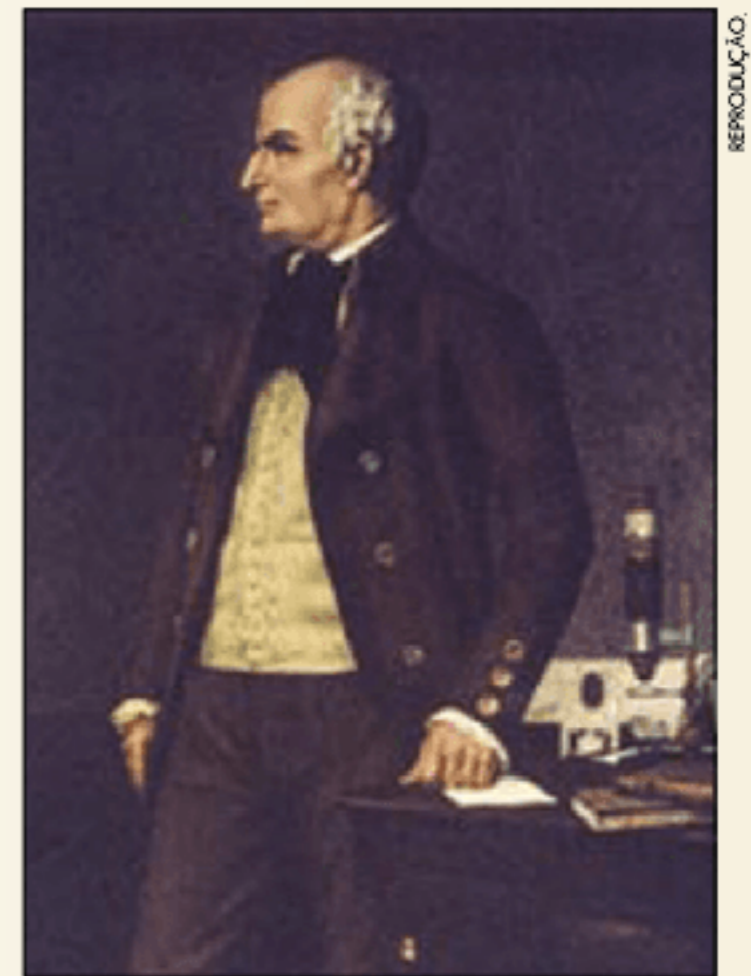
Embora medisse poucos centímetros (menos de 10 cm), o microscópio fabricado por Leeuwenhoek permitia um aumento de até 200 vezes do objeto observado.

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.

■ QUER SABER MAIS?



SITE

■ Método científico

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

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?

Exercícios complementares

1 Fuvest 2005 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?

- Fornecimento de sais de magnésio ao solo em que as plantas estão crescendo e observação dos resultados alguns dias depois.
- 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.
- Cultivo de um novo lote de plantas, em solo suplementado com uma mistura completa de sais minerais, incluindo sais de magnésio.
- 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.
- 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 2003 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:

- uma hora e uma hora e meia, respectivamente.
- três horas e meia hora, respectivamente.
- três horas e quatro horas e meia, respectivamente.
- seis horas e três horas, respectivamente.
- seis horas, igualmente.

3 Enem 2005 A água é um dos componentes mais importantes das células. A tabela abaixo mostra como a quantidade de água varia em seres humanos, dependendo do tipo de célula. Em média, a água corresponde a 70% da composição química de um indivíduo normal.

Tipo de célula	Quantidade de água
Tecido nervoso – substância cinzenta	85%
Tecido nervoso – substância branca	70%
Medula óssea	75%
Tecido conjuntivo	60%
Tecido adiposo	15%
Hemácias	65%
Ossos (sem medula)	20%

Durante uma biópsia, foi isolada uma amostra de tecido para análise em um laboratório. Enquanto intacta, essa amostra pesava 200 mg. Após secagem em estufa, quando se retirou toda a água do tecido, a amostra passou a pesar 80 mg. Baseado na tabela, pode-se afirmar que essa é uma amostra de:

- tecido nervoso – substância cinzenta.
- tecido nervoso – substância branca.
- hemácias.
- tecido conjuntivo.
- tecido adiposo.

4 Unimontes 2009 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.

- Levantamento de hipótese.
- Conclusões.
- Análise de resultados.
- Experimentação.

5 Uerj 2004 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 atribuía:

- à teoria.
- aos modelos.
- às hipóteses.
- aos experimentos.

6 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.

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 Fuvest 2000 O tema “teoria da evolução” tem provocado debates em certos locais dos Estados Unidos da América, com algumas entidades contestando seu ensino nas escolas. Nos últimos tempos, a polêmica está centrada no termo *Teoria*, que, no entanto, tem significado bem definido para os cientistas.

Sob o ponto de vista da ciência, teoria é:

- (a) sinônimo de lei científica, que descreve regularidade de fenômenos naturais, mas não permite fazer previsões sobre eles.
- (b) sinônimo de hipótese, ou seja, uma suposição ainda sem comprovação experimental.
- (c) uma ideia sem base em observação e experimentação, que usa o senso comum para explicar fatos do cotidiano.
- (d) uma ideia, apoiada pelo conhecimento científico, que tenta explicar fenômenos naturais relacionados, permitindo fazer previsões sobre eles.
- (e) uma ideia, apoiada pelo conhecimento científico, que, de tão comprovada pelos cientistas, já é considerada uma verdade incontestável.

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.

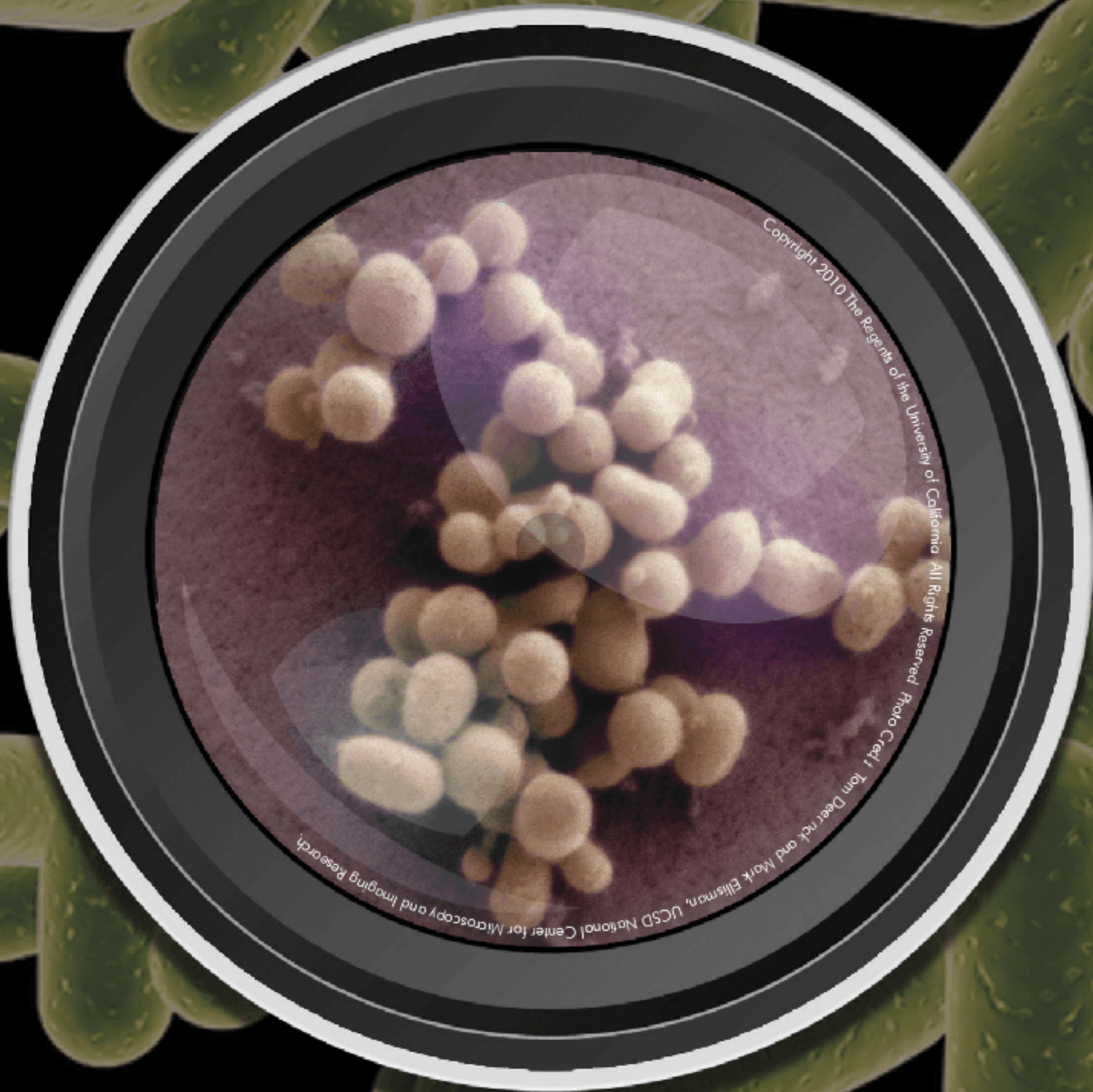
Dentre as etapas que constituem o método científico, esse trecho do relatório é um exemplo de:

- (a) análise de dados.
- (b) coleta de material.
- (c) elaboração da hipótese.
- (d) planejamento do experimento.

5

FRENTE 1

Composição química dos seres vivos



Em 2010, o cientista Venter e sua equipe produziram em laboratório uma molécula de DNA. Esse DNA sintético foi inserido em uma célula de bactéria 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 a sua maior porcentagem 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 se passa 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 (fosfolipídeos).
	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.
Metabolismo energético	Fósforo	É integrante do ATP.
	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).
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**, **glicídios**, **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).

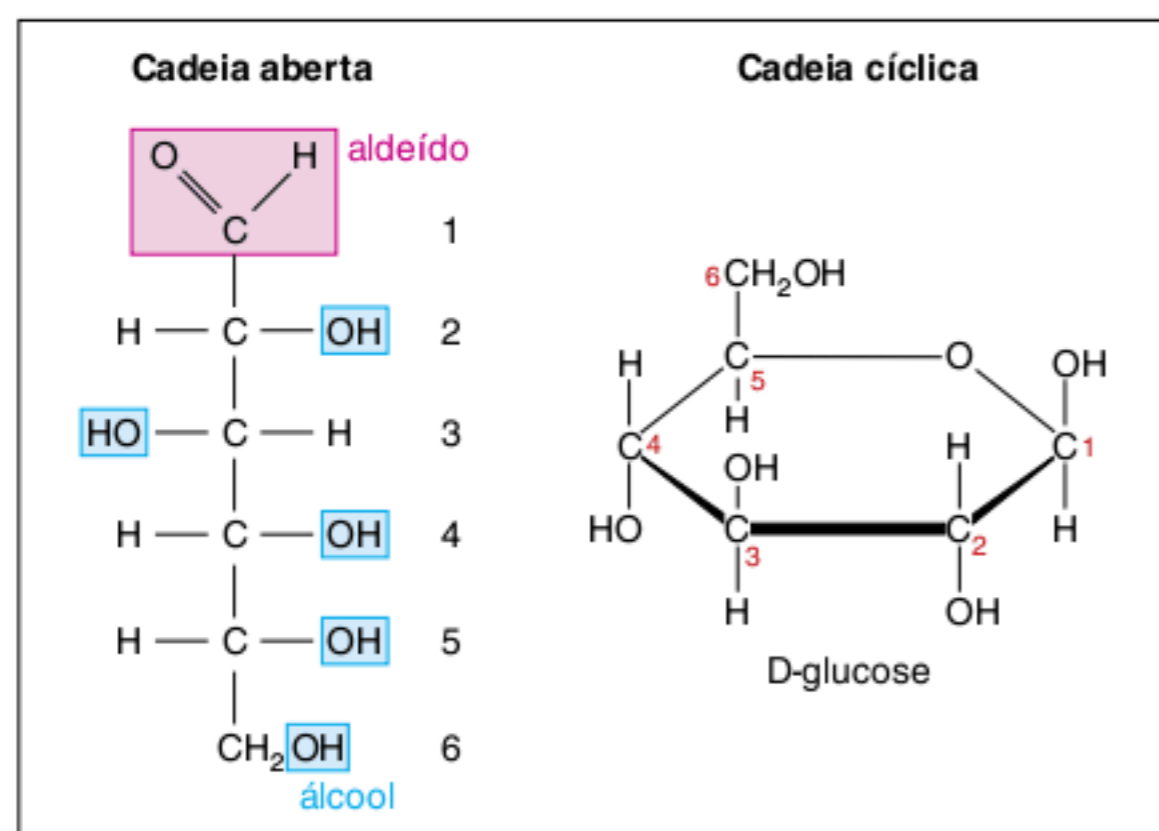


Fig. 1 Representação da molécula de glicose em cadeia aberta e em cadeia cíclica.

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).

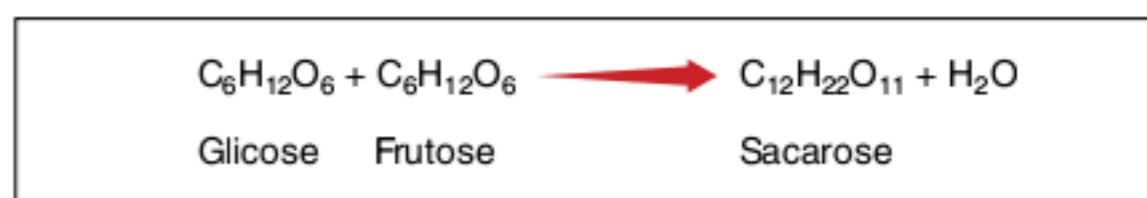


Fig. 2 A sacarose é um dissacarídeo resultante da reação entre os monossacarídeos glicose e frutose.

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 da glicose 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).

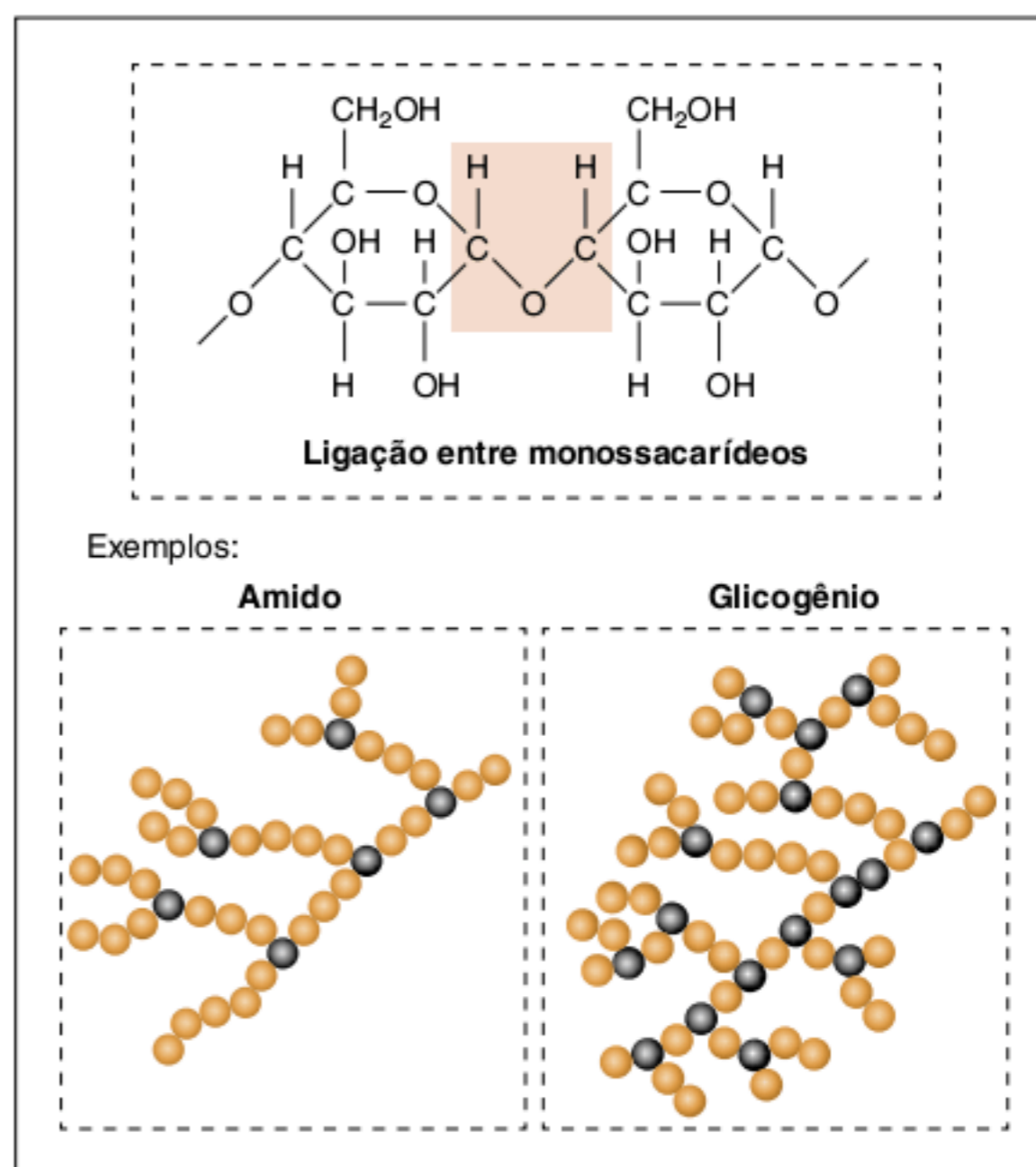


Fig. 3 A ligação entre monossacarídeos é fundamental para a formação dos polissacarídeos. Glicogênio e amido são formados pela união de moléculas de glicose, porém o amido apresenta uma estrutura menos ramificada e compacta.

A **celulose** é um polissacarídeo 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. 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, a celulose 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).

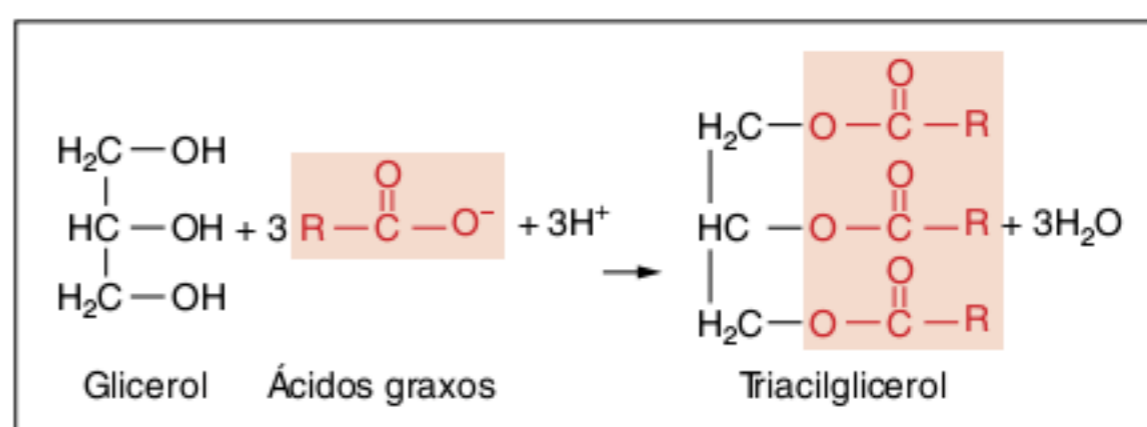
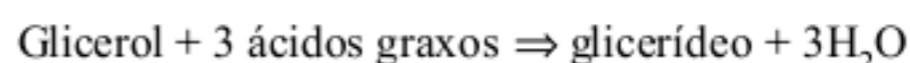


Fig. 4 Reação de formação de glicerídeo.

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).

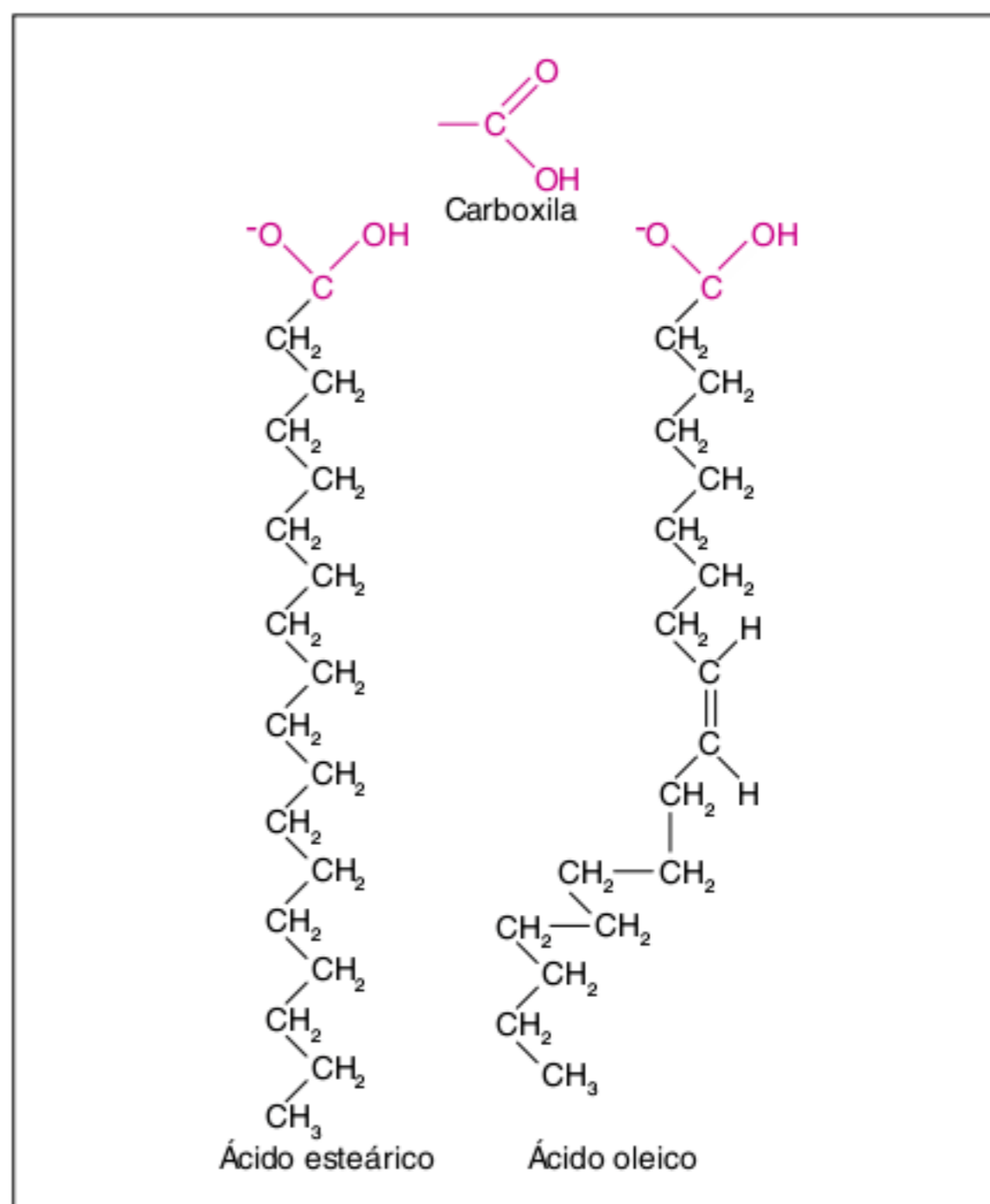


Fig. 5 Ácidos graxos apresentam longa cadeia de carbono e um ácido carboxílico em sua extremidade.

Os glicerídeos 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 fluabilidade 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).

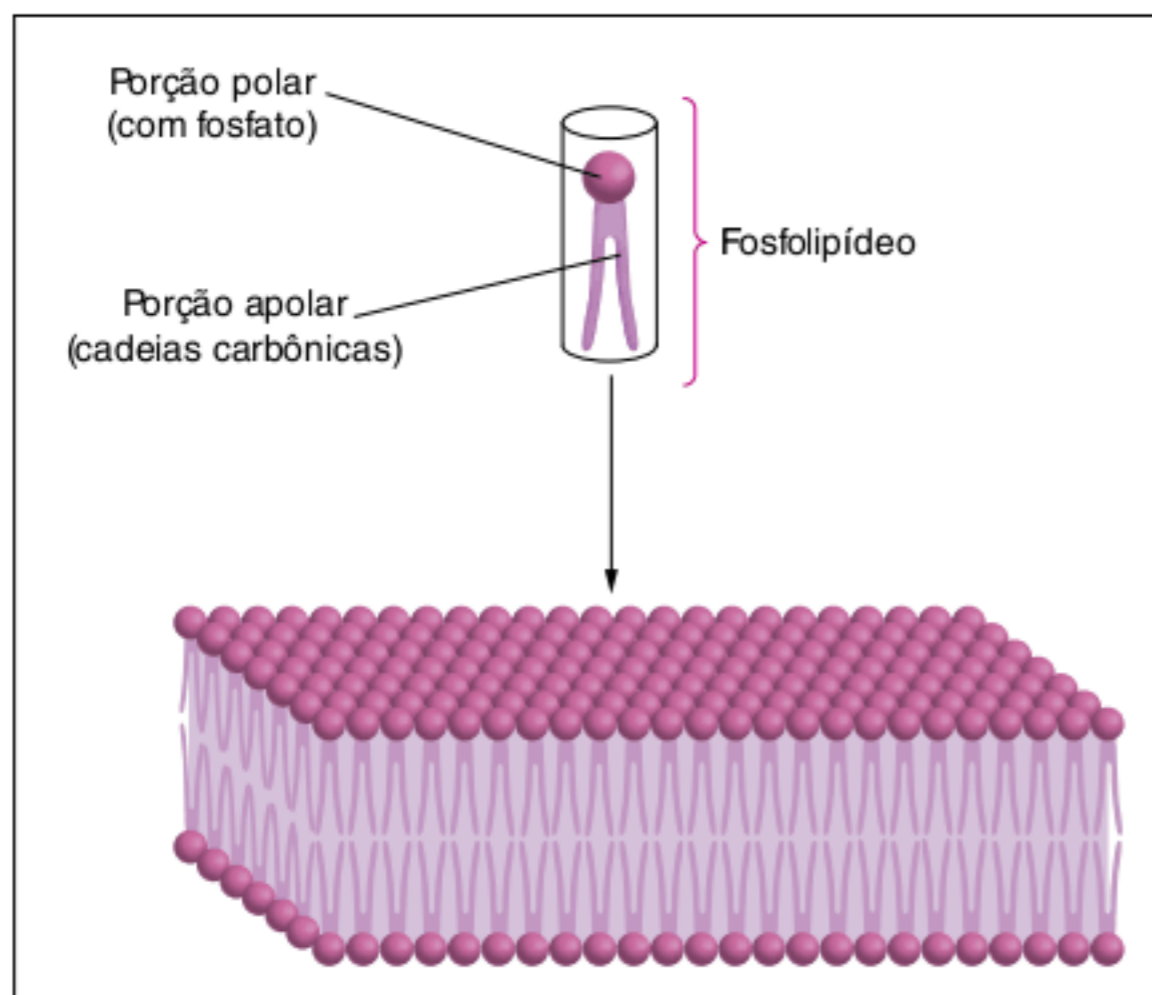


Fig. 6 Organização de uma molécula de fosfolipídeo e sua participação como integrante da membrana plasmática de uma célula.

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).

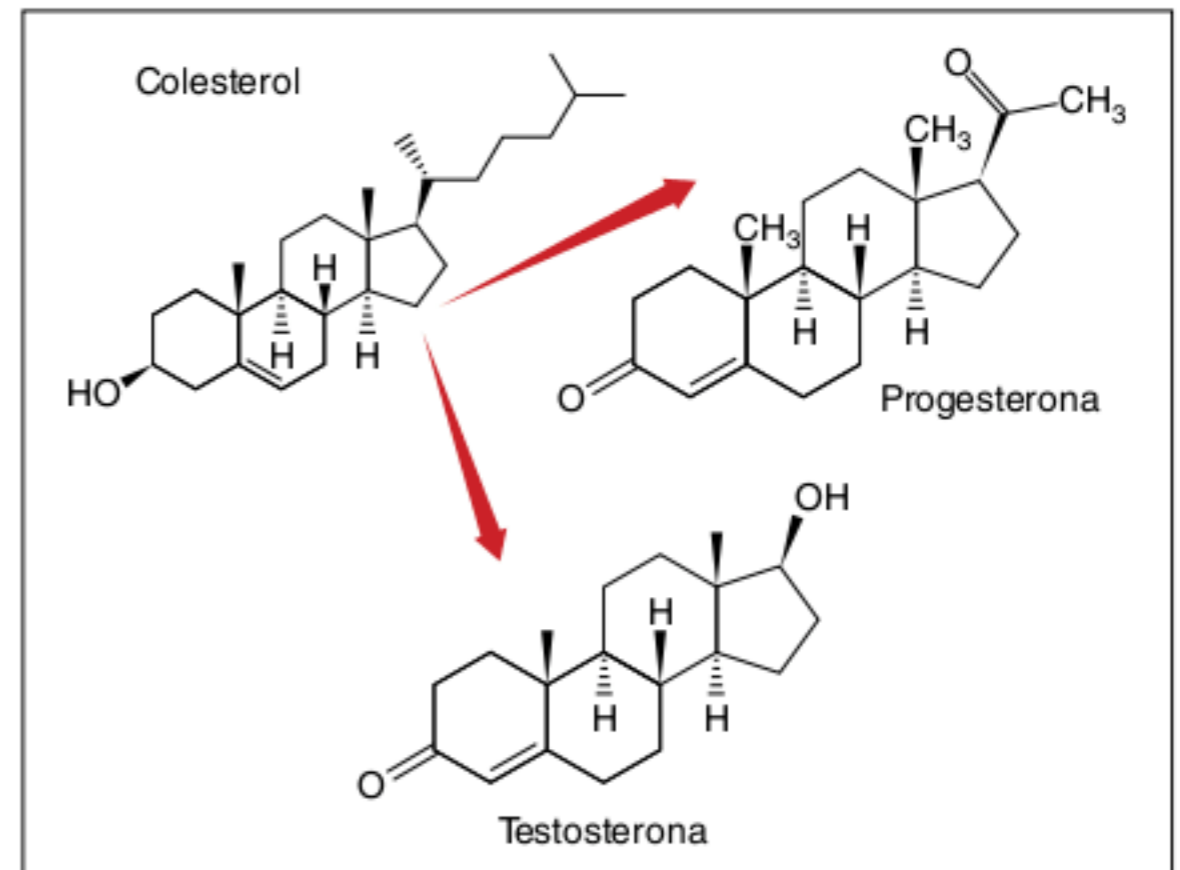


Fig. 7 Estrutura química de alguns esteroides.

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
Glicerídeos (óleos e gorduras)	Glicerol unido a três moléculas de ácidos graxos.	Reserva energética, amortecimento de impacto, isolamento térmico e fluabilidade.
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 Como a água contribui para o controle térmico dos seres vivos?

6 Cite um tipo de estrutura em que sais minerais não estão em solução, encontrando-se imobilizados.

7 Indique os nutrientes minerais relacionados com coagulação do sangue, composição do ATP, molécula de hemoglobina, molécula de clorofila e contração muscular.

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 2002 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.

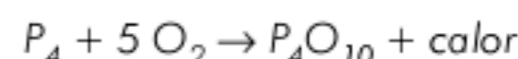
2 UFRGS 2000 (Adapt.) Associe os elementos químicos da primeira coluna com as funções orgânicas da segunda coluna.

- | | | |
|-------------|--------------------------|----------------------------------|
| 1. Magnésio | <input type="checkbox"/> | Formação do tecido ósseo. |
| 2. Potássio | <input type="checkbox"/> | Transporte de oxigênio. |
| 3. Iodo | <input type="checkbox"/> | Assimilação de energia luminosa. |
| 4. Cálcio | <input type="checkbox"/> | Equilíbrio de água no corpo. |
| 5. Sódio | <input type="checkbox"/> | 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

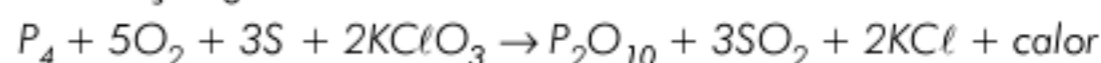
3 Puccamp 2005 O fósforo branco P_4 é tão reativo que deve ser guardado em água para não se inflamar espontaneamente:



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 UFMS 2008 A revista *Pesquisa Fapesp*, edição online de 27/11/2007, publicou matéria intitulada “Etanol de quê? A cana é hoje a melhor opção para produzir álcool, mas o milho, e sobretudo a mandioca, também têm bom potencial”. O álcool é produzido por processo de fermentação do açúcar. Assinale a alternativa que indica o nome dado ao açúcar da cana, classificado como dissacarídeo.

- (a) Lactose.
- (b) Frutose.
- (c) Amido.
- (d) Sacarose.
- (e) Ribose.

5 Ufpel 2000 A Fenadoce é um evento de âmbito nacional, realizado anualmente, no qual se ressalta a tradição doceira de Pelotas. O componente mais importante de doces é o açúcar comum ou sacarose. A sacarose, conhecida também por açúcar-de-cana, está presente em vários vegetais e, em nível industrial, a sua obtenção é feita principalmente a partir da cana-de-açúcar e da beterraba.

Podemos afirmar que a sacarose:

- (a) é um dissacarídeo formado por uma molécula de glicose e uma de frutose.
- (b) é um monossacarídeo formado por uma molécula de glicose e uma de frutose.
- (c) é um heterosídeo formado por uma molécula de glicose e uma de frutose.
- (d) é um monossacarídeo formado por duas moléculas de glicose.
- (e) é um dissacarídeo formado por uma molécula de glicose e uma de lactose.

6 CFTMG 2005 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 2007 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 2003 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 1999 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 CFTCE 2005 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 2007 (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 CFTCE 2006 (Adapt.) São substâncias do grupo dos lipídeos:

- (a) colesterol, cera, glicogênio, glicídeos.
- (b) fosfolipídeos, glicogênio, colesterol, celulose.
- (c) amido, glicogênio, ceras, glicérides.
- (d) fosfolipídeos, glicerídeos, ceras, colesterol.
- (e) glicogênio, colesterol, ceras, glicerídeos.

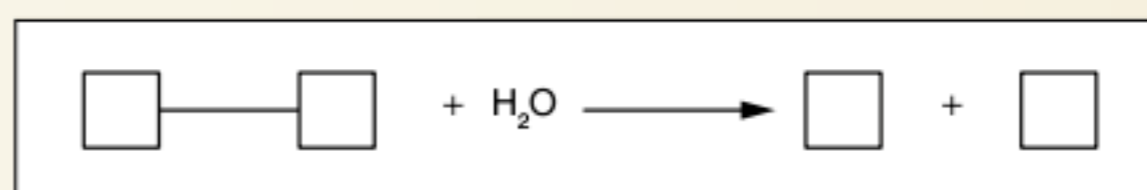
TEXTO COMPLEMENTAR

As principais reações químicas do metabolismo

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

Hidrólise

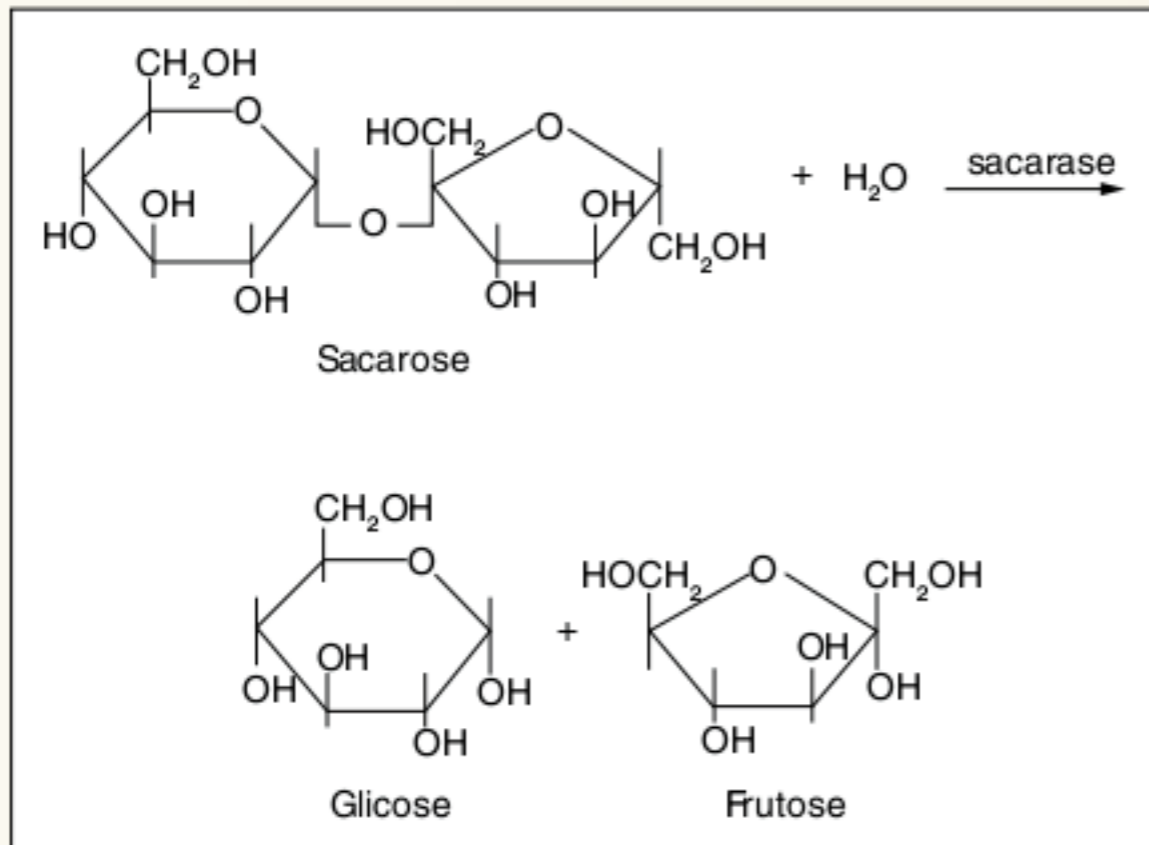
Nesse tipo de reação, uma molécula reage com água, dando origem a duas moléculas menores.



Hidrólise.

A hidrólise é comum nos processos digestivos. Ocorre, por exemplo, na conversão de proteínas em seus aminoácidos

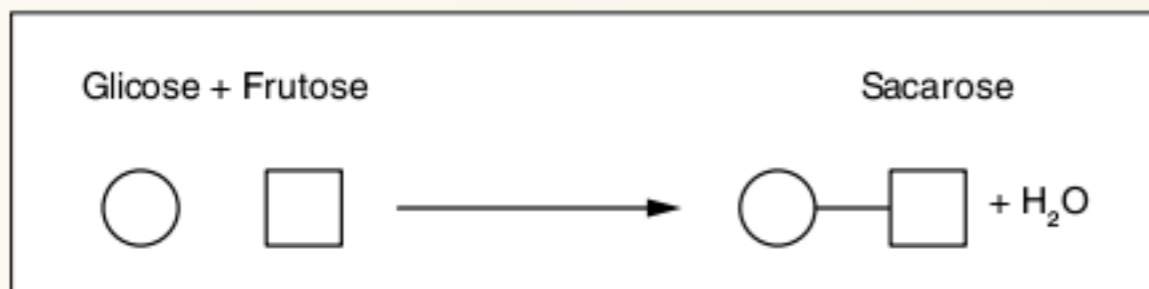
componentes. Na digestão do açúcar de cana (a sacarose), que ocorre no intestino, são produzidas duas moléculas, uma de glicose e uma de frutose.



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.

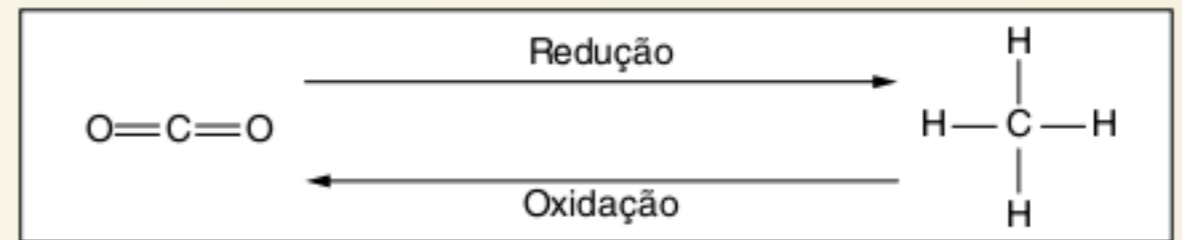


Desidratação.

Oxirredução

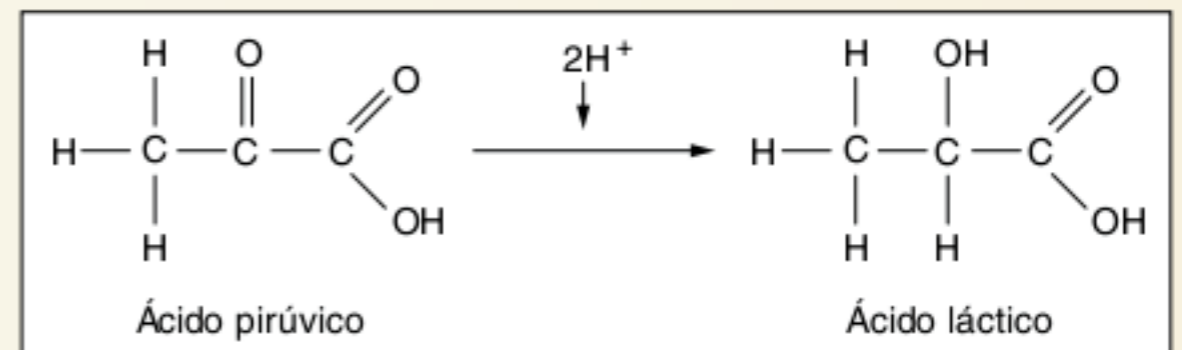
As reações de oxidação e de redução no metabolismo celular, muitas vezes, envolvem átomos de hidrogênio. Seu ganho

corresponde a um processo de redução, e sua perda, a um processo de oxidação.



Oxirredução.

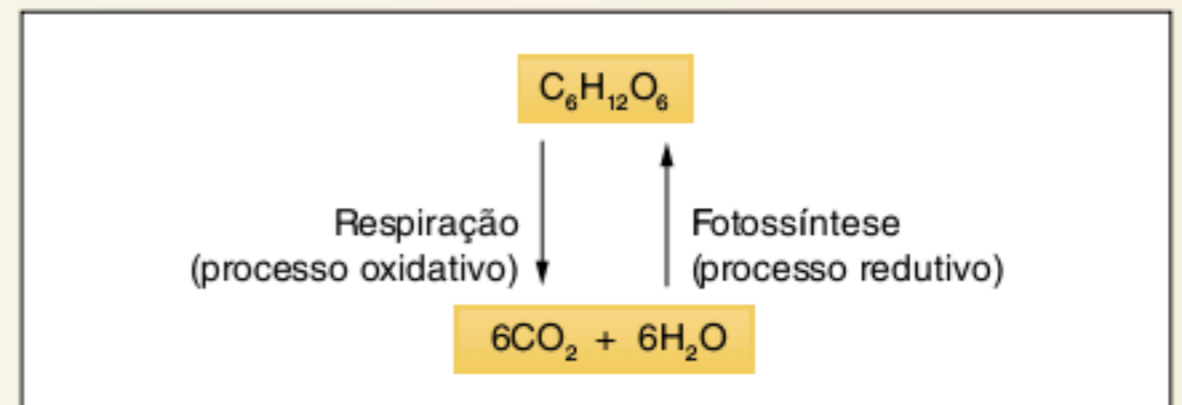
No final da fermentação láctica, ocorre a reação que converte ácido pirúvico em ácido láctico.



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

- Informações sobre a água e as moléculas orgânicas:
<www.emc.maricopa.edu/faculty/farabee/BIOBK/BioBookCHEM2.html>.

Exercícios complementares

1 PUC-PR 1999 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 UFU 2006 Na composição celular são encontrados vários elementos, entre os quais, os sais minerais. Por serem fundamentais ao adequado funcionamento de diversas células e órgãos, esses sais aparecem em diferentes regiões do corpo humano e em diversos alimentos. Faça a correlação entre os sais minerais apresentados na coluna A com as informações descritas na coluna B.

Coluna A	Coluna B
1 – Ferro	a – Sua maior reserva está nos ossos; é importante na contração muscular e na cascata de coagulação sanguínea; é encontrado em folhas verdes e casca do ovo.
2 – Potássio	b – É um dos componentes da hemoglobina; é encontrado no fígado e carnes.
3 – Iodo	c – Faz parte do esqueleto de vários animais, do processo de transferência de energia no interior da célula e da molécula de ácidos nucleicos; é encontrado em carnes, feijão, ervilha e peixes.
4 – Cálcio	d – Atua na transmissão de impulsos nervosos; é encontrado em frutas, verduras e cereais.
5 – Fósforo	e – É um importante componente de um hormônio, cuja carência pode levar à obesidade; é encontrado em frutos do mar e peixes.

Assinale a alternativa que apresenta a correlação correta.

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

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 2007 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 1998 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 UFV 1999 (Adapt.) Com relação às substâncias químicas dos seres vivos, resolva os itens a seguir.

- a) Qual é a forma de armazenamento dos carboidratos nos tecidos animais e vegetais, respectivamente?
- b) Em qual tipo de lipídeo são classificados os óleos e gorduras?

7 CFTMG 2005 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 UEL 2005 Pesquisadores franceses identificaram um gene chamado de RN, que, quando mutado, altera o metabolismo energético do músculo de suínos, provocando um acúmulo de glicogênio muscular, o que prejudica a qualidade da carne e a produção de presunto.

Pesquisa Fapesp, n. 54, p. 37, 2000.

Com base nos conhecimentos sobre o glicogênio e o seu acúmulo como reserva nos vertebrados, é correto afirmar:

- (a) é um tipo de glicolipídeo de reserva muscular acumulado pela ação da adrenalina.
- (b) é um tipo de glicoproteína de reserva muscular acumulado pela ação do glucagon.
- (c) é um polímero de glicose estocado no fígado e nos músculos pela ação da insulina.
- (d) é um polímero de frutose, presente apenas em músculos de suínos.
- (e) é um polímero proteico estocado no fígado e nos músculos pela ação do glucagon.

9 PUC-PR 2007 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.

Analisar os itens a seguir.

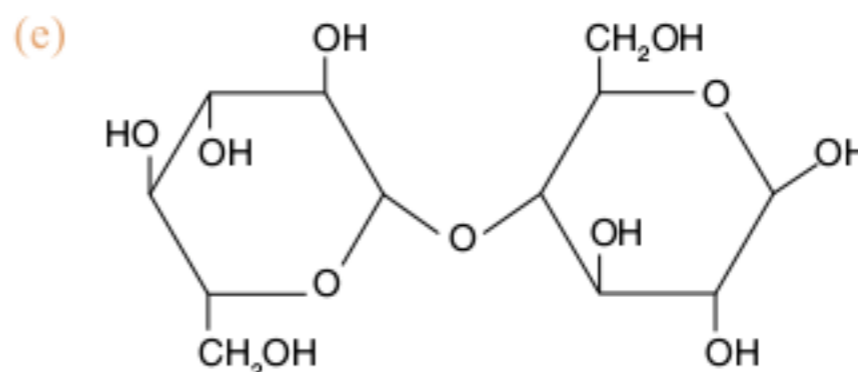
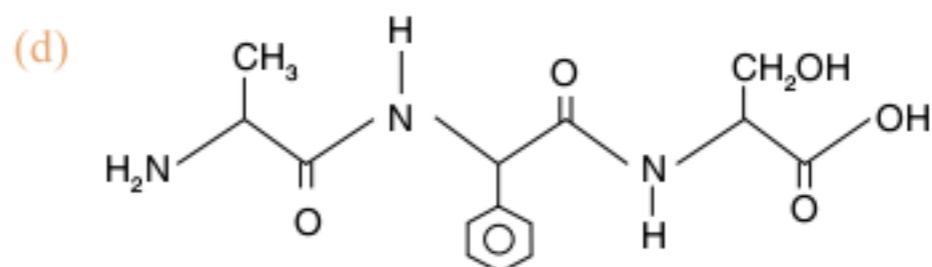
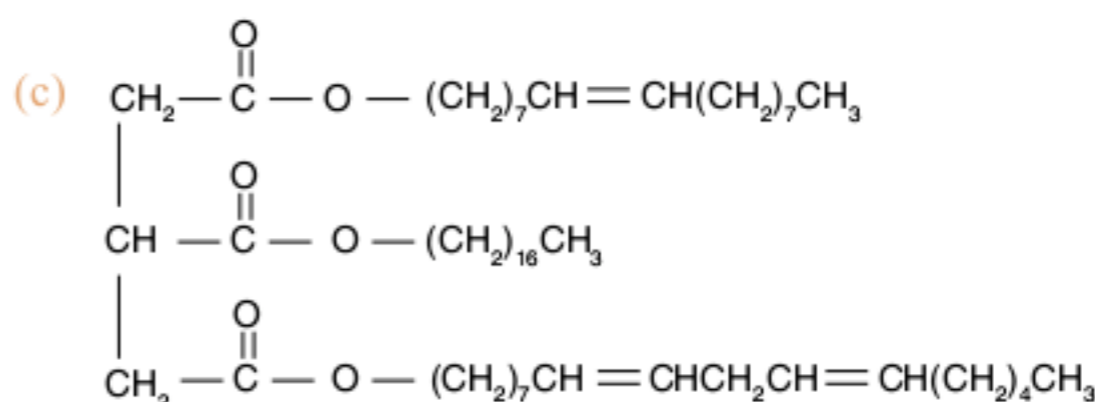
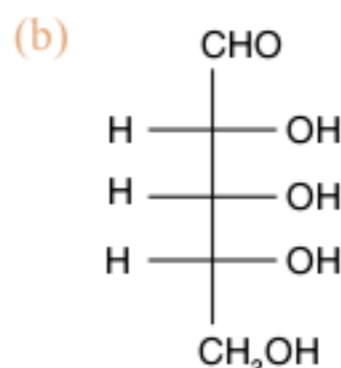
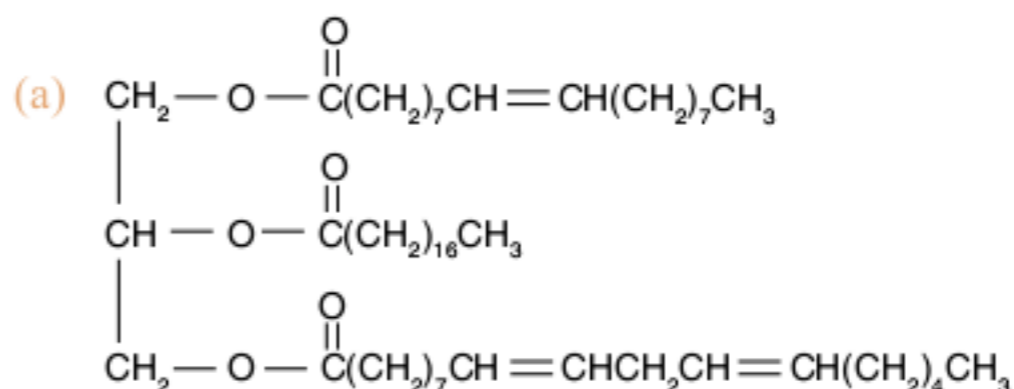
- I. O colesterol é importante para a integridade da membrana celular.
- II. O colesterol participa da síntese dos hormônios esteroides.
- III. O colesterol participa da síntese dos sais biliares.

Está (ão) corretas:

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

10 UFSM 2007 A medida da quantidade de triglicerídeos na corrente sanguínea de um indivíduo constitui-se importante parâmetro para avaliação clínica de suas condições nutricionais.

Na natureza, a produção dos triglicerídeos é farta, ocorrendo em animais e vegetais. Assinale a alternativa que contém a representação de um triglicerídeo.



11 UEL 1997 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



1

FRENTE 2

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. 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 4.000 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).

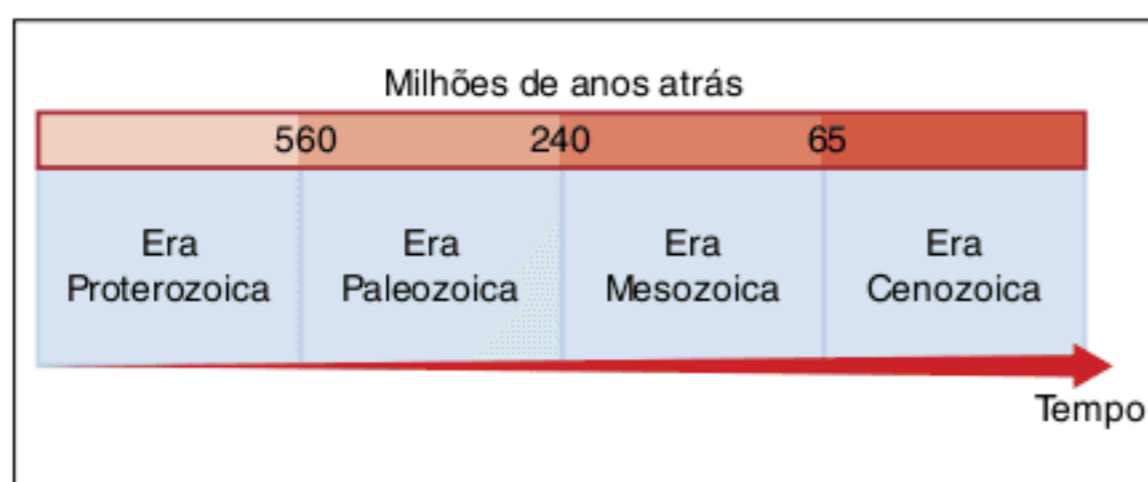


Fig. 1 Delimitação das eras geológicas em milhões de anos.

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 começaram a aumentar as descobertas de restos de seres vivos bizarros, não encontrados na fauna e na flora atual; eram os **fósseis**, inicialmente investigados na Europa e mais abundantes nas proximidades de rios e corredeiras.

Pescadores e exploradores começaram 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.

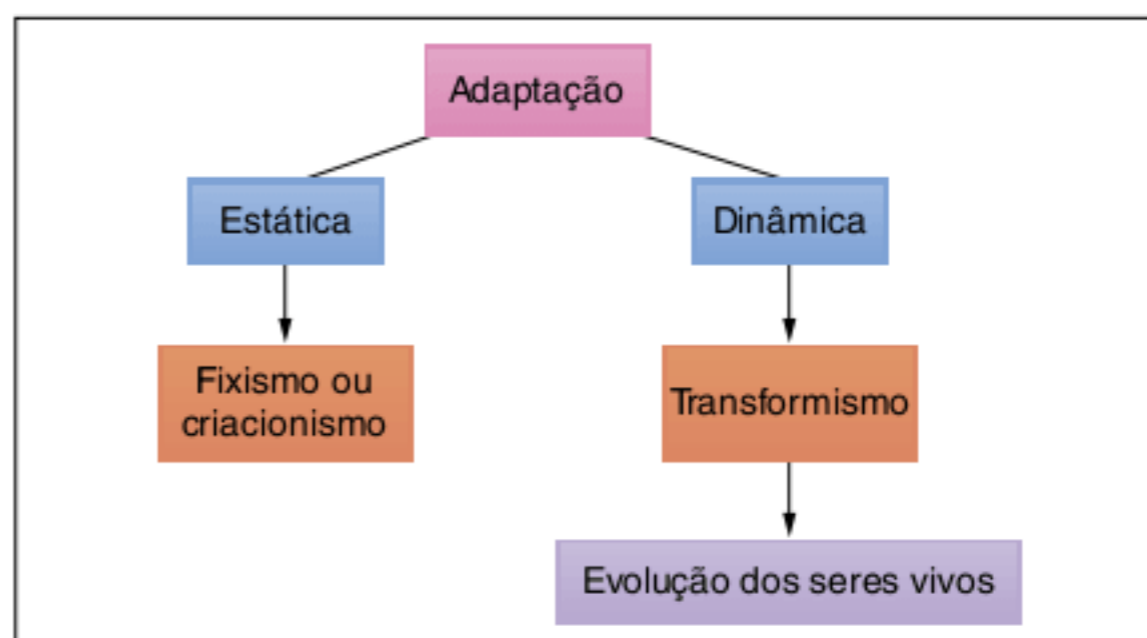


Fig. 4 O criacionismo considera que a adaptação dos seres vivos é estática; para o transformismo adaptação é um processo dinâmico.

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. Normalmente 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 geralmente 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 podem ser 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, pode ser recoberto por sedimentos, os quais podem ser convertidos em uma estrutura rochosa, capaz de preservar os restos desse organismo. Muitos fósseis foram gerados 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).

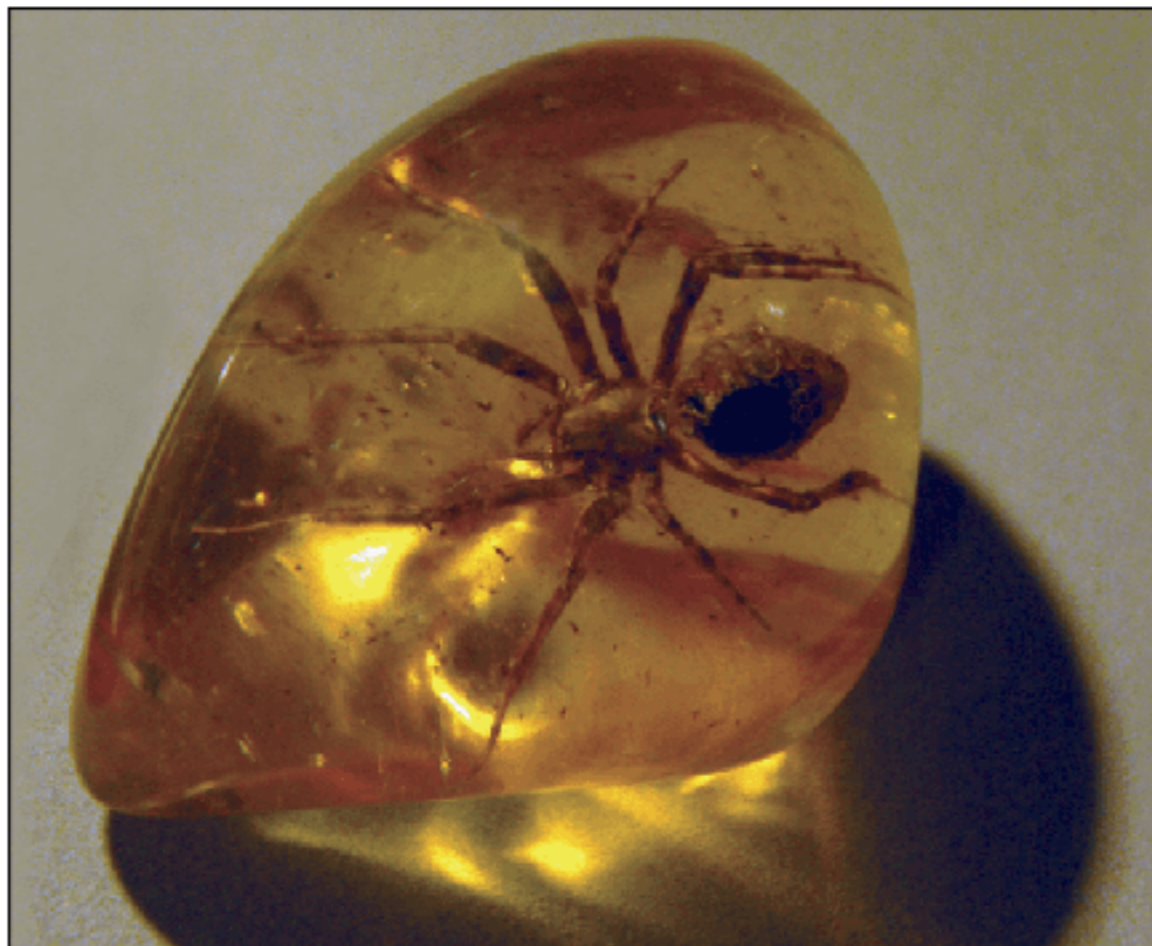


Fig. 6 Uma aranha aprisionada em âmbar fica totalmente preservada; a resina mata os microrganismos decompositores e isola o animal fossilizado de agentes externos.

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).

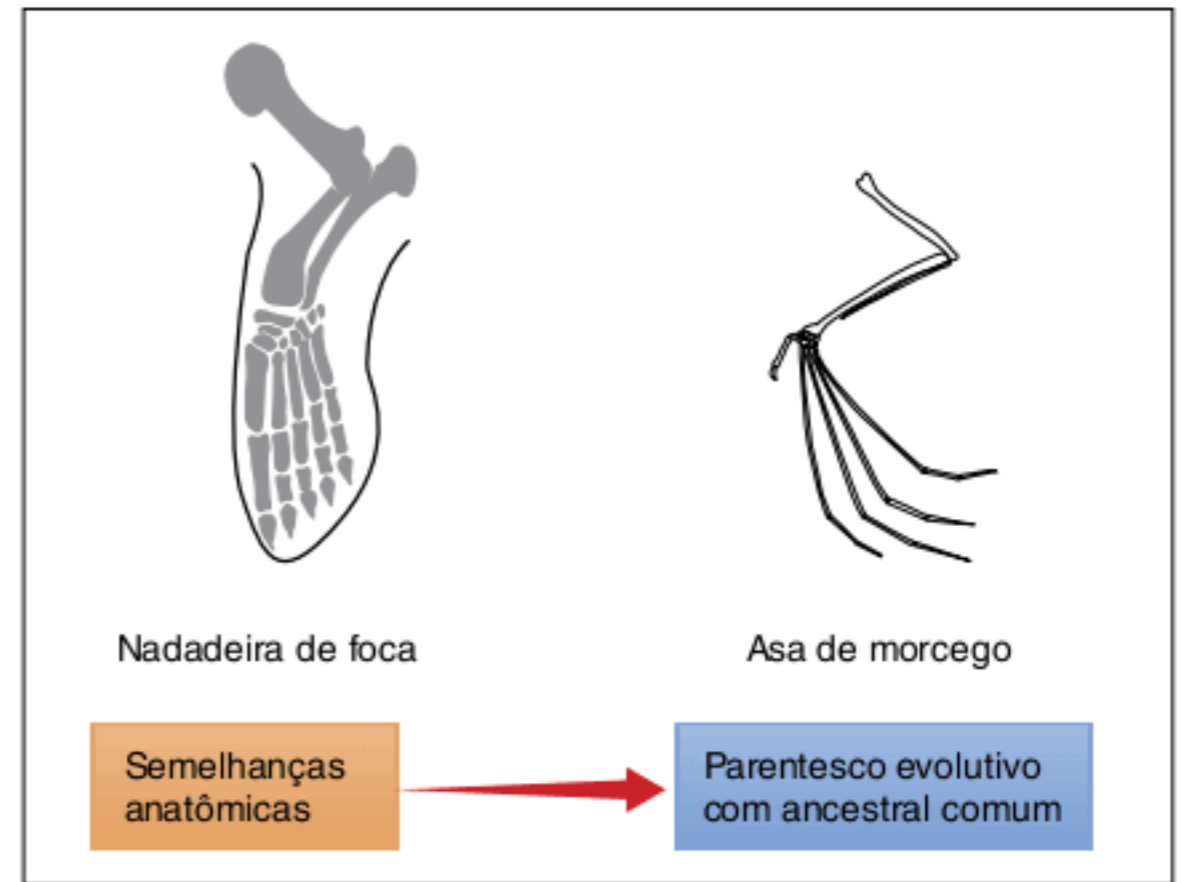


Fig. 7 A nadadeira da foca e a asa do morcego têm semelhanças anatômicas; isso é indicativo de parentesco evolutivo entre eles.

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).

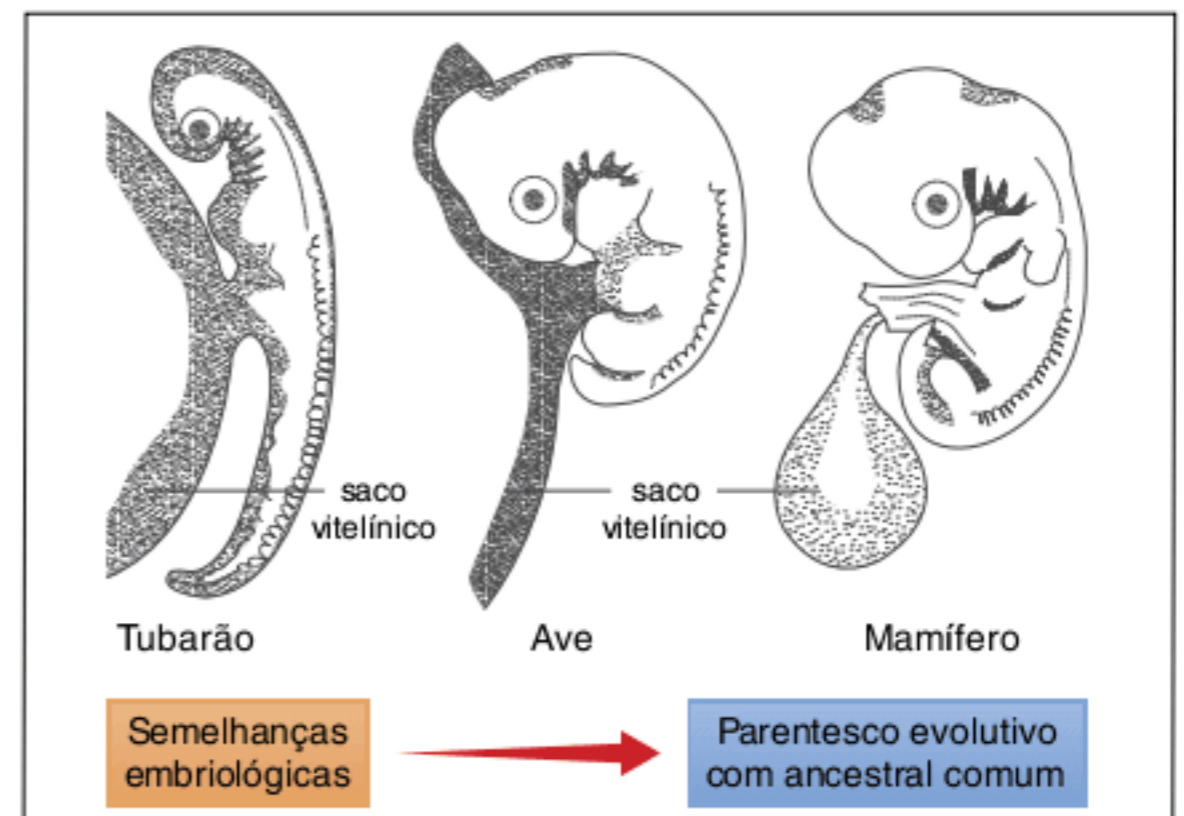


Fig. 8 A semelhança entre embriões de diferentes grupos de animais é indicativa de parentesco evolutivo.

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.

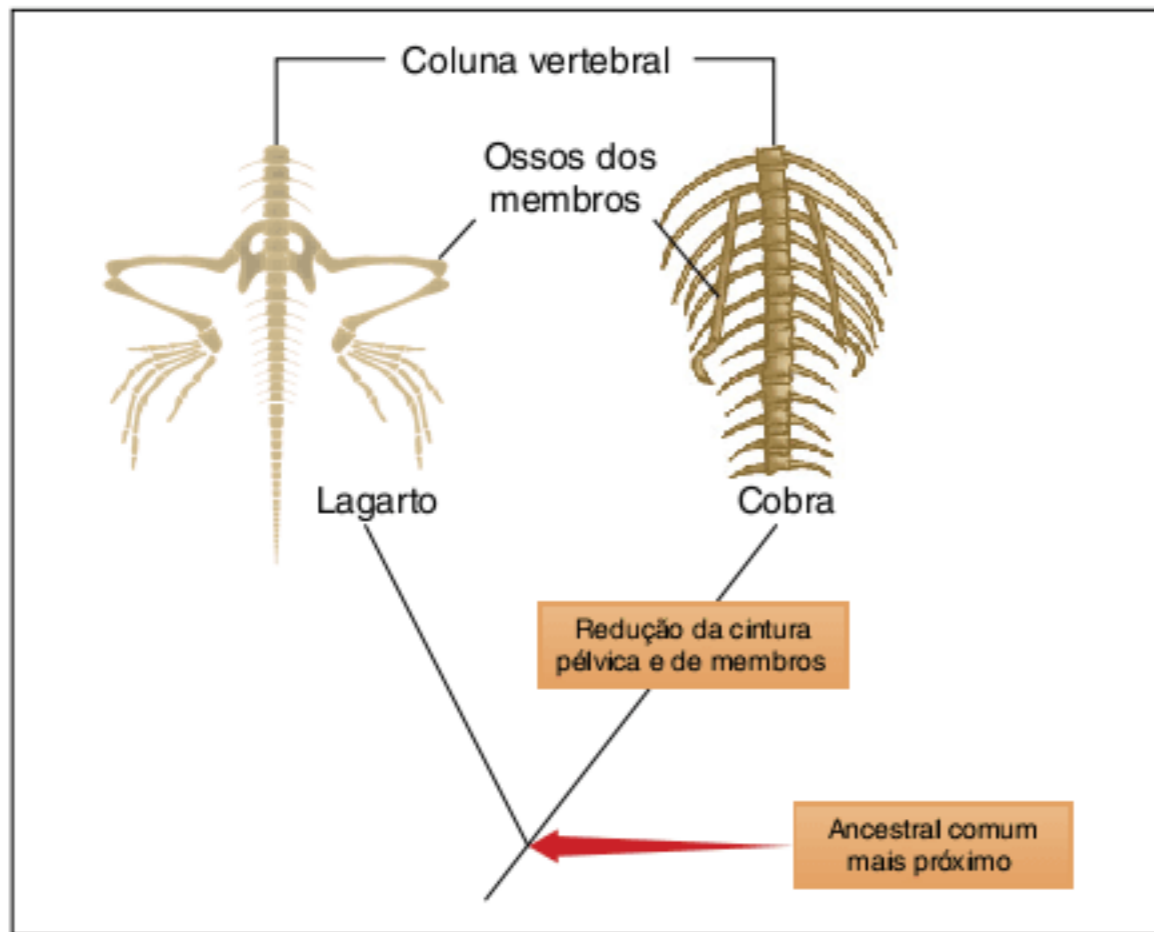


Fig. 9 Estruturas vestigiais em uma espécie são mais desenvolvidas em outra espécie. Isso constitui uma modalidade de semelhança anatômica, que é indicativa de parentesco evolutivo.

O apêndice cecal no ser humano é bastante reduzido, sendo também considerada 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).

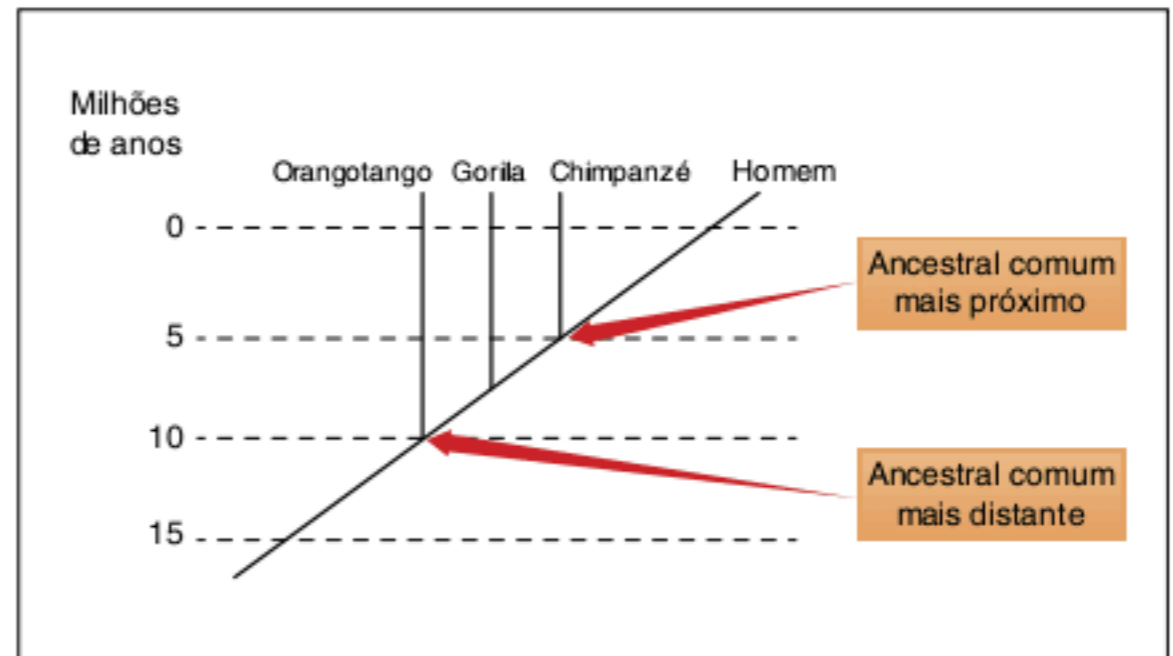


Fig. 10 Espécies que apresentam ancestral comum mais próximo têm mais semelhança de DNA.

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.

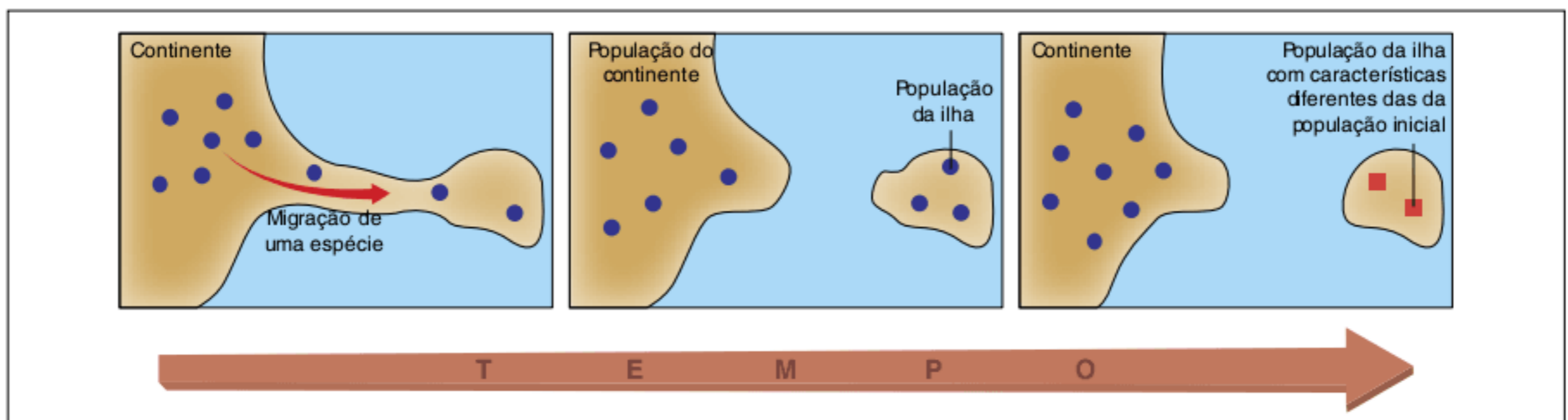


Fig. 11 Um ancestral que migra para outros ambientes pode gerar populações com características diferentes das iniciais. Isso evidencia um processo evolutivo.

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**”.

Segundo Lamarck, as diversas partes do animal geram pangenes: partículas que se dirigem para as gônadas levando informações das mudanças ocorridas no organismo. Assim, mudanças ocorridas durante a vida de um animal poderiam ser transmitidas aos seus descendentes; isso constitui a base da “**Lei da herança dos caracteres adquiridos**”. Mudanças ocorridas ao longo de várias gerações poderiam ocasionar expressivas alterações em uma espécie, caracterizando um processo evolutivo (Fig. 12).

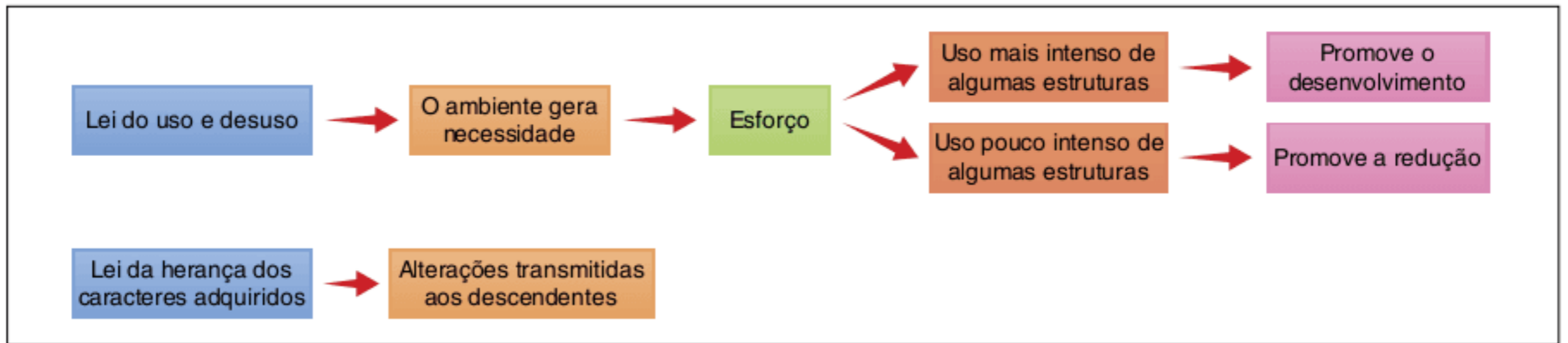


Fig. 12 Aspectos principais da visão de Lamarck.

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, por que:

- Nem todas as estruturas se devolvem 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 e 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 através 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).

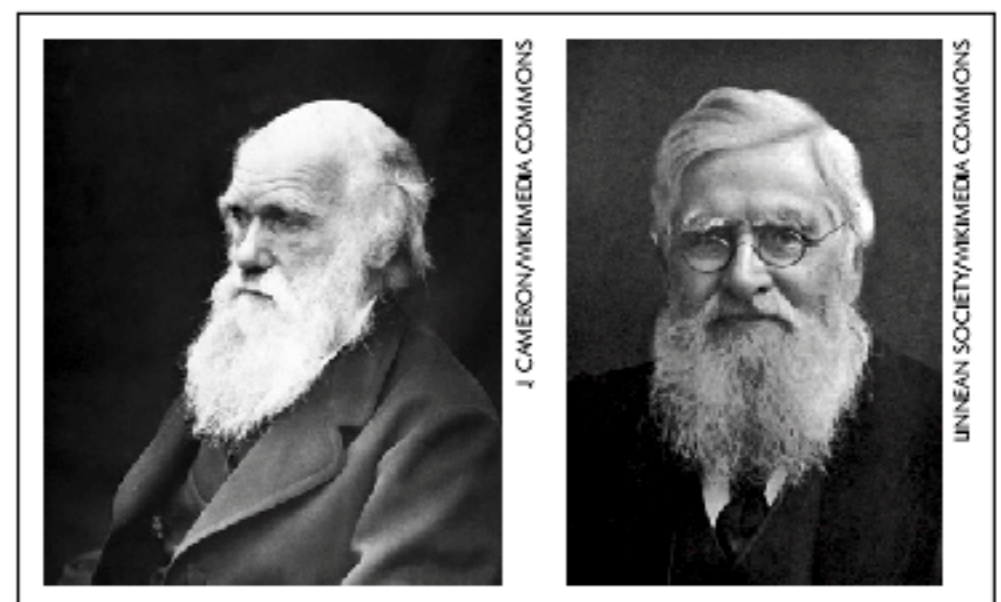


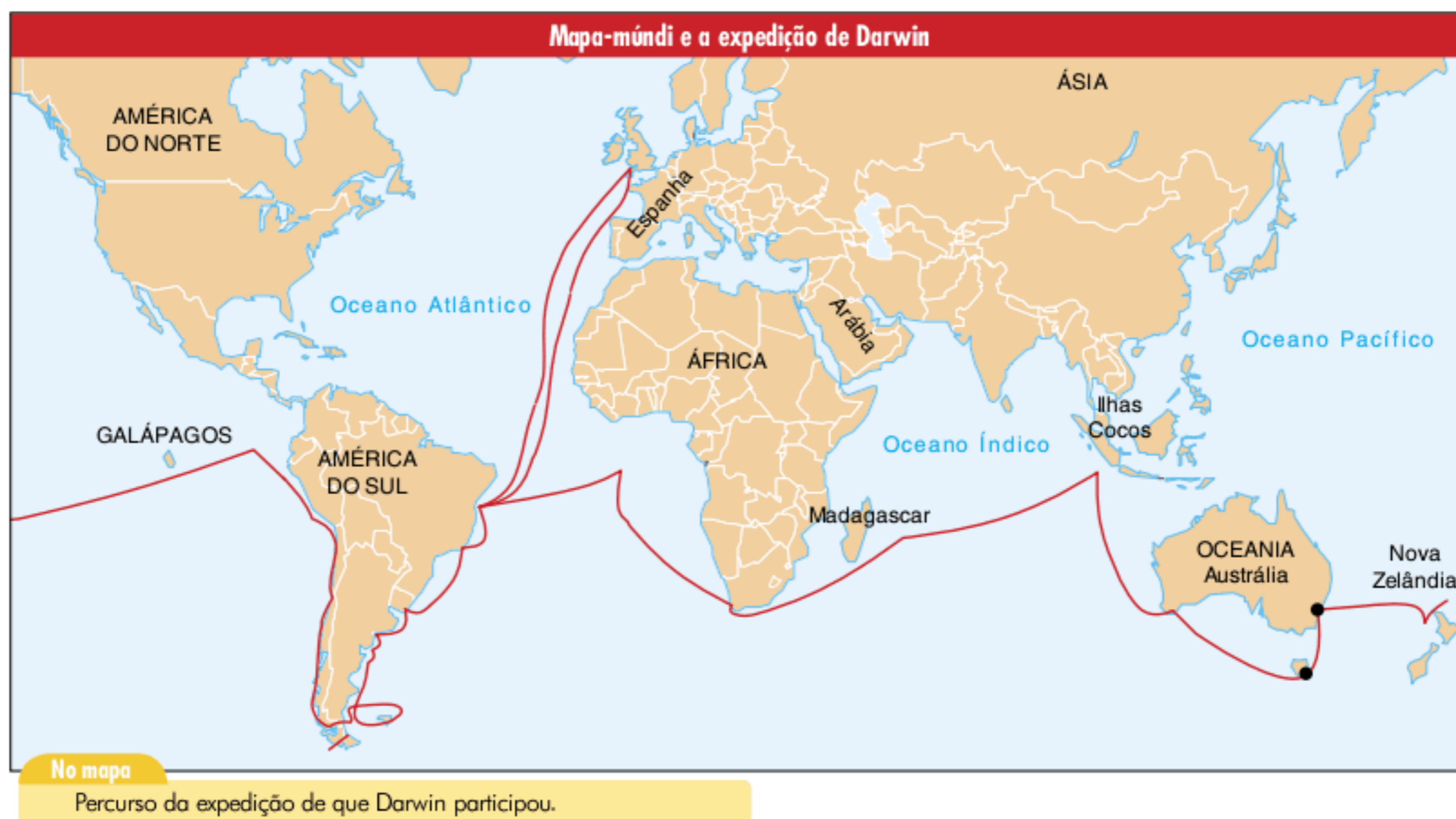
Fig. 14 Darwin (à esquerda) e Wallace (à direita) chegaram, independentemente, a ideias muito semelhantes sobre o processo de evolução dos seres vivos.

Um pouco de história

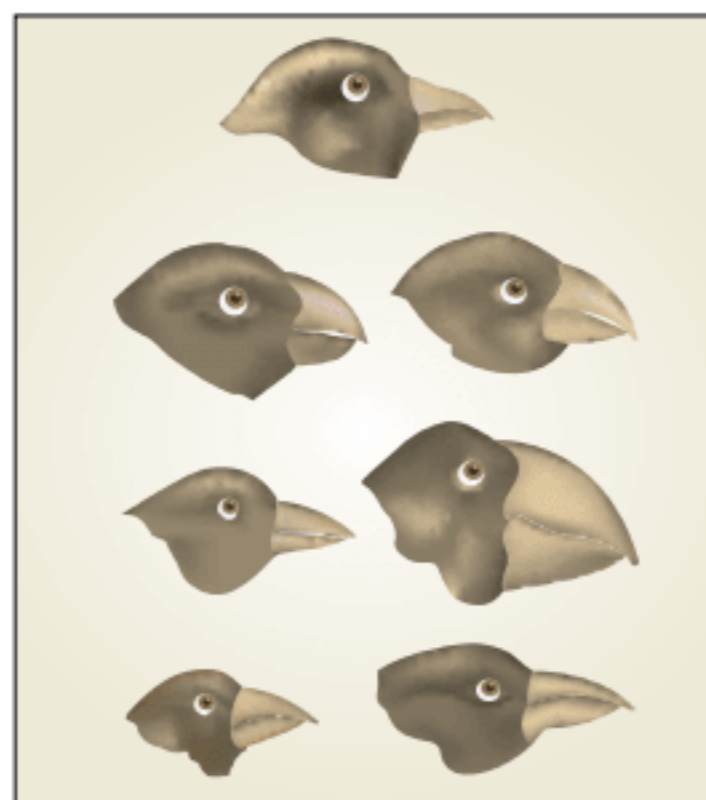
As descobertas de Darwin sobre evolução remontam a um dos pontos fundamentais de sua vida: a viagem que realizou quando tinha 22 anos de idade, a bordo do navio HMS Beagle, em uma expedição de cinco anos. Essa viagem foi sugerida por Henslow, seu antigo professor do seminário, onde teve a formação de 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, resultante de causas naturais, como chuva, vento, atividade vulcânica, terremotos, entre outros.

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 jaboti gigante. Os jabotis diferem de uma ilha para outra pelo formato do casco, o bico, o pescoço e outras características. Uma explicação plausível para esses tipos diferentes era que os animais apresentavam semelhanças (todos podiam facilmente ser caracterizados como jabotis); 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 jabotis através de evolução.



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).



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 homem 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).



O “fazendeiro” da natureza

O problema para Darwin passou a ser o de identificar o mecanismo de modificações que ocorrem na natureza, sem a interferência proposital do ser humano. A questão central era: quem, na natureza, desempenha um papel similar ao do homem quando lida com espécies domésticas? 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).

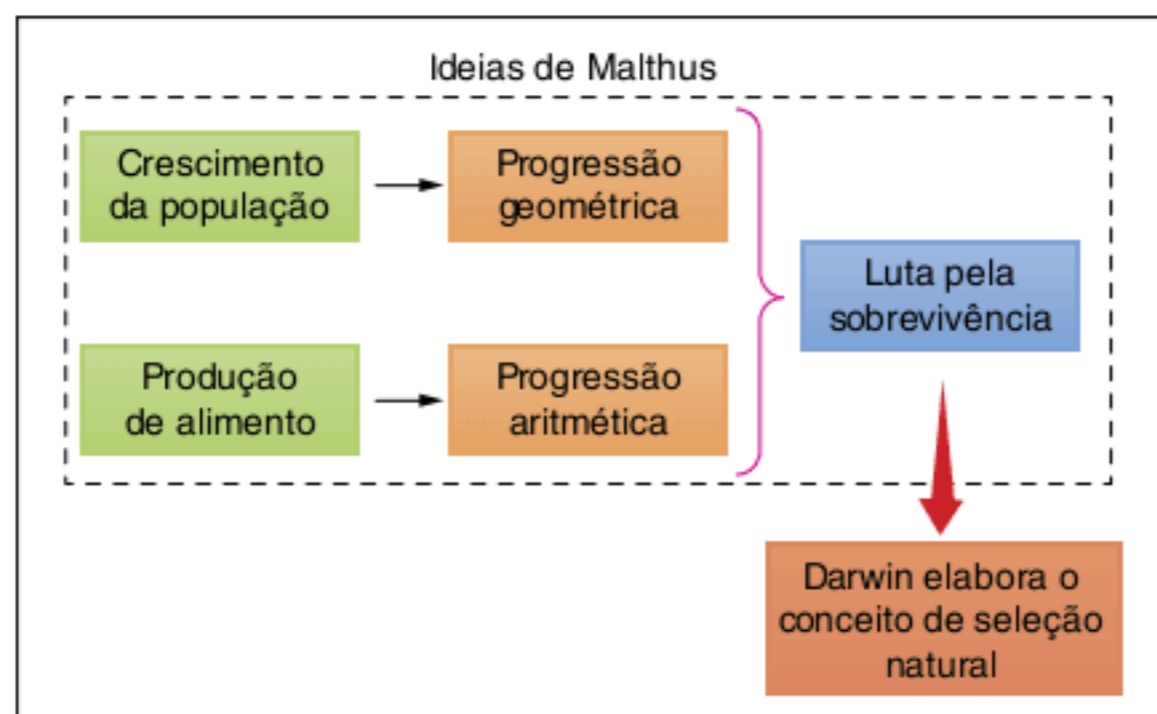


Fig. 17 Influência das ideias de Malthus sobre Darwin, que elaborou o conceito de seleção natural.

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).



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 gramináceas, 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).

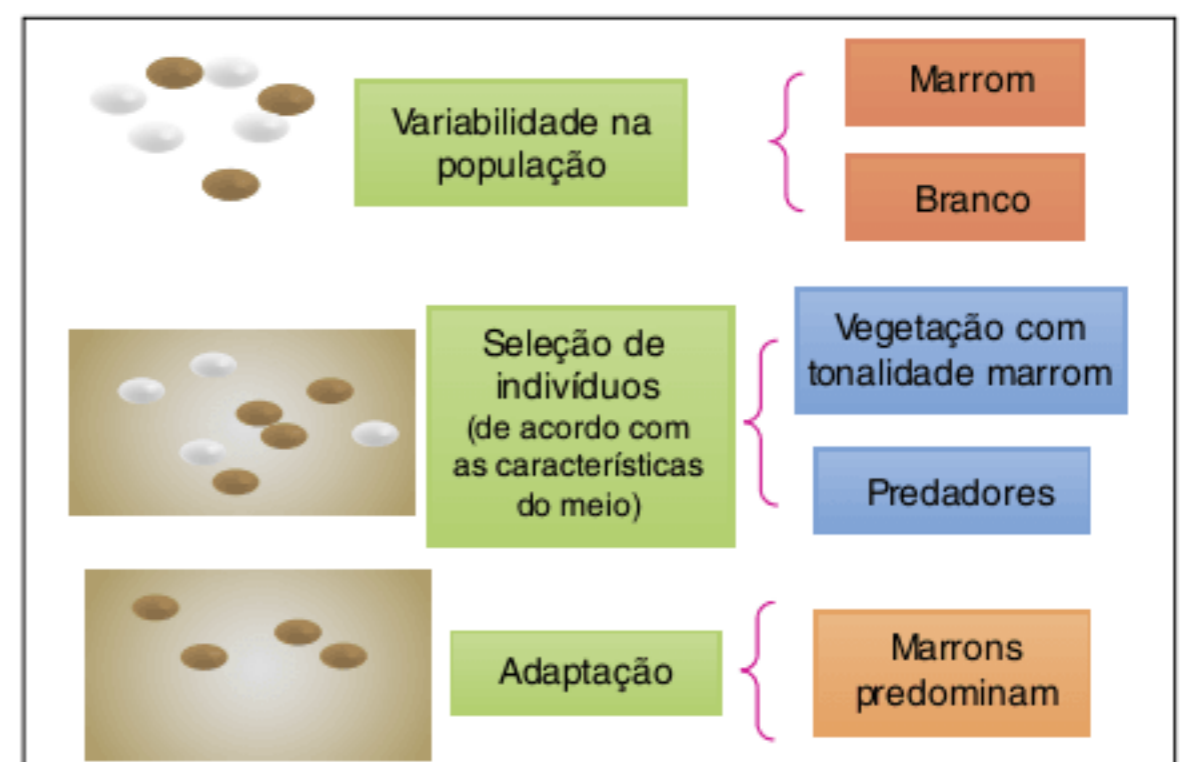


Fig. 19 Esquema do darwinismo. A variabilidade é submetida à seleção natural, passando a predominar os mais adaptados.

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.

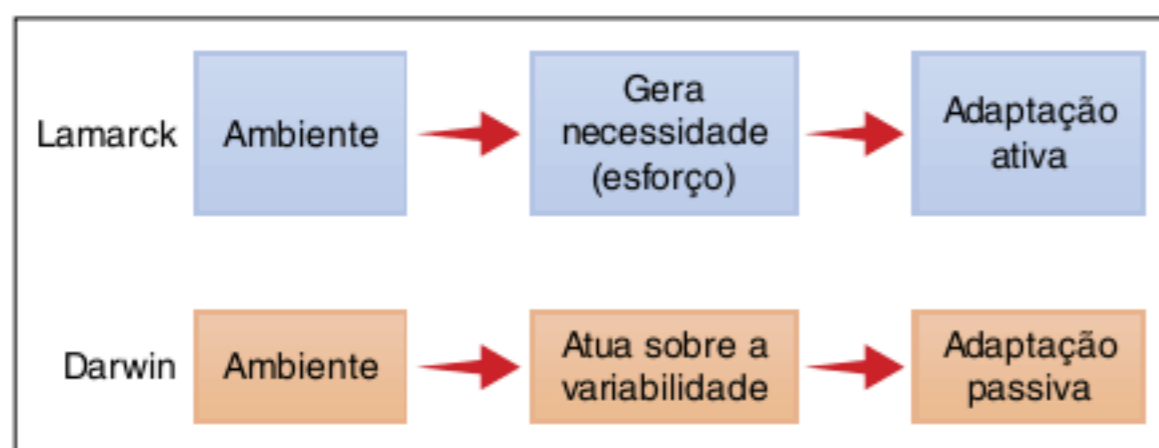


Fig. 20 O papel do ambiente na visão de Lamarck e de Darwin.

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.

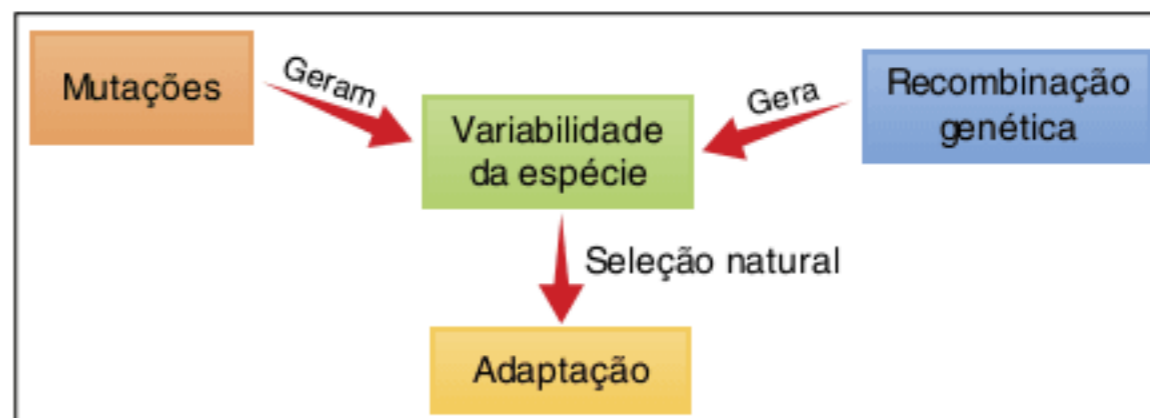


Fig. 21 Neodarwinismo, ou Teoria sintética da evolução, e os processos de ampliação da variabilidade dos seres vivos.

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 domínio 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).

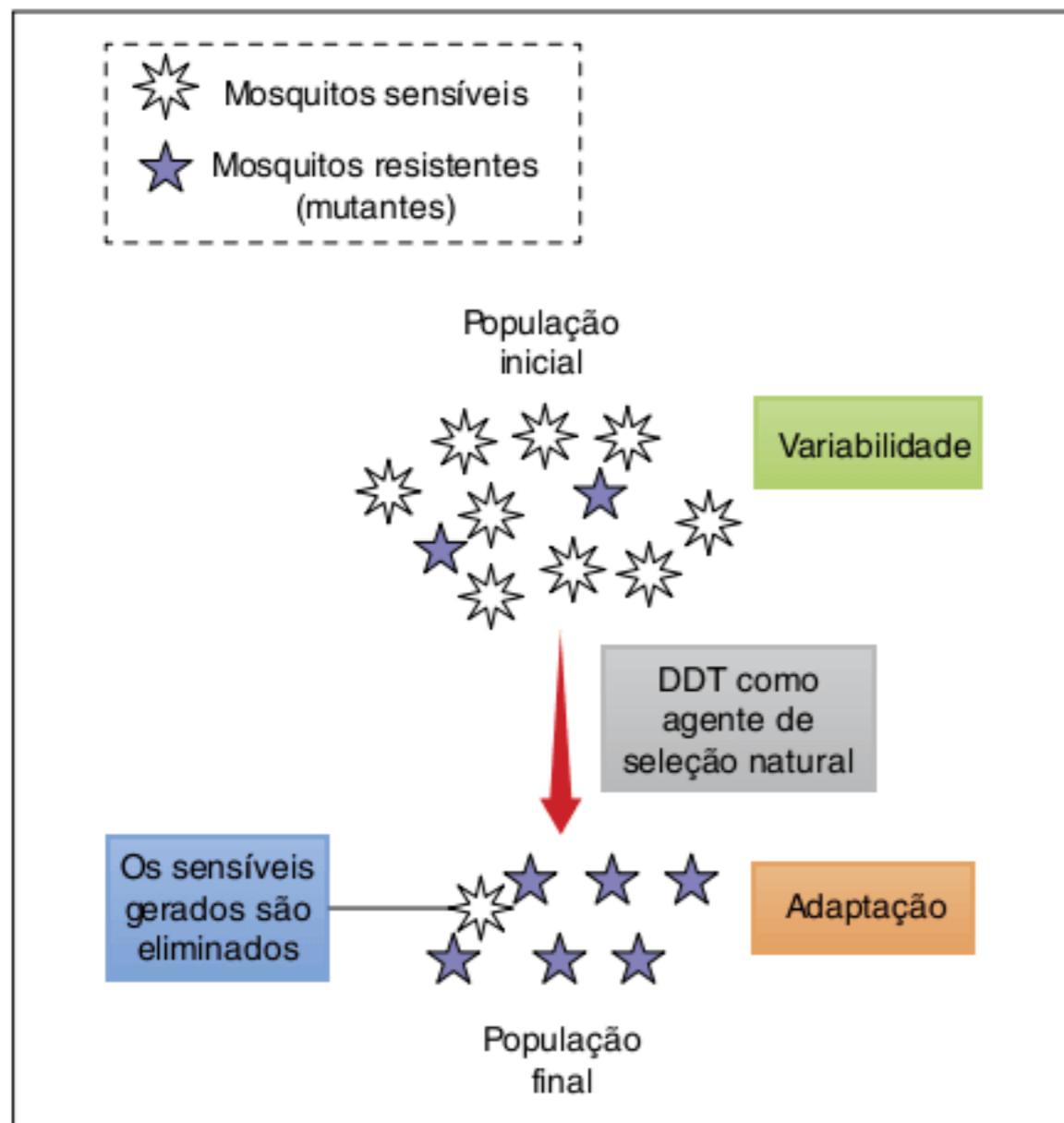


Fig. 22 A adaptação de insetos a um inseticida é explicada pelo neodarwinismo.

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 e elas passaram a predominar na população. Dessa forma, o antibiótico perdeu sua eficácia (Fig. 23).

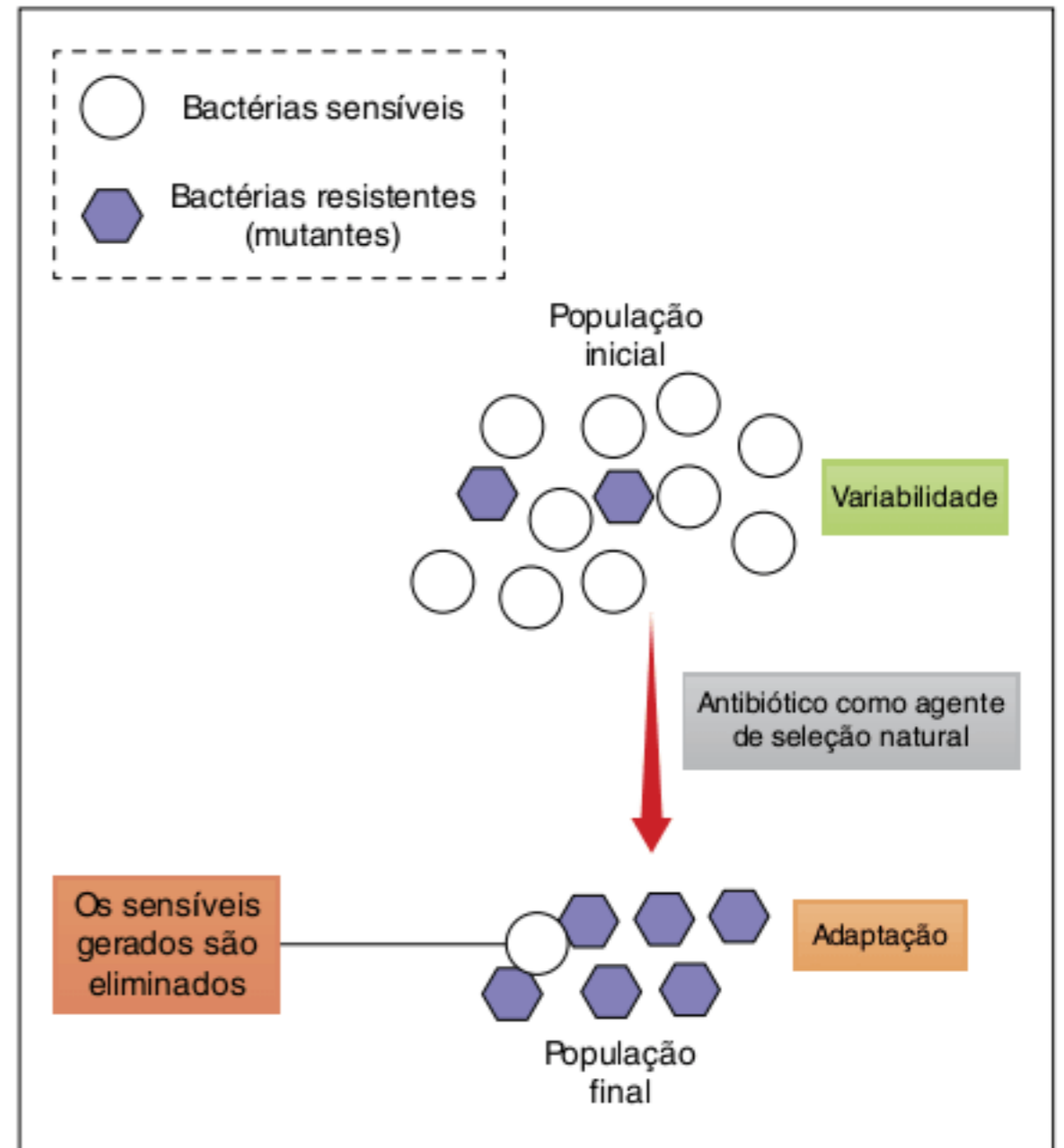


Fig. 23 A adaptação de bactérias a um antibiótico é explicada pelo neodarwinismo.

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 desse 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.

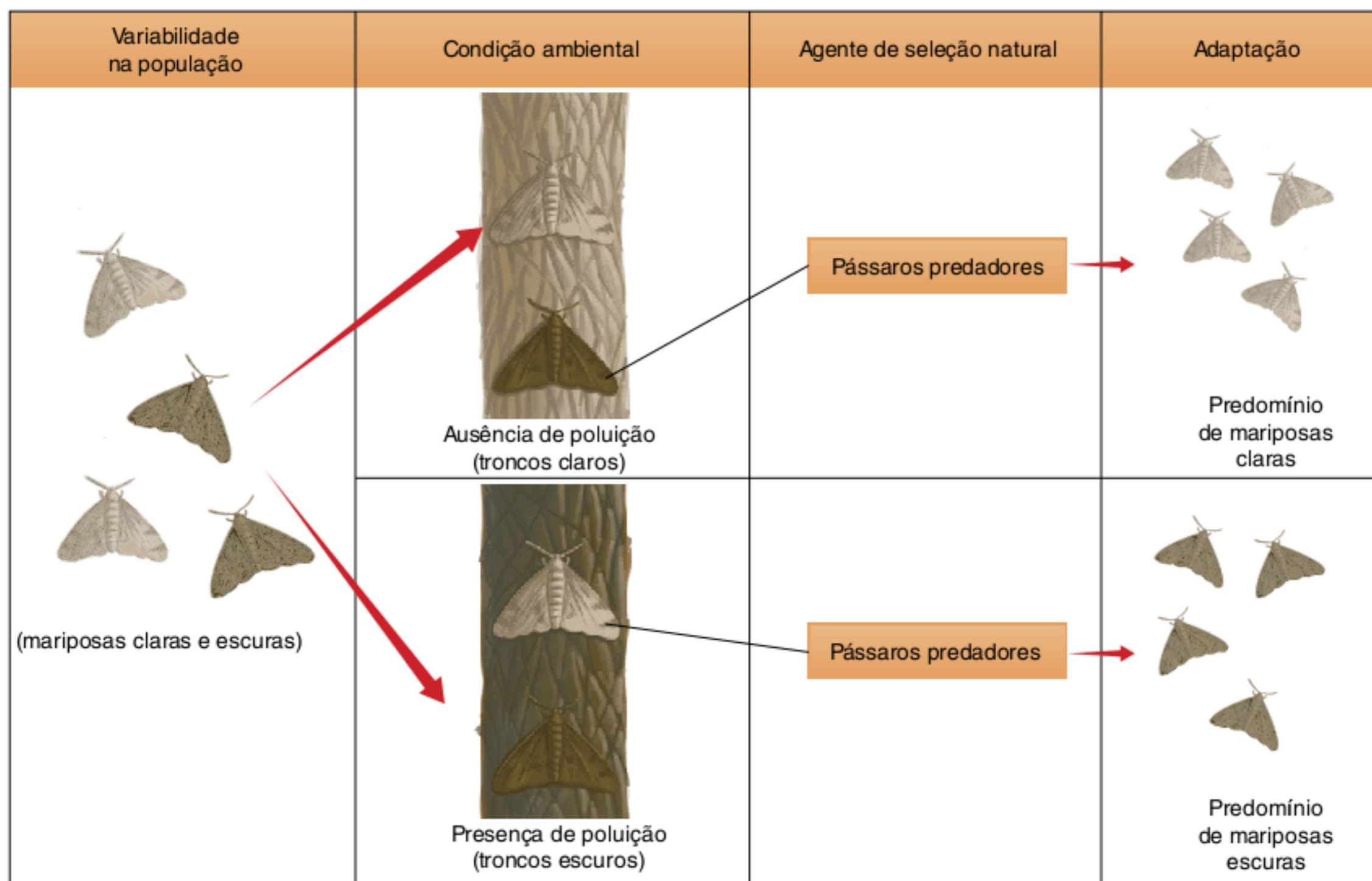


Fig. 24 O predomínio de mariposas escuras em troncos escuros é uma adaptação ao ambiente.

Revisando

- Relacione evolucionismo ou fixismo aos seguintes aspectos.
 - Seres vivos sem modificações ao longo do tempo: _____
 - Seres vivos com modificações ao longo do tempo: _____
- Relacione evolucionismo ou fixismo aos seguintes tipos de adaptação.
 - Dinâmica: _____
 - Estática: _____
- Defina fósseis.

- Cite três tipos de evidências de evolução baseados em semelhanças entre seres vivos.

- 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. Qual é a palavra que preenche 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 (c) 8 (e) 10
 (b) 7 (d) 9

2 UFSC 2005 O quadro, a seguir, mostra a comparação do número de aminoácidos diferentes, nas cadeias polipeptídicas da hemoglobina de vários mamíferos. A análise bioquímica de polipéptidos 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 x chimpanzé	0
homem x gorila	2
homem x macaco <i>Rhesus</i>	12
macaco <i>Rhesus</i> x gorila	14
homem x cavalo	43
cavalo x 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 FMTM Alguns cactos que viviam na caatinga conseguiram atingir a região dominada pela mata pluvial. Os espinhos que serviam para evitar a perda de água por diminuição da área foliar já não eram tão importantes, pois havia abundância hídrica. Por outro lado, em seu lugar, começaram a se desenvolver folhas, já que, em uma mata, é necessária maior superfície de captação de luz. Os cactos originados desses ancestrais passaram a ter folhas em lugar de espinhos. Em tempo evolutivo, esse processo levou à progressiva substituição de espinhos por folhas nas cactáceas da mata.

Essa explicação enquadra-se dentro do âmbito da teoria:

- (a) neodarwinista. (d) evolutiva de Wallace.
 (b) darwinista clássica. (e) populacional de Malthus.
 (c) lamarckista.

4 Puccamp 2006 A seleção natural é o processo evolutivo que atua nas populações promovendo sua:

- (a) segregação. (d) preservação.
 (b) reprodução. (e) adaptação.
 (c) mutação.

5 UFRN 2010 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 2009 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 2010 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 2008 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 FMTM Os processos evolutivos não são coordenados meramente pelas necessidades que surgem ao longo da história de uma espécie. Ao invés disso, tais processos resultam da possibilidade de uma seleção das inúmeras mutações e recombinações acumuladas durante a existência dessa espécie.

O trecho acima está de acordo com as ideias:

- (a) da teoria sintética da evolução.
 (b) criacionistas.
 (c) lamarckistas.
 (d) darwinistas.
 (e) ficcionistas.

10 Fuvest 2010 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. (c) I e II, apenas. (e) III, apenas.
 (b) I e III, apenas. (d) I, apenas.

11 Fuvest 2008 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. (c) II e III. (e) III e IV.
 (b) I e IV. (d) II e IV.

12 Puccamp 2009 A figura abaixo é um *cartoon* sobre a origem das serpentes.

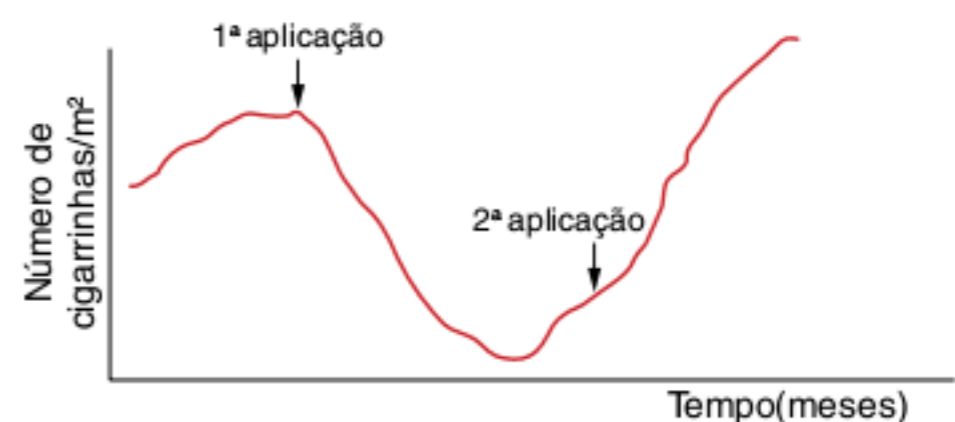


Disponível em: <www.cartoonstock.com/directory/s/make.asp>.

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 2006 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 2007 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 2009 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 2005 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 2009 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 2007 As mudanças evolutivas dos organismos resultam de alguns processos comuns à maioria dos seres vivos. É um processo evolutivo comum a plantas e animais vertebrados:

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

20 UEM-PR 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 Em relação à evolução biológica, considere os fatores abaixo.

- I. Seleção natural.
- II. Adaptação ao meio.
- III. Lei do uso e desuso.
- IV. Herança dos caracteres adquiridos.
- V. Recombinação gênica e mutação.

Quais desses fatores Darwin considerou quando elaborou a teoria da evolução das espécies?

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

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;

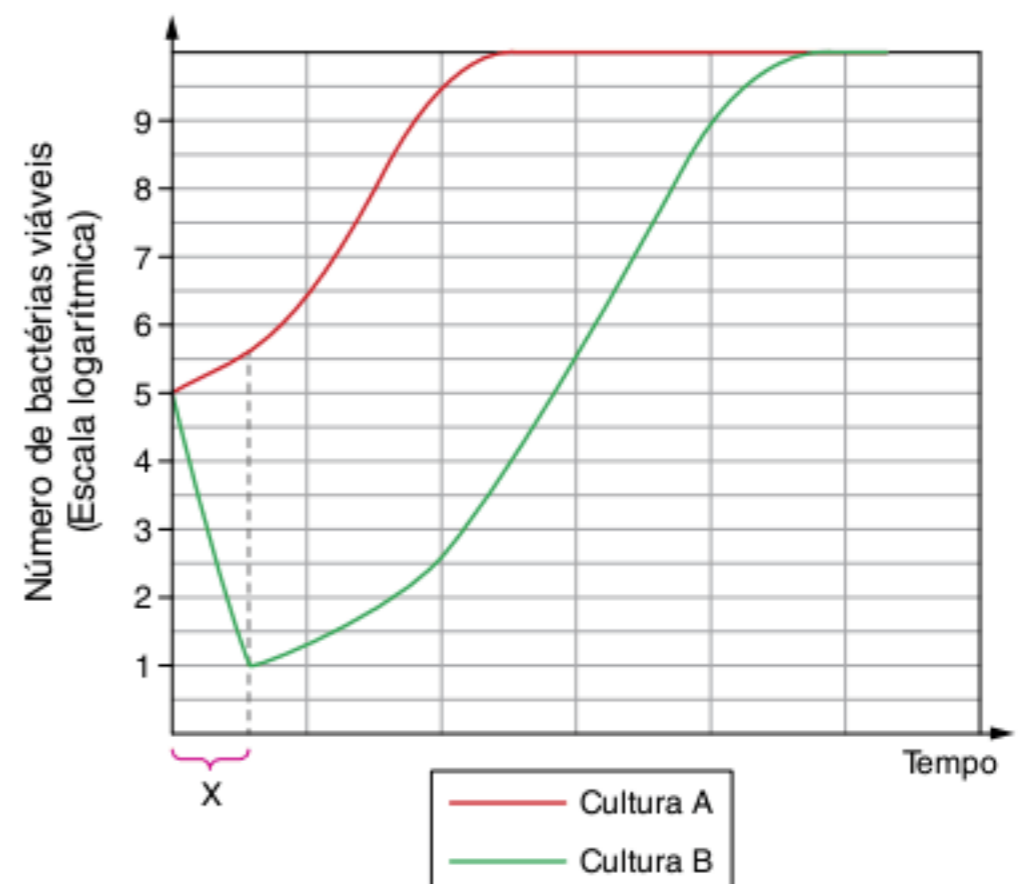
- II. os ancestrais dos coelhos apresentavam tamanhos variáveis de orelhas; o predatismo dos carnívoros selecionou aqueles de orelhas mais longas;
- III. os coelhos de orelhas longas conseguem deixar um maior número de descendentes que os de orelhas curtas;
- IV. os coelhos de orelhas longas, adquiridas 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 FM Itajubá A reconstituição de um crânio de 11.500 anos, o mais antigo da América, revolucionou as teorias sobre a ocupação do continente.

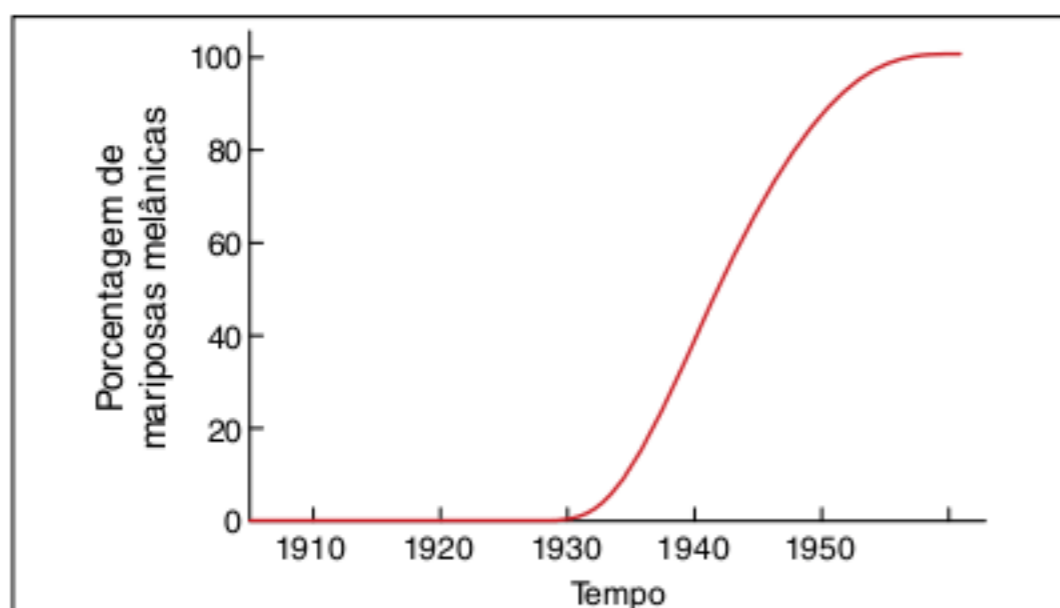
Veja, ago. 1999.

O espécimen foi chamado de Luzia, a primeira brasileira. Considere as seguintes proposições (I, II e III) para resolver a questão.

- I. Os fósseis são a única prova verdadeira da evolução.
 - II. Os fósseis são importantes por demonstrarem a ocorrência do processo de evolução biológica.
 - III. A modificação dos seres vivos por mutações gênicas ocorre de forma casual, espontânea e aleatória, favorecendo os seres que melhor se adaptam ao meio ambiente.
- (a) I, II e III são proposições corretas.
 - (b) apenas a proposição I é correta.
 - (c) apenas a proposição II é correta.
 - (d) apenas a proposição III é correta.
 - (e) apenas as proposições II e III são corretas.

28 UFPR 1995 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 Mackenzie A teoria moderna da evolução, ou teoria sintética da evolução, incorpora os seguintes conceitos à teoria original proposta por Darwin:

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

31 PUC-SP Certa espécie animal apresenta uma série de mutações que determinam a variedade de fenótipos relativos à coloração. Essa diversidade genética, orientada pela seleção natural, garante a adaptação dos indivíduos dessa espécie a diversos tipos de ambiente.

O trecho acima resume a teoria:

- (a) de Darwin.
- (b) de Lamarck.
- (c) de Mendel.
- (d) moderna ou sintética da evolução.
- (e) do equilíbrio gênico de uma população.

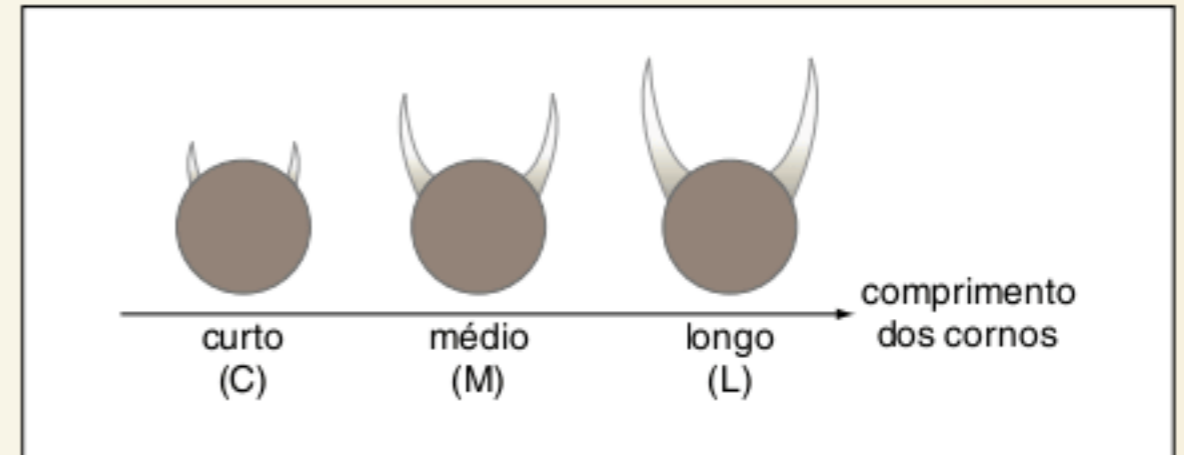
TEXTO COMPLEMENTAR

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.

- 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).



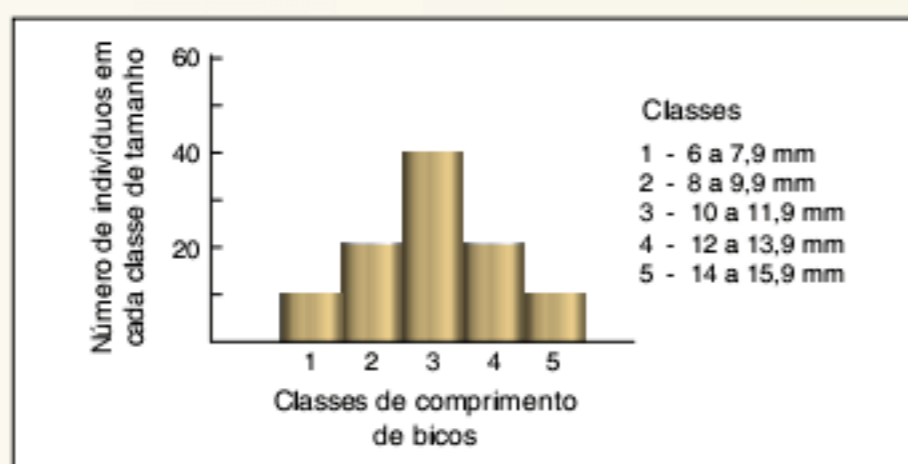
As três modalidades de seleção natural.

Exercícios resolvidos

1 Unesp (Adapt.) Para responder à questão, considere os itens e os gráficos a seguir.

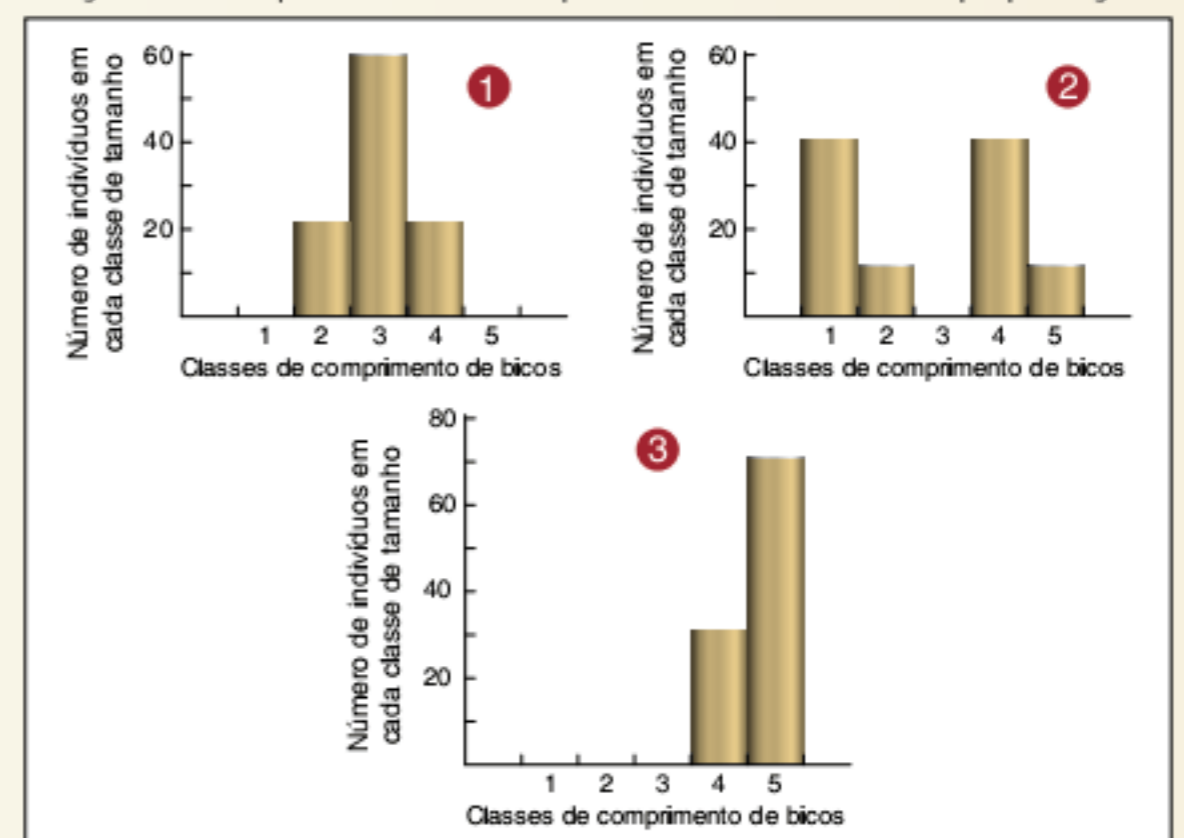
- Identifique o tipo de seleção natural verificada no final do processo descrito (após a seca prolongada).
- Identifique o tipo de seleção natural que ocorreu antes da seca.

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.

- Gráfico 3; seleção natural.
- Gráfico 1; isolamento reprodutivo.
- Gráfico 2; isolamento geográfico.
- Gráfico 3; isolamento reprodutivo.
- Gráfico 1; seleção natural.

Resolução:

- I. Alternativa correta: A. Ocorreu um nítido processo de seleção natural; sobreviveram apenas os mais adaptados.
- II. A seleção é direcional, pois resultou na sobrevivência de um tipo extremo, isto é, os de bico mais longo (categorias 4 e 5).
- III. 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 pequenos 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 através do qual as características das espécies modificam-se ao longo do tempo.

Evidências de evolução

Os cientistas empregam diversas evidências da ocorrência de evolução:

- Fósseis
- Estudos comparativos de anatomia, embriologia e de 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.

■ QUER SABER MAIS?



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 2007 Como se pode conhecer a história evolutiva dos organismos através do estudo comparativo entre as espécies de seres vivos atuais?

2 Fuvest 2007 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 equidnas 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:

- I. 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;
- II. As faunas e floras atuais são resultado da seleção natural em ambientes diversos, isolados geograficamente;
- III. Os continentes, há milhões de anos, eram unidos, separando-se posteriormente.

Está correto o que se afirma em:

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

3 UFPR 2009 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.

- (a) O estudo dos fósseis ao longo dos tempos geológicos mostra um aumento da complexidade das formas de seres vivos.
- (b) As características apresentadas por sucessivas gerações, dentro de uma espécie, são herdadas das gerações antecessoras.
- (c) Algumas estruturas corporais desenvolvem-se quando muito utilizadas ou atrofiam-se quando não utilizadas, como, por exemplo, a musculatura dos animais.
- (d) Quando se estudam os genomas, observa-se uma grande semelhança entre espécies muito próximas, como o homem e o chimpanzé.
- (e) O funcionamento bioquímico das células de todos os organismos é semelhante, sugerindo que todos tiveram um ancestral comum.

Texto para as questões 5 e 6.

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 2009 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.

- I. 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.
- II. 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.
- III. 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.
- IV. 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 2009 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 2010 (Adapt.) Em 2009 comemora-se o bicentário 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 2009 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 ocorrem.

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 Fuvest 1995 Uma população de bactérias foi colocada em um meio de cultura saturado de um determinado antibiótico. A maioria das bactérias morreu. No entanto, algumas sobreviveram e deram origem a linhagens resistentes a este antibiótico.

- Explique o processo segundo a teoria lamarckista de evolução.
- Explique o processo segundo a teoria darwinista de evolução.

9 Unesp 1990 Em algumas ilhas do arquipélago de Galápagos, são encontrados cactos rasteiros, cujas flores ficam próximas ao chão, não sendo constatada a presença de iguanas terrestres. Nas ilhas onde vivem os iguanas, os cactos são arbórescentes e suas flores encontram-se localizadas distantes do chão. Como você explica esses fatos, segundo as teorias evolutivas de Lamarck e Darwin?

10 Unesp 1993 Considere as seguintes afirmações.

- “O gafanhoto é verde porque vive na grama”.
- “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 Unesp Tanto para Lamarck como para Darwin, o ambiente tinha um papel importante no processo evolutivo.

- Qual dos dois cientistas admitia que o ambiente seleciona a variação mais adaptativa?
- Qual o pensamento do outro cientista sobre o papel do ambiente no processo evolutivo?

12 Unesp 2002 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.

- Como Darwin explicaria o aumento progressivo, entre as bactérias, de formas resistentes a antibióticos?
- Segundo os princípios neodarwinistas, por que estamos a caminho de um desastre médico?

13 Unicamp 1992 Em uma determinada espécie, flores amarelas representam uma adaptação bem-sucedida em relação a um certo polinizador. Todos os indivíduos atuais dessa espécie apresentam flores amarelas, mas, há muito tempo atrás, existiram flores de outras cores. Cite a teoria que explica esse fato e descreva o processo que levou à existência de uma única cor para as flores dessa espécie.

14 Unicamp 1998 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.

- Do ponto de vista evolutivo, o que ocorreu com a população de coelhos?
- Como os mosquitos podem ter contribuído para diminuição da mortalidade dos coelhos?

15 Fuvest-GV 1992 A Revolução Industrial trouxe a poluição e a fuligem, que mataram os líquens e enegreceram os troncos das árvores da região de Birmingham, na Inglaterra. Em consequência, os espécimes escuros da mariposa *Biston betularia* aumentaram em número em relação aos de cor clara. H.B.D. Kettlewell investigou a questão capturando, marcando e devolvendo ao ambiente espécimes escuros e claros, em áreas poluídas e não poluídas. Passado algum tempo, tentou recapturar os espécimes marcados. Na tabela adiante estão mostrados os dados numéricos obtidos:

		Escuras	Claras	TOTAL
Birmingham (poluída)	libertadas	154	64	218
	recapturadas	82	16	98
	% recapturadas	53,2	25,0	
Dósert (não poluída)	libertadas	473	496	969
	recapturadas	30	62	82
	% recapturadas	6,3	12,5	

Qual a melhor explicação para os dados obtidos por Kettlewell?

- Mariposas claras e escuras podem ter durações de vida diferentes.
- Mariposas claras e escuras podem ser diferentemente atraídas pelas armadilhas de luz empregadas na recaptura.
- Pode estar havendo diferentes taxas de migração para as mariposas claras e escuras.
- Pode estar ocorrendo predação diferencial das formas claras e escuras.
- Pode estar havendo mutação da forma clara para a escura.

16 UEL 1994 Nas regiões industrializadas da Inglaterra, as populações de mariposas *Biston betularia* de cor clara foram substituídas gradativamente por outras de cor escura, a partir de 1900. Esse relato constitui um exemplo clássico de:

- competição.
- recapitulação.
- seleção natural.
- irradiação adaptativa.
- convergência adaptativa.

17 UFRGS 1996 No ambiente nativo, os machos de algumas aves, como o pavão e o canário, são mais coloridos e ornamentados do que as fêmeas.

É provável que esta ornamentação tenha sido selecionada, ao longo da evolução, por fatores relacionados a:

- clima;
- predação;
- nutrição;
- cortejo sexual;
- camuflagem.

18 UFRGS 1997 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 2010 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 2009 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 Considere os padrões de cores das seguintes serpentes, que apresentam diversas faixas vermelhas, pretas e brancas ao longo do corpo; um grupo de faixas é seguido por outro grupo com mesmo padrão, no sentido da cabeça para a cauda. Cada uma das espécies tem seu próprio padrão de grupos de cores e esse padrão é diferente do encontrado na outra espécie.

- Espécie A: faixa branca entre duas pretas.
- Espécie B: faixa branca entre duas cores diferentes, sempre na mesma sequência.

Uma das duas espécies tem o seguinte padrão de cores: yzwyzyz, em que cada letra (w,y,z) é uma cor diferente da outra, sendo y correspondente ao branco.

Assinale a opção que indica corretamente a espécie descrita (A ou B) e como seria uma sequência de quatro faixas da outra espécie:

- (a) A; wywz
- (b) A; zywy
- (c) A; wyyz
- (d) B; wywz
- (e) B; zywy

22 As duas espécies da questão 21 são dotadas de cores que chamam atenção. A espécie I é peçonhenta e evitada por predadores. A espécie II não é peçonhenta, mas também é evitada por predadores, pelo fato de ser semelhante à espécie I. Sobre o exposto é correto afirmar que:

- (a) a espécie II tornou-se semelhante à espécie I porque tinha necessidade de se proteger contra predadores.
- (b) a semelhança entre as duas espécies é decorrente de sua ancestralidade comum.
- (c) a espécie II apresentou mutações que a tornaram semelhante à espécie I e foi favorecida pela seleção natural.
- (d) a espécie II sofreu mutações induzidas pelas condições ambientais em que se encontrava.
- (e) a espécie II é comensal de I.

23 Uerj 2006 (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.

Evolução

2

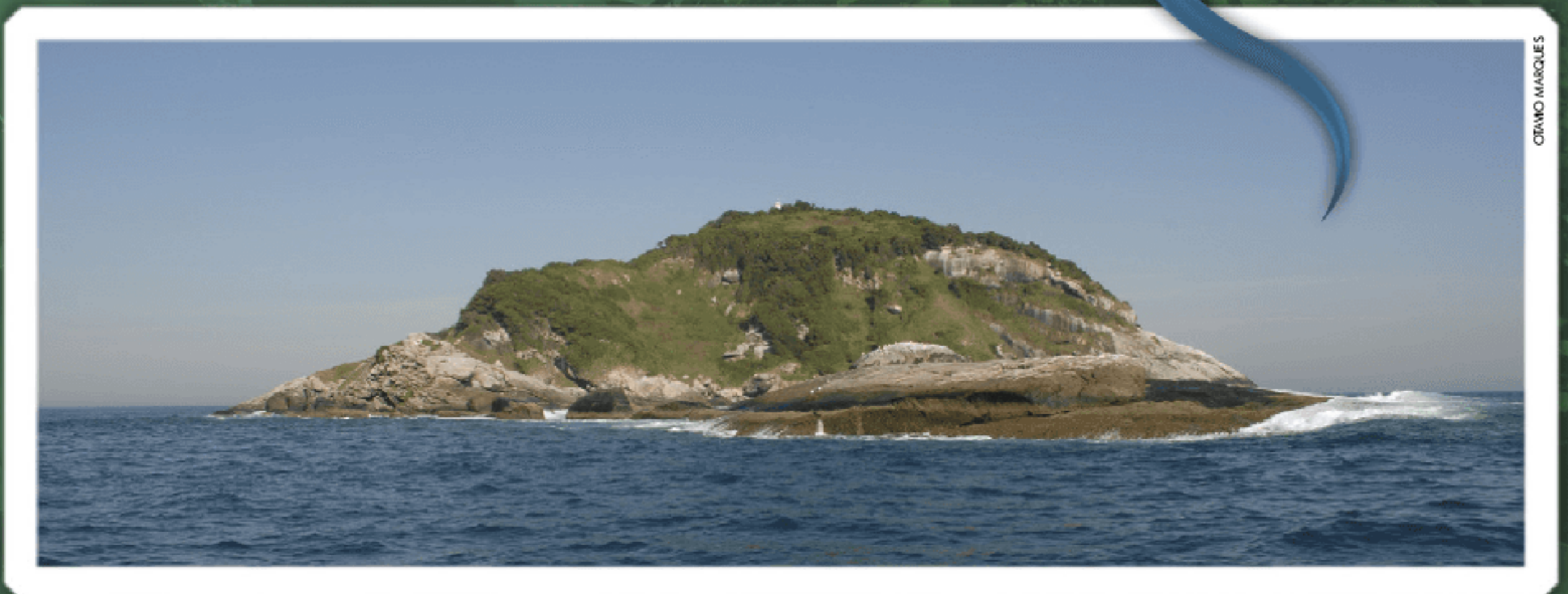
FRENTE 2

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.



OTAVIO MARQUES

REPRODUÇÃO



OTAVIO MARQUES

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 **prezigóticos** 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).

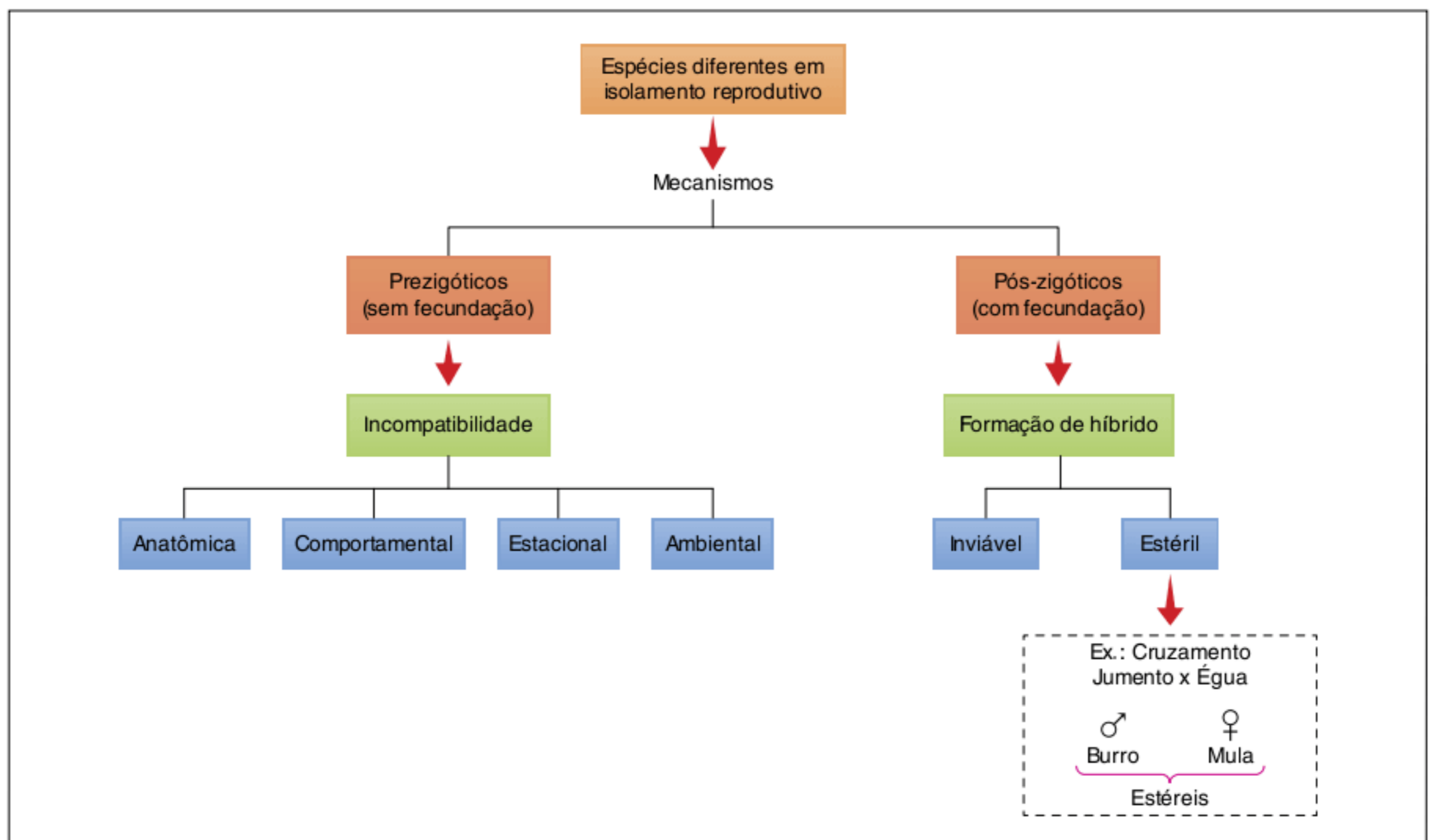


Fig. 1 Tipos de isolamento reprodutivo.

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).

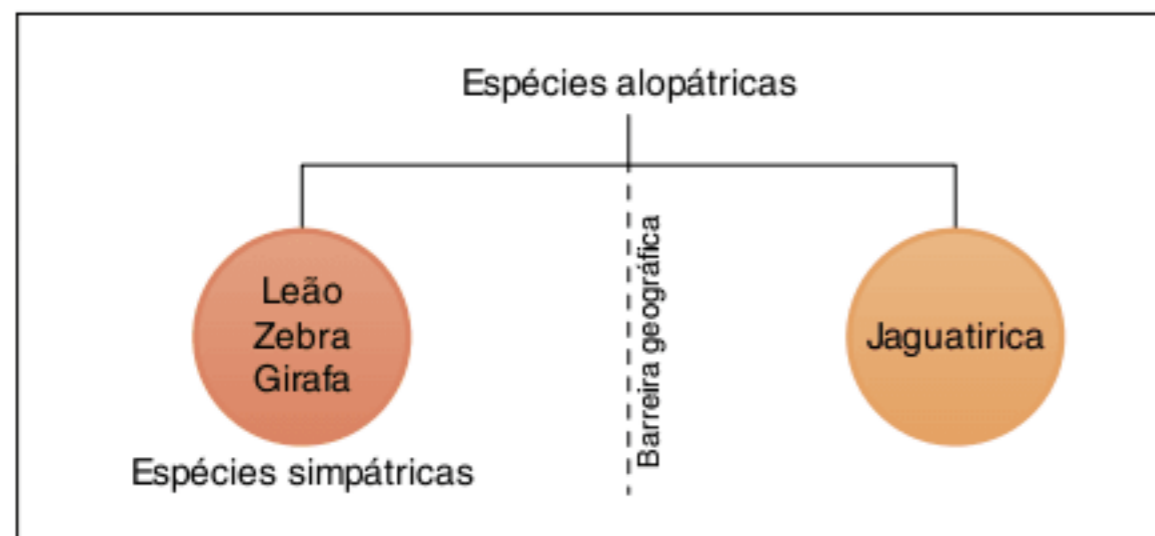


Fig. 2 Espécies simpátricas e alopátricas.

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).

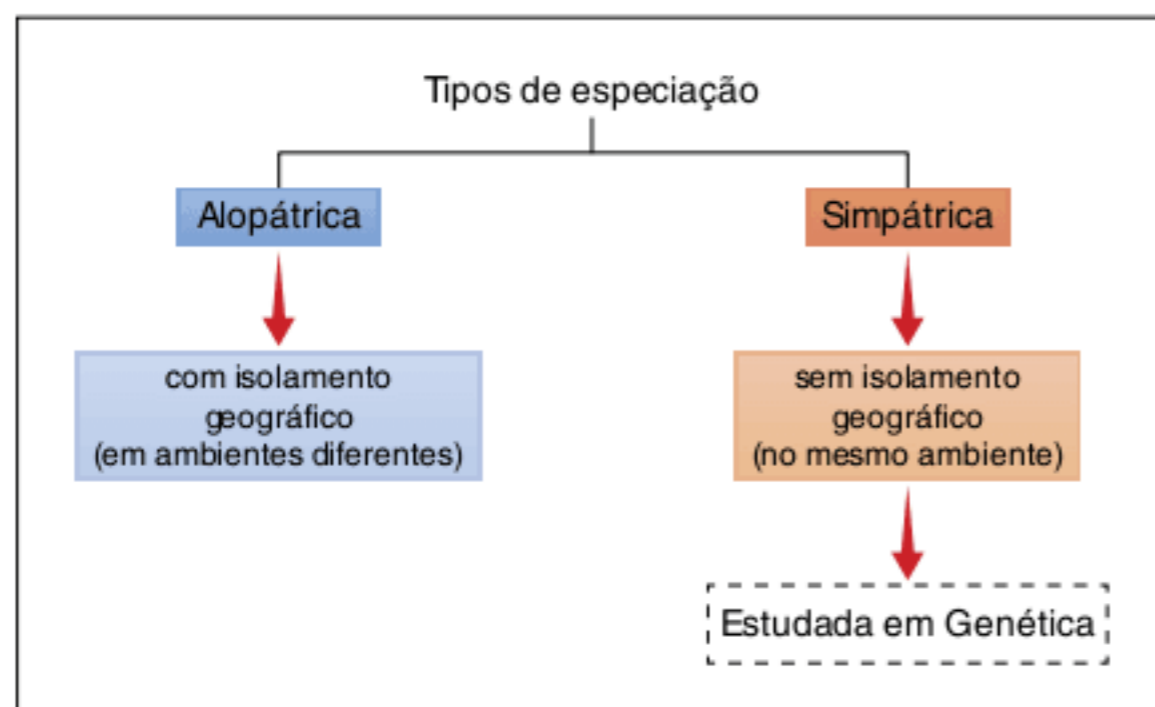


Fig. 3 Especiações simpátrica e alopátrica.

O início da especiação alopátrica ocorre com a separação de uma espécie em duas populações, através 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).

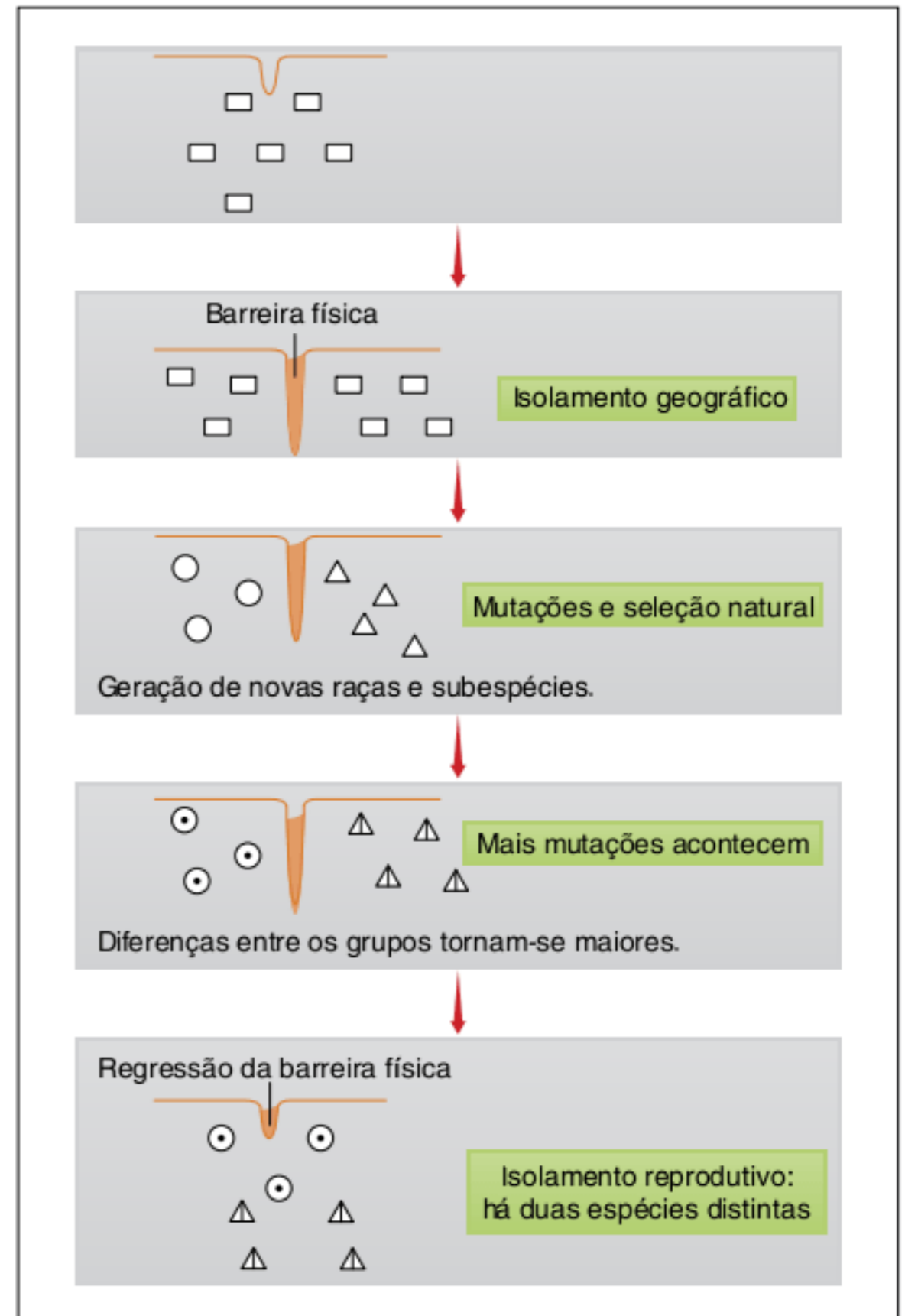


Fig. 4 Processos envolvidos na especiação alopátrica.

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.

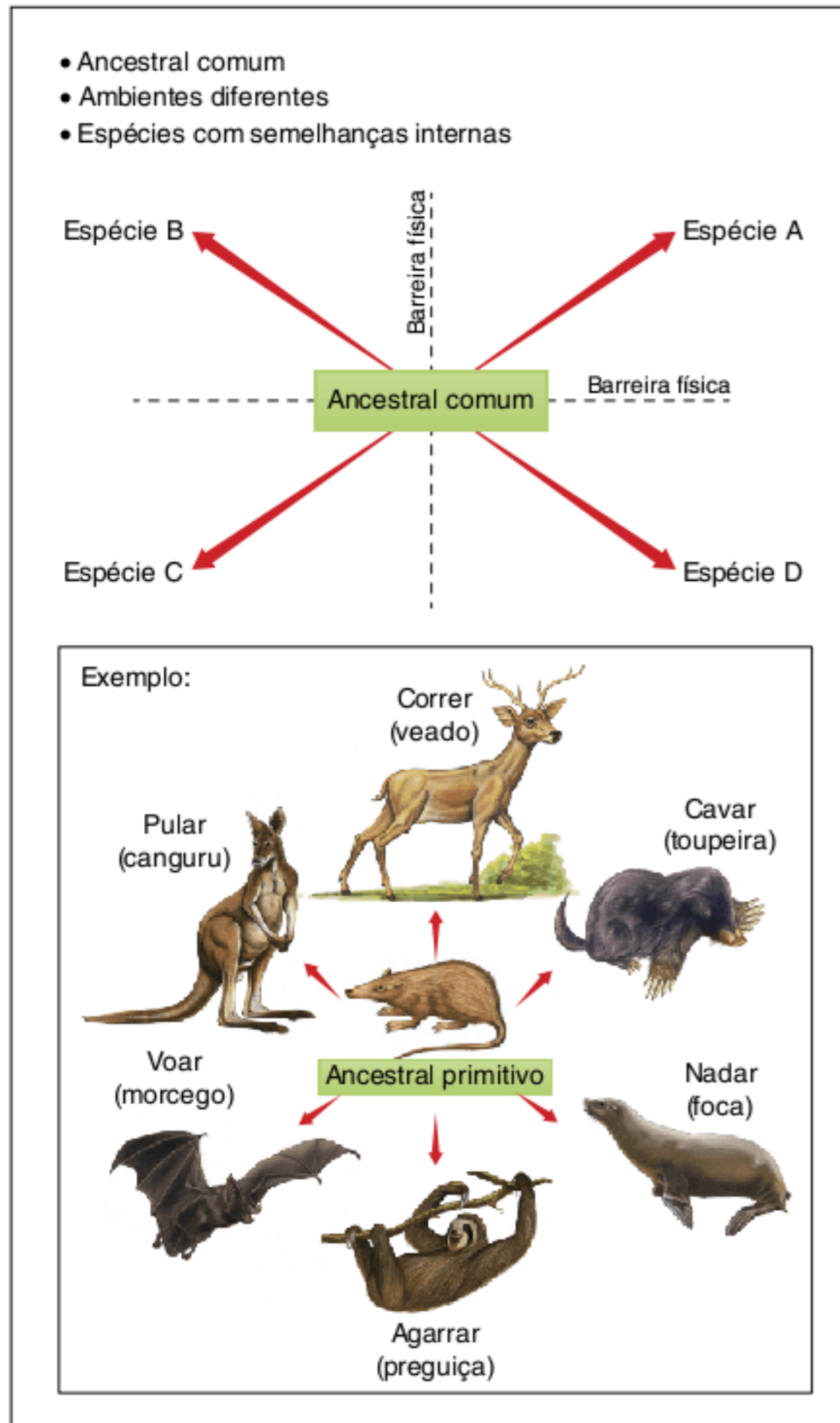


Fig. 5 Irradiação adaptativa dos mamíferos.

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).

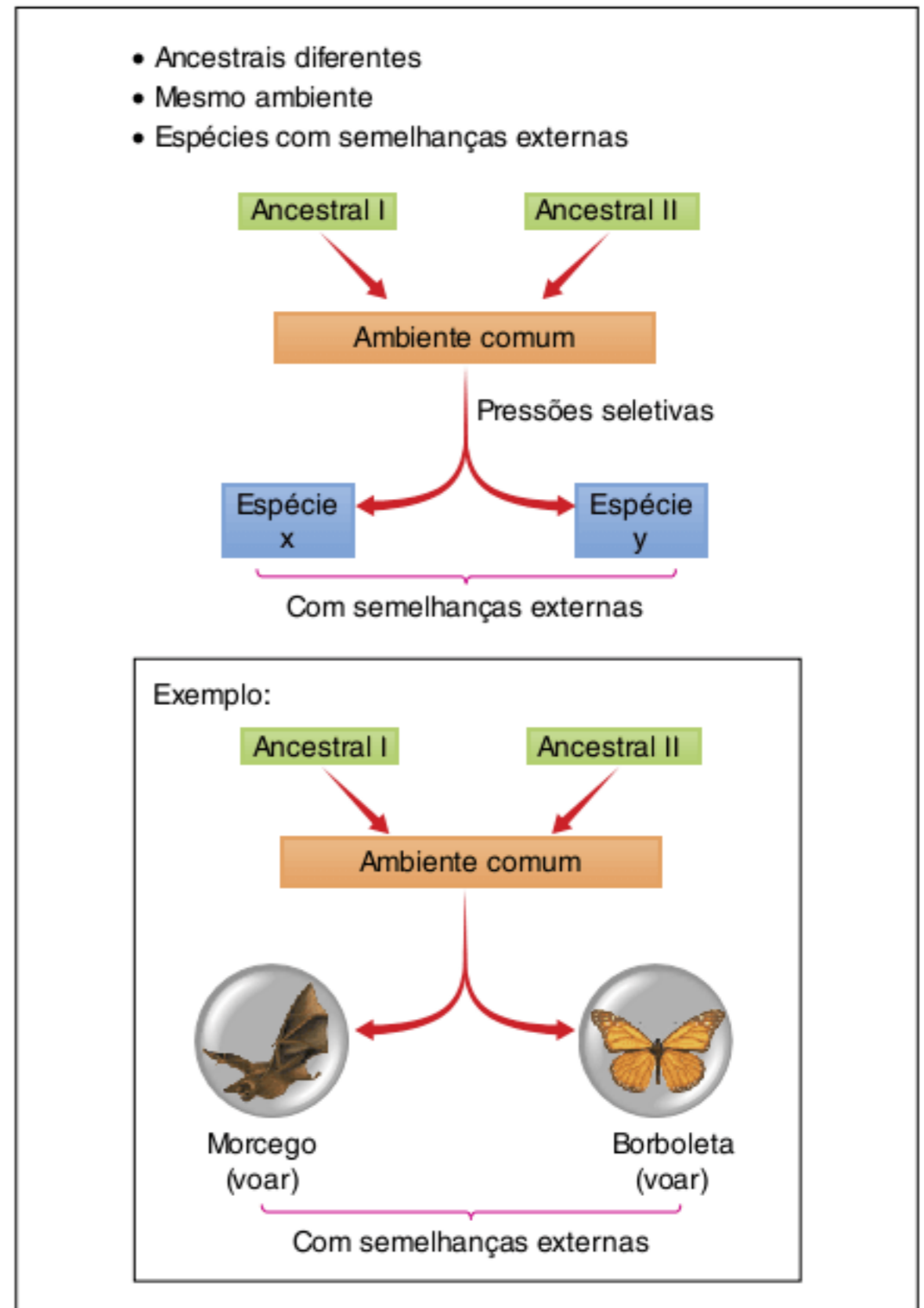


Fig. 6 Convergência adaptativa: espécies que evoluem em um ambiente comum.

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 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.

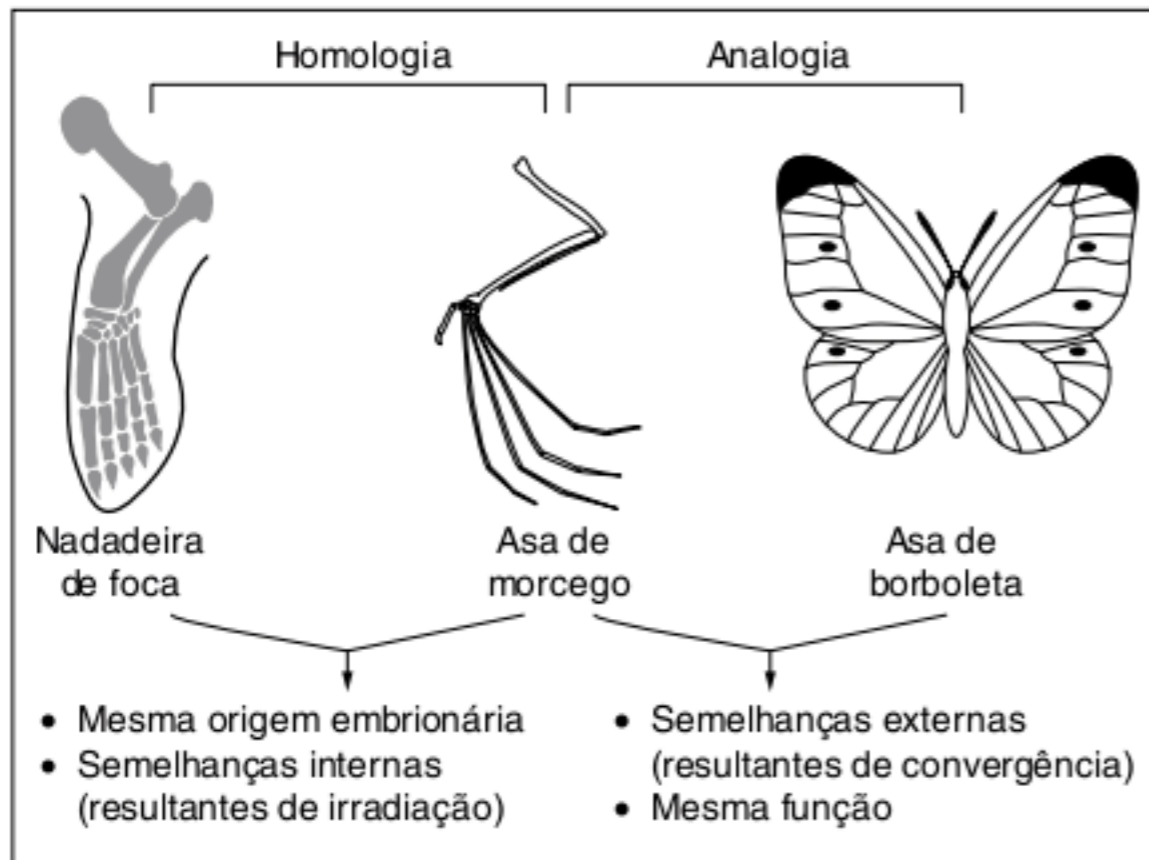


Fig. 7 Comparação entre homologia e analogia.

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 tomam mais adaptadas ao ambiente. Essas adaptações, descritas a seguir, constituem os casos de mimetismo, coloração de advertência 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).



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 Vunesp A formação de raças não será possível sem a ocorrência de:

- (a) superioridade dos heterozigotos.
- (b) esterilidade dos híbridos.
- (c) isolamento reprodutivo.
- (d) isolamento geográfico.
- (e) seleção natural estabilizadora.

4 Puccamp 2004 A enguia elétrica ou poraquê (*Eletrophorus electricus*), peixe da região Amazônica, tem eletroplacas. Essas eletroplacas podem gerar uma tensão de até 600V e uma corrente de 2,0A, em pulsos que duram cerca de 3,0 milésimos de segundo, descarga suficiente para atordoar uma pessoa e matar pequenos animais.

Alberto Gaspar. Física. São Paulo: Ática, 2000. p. 135, v. 3. (Adapt.).

Se uma população de *Eletrophorus electricus* ficar isolada por muito tempo, a ponto de não mais gerar descendentes férteis com a população original, ocorrerá:

- (a) uma nova espécie de *Eletrophorus electricus*
- (b) um novo gênero de *electricus*
- (c) uma nova espécie do gênero *Eletrophorus*.
- (d) uma raça de *Eletrophorus electricus*.
- (e) um novo gênero de *Eletrophorus electricus*.

5 UEL 1998 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 Puccamp 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-SP 1996 Duas populações de pássaros morfologicamente semelhantes e designadas por A e B vivem em ecossistemas diferentes. Na área de transição entre esses ecossistemas pode, ocasionalmente, ocorrer cruzamento entre membros das populações A e B com descendentes férteis.

A partir da análise dessa situação, um estudante aventou as seguintes hipóteses:

- I. As populações A e B podem ser subespécies ou raças de uma mesma espécie.
- II. As populações A e B podem estar em fase de especiação.
- III. O DNA das populações A e B apresenta grande semelhança quanto às sequências de bases nitrogenadas.

Pode-se considerar:

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

8 Fatec 1997 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 PUC-Rio 1999 Em sua estadia no Arquipélago de Galápagos, Darwin estudou um grupo de espécies de pássaros, muito semelhantes entre si, mas com o bico diferente, adaptado a distintos regimes alimentares. Estas espécies diferentes originaram-se de um ancestral comum. Este é um mecanismo evolutivo denominado:

- (a) coevolução. (d) irradiação adaptativa.
- (b) fluxo gênico. (e) hibridação.
- (c) convergência adaptativa.

11 PUC-MG 1999 (Adapt.) Considerando:

Asa de morcego (1);
Nadadeira expandida de peixe voador (2);
Asa de ave (3);
Asa de barata (4).

São estruturas homólogas:

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

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 2010 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 Uece Compare:

(1): as asas de um morcego com as de um inseto;
(2): as nadadeiras de uma baleia com as patas de um cavalo.
Marque a opção verdadeira.

- (a) (1) e (2) são casos de analogia.
- (b) (1) e (2) são casos de homologia.
- (c) (1) é um caso de analogia e (2) é um caso de homologia.
- (d) (1) é um caso de homologia e (2) é um caso de analogia.

15 Unesp 1993 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. (d) coevolução.
- (b) evolução convergente. (e) oscilação genética.
- (c) convergência adaptativa.

16 Unifesp Um peixe (tubarão), um réptil fóssil (ictiossauro) e um mamífero (golfinho) possuem todos a forma do corpo alongada, com nadadeiras dorsais, ventrais e caudais. Essas características, analisadas em conjunto, podem ser interpretadas como um exemplo de:

- (a) irradiação adaptativa. (d) homologia.
- (b) isolamento reprodutivo. (e) hibridização.
- (c) convergência adaptativa.

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. (d) a seleção natural.
- (b) os órgãos análogos. (e) a mutação.
- (c) os órgãos vestigiais.

18 Unirio 1997 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 2009 (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 Cesgranrio 1990 A borboleta *Kallima sp.*, quando pousada, parece uma folha seca. Igualmente o bicho-pau se parece com um graveto. Qual das explicações a seguir é correta para explicar o fato?

- (a) O animal adota a forma para melhor se defender.
- (b) É resultado do seu hábito alimentar.
- (c) É totalmente fortuito.
- (d) Animais e vegetais tiveram a mesma origem.
- (e) É o resultado da seleção natural.

23 PUC-RS 2008 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 Ufal 2000 A lebre do Ártico muda sua pelagem duas vezes por ano. Quando o inverno se aproxima, perde os pelos e produz outros que são:

- (a) cinzentos, protegendo-a de seus predadores.
- (b) brancos, protegendo-a de seus predadores.
- (c) pretos, protegendo-a de seus predadores.
- (d) cinzentos, tornando-a bem visível no ambiente.
- (e) brancos, tornando-a bem visível no ambiente.

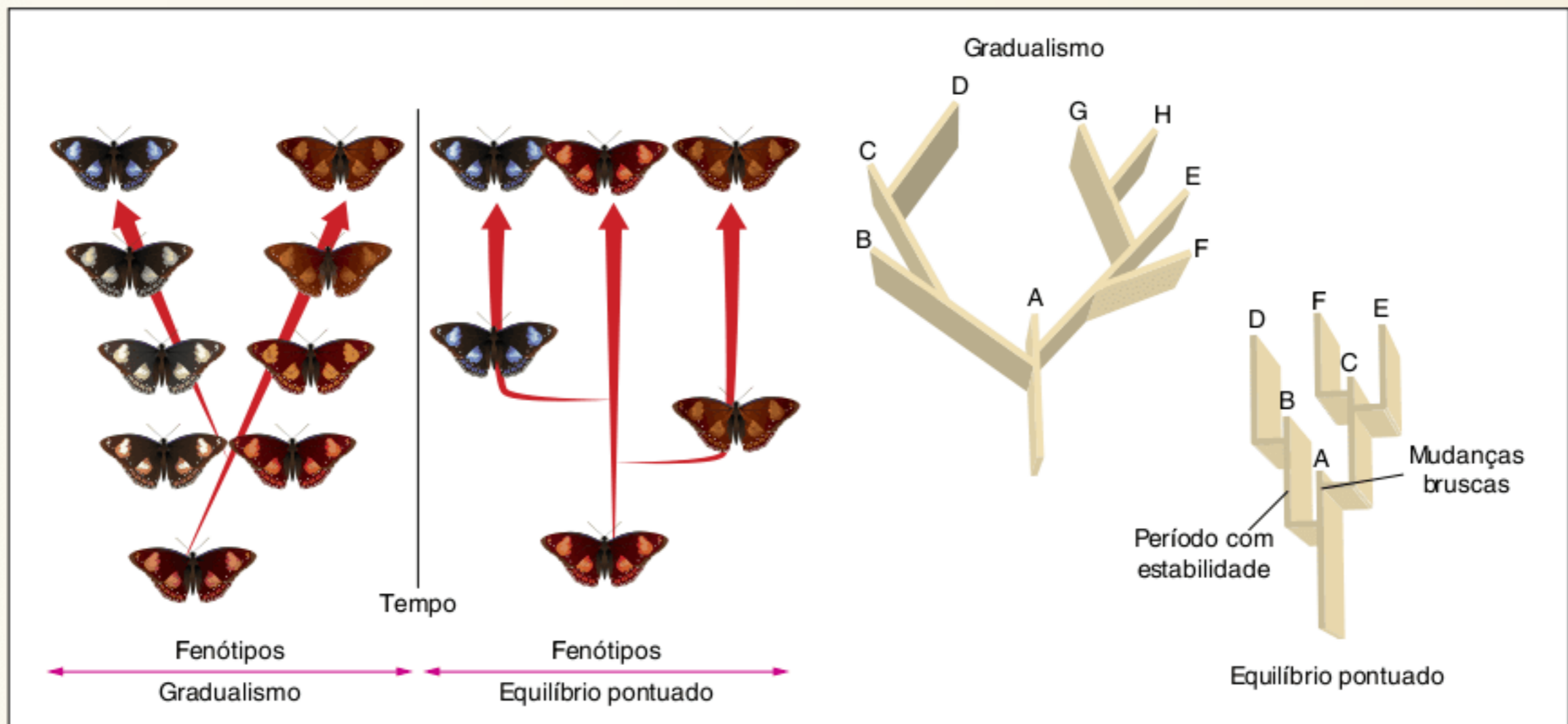
TEXTO COMPLEMENTAR

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.



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: prezigóticos 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 aspectos semelhantes 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/faq/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 no site da Universidade do Arizona. <<http://tolweb.org/tree/phylogeny.html>>.

Exercícios complementares

1 Considera-se que dois seres vivos pertencem à mesma espécie quando:

- são estruturalmente semelhantes.
- se alimentam das mesmas coisas.
- são capazes de obter filhotes férteis.
- habitam o mesmo território.
- possuem o mesmo tipo sanguíneo.

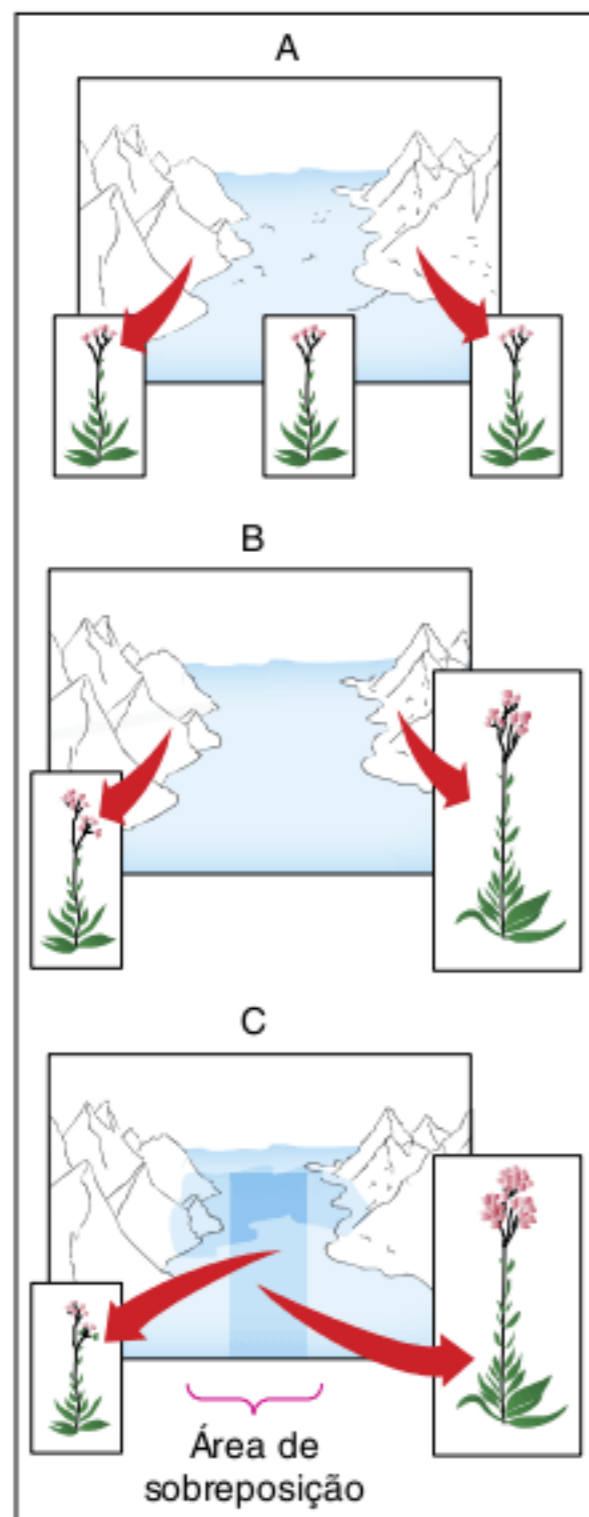
2 Unicamp 2006 A biodiversidade brasileira, no que diz respeito a aranhas, pode ser ainda maior do que suspeitavam os cientistas. É o que apontam as últimas descobertas de uma equipe de pesquisadores brasileiros. Entre janeiro e julho de 2005, o grupo

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>.

- Por que o surgimento da Cordilheira dos Andes teria iniciado o processo de especiação?
- Que processos posteriores devem ter ocorrido para que essas aranhas se tornassem espécies distintas?

3 Unicamp 2010 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.).

- Qual é o tipo de especiação representado nas figuras? Explique.
- 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 2000 Os fatos a seguir estão relacionados ao processo de formação de duas espécies a partir de uma ancestral.

- Acúmulo de diferenças genéticas entre as populações.
 - Estabelecimento de isolamento reprodutivo.
 - Aparecimento de barreira geográfica.
- Qual é a sequência em que os fatos anteriores acontecem na formação das duas espécies?
 - Que mecanismos são responsáveis pelas diferenças genéticas entre as populações?
 - Qual é a importância do isolamento reprodutivo no processo de especiação?

5 Unicamp 2009 (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.

- Evolução.
- Mutação.
- Adaptação.
- Especiação.

- Modificações nas frequências gênicas das populações através do tempo, orientadas pela seleção natural.
- Modificação ao acaso dos genes ou cromossomos, acarretando variação genética.
- Modificações de estruturas e funções em um grupo, que favorecem sua sobrevivência.
- 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. | (d) I-1; II-2; III-3; IV-4. |
| (b) I-3; II-1; III-2; IV-4. | (e) I-1; II-3; III-4; IV-2. |
| (c) I-2; II-3; III-4; IV-1. | |

7 UEM Assinale a alternativa incorreta sobre a teoria evolucionista.

- A adaptação consiste no ajustamento da espécie a certas condições do ambiente.
- Muitas espécies extinguiram-se porque não se ajustaram às modificações do ambiente que ocorreram ao longo da história geológica da Terra.
- Os fósseis são encontrados principalmente nas rochas magmáticas ou ígneas nas quais foram aprisionados.
- 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.
- A separação geográfica de dois grupos populacionais de uma mesma espécie pode resultar no isolamento reprodutivo, com formação de duas espécies.

8 UEM-PR Considere os aspectos evolutivos dos seres vivos e assinale o que for correto.

- 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 Estruturas análogas refletem parentesco evolutivo e são decorrentes de modificações de uma forma primitiva, por um processo denominado de irradiação adaptativa.

Soma =

9 Sobre os conceitos básicos de evolução, são feitas as seguintes afirmativas.

- I. A forma do corpo de uma foca e do pinguim, que os adapta bem à natação, é exemplo de irradiação adaptativa.
- II. Danças nupciais em peixes, canto de insetos e coaxar de sapos são exemplos de isolamento reprodutivo.
- III. “O bicho-pau pode viver nas árvores pois se assemelha a um galho” é uma frase que apresenta uma concepção darwinista de evolução.

Assinale a opção que contém a(s) afirmativa(s) correta(s).

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

10 UEPG 2008 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 1998 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.

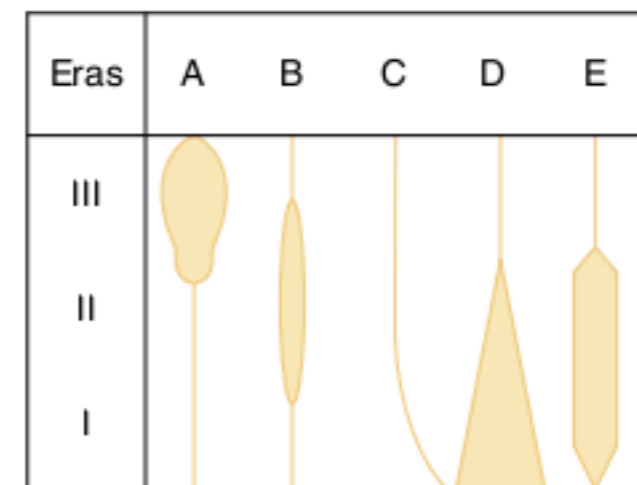
Desse modo, à medida que se analisam as variações ocorridas na passagem do nível de espécie para o nível do reino, é possível observar que:

- (a) diminui a diversidade biológica.
- (b) diminui a relação de parentesco.
- (c) aumenta a semelhança histofisiológica.
- (d) aumenta o número de estruturas comuns.

12 Puccamp 2004 Em termos biológicos, relações de parentesco indicam indivíduos que possuem:

- (a) um ancestral em comum.
- (b) fenótipos muito semelhantes.
- (c) mesma origem geográfica.
- (d) as mesmas tradições culturais.
- (e) genótipos iguais.

13 UFRGS 1997 O esquema adiante representa a distribuição de cinco grupos de organismos em três eras geológicas. A largura das áreas representa o número relativo de espécie de cada grupo.



Dos grupos apresentados, o que melhor caracteriza a era III é:

- (a) A, porque deixa nesse tempo geológico o maior número de espécies.
- (b) B, por ter-se originado nesse tempo geológico e se extinguido em outros.
- (c) C, por ter-se distribuído eminentemente nesse tempo geológico.
- (d) D, por ter-se distribuído eminentemente nesse tempo geológico.
- (e) E, por ter sido o último a aparecer nesse tempo geológico.

14 Fuvest 1997 Explique, de acordo com a teoria sintética da evolução, as adaptações mencionadas nos textos a seguir.

- a) Durante o longo inverno da região ártica, a plumagem de certas aves e a pelagem de certos mamíferos tornam-se brancas, voltando a adquirir coloração escura no início da primavera.
- b) Algumas espécies de anfíbio e de inseto apresentam cores e desenhos marcantes que, ao invés de escondê-las, as destacam do ambiente e chamam a atenção de possíveis predadores.

3

FRENTE 2

Fundamentos de ecologia

SZEDER LÁSZLÓ/VIKIMÉDIA COMMONS

Ecologia estuda os aspectos ambientais da vida. Isso inclui as interferências humanas no ambiente. A utilização de terras para agricultura e pecuária é uma das causas de redução da biodiversidade.

Recapitulando e aprofundando conceitos

Nas primeiras aulas da Frente 1, foram trabalhados alguns conceitos básicos de ecologia, que são retomados a seguir (Fig. 1).

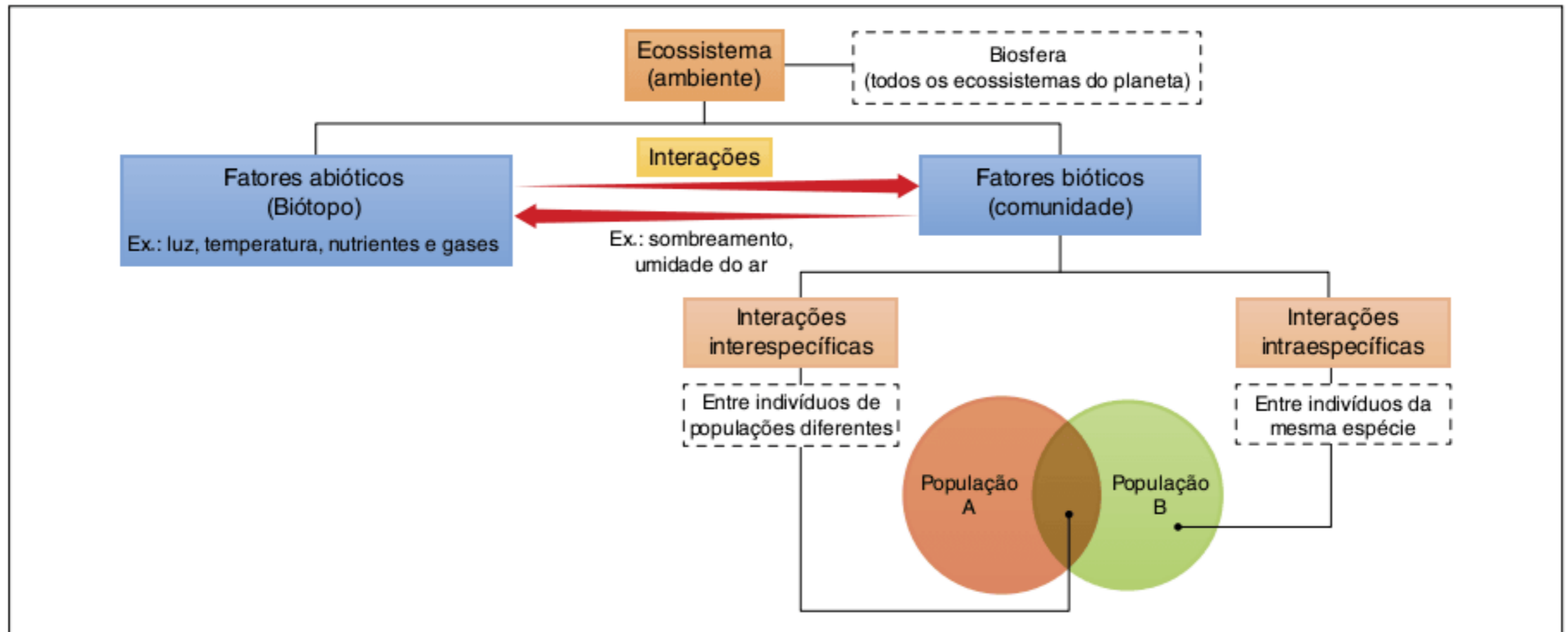


Fig. 1 Conceitos básicos de ecologia e as interações existentes no ecossistema.

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-d'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

A biosfera é constituída por ecossistemas. No entanto, há ecossistemas similares que são encontrados em diferentes partes do planeta, os biomas (Fig. 2). Bioma é um tipo de ecossistema, com semelhança de vegetação, distribuído em várias regiões do planeta.

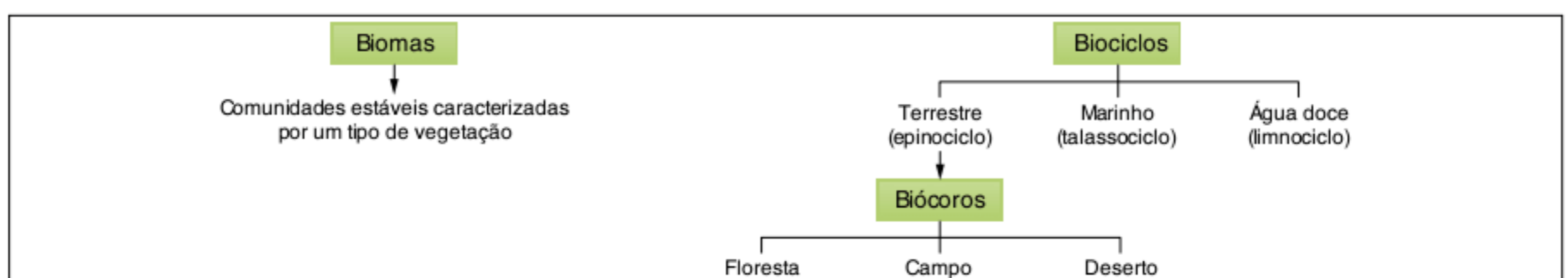


Fig. 2 A biosfera pode ser dividida em biomas e biociclos. O biociclo terrestre pode ser dividido em biócoros.

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 nessa 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.

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, 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).

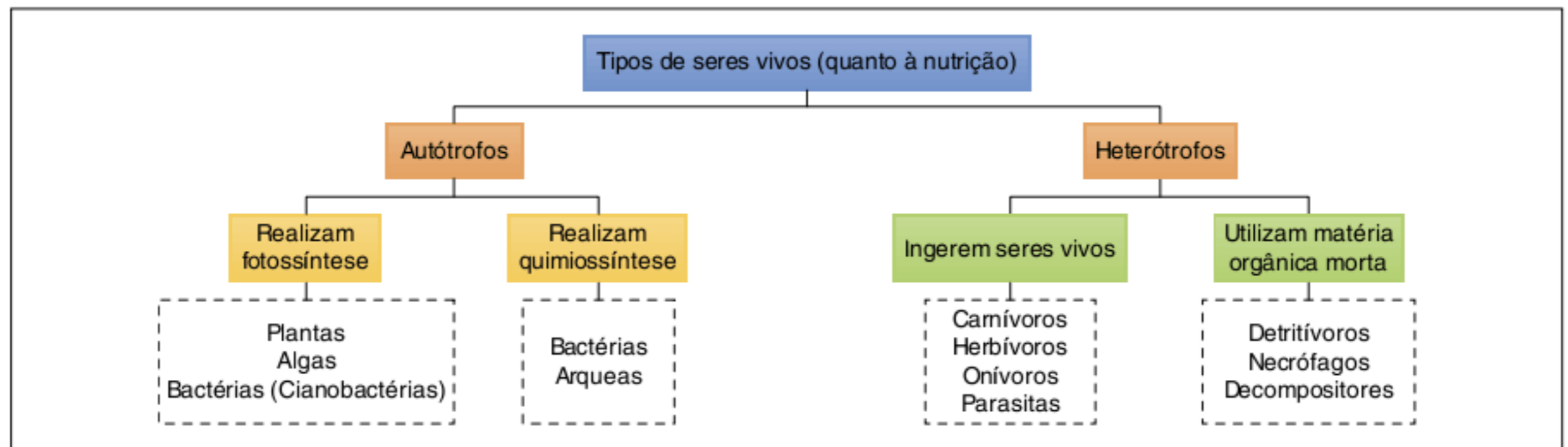


Fig. 4 Os diversos tipos de seres vivos, classificados quanto a sua nutrição.

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).

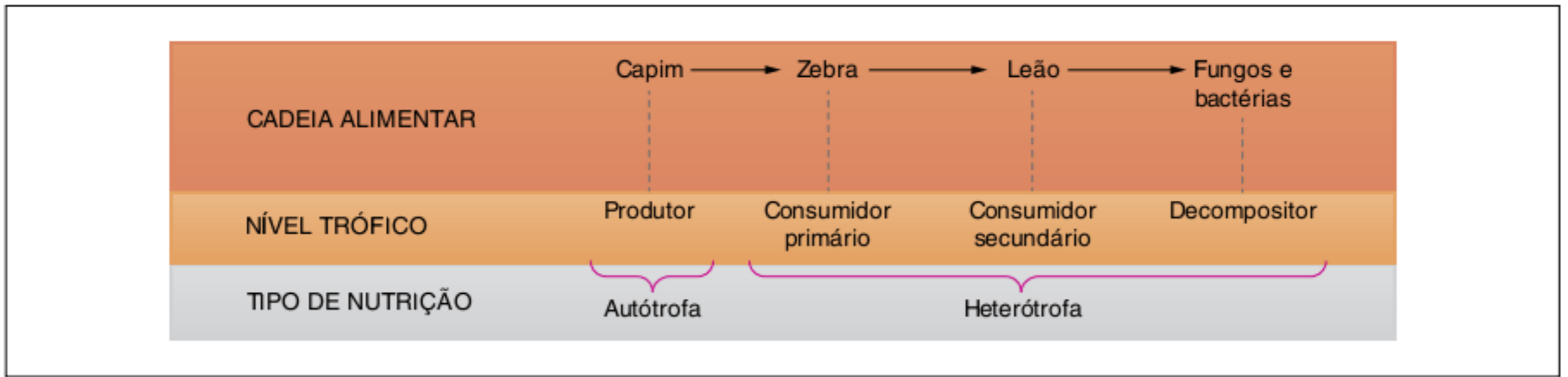


Fig. 5 Exemplo de cadeia alimentar com os níveis tróficos e o tipo de nutrição indicados.

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 UEL 1994

- Considere as seguintes frases.
- O uacari-vermelho, *Cacajao calvus*, é um macaco da Amazônia ameaçado de extinção, assim como o uacari-preto, *Cacajao melanocephalus*.
 - Os guarás da espécie *Chrysocyon brachyurus* vivem nos campos brasileiros encontrando-se representantes da mesma espécie também em campos argentinos.
 - Dentre os botos marinhos, os mais conhecidos são os da baía do Rio de Janeiro pertencentes à espécie *Sotalia brasiliensis* e com hábitat restrito a essa área.

Menção a uma única população é feita na frase:

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

2 UEL 1997

- Considere as frases a seguir.
- Atualmente, *Rattus norvegicus* ocorre em todos os continentes.
 - As ratazanas de uma cidade vivem principalmente na rede de esgotos e nos depósitos de lixo.
 - Um rato branco é submetido a um experimento de fisiologia em um laboratório.

As frases nas quais se mencionam, respectivamente, um indivíduo, uma espécie e uma população são:

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

3 UFSM 2002

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 (c) Nicho (e) Hábitat
 (b) População (d) Comunidade

4 Fuvest 2007

Para compor um tratado sobre passarinhos é preciso por primeiro que haja um rio com árvores e palmeiras nas margens. É dentro dos quintais das casas que haja pelo menos goiabeiras. É 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. (d) protocooperação.
 (b) nicho ecológico. (e) sucessão ecológica.
 (c) competição.

5 Unifesp 2005

- Considere as afirmações a seguir.
- A comunidade de São Januário, localizada no médio São Francisco, é formada basicamente por mulheres de todas as idades, por meninos e homens velhos.
 - 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.
 - 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 2010

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. (c) seu nicho ecológico.
 (b) sua biocenose. (d) seu hábitat.

7 Unifor

- Hábitat pode ser definido como:
- o lugar que um organismo ocupa no ecossistema.
 - o papel que um organismo desempenha no ecossistema.
 - o tipo de alimento que um organismo ingere.
 - o comportamento de cada espécie existente em uma área.
 - o tipo de interação das diferentes espécies que ocorrem em uma área.

8 F.E.E. Queiroz-CE

Uma anêmona-do-mar vive sobre uma rocha na zona do litoral. Nessa frase, a rocha constitui:

- (a) o hábito da anêmona.
 (b) um ecossistema litoral.
 (c) o hábitat da anêmona.
 (d) um fator biótico do ecossistema.
 (e) o nicho ecológico da anêmona.

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-PR 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

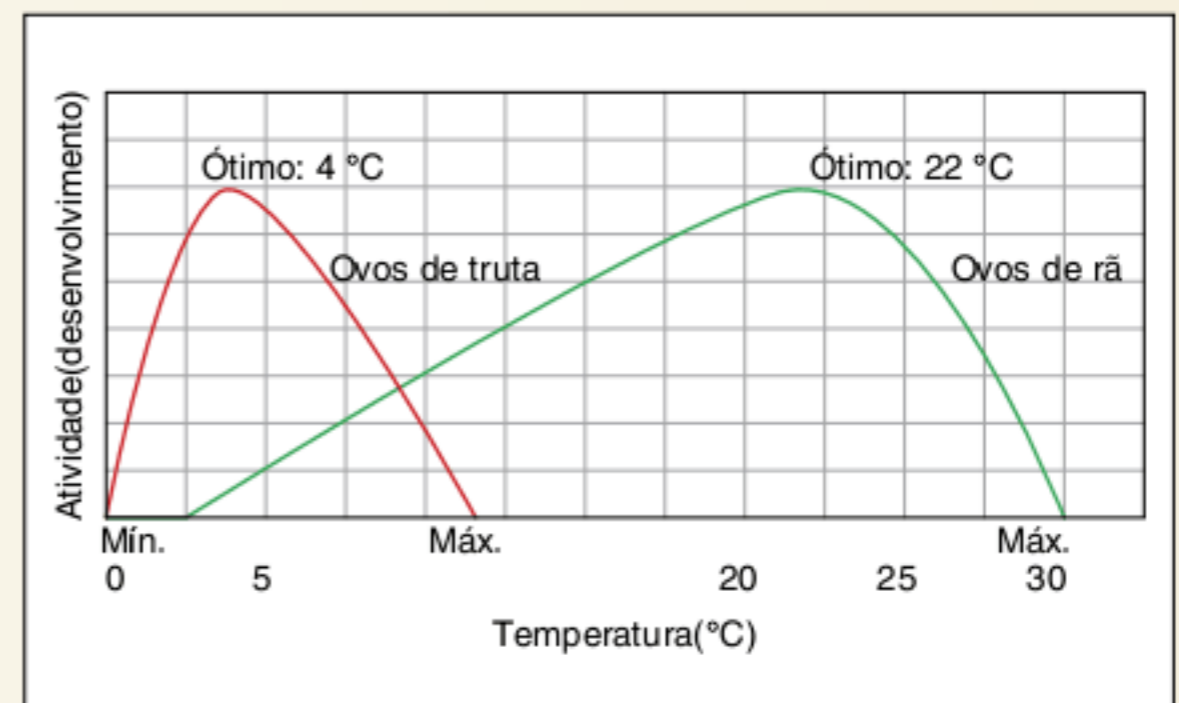
O fato de uma espécie ocupar um nicho ecológico em seu hábitat tem dois significados:

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



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.

Ecosistema: 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 semelhante.

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.

Hábitat: 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 hábitat 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

■ QUER SABER MAIS?



SITES

- Escala de tempo geológico
<www.ucmp.berkeley.edu/help/timeform.html>.

- Charles Darwin
<www.actionbioscience.org/evolution/berra.html>.

Exercícios complementares

1 FGV 1997 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 Cefet 2008 A mosca doméstica é uma espécie cosmopolita. Alimenta-se, entre outras coisas, de animais em decomposição, fezes e restos orgânicos em geral. Pousa nos alimentos e em nosso corpo, podendo deixar microrganismos e seus próprios ovos, razão pela qual é um dos insetos considerados perniciosos pelos órgãos de saúde pública.

O texto apresentado caracteriza um conceito ecológico denominado:

- (a) hábitat.
- (b) parasitismo.
- (c) teia alimentar.
- (d) nicho ecológico.

3 Unifau 1995 Em um ecossistema natural, cada espécie animal sobrevive nos espaços aos quais se adaptou para nascer, crescer e se movimentar. Assim, em uma floresta de mata Atlântica, os tucanos preferem as copas das árvores e as capivaras a beira-d'água para sobreviver.

Essa descrição refere-se a:

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

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 UEL A expressão popular “com os olhos que a terra há de comer” é uma alusão:

- (a) ao ciclo biogeoquímico do nitrogênio.
- (b) à atividade predatória de pequenos vermes terrestres.
- (c) à atividade de organismos quimiossintetizantes.
- (d) à necrofagia e suas implicações filosóficas.
- (e) à atividade dos decompositores.

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 a 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 =

Energia e matéria no ecossistema

4

FRENTE 2

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.

Leões obtendo sua porção de energia que, em última análise, é procedente do Sol.

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.

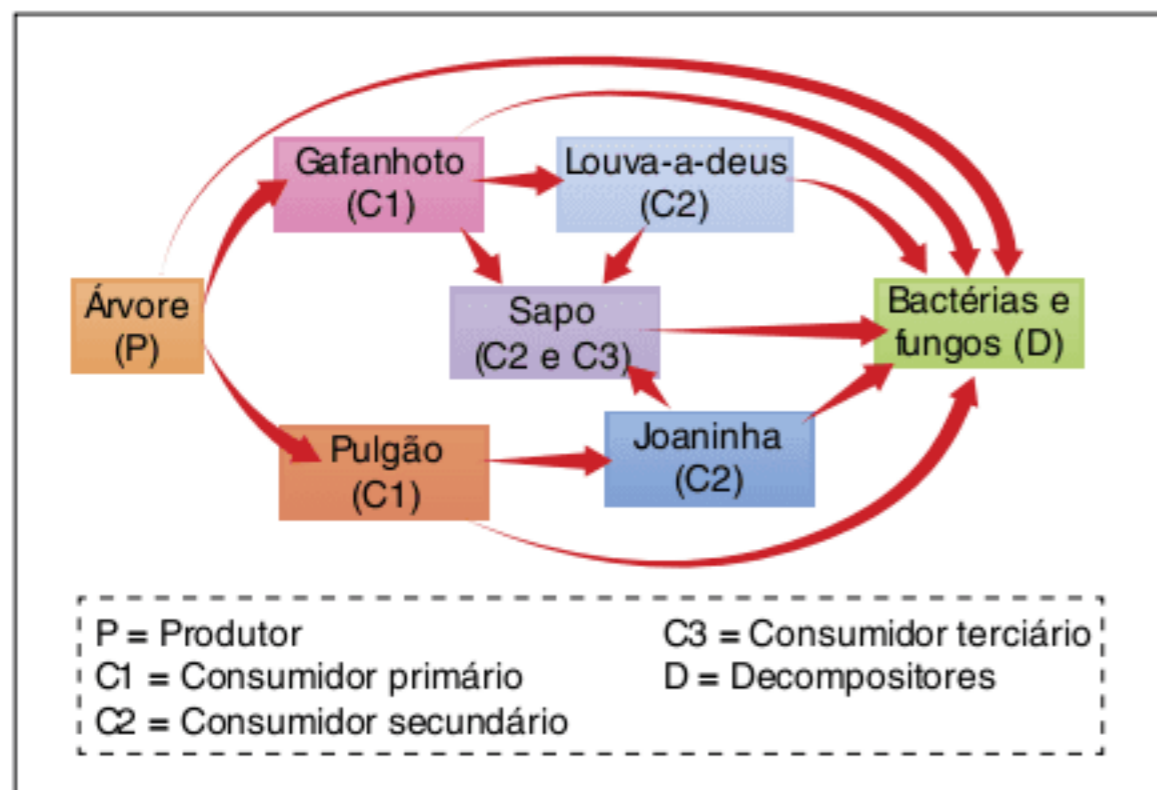


Fig. 1 Exemplo de teia alimentar. As setas indicam transferência de matéria de um nível trófico para outro.

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).

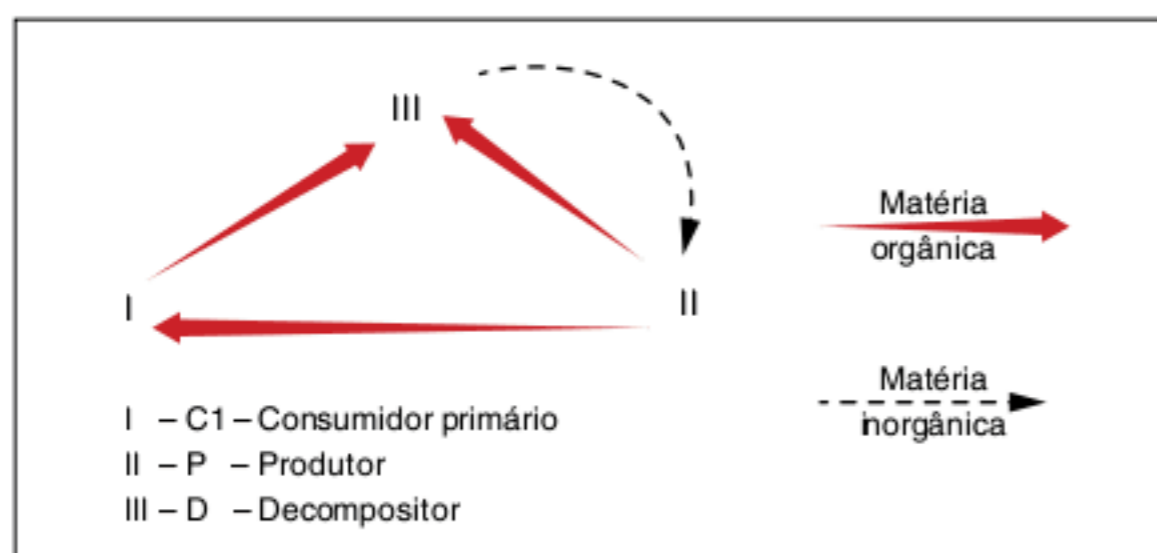


Fig. 2 Representação dos principais níveis tróficos em uma teia alimentar. Os produtores (II) fornecem matéria orgânica, e os decompositores (III) recebem matéria orgânica dos demais níveis tróficos e liberam matéria inorgânica para o ambiente.

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).

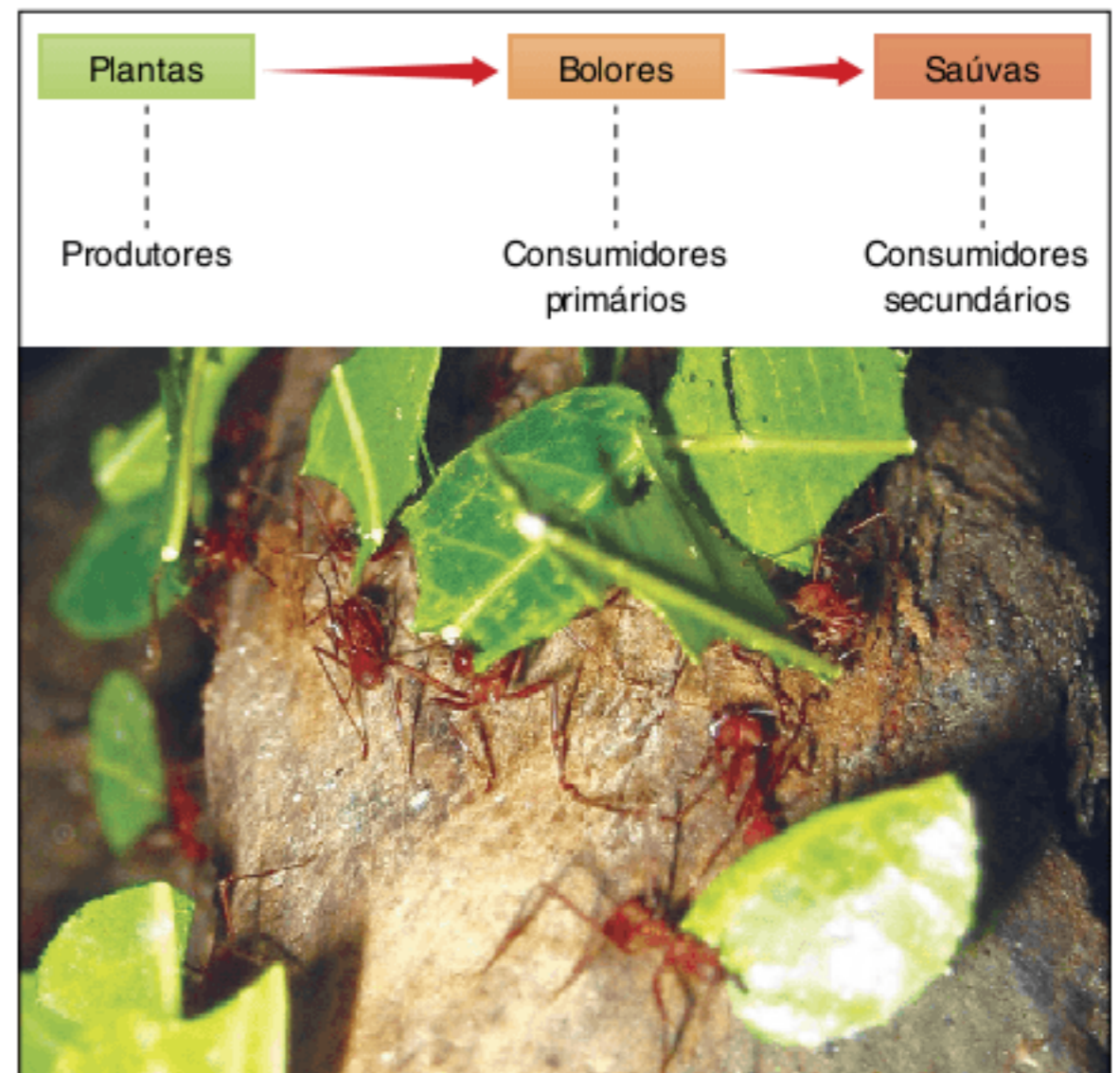


Fig. 3 Cena de uma cadeia alimentar em andamento. Saúvas são formigas que levam folhas cortadas para o interior do formigueiro. Sobre os pedaços de folhas, desenvolvem-se bolores (fungos), que são comidos pelas saúvas.

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).

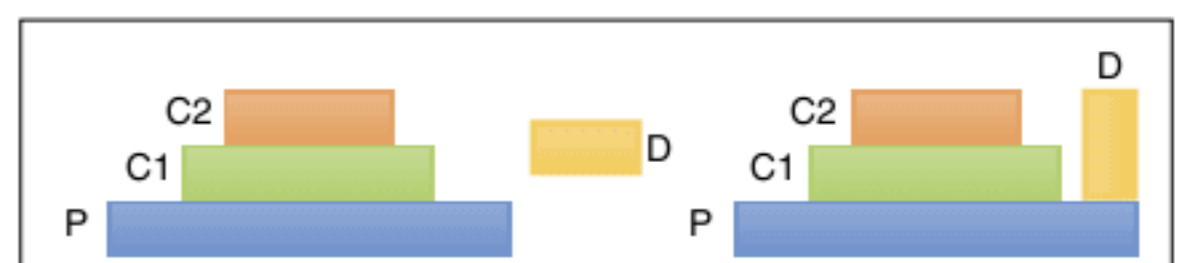


Fig. 4 Representações genéricas de pirâmides ecológicas, com a indicação dos níveis tróficos.

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 pés de capim é maior que o número de gafanhotos, já que, ao longo de sua vida, um gafanhoto come mais do que um pé 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).

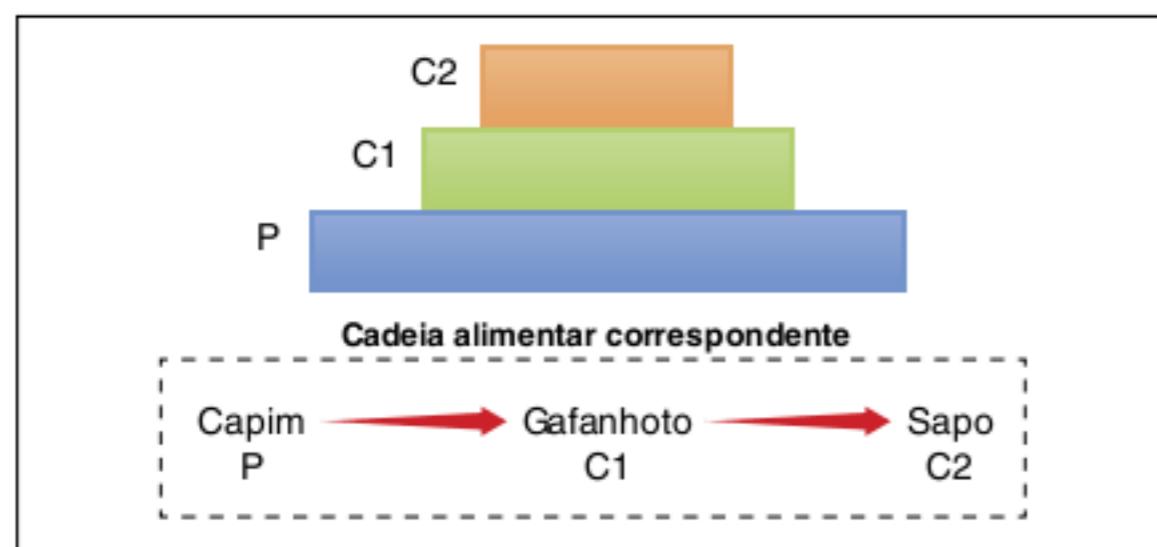


Fig. 5 Nesse exemplo, o número de produtores é maior que o número de consumidores primários, cujo número é maior que o de consumidores secundários.

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).

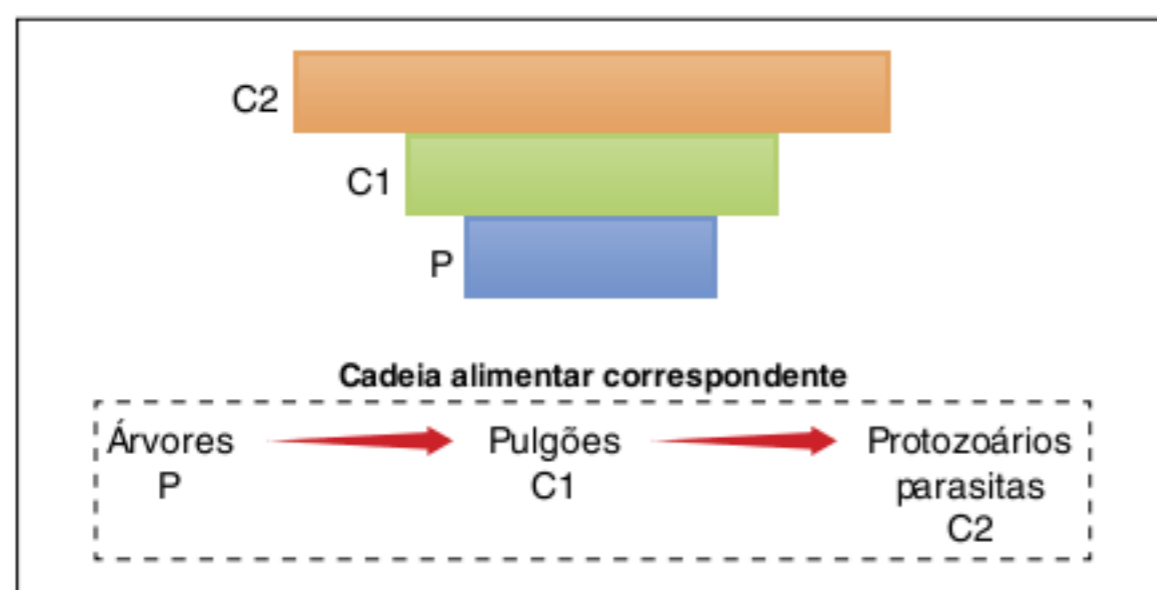


Fig. 6 Nesse exemplo, o número de árvores é menor que o número de pulgões, os quais estão em menor número que o de protozoários parasitas.

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).

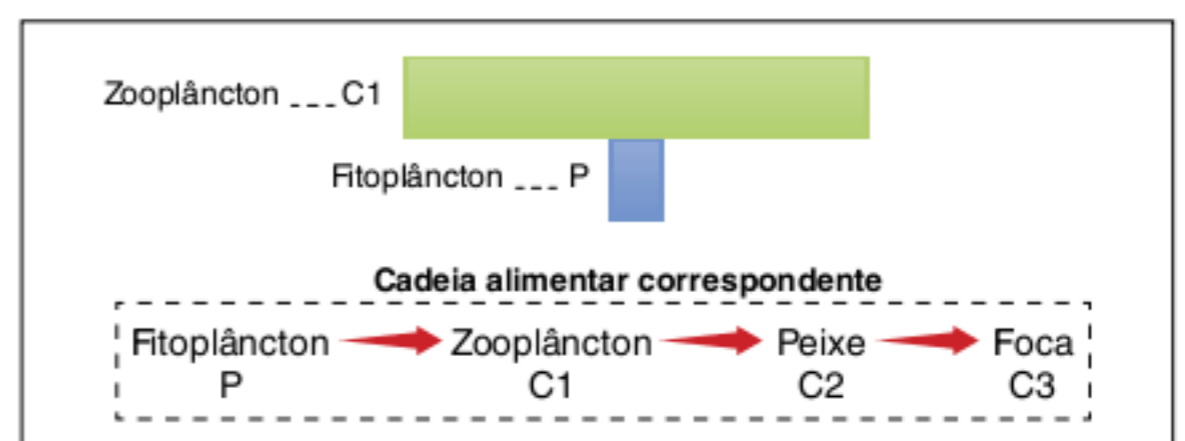


Fig. 8 Base da pirâmide: o fitoplâncton é constituído por algas e cianobactérias. O zooplâncton é formado por crustáceos, protozoários e diversos tipos de larvas. A diferença entre suas biomassas é possível, pois os componentes do fitoplâncton têm reprodução mais rápida do que os do zooplâncton.

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).

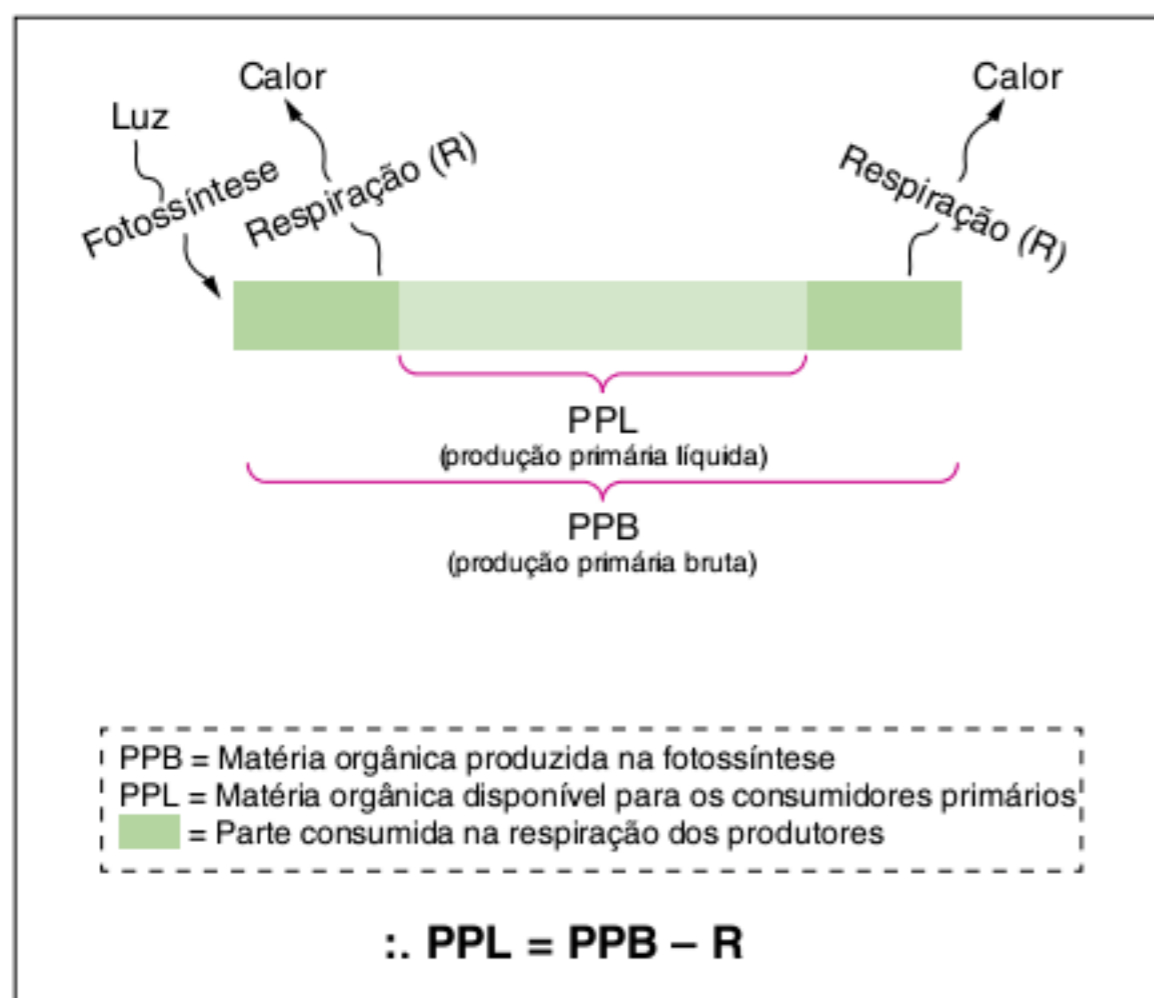


Fig. 9 Representação esquemática da energia no nível trófico dos produtores, envolvendo as modalidades: energia luminosa, energia química (matéria orgânica) e energia térmica (calor).

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).

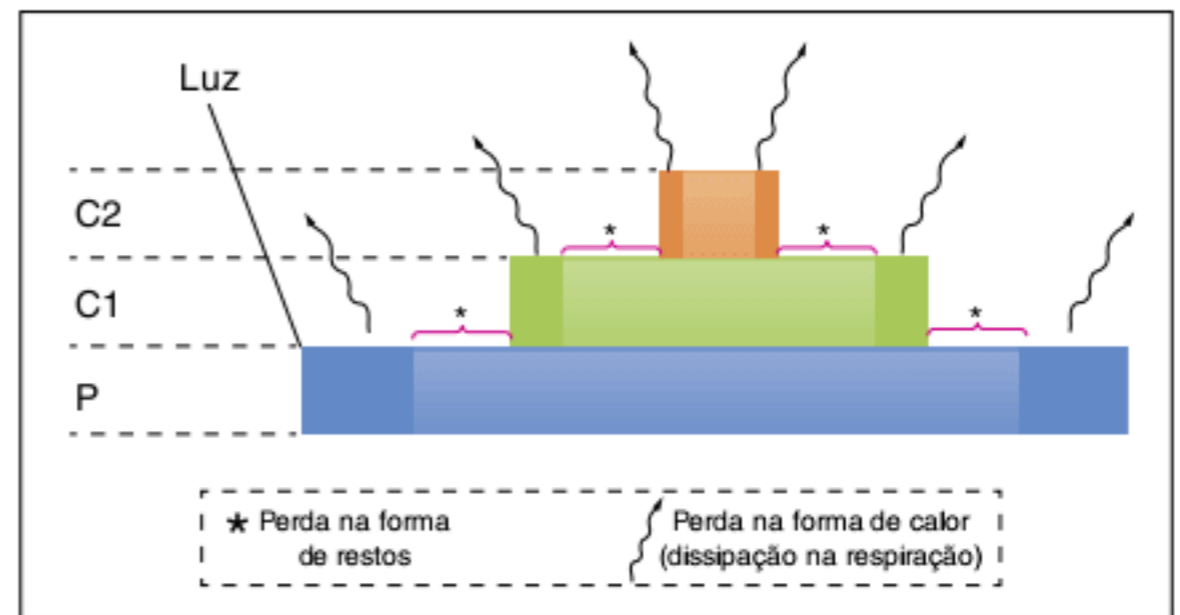


Fig. 10 Representação de pirâmide de energia e as perdas energéticas ao longo da cadeia alimentar.

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: corresponde a cerca de 97% 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, nos rios e nos lagos salgados;
- 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).

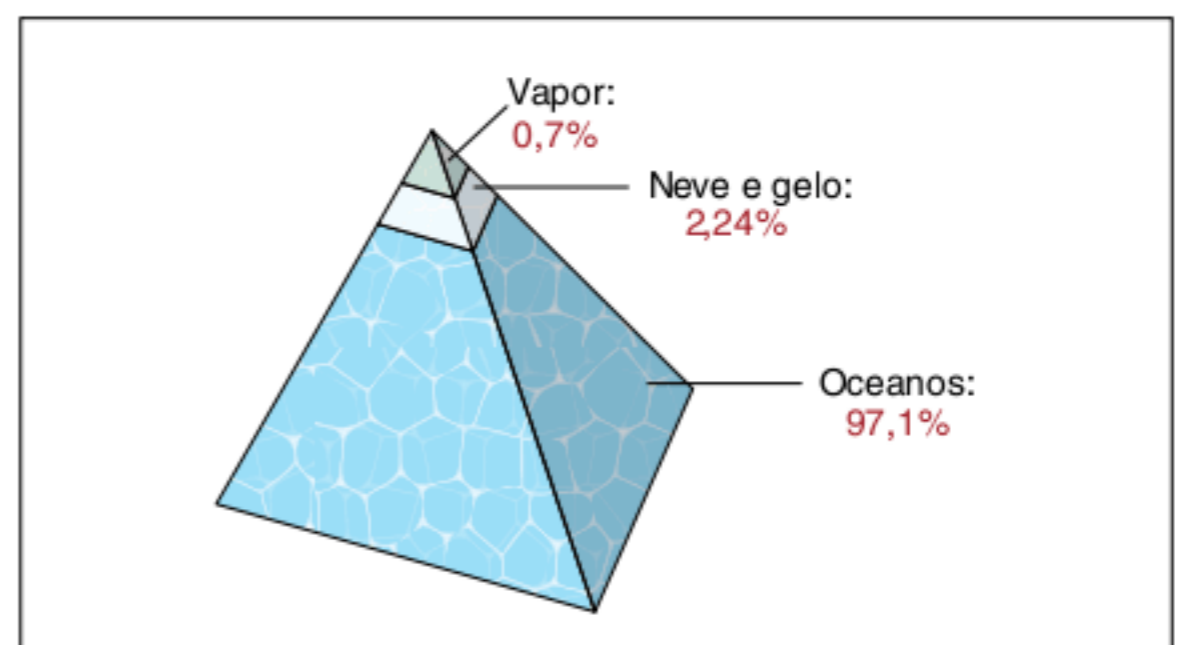


Fig. 11 Cerca de 70% da água doce do planeta encontra-se na forma de neve e de gelo.

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).

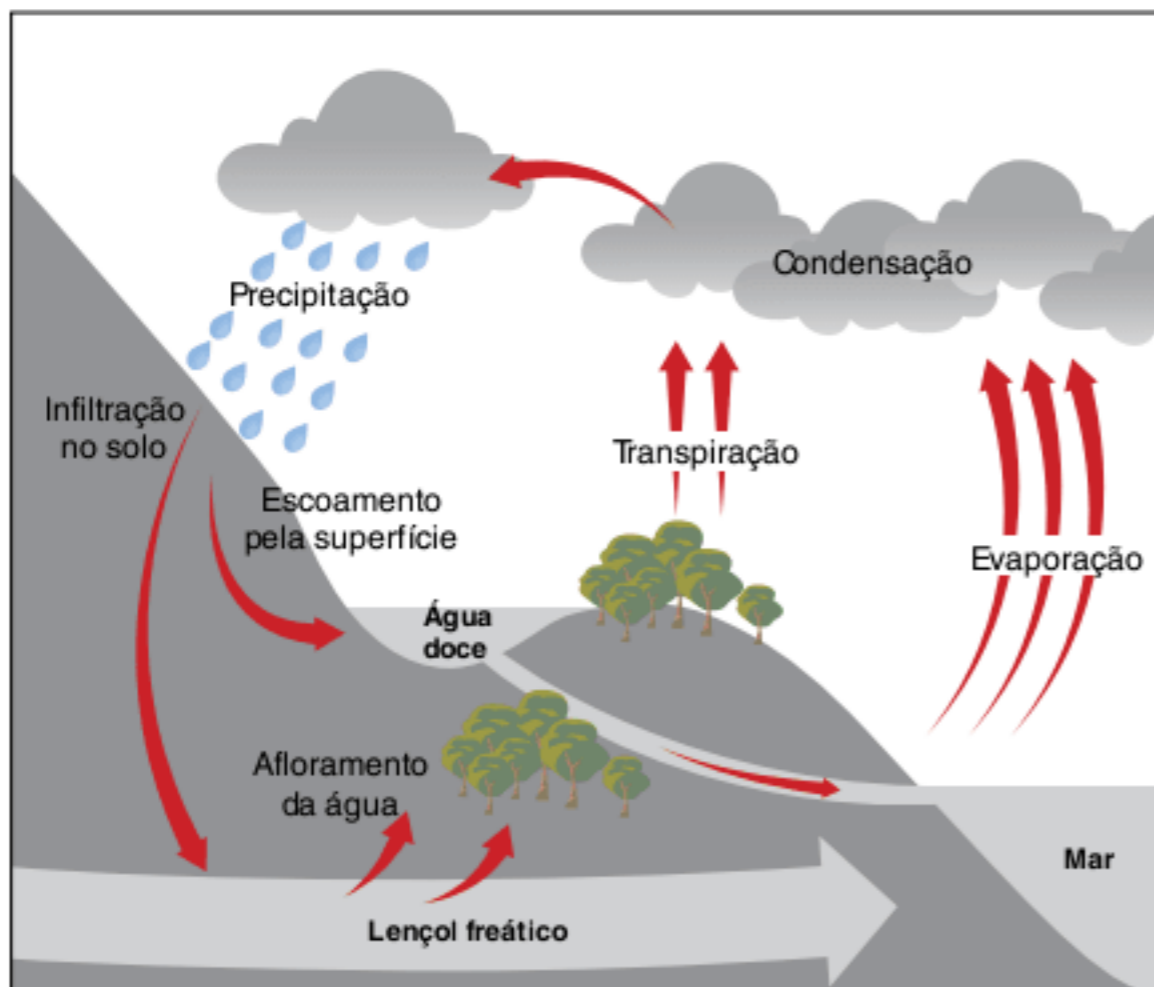


Fig. 12 Representação do ciclo da água na natureza.

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. **Evapotranspiração** 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).

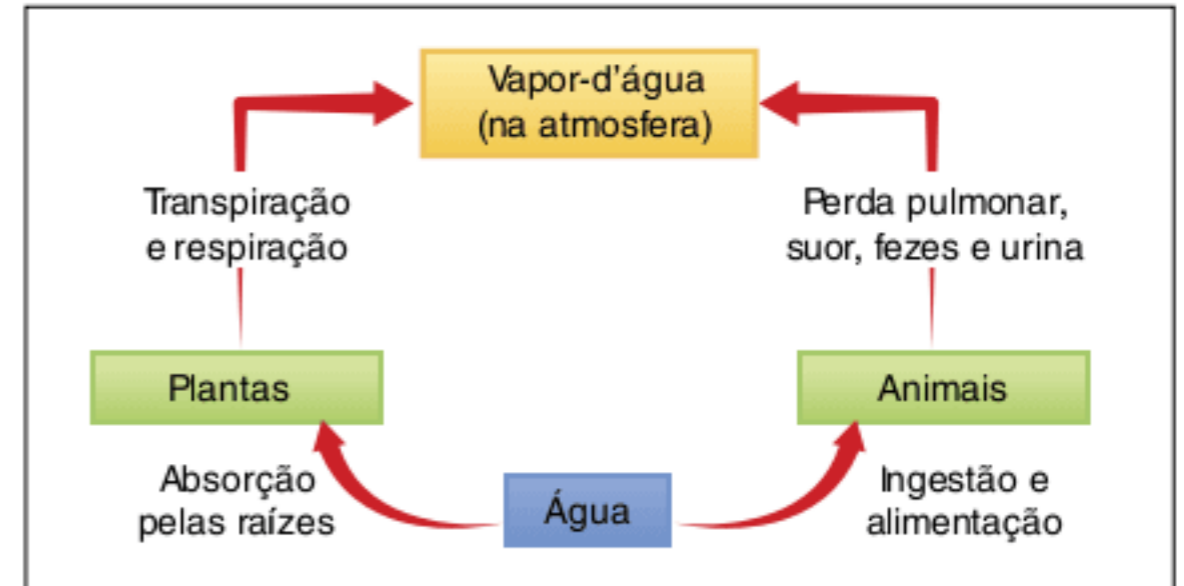


Fig. 13 Participação dos seres vivos no ciclo da água.

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).

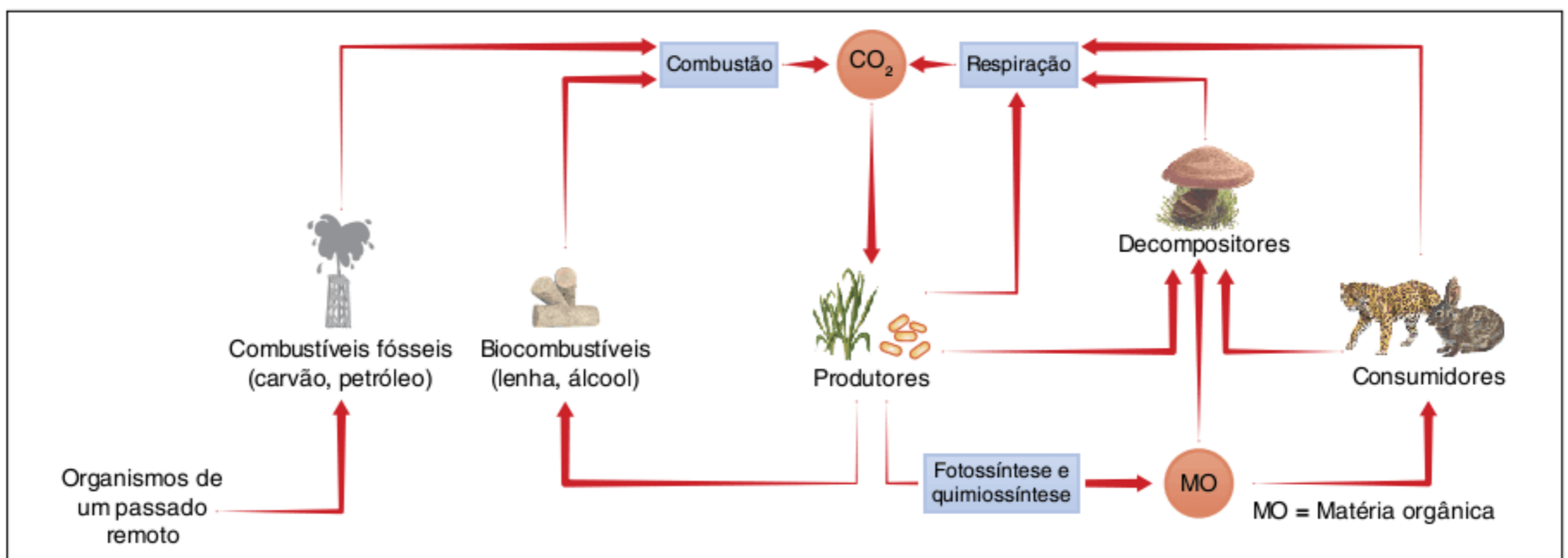


Fig. 14 Ciclo do carbono na natureza.

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, 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).

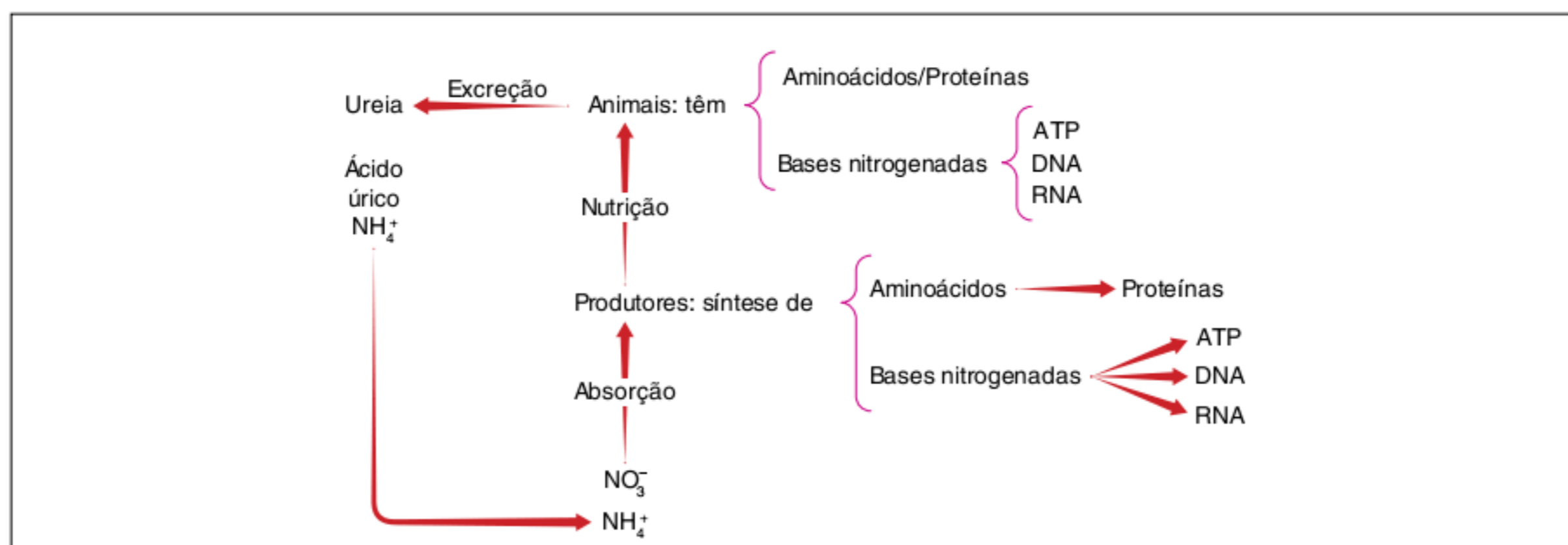


Fig. 15 Plantas retiram materiais inorgânicos nitrogenados do solo e produzem substâncias orgânicas nitrogenadas, as quais são empregadas na alimentação de animais. A excreção animal libera substâncias nitrogenadas que podem ser utilizadas pelas plantas.

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).

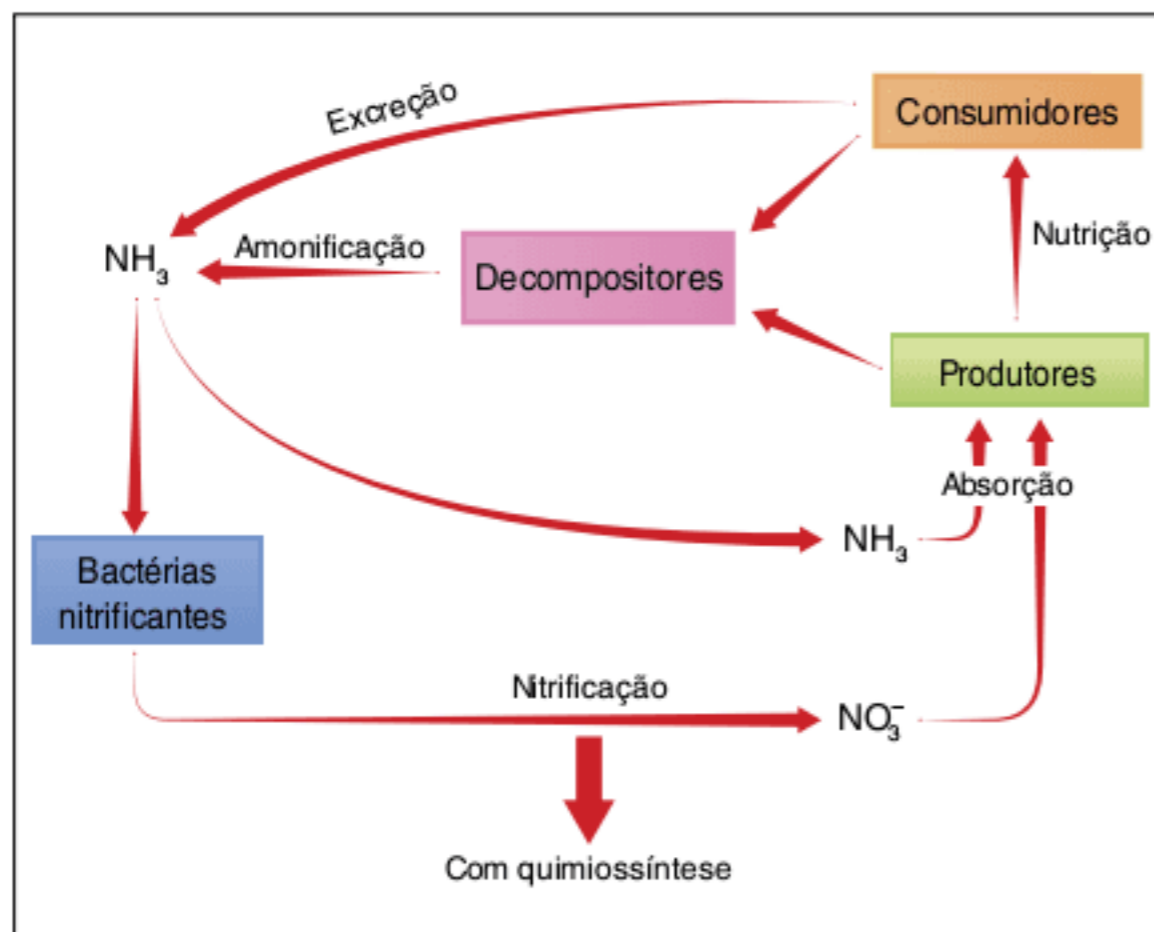


Fig. 16 A amônia gerada na excreção e na amonificação é utilizada na nitrificação, processo que produz nitrato.

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).

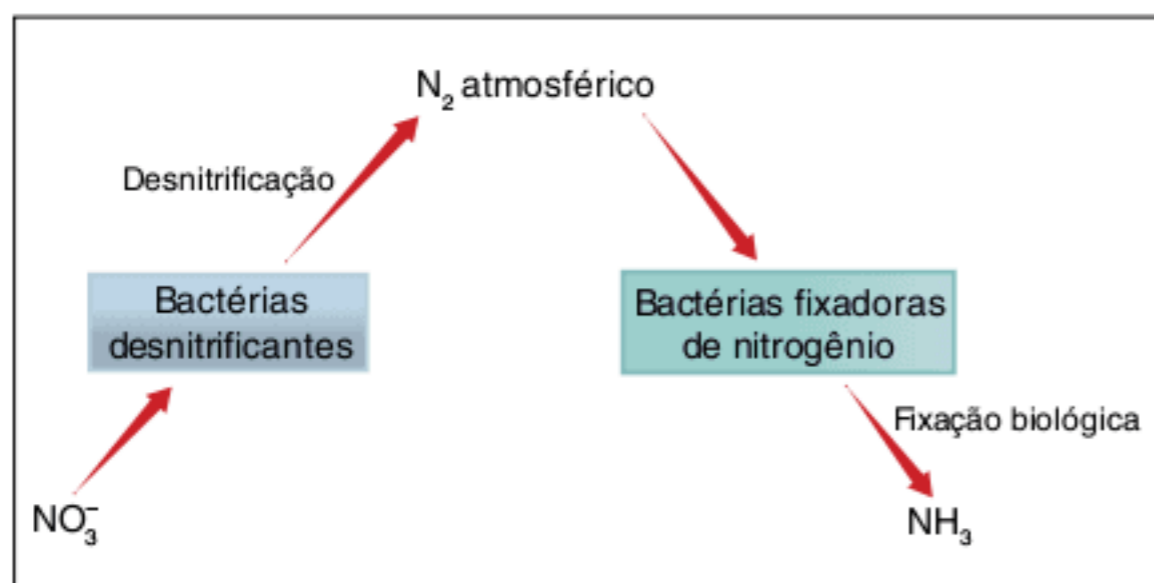


Fig. 17 O nitrogênio atmosférico gerado na desnitrificação e convertido em amônia pela fixação biológica.

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).

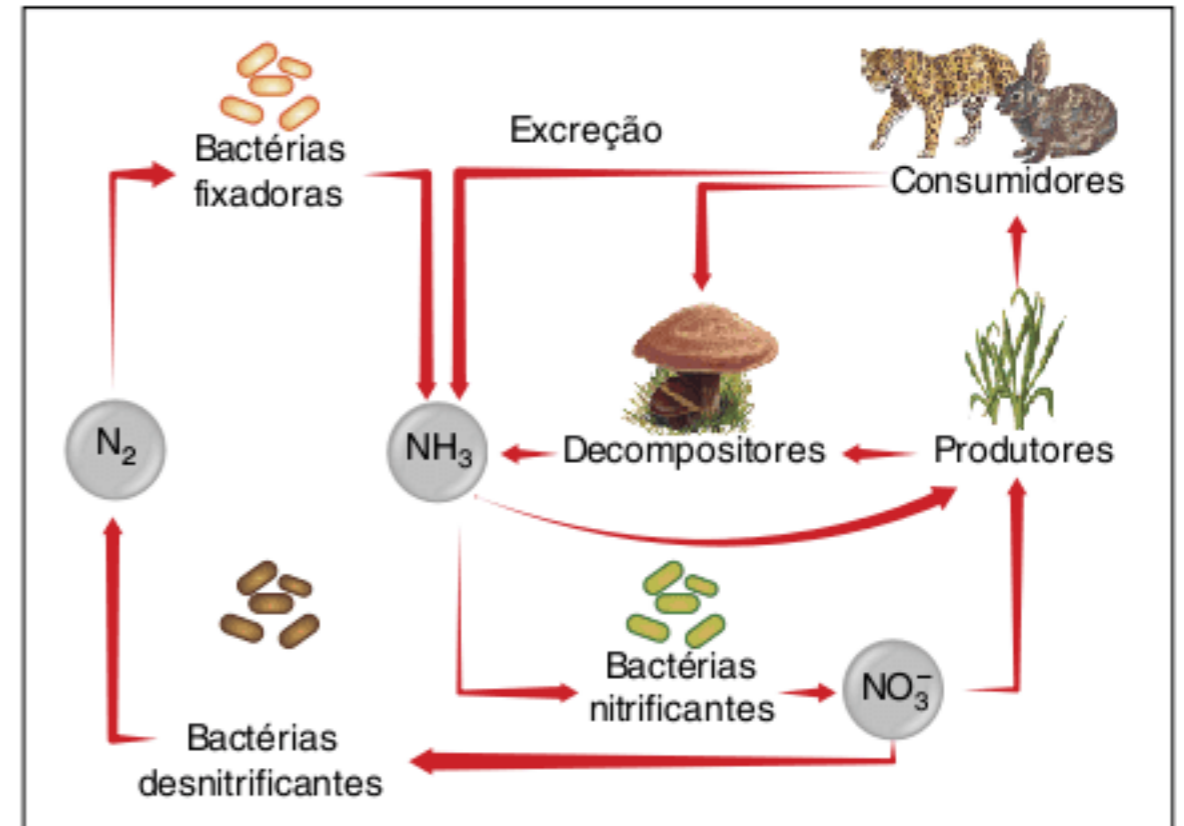


Fig. 18 Aspectos principais do ciclo do nitrogênio na natureza.



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.

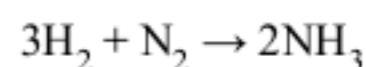
Os rizóbios (principalmente do gênero *Rhizobium*) vivem associados a raízes de **leguminosas** (feijão, soja, ervilha, lentilha, pau-brasil). Essas bactérias invadem a raiz de uma leguminosa e se multiplicam no interior de células, provocando a formação de um nódulo (uma dilatação) com grande quantidade 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.

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).

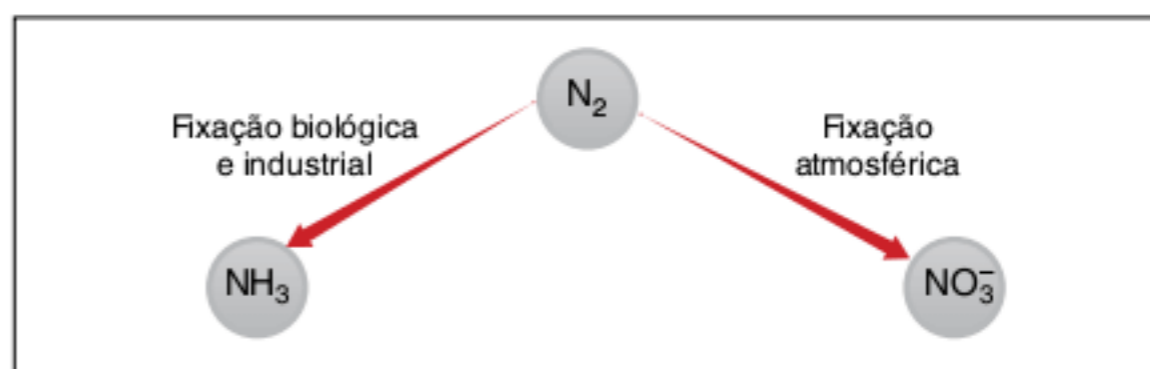


Fig. 20 Modalidades de fixação de nitrogênio.

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-d'água. Na natureza, quais são os processos principais de formação de vapor e de sua conversão em água líquida?

7 Quais são os dois maiores estoques de água no planeta?

8 Cite os meios pelos quais as plantas e os animais obtêm e perdem água.

9 Quais são os processos pelos quais o gás carbônico é convertido em matéria orgânica?

10 De que maneiras ocorre a liberação de gás carbônico pela atividade de seres vivos?

11 Quais são as duas modalidades de combustíveis que o ser humano utiliza? Qual é o tipo considerado renovável?

12 As plantas absorvem nitrogênio inorgânico sob duas formas principais. Quais são elas?

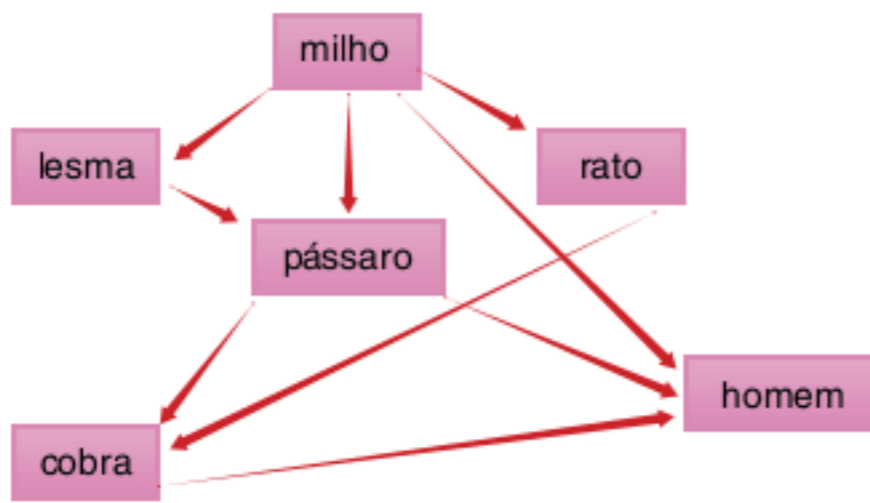
13 Quais são as principais substâncias orgânicas nitrogenadas sintetizadas pelas plantas?

14 Escreva as transformações de substâncias nitrogenadas que ocorrem nos processos de decomposição (amonificação), nitrificação, desnitrificação e fixação biológica. Qual desses processos está associado à realização de quimiossíntese?

15 Qual é a importância das leguminosas para o ciclo do nitrogênio?

Exercícios propostos

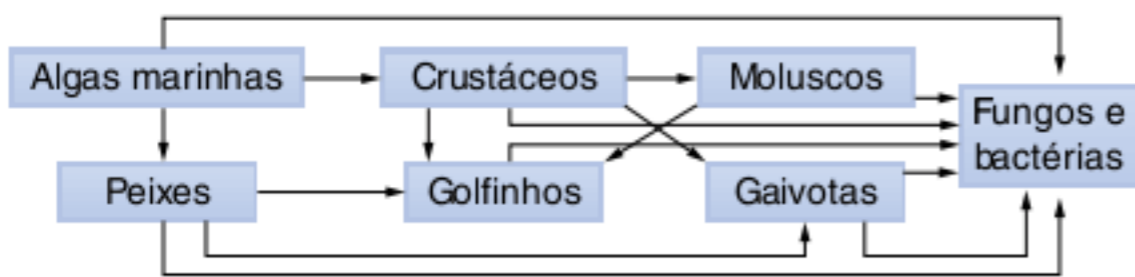
1 CFTMG 2006 Analise a teia alimentar a seguir.



O único consumidor de primeira, segunda e terceira ordens é o (a):

- (a) pássaro.
- (b) homem.
- (c) lesma.
- (d) cobra.

2 PUC-Rio 2009 O estudo da comunidade biótica do ecossistema marinho de uma faixa litorânea revelou o esquema montado a seguir.



Quais indivíduos ocupam o mesmo trófico nesta teia alimentar?

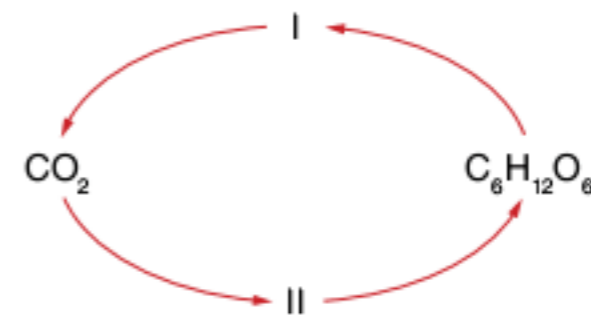
- (a) Algas marinhas, fungos e bactérias.
- (b) Peixes, crustáceos e moluscos.
- (c) Golfinhos, moluscos e gaivotas.
- (d) Peixes, golfinhos e gaivotas.
- (e) Algas marinhas, crustáceos e moluscos.

3 UEPG 2008 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 =

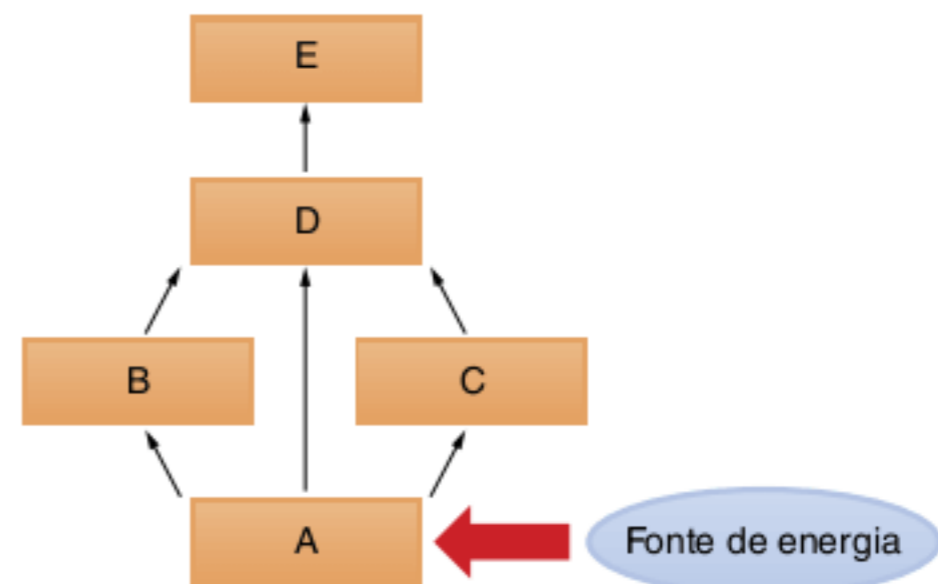
4 UFSM 2002 Observe o esquema a seguir, que é uma simplificação do ciclo do carbono.



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 2006 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 2008 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 UFRN 2002 Professor Astrogildo combinou com seus alunos visitar uma região onde ocorria extração de minério a céu aberto, com a intenção de mostrar os efeitos ambientais produzidos por aquela atividade. Durante o trajeto, professor Astrogildo ia propondo desafios a partir das situações do dia-a-dia vivenciadas ao longo do passeio. Algumas das questões propostas por professor Astrogildo estão apresentadas a seguir para que você responda.

Professor Astrogildo chamou atenção para a quantidade de biomassa que era produzida atualmente, dizendo que isso alterava as pirâmides ecológicas da região. Quando comparadas com as pirâmides que havia antes da exploração do minério, uma característica observada seria a:

- (a) maior densidade populacional de predadores.
- (b) menor conversão de energia solar.
- (c) base mais larga na pirâmide de energia.
- (d) extinção dos consumidores primários.

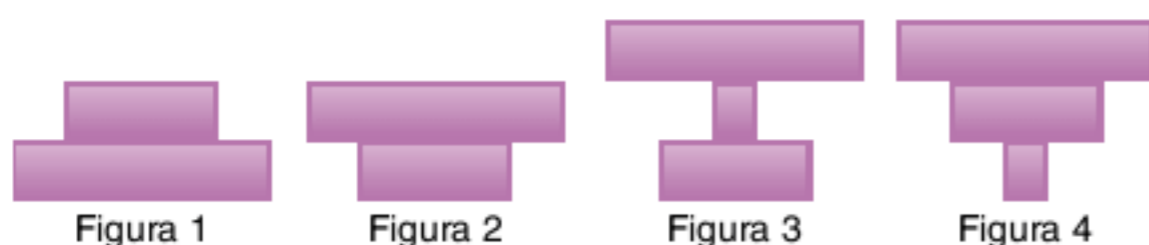
8 Cesgranrio 1993 A pirâmide ecológica que representa os níveis tróficos de um ecossistema pode apresentar-se invertida, como mostra o esquema a seguir.



Esta situação só não pode ocorrer quando esses níveis tróficos representarem:

- (a) o número de indivíduos presentes no ecossistema.
- (b) a quantidade de parasitas numa plantação.
- (c) a quantidade de matéria orgânica presente no corpo dos seres vivos.
- (d) a quantidade de energia que é transferida para cada elo da cadeia.
- (e) a biomassa do fitoplâncton em relação à do zooplâncton.

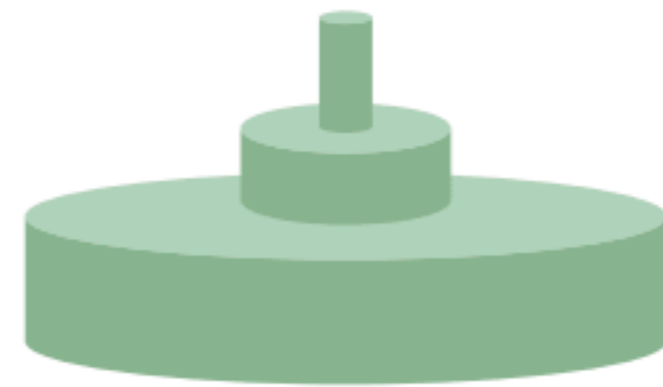
9 FGV 2008 As figuras a seguir apresentam pirâmides ecológicas que expressam, graficamente, a estrutura dos níveis tróficos de uma cadeia alimentar em termos de energia, biomassa ou número de indivíduos. A base das pirâmides representa os produtores, no primeiro nível trófico.



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 2004



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 CFTMG 2004 Sobre as relações entre os seres vivos, considere a pirâmide a seguir.



Com base nessa pirâmide, é correto afirmar que:

- (a) o homem comporta-se como consumidor secundário.
- (b) as pulgas com o homem mantêm uma relação de parasitismo.
- (c) a maior quantidade de energia está no consumidor secundário.
- (d) as pulgas ocupam o segundo nível trófico.

12 Puccamp 2002 Considere:

- I. maior acúmulo de energia
- II. maior biomassa
- III. maior número de indivíduos

Nos primeiros níveis tróficos de um ecossistema, no qual os produtores são gramíneas:

- (a) ocorre somente I.
- (b) ocorrem somente I e II.
- (c) ocorrem somente I e III.
- (d) ocorrem somente II e III.
- (e) ocorrem I, II e III.

13 UFRGS 2001 A figura abaixo apresenta uma pirâmide invertida de biomassa, onde os valores representam o peso seco/mL em cada nível trófico.



Assinale a alternativa que corresponde à cadeia trófica apresentada.

- (a) cana-de-açúcar → gafanhoto → sapo
- (b) alga → zooplâncton → peixe
- (c) pitangueira → sabiá → verme parasita
- (d) figueira → bugio → carrapato
- (e) eucalipto → abelha → ave

14 UFRGS 2006 Considerando que, nas pirâmides ecológicas apresentadas nas alternativas, P (produtor) = fitoplâncton, C1 (consumidor primário) = zooplâncton e C2 (consumidor secundário) = peixes, assinale a que representa uma pirâmide de biomassa.

- (a)
- (b)
- (c)
- (d)
- (e)

15 UFSCar 2001 O diagrama seguinte representa uma pirâmide de energia.



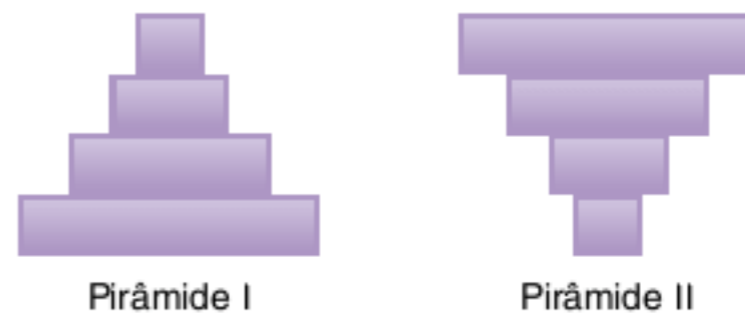
A largura de cada nível dessa pirâmide, quando analisada de baixo para cima, representa:

- (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 2003 Observe, inicialmente, as duas cadeias alimentares.

1. árvore → preguiças → pulgas → protozoários.
2. milho → roedores → cobras → gaviões.

Observe os modelos de pirâmides a seguir.



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 2008 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 CO₂ 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 2003 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:

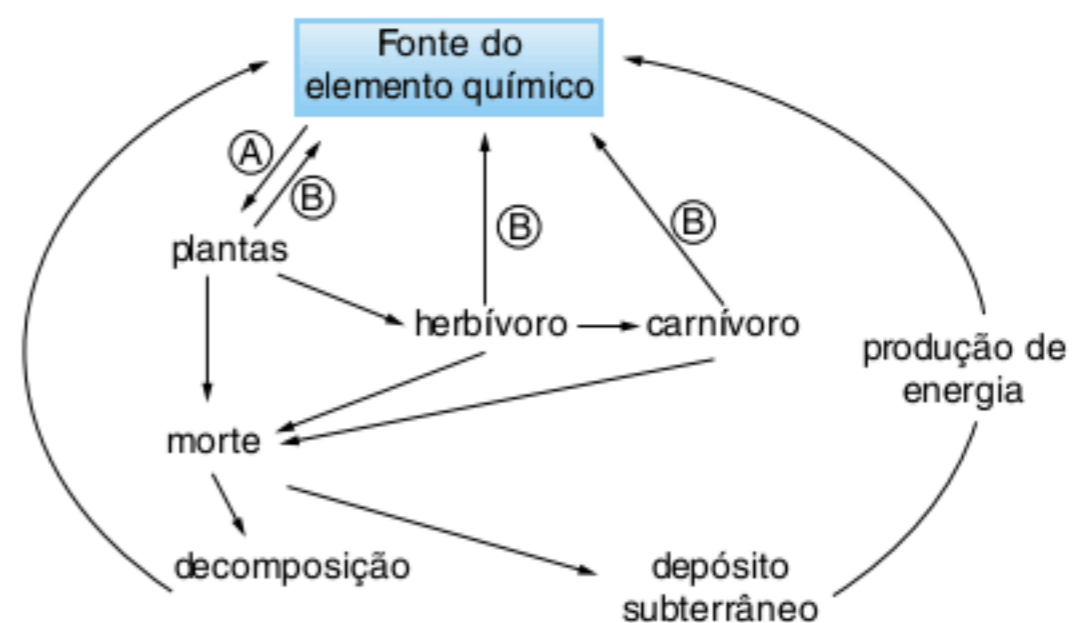
- (a) a quantidade total, mas não a qualidade da água disponível no planeta.
- (b) a qualidade da água e sua quantidade disponível para o consumo das populações.
- (c) a qualidade da água disponível, apenas no subsolo terrestre.
- (d) apenas a disponibilidade de água superficial existente nos rios e lagos.
- (e) o regime de chuvas, mas não a quantidade de água disponível no planeta.

19 Enem 2003 Do ponto de vista ambiental, uma distinção importante que se faz entre os combustíveis é serem provenientes ou não de fontes renováveis. No caso dos derivados de petróleo e do álcool de cana, essa distinção se caracteriza:

- (a) pela diferença nas escalas de tempo de formação das fontes, período geológico no caso do petróleo e anual no da cana.
- (b) pelo maior ou menor tempo para se reciclar o combustível utilizado, tempo muito maior no caso do álcool.

- (c) pelo maior ou menor tempo para se reciclar o combustível utilizado, tempo muito maior no caso dos derivados do petróleo.
- (d) pelo tempo de combustão de uma mesma quantidade de combustível, tempo muito maior para os derivados do petróleo do que do álcool.
- (e) pelo tempo de produção de combustível, pois o refino do petróleo leva dez vezes mais tempo do que a destilação do fermento de cana.

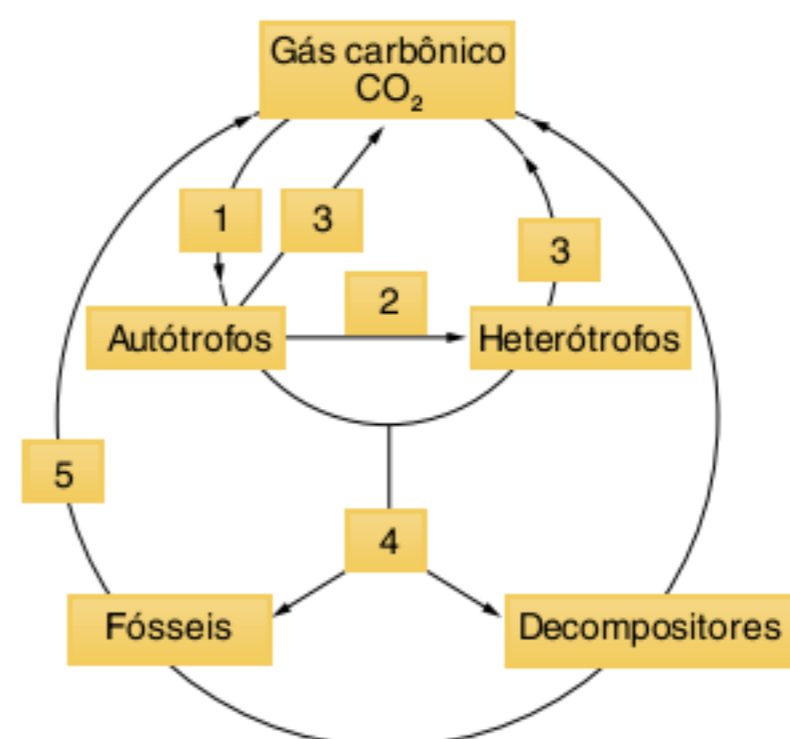
20 FGV 2009 Os organismos mantêm constante troca de matéria com o ambiente. Os elementos químicos são retirados do ambiente pelos organismos, utilizados e novamente devolvidos ao meio, definindo os chamados ciclos biogeoquímicos. A figura representa um desses ciclos.



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 2006 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 UFMG 2008 A fotossíntese e a respiração são processos fundamentais para a manutenção da biodiversidade na Terra. Considerando-se esses dois processos, é correto afirmar que ambos:

- (a) ocorrem em seres heterotróficos.
- (b) participam do ciclo do carbono.
- (c) produzem diferentes formas de energia.
- (d) se realizam alternadamente durante o dia.

23 CPS 2007 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 PUC-Rio 2008 Considerando que todos os seres vivos necessitam de uma fonte de carbono para construir suas moléculas orgânicas, a diferença essencial entre os autotróficos e heterotróficos, respectivamente, é:

- (a) usar carbono orgânico e carbono inorgânico.
- (b) usar carbono inorgânico e carbono orgânico.
- (c) usar carbono da água e do ar.
- (d) usar metano e gás carbônico.
- (e) realizar respiração aeróbica e fermentação.

25 Uece 2007 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 Puccamp 2005 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 Puccamp 2005 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 O_2 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 CO_2 liberado não consegue dissipar-se no exterior devido à camada líquida que o retém. Entre os microrganismos do solo estão os que atuam no ciclo do nitrogênio, como é o caso das bactérias que se associam às raízes das leguminosas. Elas:

- (a) devolvem N_2 para o ar.
- (b) absorvem N_2 do ar.
- (c) liberam amônia no solo.
- (d) transformam amônia em nitritos.
- (e) transformam nitritos em nitratos.

28 PUC-Rio 2007 As cianobactérias podem ser consideradas seres vivos autossuficientes porque são capazes de:

- (a) fixar tanto N_2 quanto CO_2 sob a forma de matéria orgânica.
- (b) absorver cálcio e nitrogênio diretamente das rochas.
- (c) fixar o H_2 atmosférico sob a forma de matéria orgânica.
- (d) degradar qualquer tipo de matéria inorgânica ou orgânica.
- (e) disponibilizar o fósforo para outros seres vivos.

29 PUC-Rio 2008 Johanna Dobreiner 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 2006 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 UFRGS 2007 Leia o texto a seguir.

No Alasca, o salmão é capturado pelos ursos durante a desova. As partes do peixe não consumidas pelos ursos servem de

alimento para outros animais e de fertilizante para as plantas. Já se observou que plantas ribeirinhas de regiões onde ursos se alimentam de salmão crescem três vezes mais do que plantas de outras áreas. Isso se deve ao fato de que as carcaças de peixe descartadas pelos ursos enriquecem o solo com um dos macronutrientes mais importantes para o crescimento das plantas.

Scott M. Gende; Thomas P. Quinn. "O salmão e a floresta". In: *Scientific American Brasil*, ano 5, n. 52, p. 86-91, set. 2006. (Adapt.).

A que macronutriente o texto se refere?

- (a) Ao ferro.
- (b) Ao zinco.
- (c) Ao cloro.
- (d) Ao nitrogênio.
- (e) Ao manganês.

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.

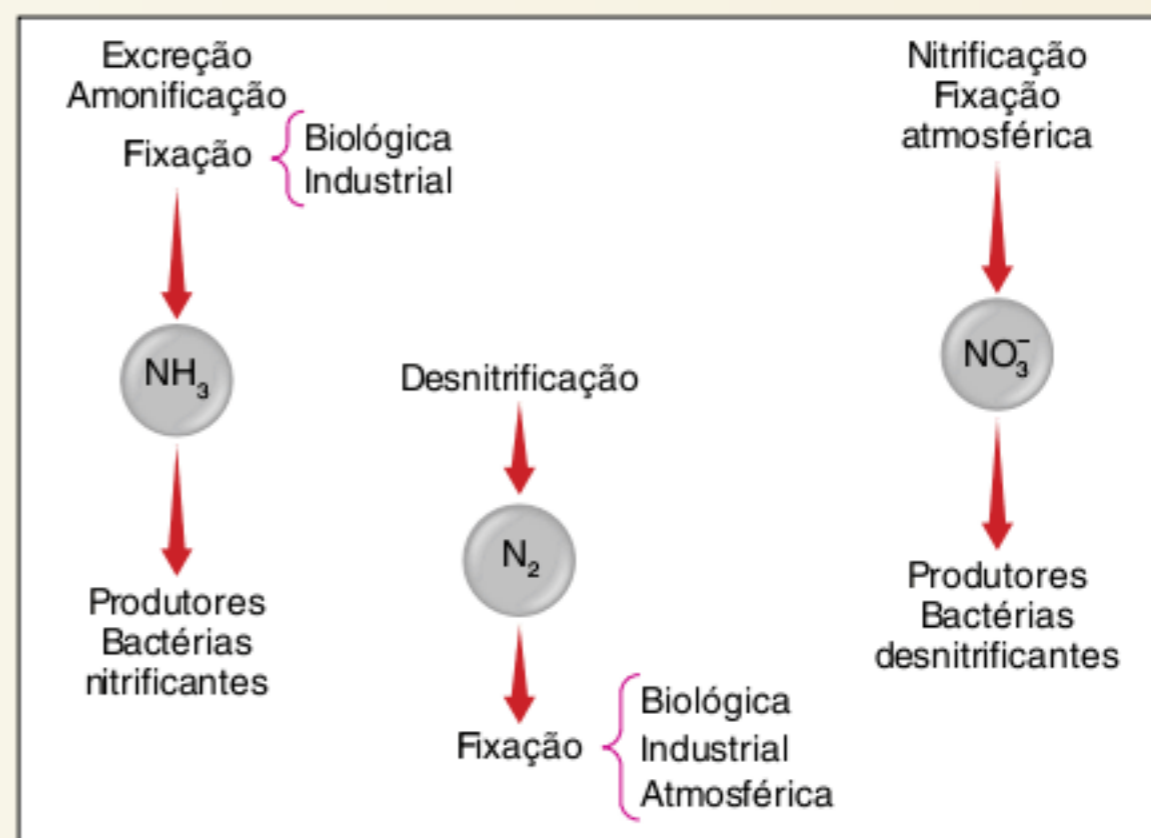
A nitrificação é um processo que converte amônia em nitrato. As bactérias que a realizam são quimiossintetizantes. Ela é dividida em duas etapas: nitrosação e nitratação. A **nitrosação** é realizada por bactérias do gênero *Nitrosomonas*, que convertem NH_3 em nitrito (NO_2^-), que é eliminado no ambiente, 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.



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.

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.



Materiais nitrogenados e processos envolvidos no ciclo do nitrogênio.

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 anaeróbica 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

Organismos atuantes na transformação dos materiais nitrogenados.

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.

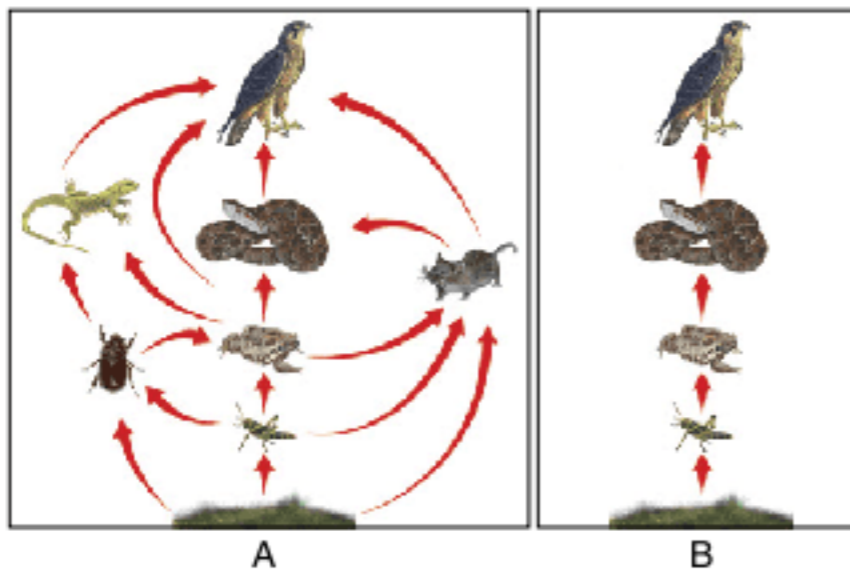
■ QUER SABER MAIS?



- Comunidades e dinâmica dos ecossistemas.
<www.emc.maricopa.edu/faculty/farabee/BIOBK/BioBookcommecosys.html>.

Exercícios complementares

1 UFJF 2006 (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 comunidade A corresponde a uma rede trófica e a comunidade B corresponde a uma cadeia trófica. Explique essa afirmativa.
- Qual das duas comunidades continuará funcionando após a perda de uma população de organismos consumidores? Justifique sua resposta.

2 UFU 2007 As teias alimentares representam a complexa rede de transferência de matéria e energia em um ecossistema.



Sobre a teia alimentar representada na figura, responda as seguintes questões.

- Um mesmo organismo pode ocupar diferentes níveis tróficos? Justifique sua resposta.

- Qual o componente biótico que necessariamente deve estar presente em um ecossistema e, no entanto, não foi representado na teia alimentar ilustrada? Qual o papel desse componente biótico no ecossistema?

3 Unifesp 2003 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 UFSC 2007 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).

- Se a população 3 desaparecer, espera-se que as populações 2 e 4 diminuam.
- A única população que ocupa mais de um nível trófico é a 3.
- A população 3 ocupa o primeiro nível trófico e a população 1 ocupa o último.
- Existem relações de predatismo e competição entre as populações 2 e 5.
- Todas as populações, exceto a 1, são carnívoras.
- A situação apresentada caracteriza uma teia com duas cadeias alimentares.

Soma =

5 UFPI 2001 Comparando-se os ecossistemas naturais com os artificiais, pode-se afirmar que:

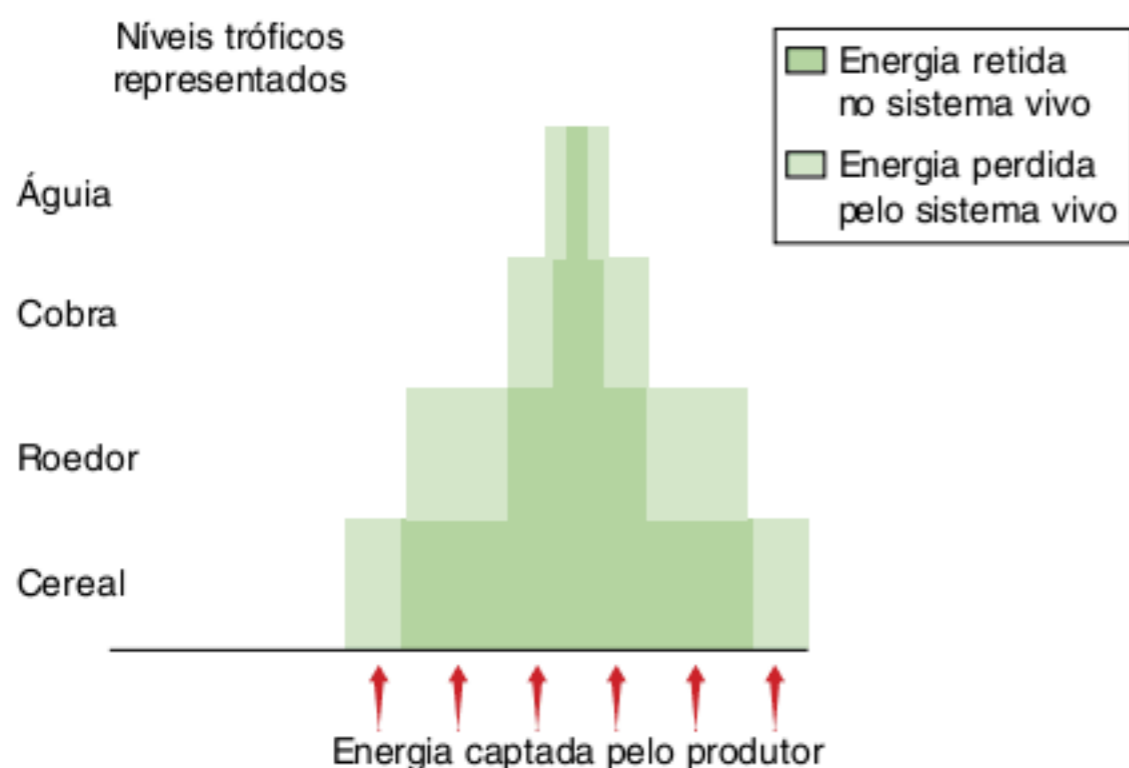
- I. devido à complexidade das teias alimentares dos ecossistemas naturais, esses possuem uma pequena biodiversidade quando comparados aos artificiais.
- II. as monoculturas apresentam teias alimentares mais simples devido à presença de poucos elementos bióticos, como os produtores.
- III. a simplicidade da teia alimentar, nos ecossistemas artificiais, favorece a concentração da ação de herbívoros sobre um único tipo de planta, surgindo então as pragas.

Da análise das afirmativas podemos assegurar que:

- (a) apenas I está correta.
- (b) I e II estão corretas.
- (c) II e III estão corretas.
- (d) apenas III está correta.
- (e) I e III estão corretas.

6 PUC-MG 2008 Os conceitos de cadeias alimentares e pirâmides ecológicas foram criados e descritos pela primeira vez em 1923 por Charles Elton durante suas observações da constituição e comportamento alimentar de toda uma comunidade animal em uma ilha do Ártico durante o verão. Com as pirâmides ele pôde elaborar explicações para o fato observável de que animais grandes são raros enquanto animais pequenos, comuns.

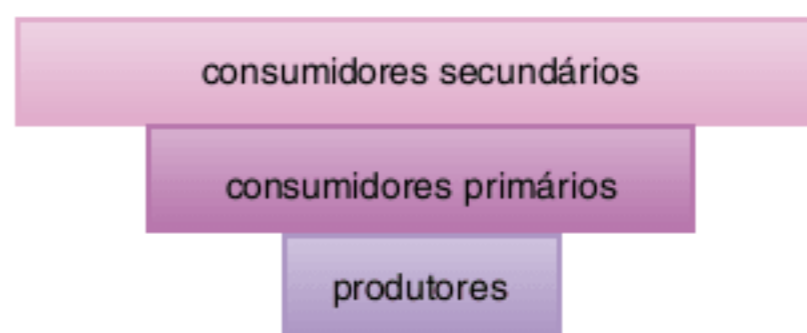
Hickman. *Princípios Integrados de Zoologia*. 11 ed. São Paulo: Guanabara-Koogan, 2004.



A figura mostra uma típica pirâmide de energia com quatro níveis tróficos em um ecossistema. Com base na figura e em seus conhecimentos sobre o assunto, assinale a afirmativa incorreta.

- (a) Cada organismo na natureza tem seu próprio balanço energético, que é o resultado entre energia obtida e energia retida na sua massa corporal.
- (b) Espera-se que o desaparecimento do último nível trófico, representado pela águia, determine o aumento de todos os níveis tróficos anteriores.
- (c) Parte da energia perdida por um consumidor pode ser decorrente da não digestão completa dos alimentos ingeridos.
- (d) É esperado que os roedores retenham um percentual menor da energia adquirida na sua alimentação do que as cobras, quando a temperatura ambiente é baixa.

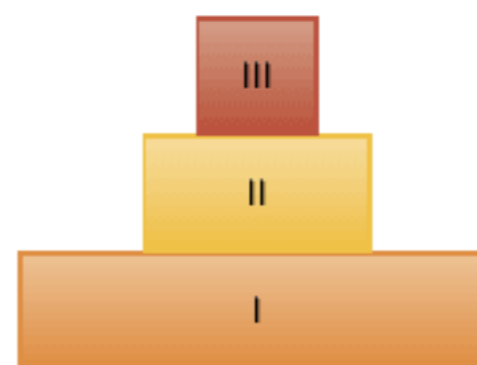
7 Uerj 2004 O gráfico a seguir é uma pirâmide ecológica e demonstra as relações tróficas em uma comunidade.



A alternativa que indica, respectivamente, o tipo de pirâmide e o aumento que ela representa é:

- (a) de biomassa – do peso seco em função do tamanho dos organismos.
- (b) de energia – do teor de calorías, pela maior velocidade de ciclagem.
- (c) de energia – das populações de consumidores primários e secundários.
- (d) de números – da quantidade de organismos, sem considerar a biomassa.

8 UFMS 2008 O diagrama a seguir representa uma pirâmide de energia. Com relação a essa pirâmide, assinale a alternativa correta.



- (a) O nível I representa os produtores.
- (b) No nível II, é encontrado um organismo decompositor.
- (c) A pirâmide poderia ter a forma invertida se representasse I – uma árvore, II – pulgões e III – protozoários.
- (d) A unidade utilizada para representar esse tipo de pirâmide é o número de indivíduos.
- (e) A maior quantidade de energia é encontrada no nível trófico II.

9 Unicamp 1999 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.

- a) Por que o volume de oxigênio é utilizado na avaliação da produtividade primária?
- b) Explique por que é necessário realizar testes com os dois tipos de garrafas.
- c) Quais são os organismos presentes na água do mar responsáveis pela produtividade primária?

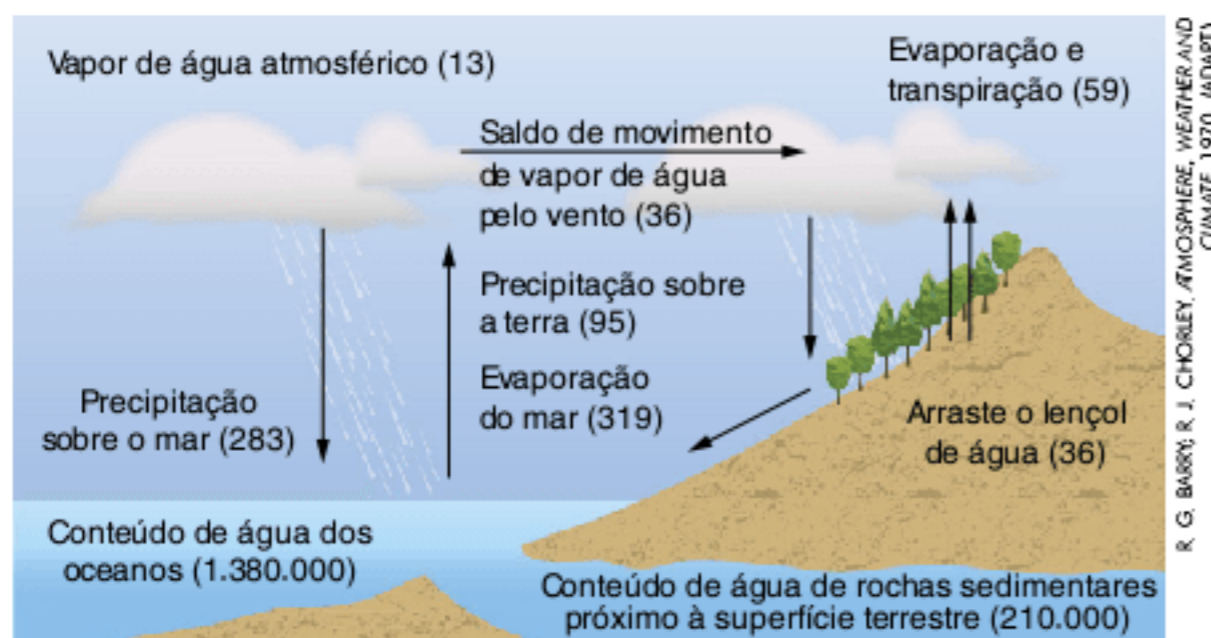
10 Unirio 2004 As pirâmides ecológicas podem ser de números, de biomassa ou de energia.



Observando as pirâmides simplificadas, representadas acima, podemos concluir que:

- (a) as três formas podem representar qualquer tipo de pirâmide, dependendo apenas das populações consideradas.
- (b) somente a pirâmide I pode ser de energia porque, levando em conta o tempo, sua forma não pode se apresentar invertida.
- (c) a pirâmide II não pode ser de biomassa porque ocorre grande perda na transferência de um nível trófico para outro.
- (d) a pirâmide III poderia ser uma pirâmide de números cujos níveis tróficos seriam grama/zebras/carrapatos.
- (e) o nível trófico correspondente aos produtores é representado pelo retângulo de maior área, em quaisquer das três pirâmides.

11 Unifesp 2004 Observe a figura que se refere ao ciclo da água em escala global.



Valores entre parênteses expressos em bilhões de bilhões de gramas [10¹⁴g] e bilhões de bilhões de gramas por ano.

Pela análise da figura, pode-se concluir que a quantidade de água que evapora por ano da superfície da Terra para a atmosfera _____ a quantidade precipitada. A energia _____ pela água promove sua evaporação. Posteriormente, a condensação do vapor formado _____ a energia potencial da água na forma de calor. A _____ e não a _____ determina o fluxo de água através do ecossistema.

Nesse texto, as lacunas devem ser preenchidas, respectivamente, por:

- (a) ... supera ... absorvida ... absorve ... precipitação ... evaporação
- (b) ... supera ... liberada ... libera ... evaporação ... precipitação
- (c) ... iguala ... liberada ... absorve ... precipitação ... evaporação
- (d) ... iguala ... liberada ... libera ... precipitação ... evaporação
- (e) ... iguala ... absorvida ... libera ... evaporação ... precipitação

12 Enem 2007 Nos últimos 50 anos, as temperaturas de inverno na Península Antártica subiram quase 6 °C. Ao contrário do esperado, o aquecimento tem aumentado a precipitação de neve. Isso ocorre porque o gelo marinho, que forma um manto impermeável sobre o oceano, está derretendo devido à elevação de temperatura, o que permite que mais umidade escape para a atmosfera. Essa umidade cai na forma de neve.

Logo depois de chegar a essa região, certa espécie de pinguins precisa de solos nus para construir seus ninhos de pedregulhos. Se a neve não derrete a tempo, eles põem seus ovos sobre ela. Quando a neve finalmente derrete, os ovos se encharcam de água e goram.

Scientific American Brasil, ano 2, n. 21, p. 80, 2004. (Adapt.).

Apartir do texto apresentado, analise as seguintes afirmativas.

- I. O aumento da temperatura global interfere no ciclo da água na Península Antártica.
- II. O aquecimento global pode interferir no ciclo de vida de espécies típicas de região de clima polar.
- III. A existência de água em estado sólido constitui fator crucial para a manutenção da vida em alguns biomas.

É correto o que se afirma:

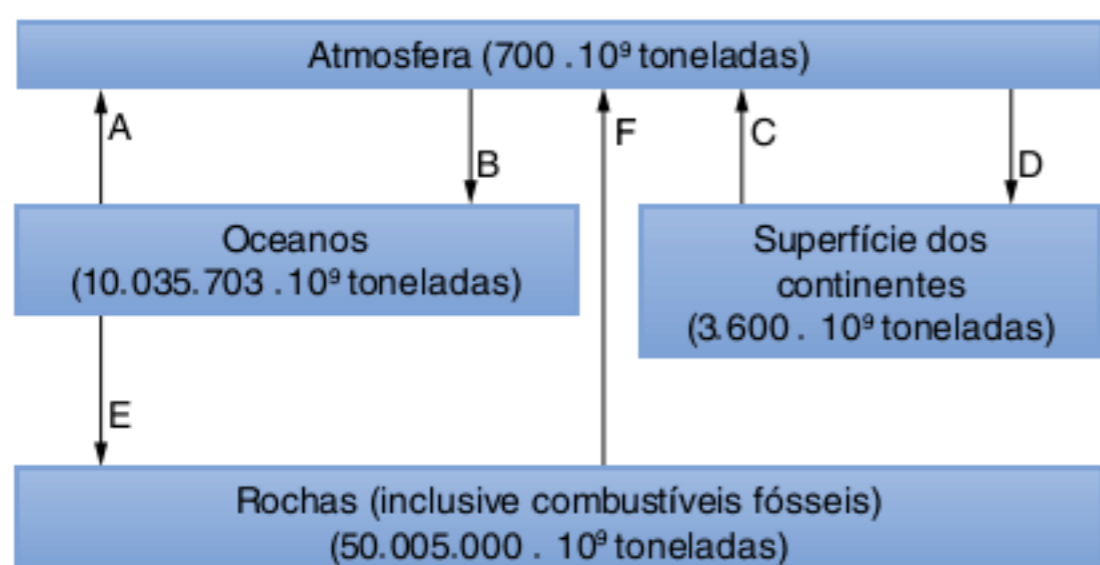
- (a) apenas em I.
- (b) apenas em II.
- (c) apenas em I e II.
- (d) apenas em II e III.
- (e) em I, II e III.

13 Enem 1998 O sol participa do ciclo da água, pois além de aquecer a superfície da Terra dando origem aos ventos, provoca a evaporação da água dos rios, lagos e mares. O vapor da água, ao se resfriar, condensa em minúsculas gotinhas, que se agrupam formando as nuvens, neblinas ou névoas úmidas. As nuvens podem ser levadas pelos ventos de uma região para outra. Com a condensação e, em seguida, a chuva, a água volta à superfície da Terra, caindo sobre o solo, rios, lagos e mares. Parte dessa água evapora retornando à atmosfera, outra parte escoar superficialmente ou infiltra-se no solo, indo alimentar rios e lagos. Esse processo é chamado de ciclo da água. Considere então as seguintes afirmativas.

- I. A evaporação é maior nos continentes, uma vez que o aquecimento ali é maior do que nos oceanos.
- II. A vegetação participa do ciclo hidrológico por meio da transpiração.
- III. O ciclo hidrológico condiciona processos que ocorrem na litosfera, na atmosfera e na biosfera.
- IV. A energia gravitacional movimenta a água dentro do seu ciclo.
- V. O ciclo hidrológico é passível de sofrer interferência humana, podendo apresentar desequilíbrios.

- (a) Somente a afirmativa III está correta.
- (b) Somente as afirmativas III e IV estão corretas.
- (c) Somente as afirmativas I, II e V estão corretas.
- (d) Somente as afirmativas II, III, IV e V estão corretas.
- (e) Todas as afirmativas estão corretas.

14 Fuvest 2002 No esquema a seguir, os retângulos representam os quatro maiores reservatórios do elemento carbono em nosso planeta e as setas indicam o fluxo do carbono entre esses reservatórios.

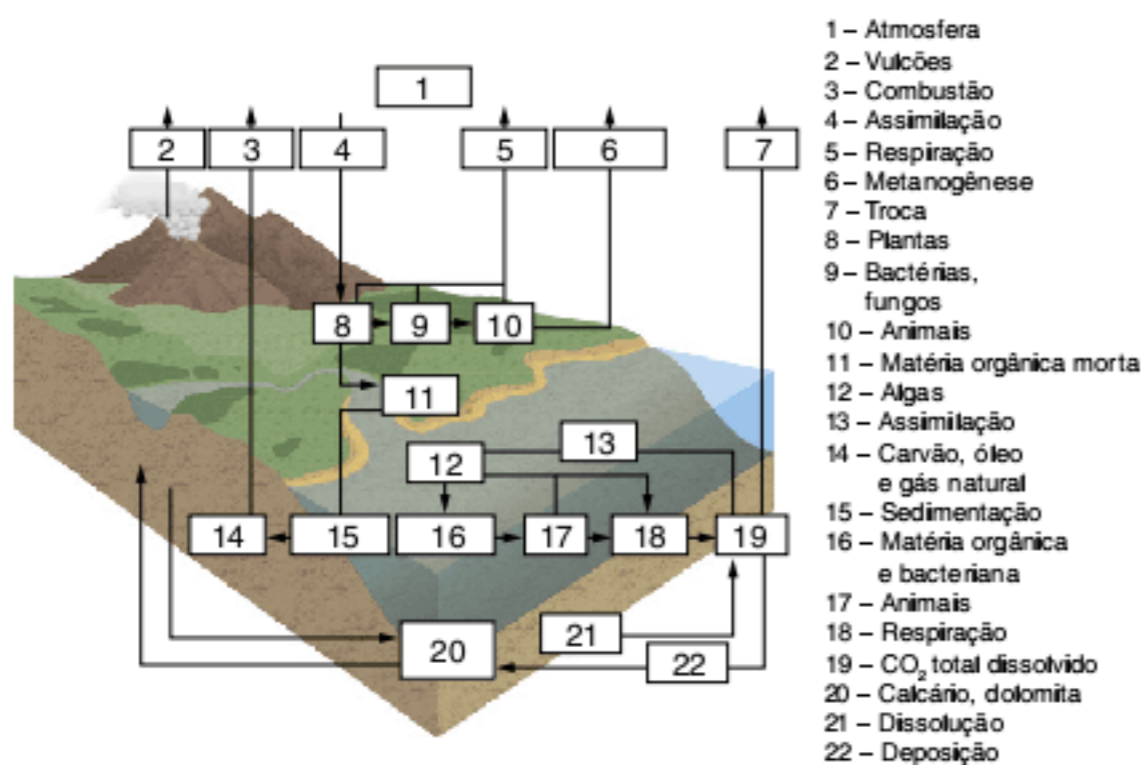


Baseado em: J. K. Trabalka & D. E. Reichle (eds.). *The Changing Carbon Cycle: a global analysis*. Springer: Nova York, Springe, 1986.

Indique, justificando:

- os fluxos que incluem os processos de fotossíntese, respiração aeróbica e fermentação, realizados pelos seres vivos atuais.
- o fluxo que é diretamente afetado pelas usinas termoelétricas a carvão mineral.

15 Uerj 2004 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.).

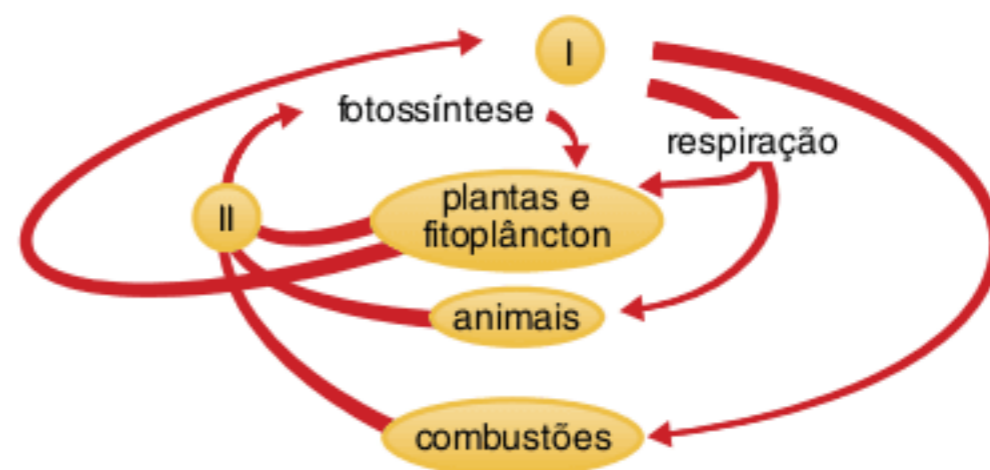
- Nomeie e descreva o processo de transferência que é acelerado pela ação do ser humano.
- Explique como o desequilíbrio no ciclo do carbono causado por essa ação antropogênica pode afetar a temperatura terrestre.

16 Ufes 2002 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:

- os autótrofos e os heterótrofos devolvem o carbono à atmosfera na forma de CO_2 , através da respiração ou da fotossíntese.

- o dióxido de carbono atmosférico absorvido pelos animais entra na síntese dos carboidratos que, juntamente com proteínas e lipídeos, formam os seus tecidos.
- 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.
- as bactérias dos nódulos radiculares fixam o carbono atmosférico e fornecem parte dele à planta hospedeira.
- o carbono é incorporado ao esqueleto dos vertebrados e de alguns invertebrados, como os foraminíferos e moluscos.

17 UFSC 2000 O esquema a seguir representa, de forma simplificada, os ciclos do carbono e do oxigênio.

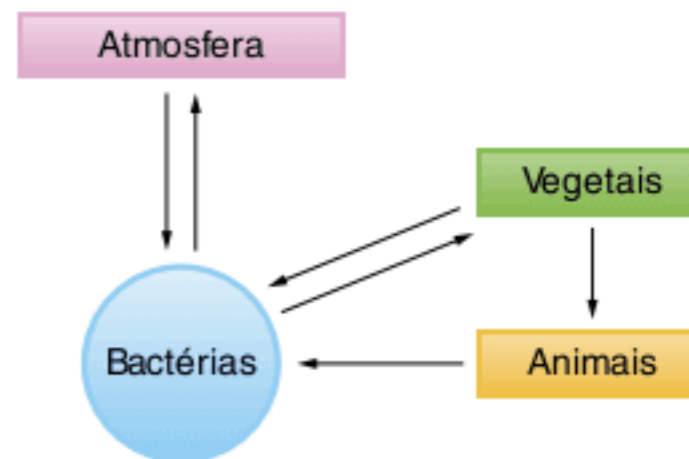


Assinale a(s) proposição(ões) correta(s).

- I e II representam, respectivamente, o O_2 e o CO_2 .
- A necessidade de O_2 para a respiração explica o aparecimento dos animais antes dos vegetais na Terra.
- Praticamente, todo o oxigênio livre da atmosfera e da hidrosfera tem origem biológica, no processo de fotossíntese.
- O oxigênio se encontra no meio abiótico como integrante do ar atmosférico, ou no meio biótico como constituinte das moléculas orgânicas dos seres vivos.
- Alguns fatores, como excessivas combustões sobre a superfície da terra, têm determinado o aumento gradativo de taxa de CO_2 na atmosfera.
- A manutenção das taxas de oxigênio e gás carbônico no ambiente depende de dois processos opostos: a fotossíntese e a respiração.

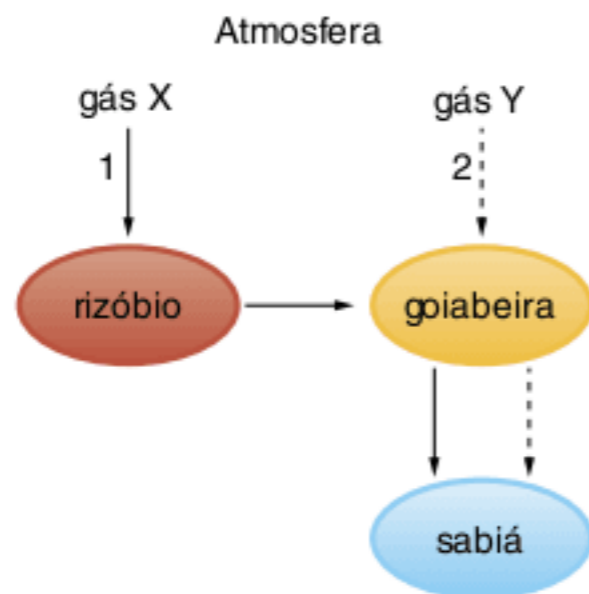
Soma =

18 Fuvest 2004



- O esquema mostra, de maneira simplificada, o ciclo de que elemento químico?
- Que informação, dada pelo esquema, permite identificar esse elemento químico?
- Cite duas classes de macromoléculas presentes nos seres vivos, que contenham esse elemento químico.

19 Uerj 2007 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 2004 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 2005 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?

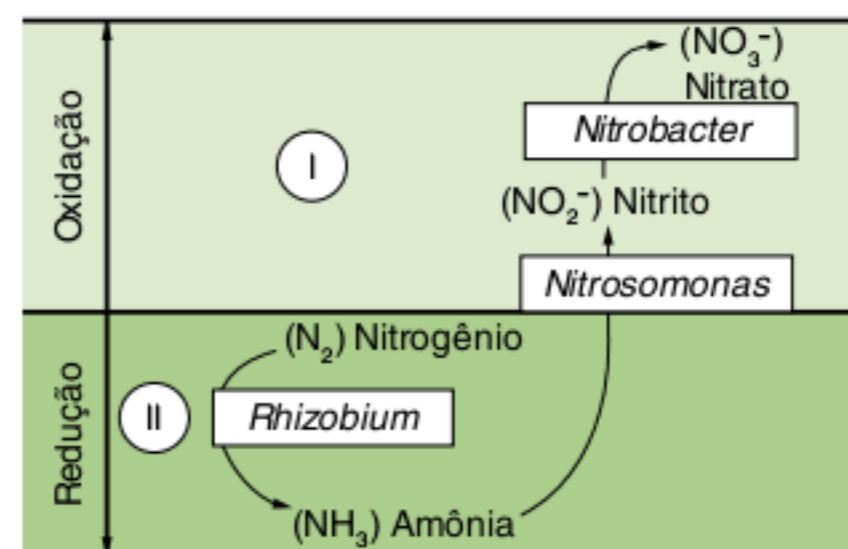
22 Udesc 2009 Com relação aos ciclos biogeoquímicos, analise as seguintes afirmativas.

- 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-d'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-MG 2006 O esquema ilustra um importante ciclo biogeoquímico fundamental para a manutenção da vida em nosso planeta.



Analise 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 UFSM 2005 Veja algo curioso, retirado de uma revista de jardinagem.

Você já percebeu como a chuva com relâmpagos deixa tudo mais verde? Algumas pessoas dizem que o relâmpago é o céu namorando com a terra.

Horta é Saúde, 1998.

Esse fenômeno, verdade ou ficção, relaciona-se com a fixação atmosférica do _____ que, estando disponível às plantas, permite a formação de proteínas e ácidos nucleicos.

Assinale a alternativa que completa corretamente a lacuna.

- (a) cálcio
- (b) nitrogênio
- (c) fósforo
- (d) potássio
- (e) cobre

25 UEPG 2008 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 2007 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 consequente redução da absorção desse íon pelas plantas.
- (b) elevação de nitrito no solo e consequente intoxicação dos microrganismos.

- (c) aumento do processo de nitrificação com consequente 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 consequente diminuição da síntese de clorofila.

Populações, comunidades e sucessão ecológica

5

FRENTE 2

VINCENT VAN GOGH



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).

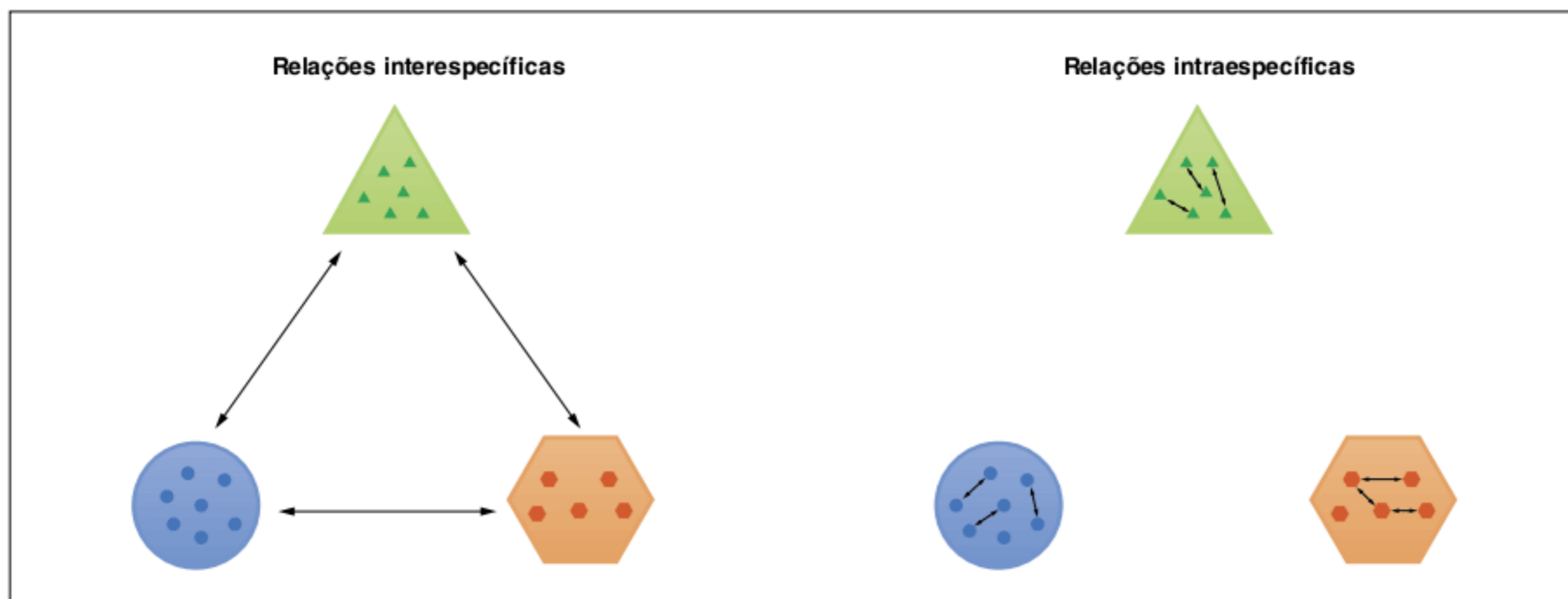


Fig. 1 As relações ecológicas ocorrem entre seres da mesma espécie (intraespecíficas) e entre seres de diferentes espécies (interespecíficas).

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).

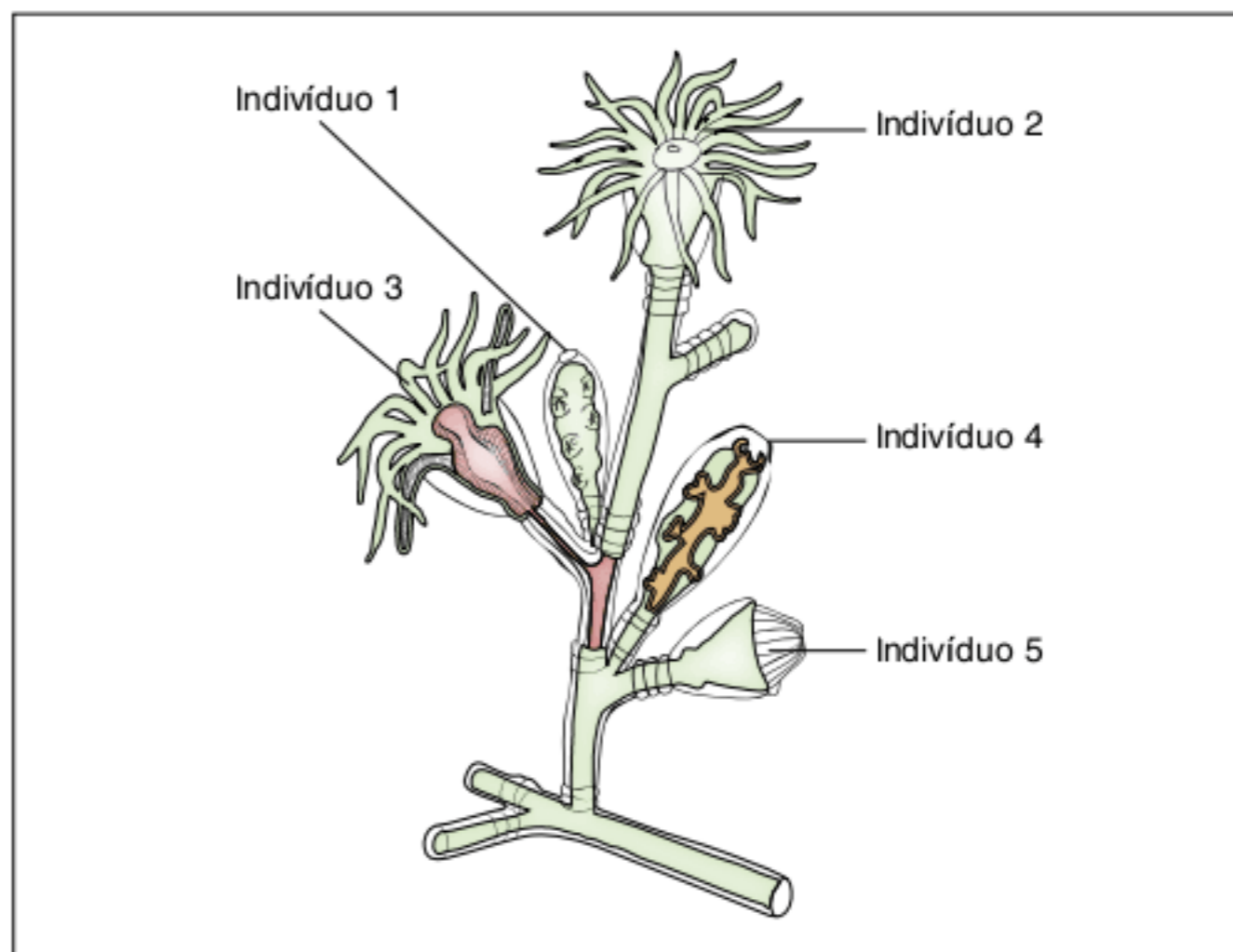


Fig. 2 Colônia de cnidários.

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. 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).

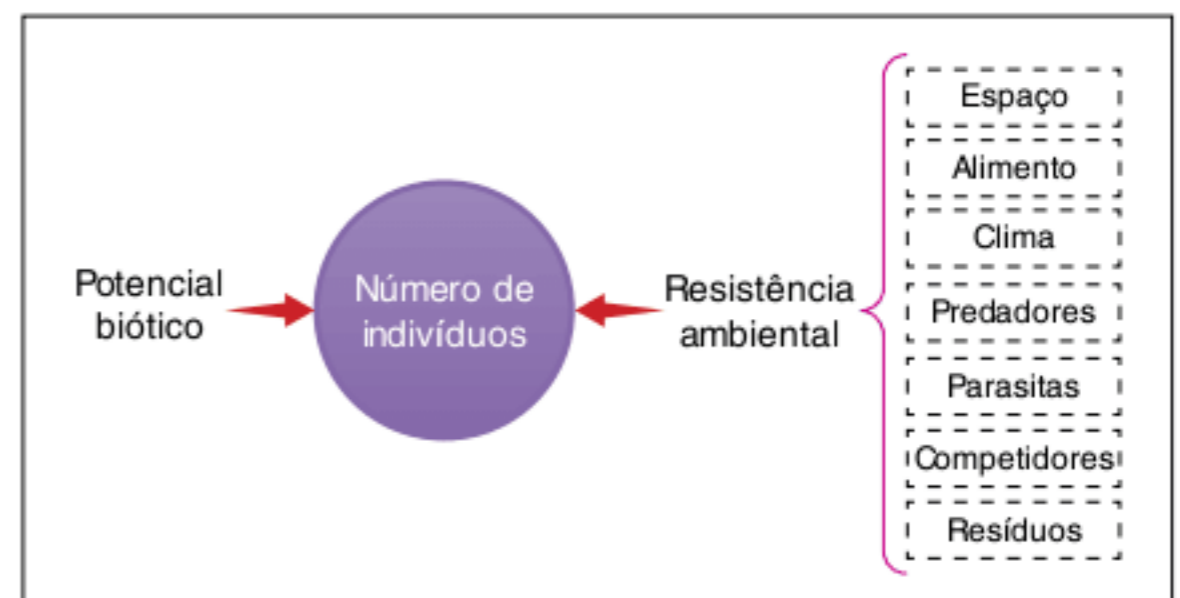


Fig. 5 O número de indivíduos de uma população é o resultado da interação do potencial biótico com a resistência ambiental.

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 sendo 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 ela 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**.

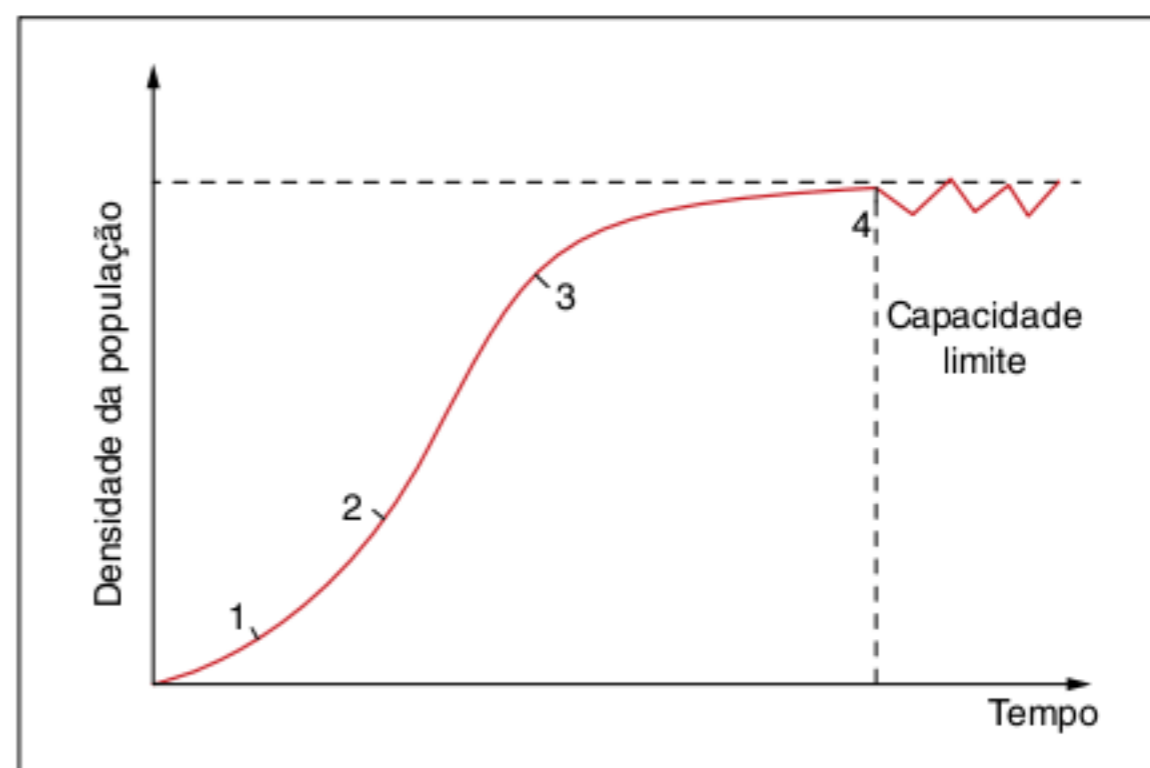


Fig. 7 Curva sigmoide (em forma de “S”), ou logística, representativa do crescimento populacional. Podem ser reconhecidas quatro fases: 1 – pequeno crescimento inicial; 2 – crescimento muito rápido; 3 – diminuição no ritmo de crescimento; 4 – estabilização da população.

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).

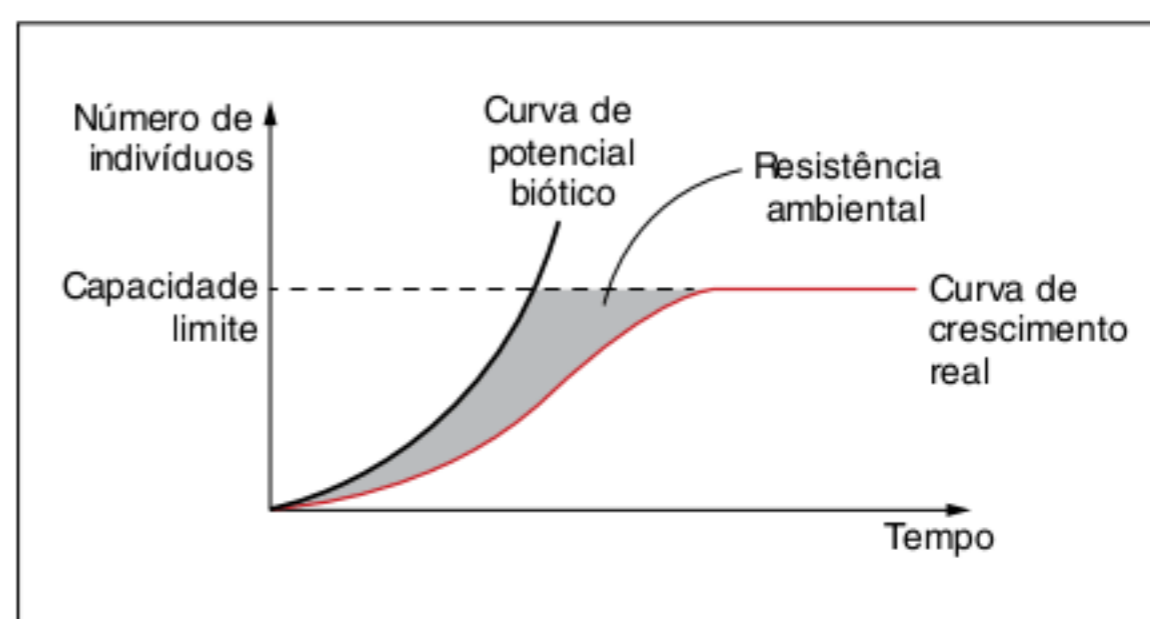


Fig. 8 A curva logística representa seu crescimento real; a curva do seu potencial biótico representa o crescimento que a população teria sem a ação da resistência ambiental. A área entre as duas curvas representa a força da resistência ambiental.

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 paramécios 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.

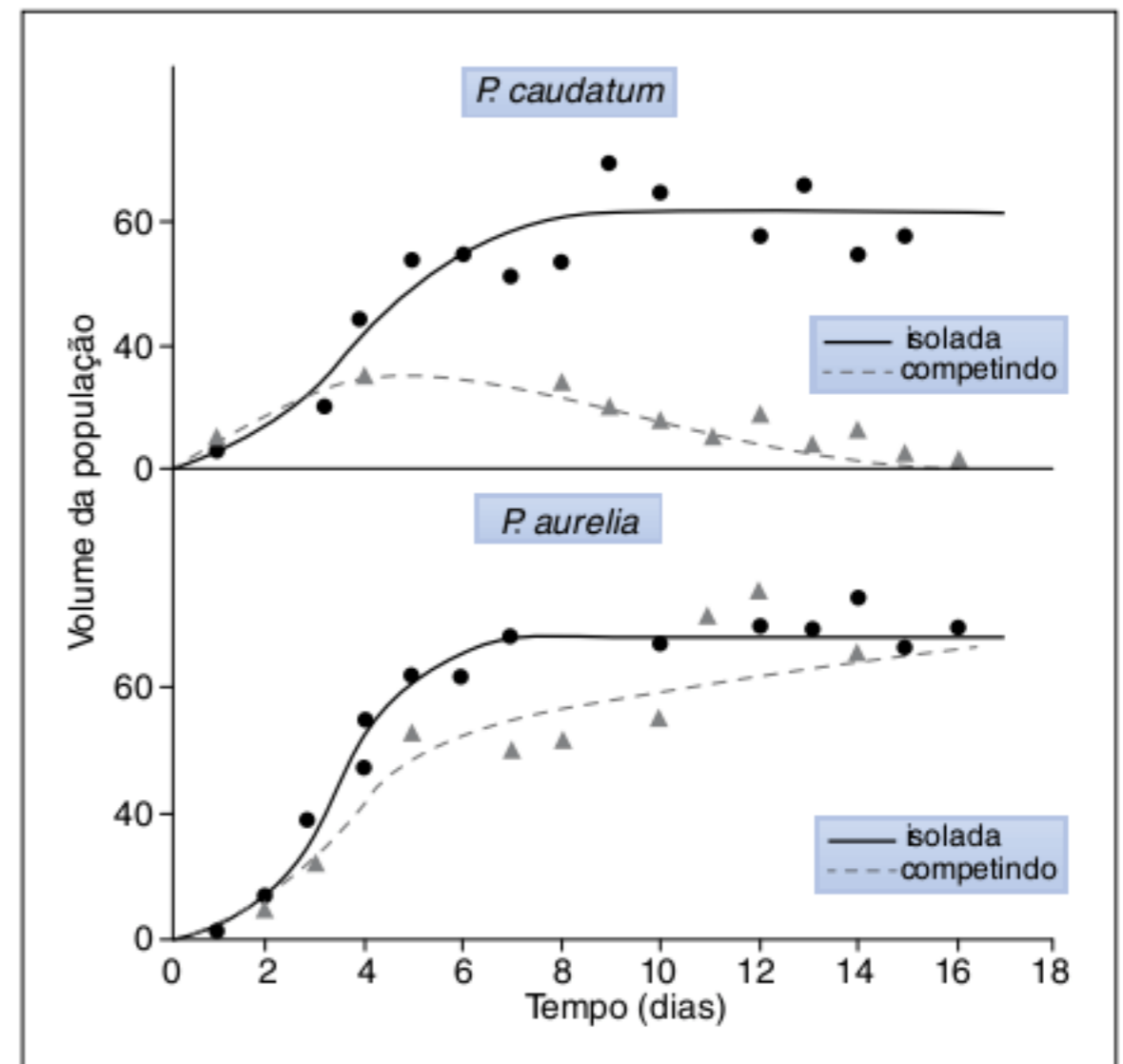


Fig. 9 Os gráficos mostram as populações das espécies de protozoários isoladas e competindo uma com a outra. As duas espécies, quando separadas, apresentaram crescimento populacional. Já quando cultivadas no mesmo tubo de ensaio, a população de *P. caudatum* desapareceu, e a de *P. aurelia* apresentou crescimento e estabilização. *P. aurelia* revelou-se a espécie mais bem adaptada.

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.

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).

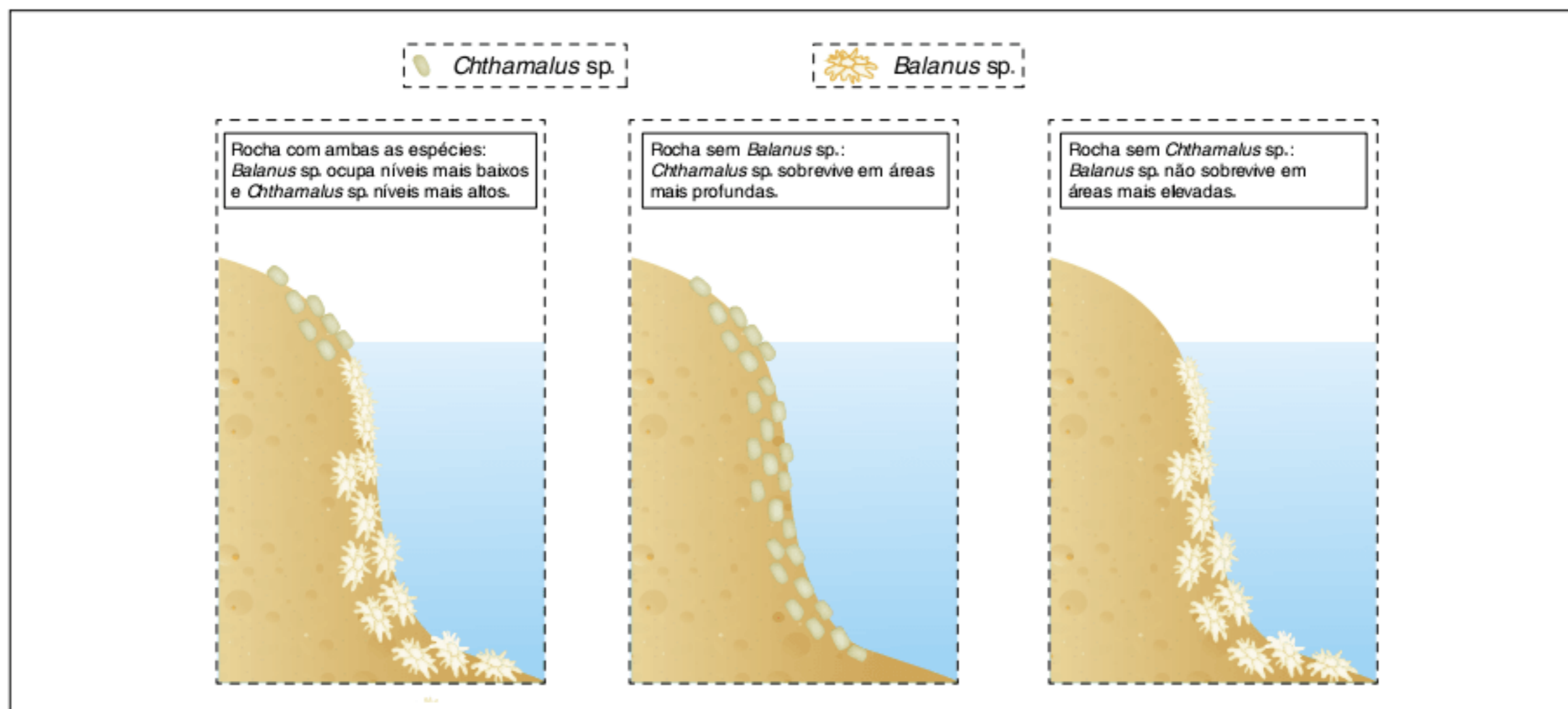


Fig. 10 Cracas do gênero *Chthamalus* ocupam posições mais elevadas em uma rocha do que as do gênero *Balanus*. Isso evita uma competição acentuada entre esses dois grupos, que têm nicho ecológico bastante semelhante.

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 **ecto-parasitas**, 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).

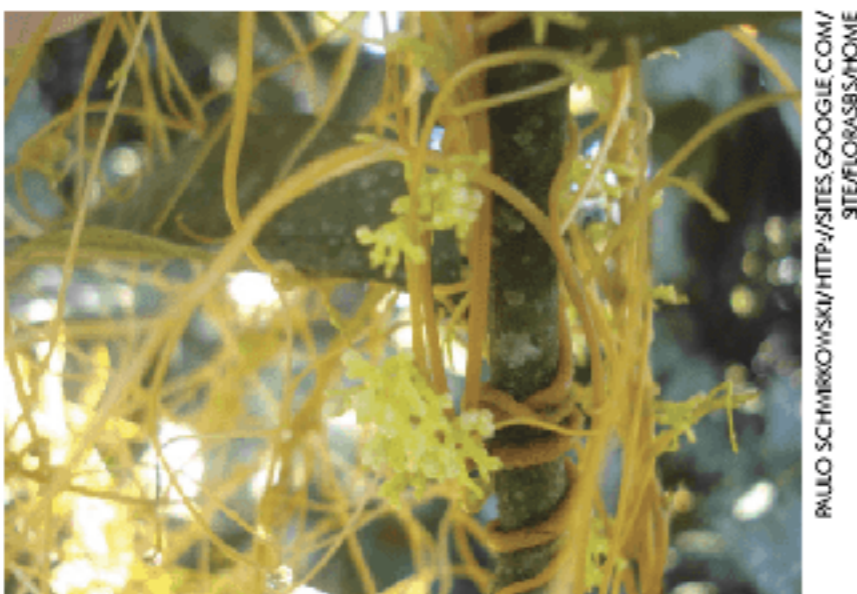


Fig. 12 O cipó-chumbo é uma planta que parasita outras plantas, retirando delas sua seiva.

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.

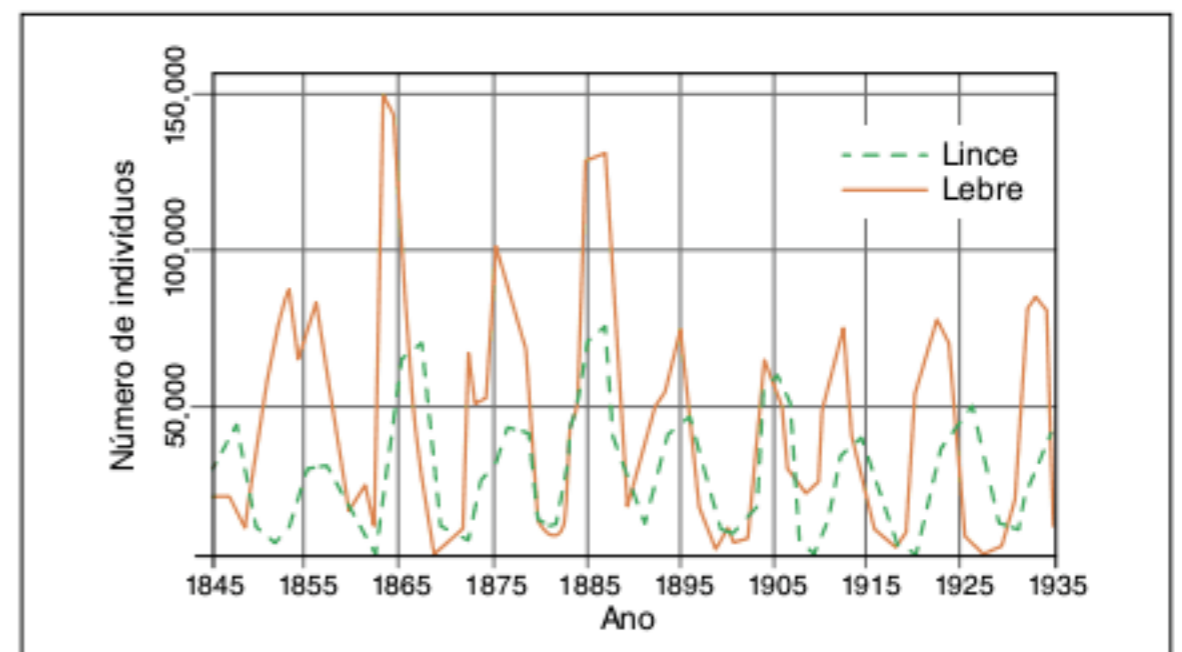


Fig. 13 Gráfico típico de predatismo. As populações de presas e predadores apresentam variações periódicas.

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.

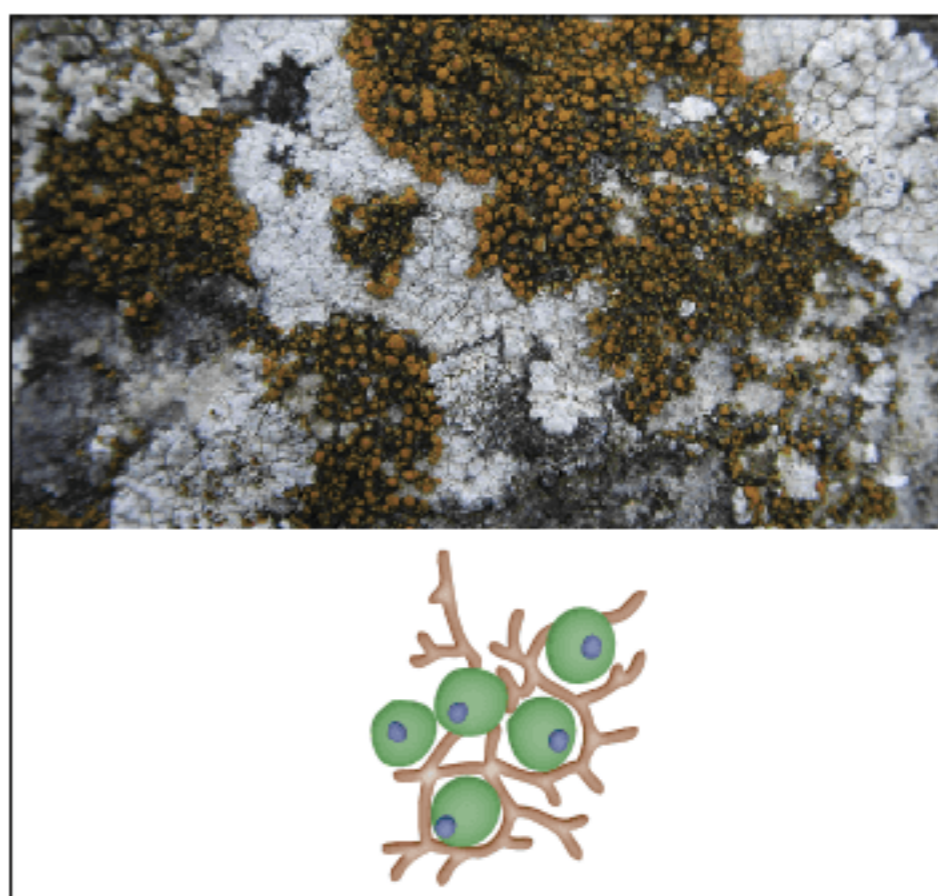
- O cupim ingere madeira, que é rica em celulose. No entanto, o inseto não produz celulase, a enzima necessária para a digestão da celulose. O cupim possui, em seu intestino, protozoários flagelados que produzem celulase. Ocorre uma troca de benefícios: o cupim fornece ao protozoário madeira triturada, que é o alimento para o microorganismo; 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).

- 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:

- a) Forésia – a dermatóbia utiliza a varejeira como transporte, sem prejudicá-la.
- b) Epifitismo – as orquídeas e bromélias se apoiam no tronco de uma árvore, sem prejudicá-lo, e ganham iluminação.
- c) Mutualismo – o protozoário e o cupim se beneficiam da relação, e as espécies morrem quando se separam.
- d) Inquilinismo – os pássaros utilizam o tronco para obter abrigo. Já a árvore não é prejudicada nem beneficiada por isso.
- e) Esclavagismo ou sínfilia – o chupim utiliza os hábitos do tico-tico em benefício próprio, prejudicando essa espécie.
- f) Comensalismo – a rêmora utiliza os restos alimentares do tubarão, que não sofre impactos devido a essa relação.
- g) Mutualismo – as duas espécies se beneficiam da relação, porém morrem se forem separadas.
- h) Protocooperação – os dois animais se beneficiam da relação, porém conseguem sobreviver quando a relação é interrompida.
- i) 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 **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 escravagismo (Fig. 14).

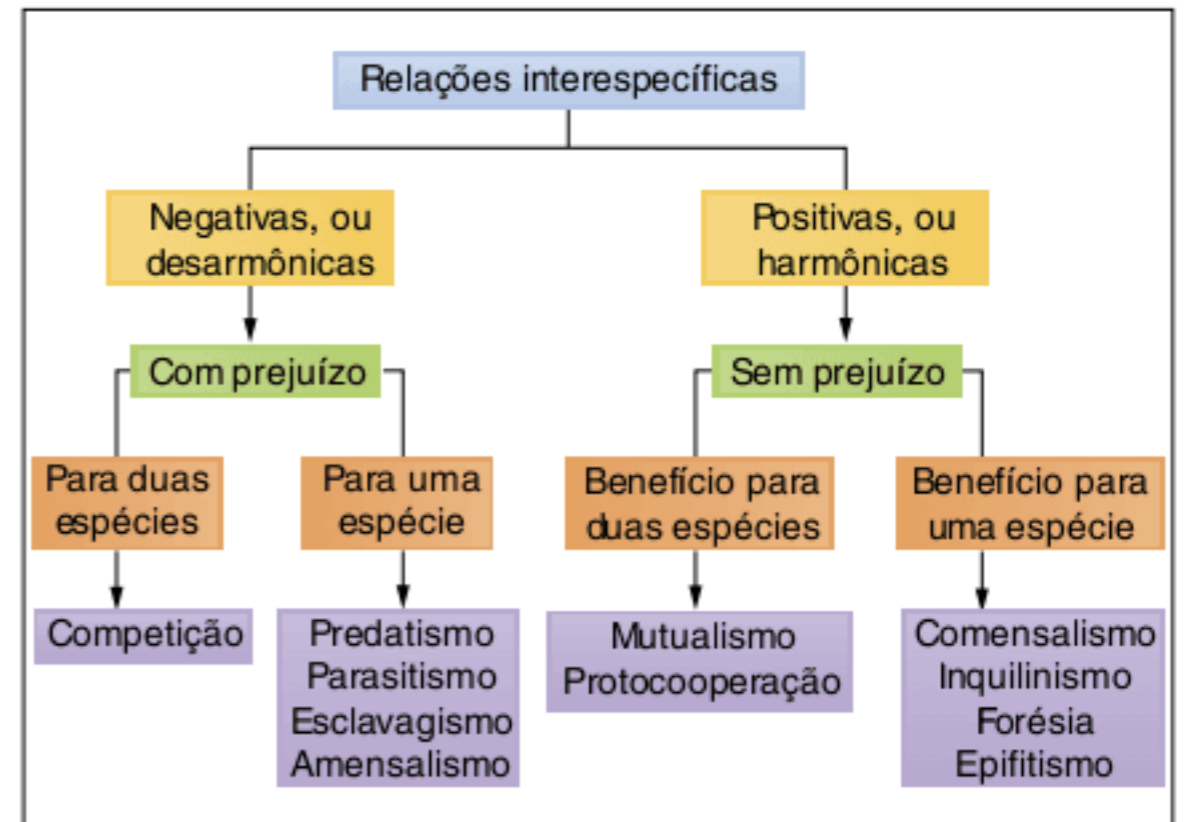


Fig. 14 Classificação das relações interespecíficas baseada na ocorrência de prejuízo ou benefício.

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).

Símbiose

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 daquelas 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).

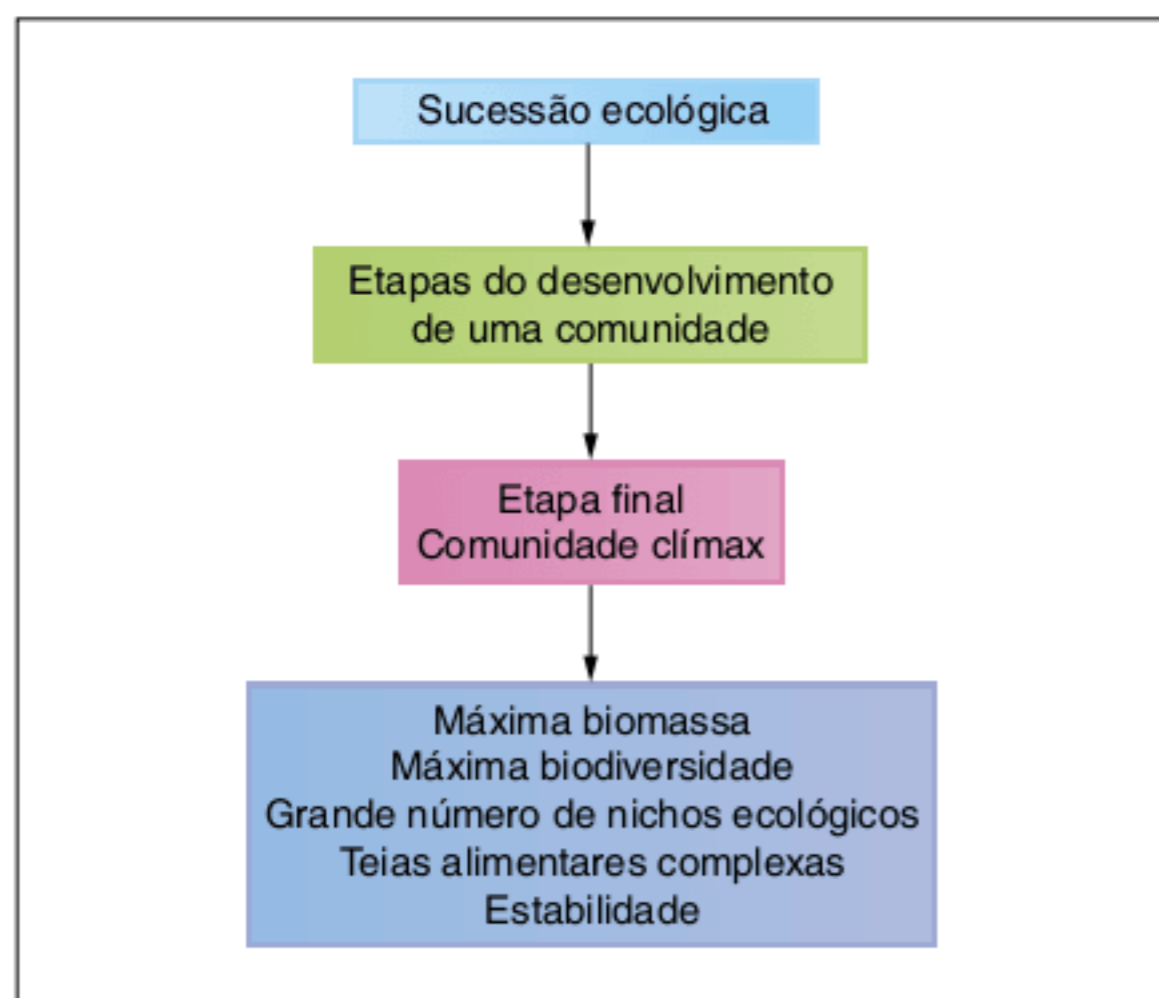


Fig. 15 A sucessão ecológica tem como estágio final a comunidade clímax.

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.

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 avançado, 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 tomam-se máximas. A comunidade tem grande estabilidade e não se altera, caso as condições ambientais não sofram muitas mudanças (Fig. 16).

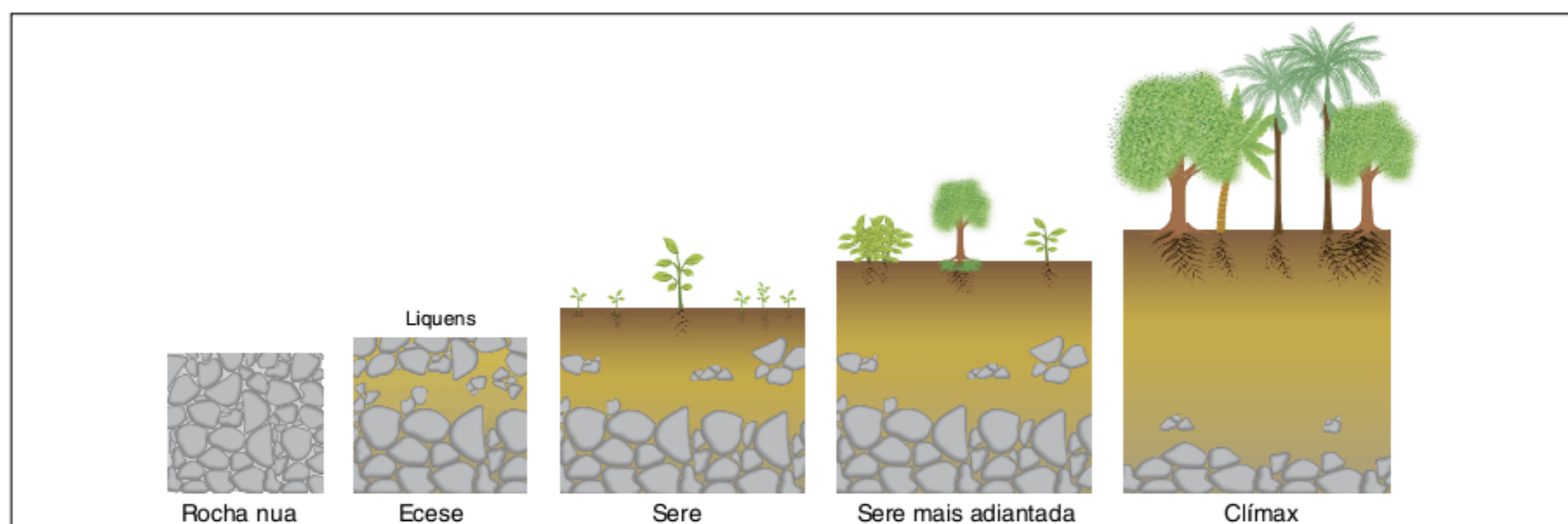


Fig. 16 Etapas da sucessão ecológica primária, iniciada em rocha nua: ao longo do tempo, forma-se um solo que se torna cada vez mais espesso. Espécies diferentes, sucessivamente, ocupam esse ambiente: líquens → musgos → samambaias e gramíneas → arbustos e árvores, atingindo a comunidade clímax.

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:

$$PL = PB - R$$

$$PB > R \rightarrow PL > 0 \text{ (Há um saldo positivo de matéria orgânica, que provoca aumento da biomassa).}$$

$$\text{ou } \frac{PB}{R} > 1$$

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.

$$PB \gg R \rightarrow PL \gg 0$$

$$\text{ou } PB/R \gg 1$$

A elevada produtividade líquida resulta de 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).



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.

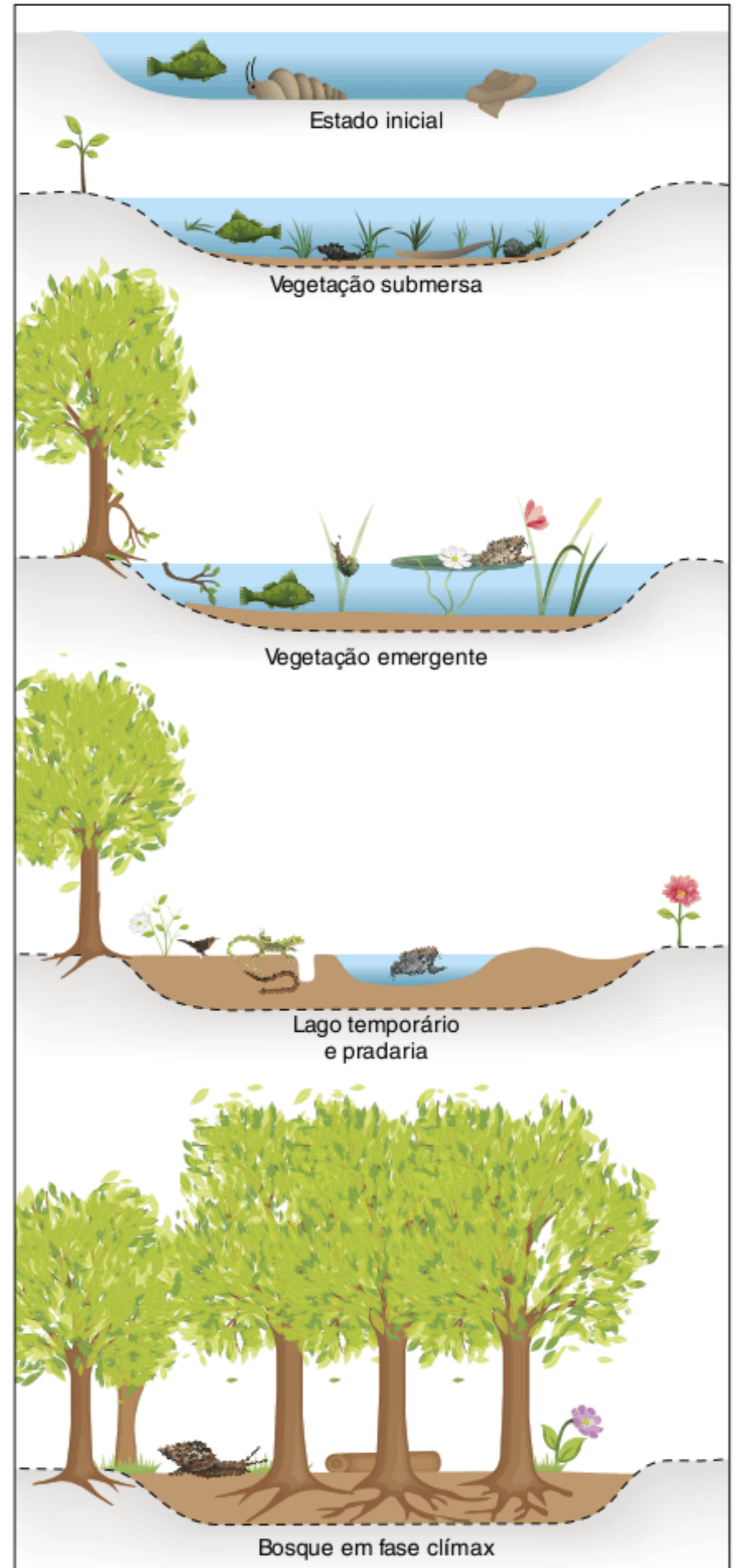


Fig. 18 Sucessão secundária relacionada com assoreamento de lagoa e sua substituição por comunidade florestal.

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?

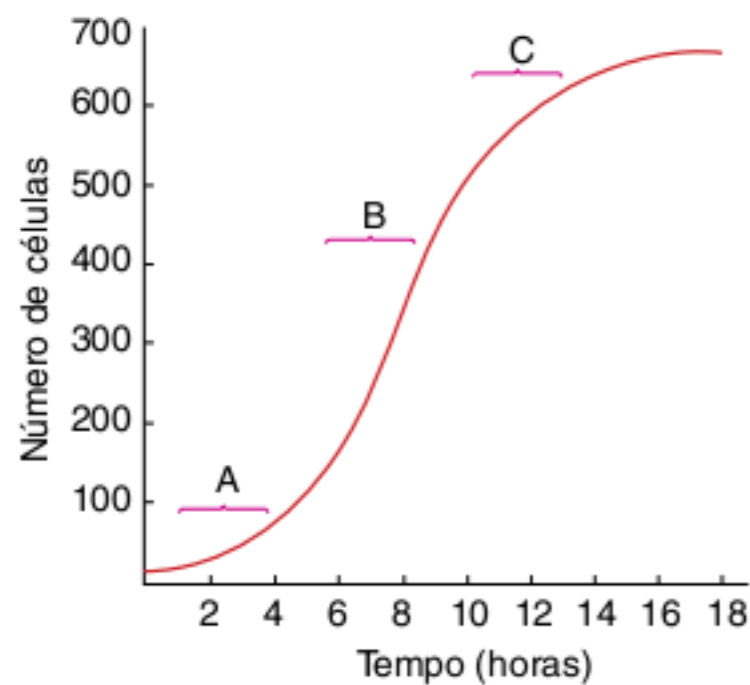
19 Em quais fases de uma sucessão primária há aumento da biomassa?

Exercícios propostos

1 UEL 2007 Sobre uma população ecológica em declínio, é correto afirmar que:

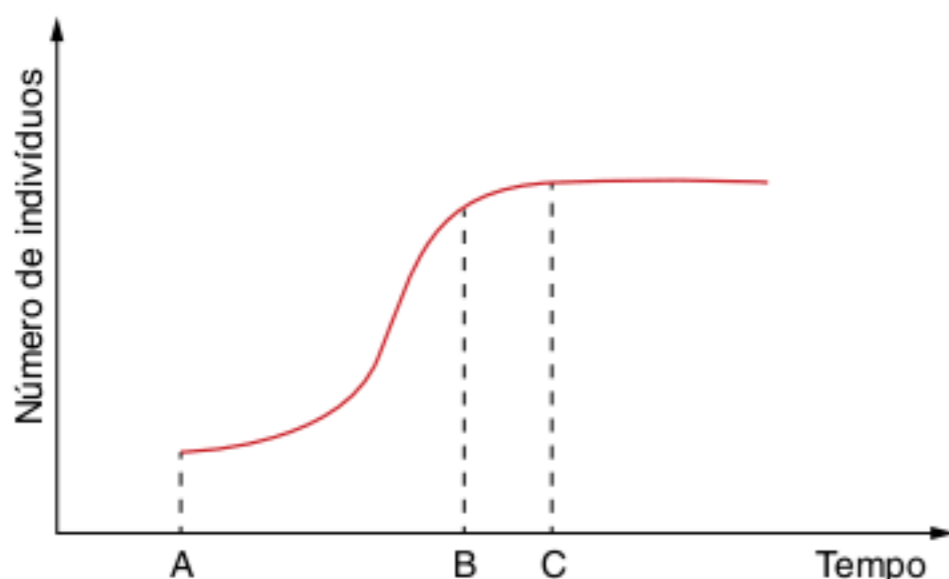
- (a) ou a taxa de mortalidade ou a de emigração, ou ambas devem estar suplantando a soma das taxas de natalidade e de imigração.
- (b) ou a taxa de natalidade ou a de imigração deve estar suplantando a soma das taxas de mortalidade e de emigração.
- (c) a soma das taxas de natalidade e imigração deve 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 2010 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 Unesp 2005 (Adapt.) O gráfico apresenta o estabelecimento e o crescimento de uma população qualquer em seu habitat.



Pode-se dizer que:

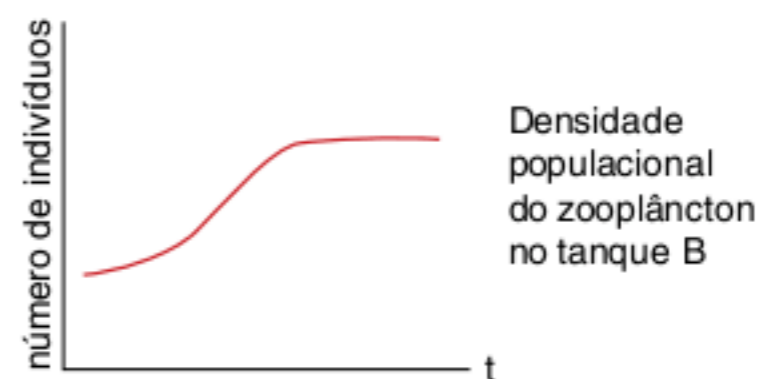
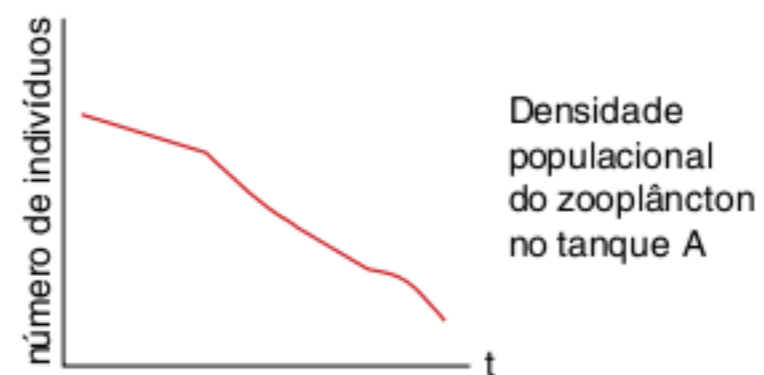
- (a) a partir do ponto B, a população está em equilíbrio.
- (b) no intervalo B–C, a resistência ambiental é diminuída.
- (c) no intervalo A–B, a seleção natural é mais intensa.
- (d) a partir do ponto C, intensifica-se a competição intraespecífica.

4 Udesc 2009 Os indivíduos de uma comunidade podem estabelecer relações harmônicas e desarmônicas entre indivíduos da mesma espécie, ou entre indivíduos de espécies diferentes. Essas relações ecológicas são denominadas relações intraespecíficas e interespecíficas, podendo ser exemplificadas, respectivamente, por:

- (a) mutualismo e herbivorismo.
- (b) sociedade e parasitismo.
- (c) predatismo e colônia.
- (d) protocooperação e mutualismo.
- (e) colônia e sociedade.

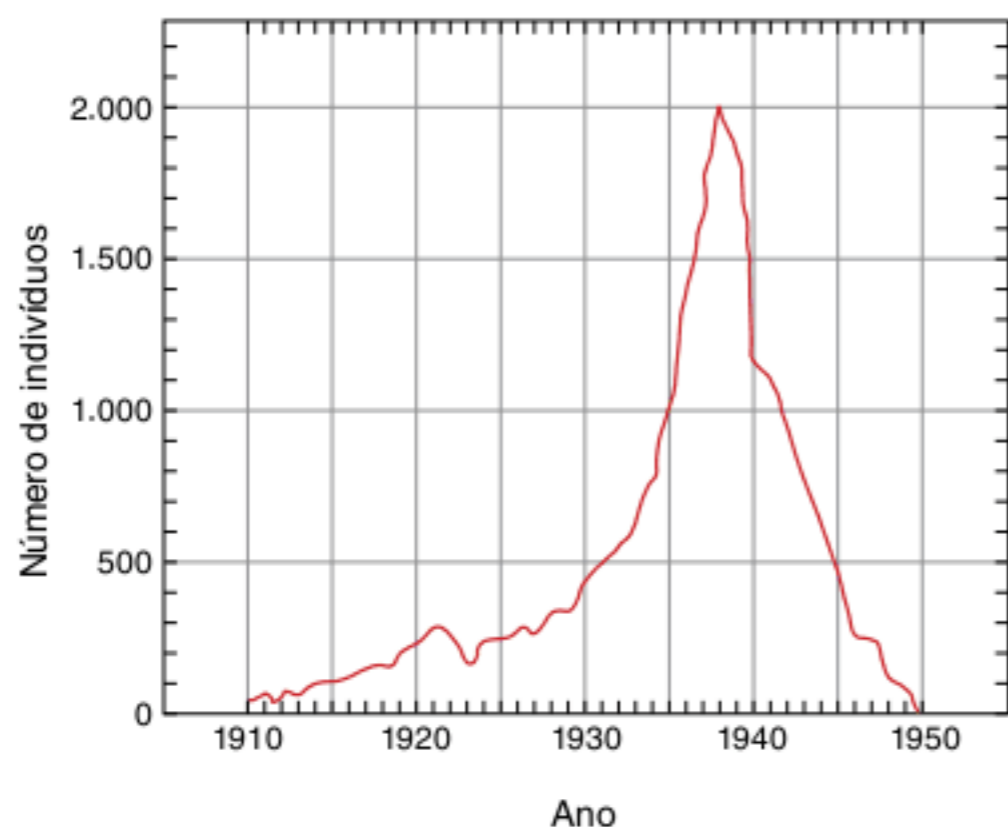
5 Unesp 2009 Ao observar as comunidades aquáticas de um lago, um pesquisador fez a seguinte pergunta: “Qual a influência dos peixes planctófagos (que se alimentam de plâncton) sobre o crescimento populacional de suas presas, o zooplâncton?” Para responder a essa pergunta, o pesquisador montou o seguinte 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 2009 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 PUC-MG 2006 Em um experimento, determinadas espécies de árvores foram severamente podadas.

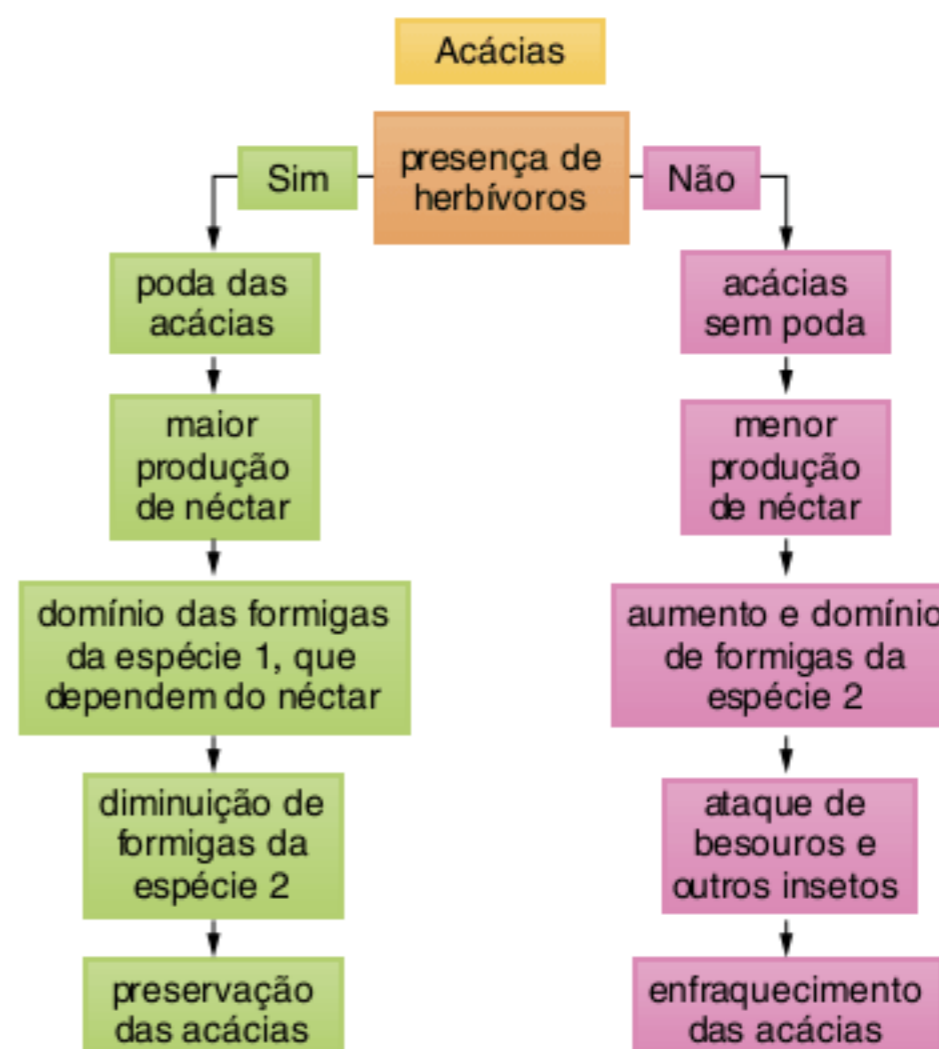
Permitiu-se que as formigas recolonizassem algumas árvores à medida que elas começaram a crescer, mas outras árvores foram mantidas sem formigas.

O resultado foi o seguinte: árvores que cresceram sem formigas foram severamente atacadas por outros insetos e recuperaram suas folhas muito lentamente.

Sabe-se que formigas atacam, expulsam insetos folívoros e cortam também as pontas de outras plantas, especialmente trepadeiras. A relação entre a planta e a formiga é exemplo de:

- (a) mutualismo.
- (b) predatismo.
- (c) inquilinismo.
- (d) parasitismo.

9 Enem 2008 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 2008 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 2009 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 PUC-SP 2007 Uma determinada bactéria vive dentro das células de pulgões, insetos que retiram seiva elaborada das plantas. O genoma do pulgão supre algumas funções da bactéria e esta sintetiza substâncias que são utilizadas no metabolismo do inseto.

A relação pulgão/planta e a relação pulgão/bactéria, contidas no trecho anterior, são, respectivamente:

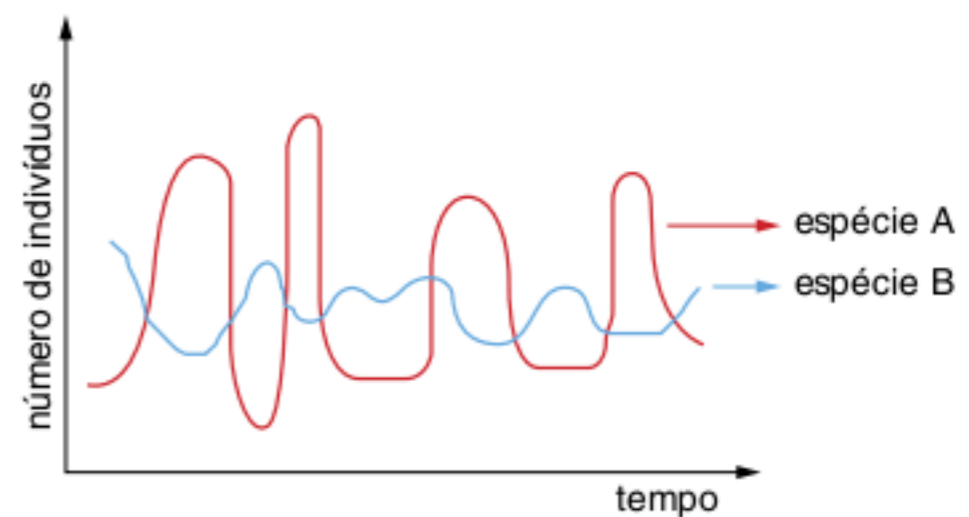
- (a) parasitismo e mutualismo.
- (b) parasitismo e comensalismo.
- (c) comensalismo e mutualismo.
- (d) comensalismo e inquilinismo.
- (e) inquilinismo e mutualismo.

13 FGV 2007 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 (*Sphyraena 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.

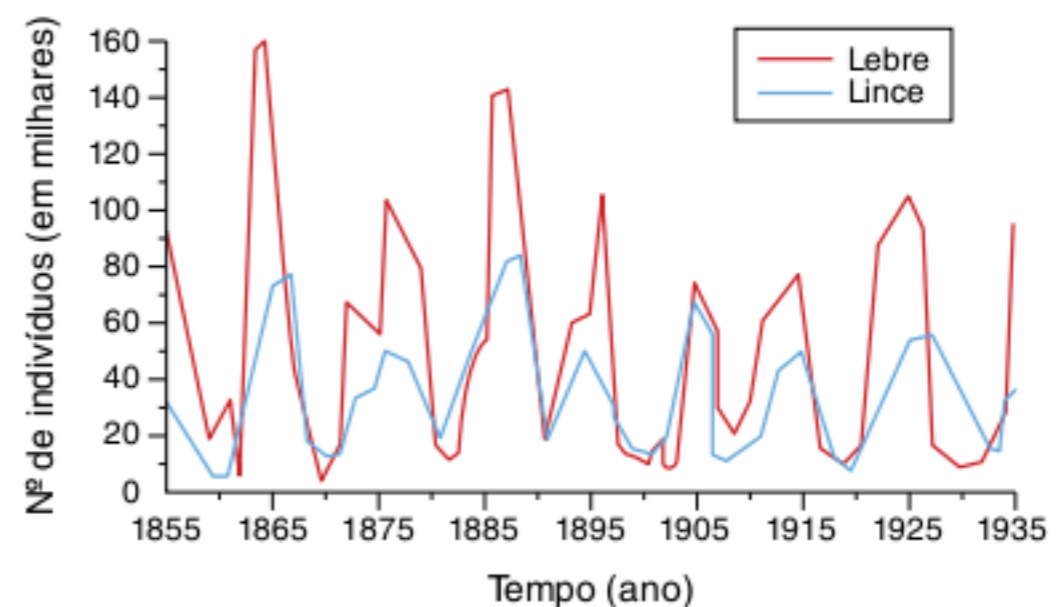
14 FGV 2006 Duas espécies, A e B, fazem parte de uma mesma cadeia alimentar. O esquema representa a oscilação no tamanho das populações dessas espécies ao longo do tempo.



Pode-se dizer que, mais provavelmente, a espécie A:

- (a) é carnívora e a espécie B é herbívora.
- (b) é presa e a espécie B é predadora.
- (c) é predadora e a espécie B é presa.
- (d) ocupa o mesmo nicho ecológico da espécie B.
- (e) não tem relação ecológica com a espécie B.

15 CEFET-MG 2005 O gráfico a seguir demonstra as variações das populações de lebres e lincês no Canadá, ao longo de 80 anos.



Sobre os dados apresentados, é incorreto afirmar que:

- (a) o crescimento da população de lebres é inversamente proporcional à de lincês.
- (b) o aumento do predatismo, entre as espécies, causa um desequilíbrio ecológico.

- (c) a população de linces alcançou o número máximo de indivíduos pouco antes de 1865.
- (d) a relação existente entre as espécies é um mecanismo regulador de suas densidades populacionais.

16 CPS 2008 A caça amadorística geralmente é vista como ato de crueldade e de maus-tratos para com os animais silvestres, havendo contradição entre seu objetivo – lazer humano – e seu resultado, morte dos animais, afrontando o direito de todos ao meio ambiente ecologicamente equilibrado.

No entanto, a caça de controle pode ser utilizada para:

- (a) extinguir a população de produtores do ecossistema.
- (b) regular a população de presas e de predadores.
- (c) eliminar os parasitas de uma comunidade.
- (d) excluir os decompositores de uma cadeia alimentar.
- (e) alterar o nicho ecológico dos organismos.

17 Unifesp 2009 A predação é uma interação biológica na qual o predador alimenta-se de um outro indivíduo inteiro, a presa, causando a morte desta. Considerando esta definição como correta, ocorre predação quando:

- (a) lagarta come folha de árvore.
- (b) vírus HIV infecta célula sanguínea.
- (c) ave come semente.
- (d) fungo digere tronco de árvore.
- (e) tênia habita o intestino do porco.

18 CEFET-SC 2008 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.

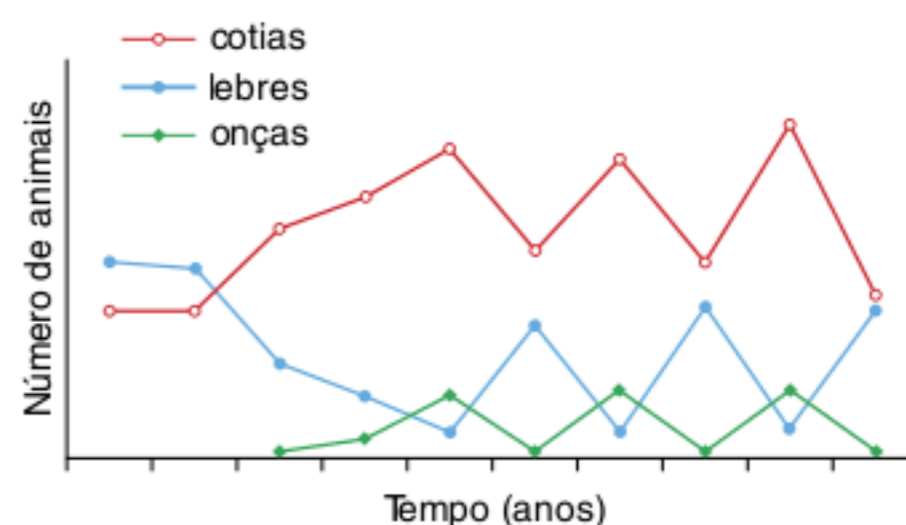
A. P. Cardoso. "Mãe intoxica filha para matar piolhos em SC". *Diário Catarinense*, 18 mar. 2008.

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 2006 Numa reserva biológica, onde conviviam cotias e lebres, foram introduzidos alguns casais de onça.

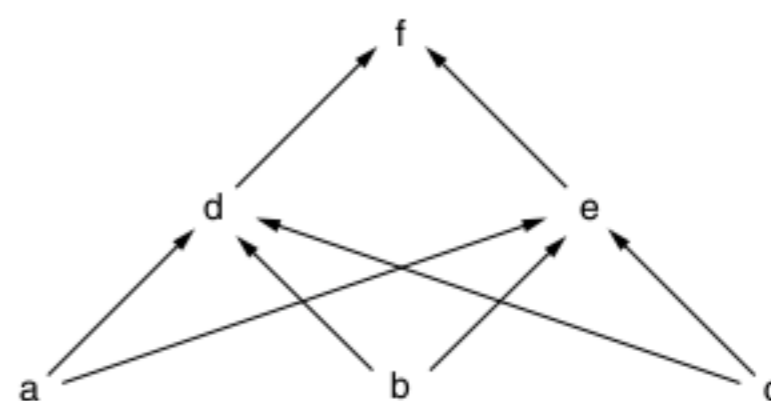
Recentemente, o levantamento das populações de cotias, lebres e onças nessa reserva revelou os resultados apresentados a seguir.



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 2005 Considere a rede alimentar:



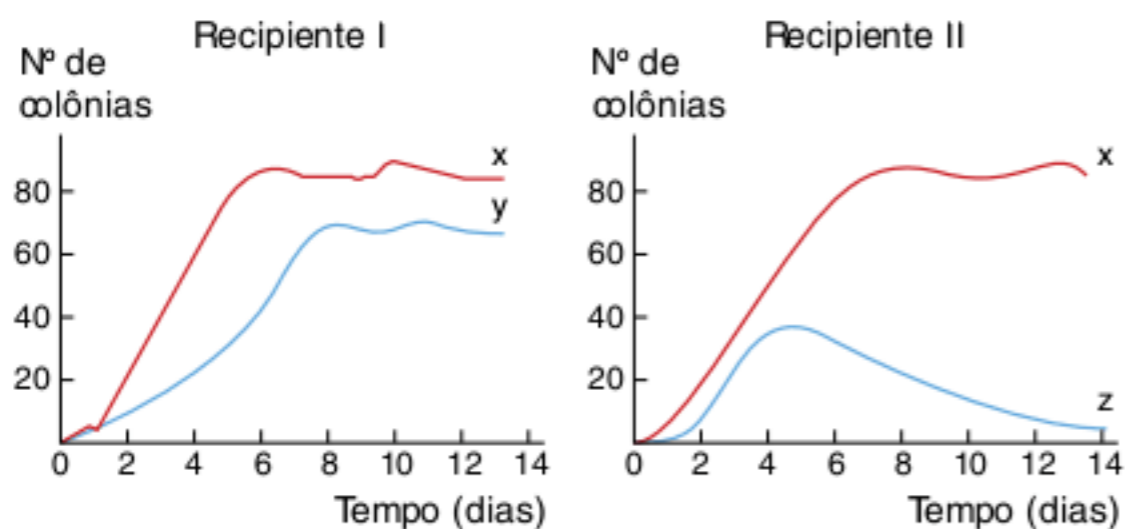
Sabe-se que, quando a espécie *f* é retirada experimentalmente, a população da espécie *d* apresenta um declínio acentuado. Isso indica que a relação interespecífica que provavelmente existe entre as espécies *d* e *e*, na ausência de *f*, é:

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

21 Unifesp 2007 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 PUC-Rio 2009 As sardinhas da Califórnia foram comercializadas pela primeira vez no começo do século XX. Em 1930, mais de 60.000 toneladas eram trazidas à superfície terrestre, a cada ano. Em 1950, poucas sardinhas restaram. Curiosamente, a quantidade de outro peixe – a anchova – cresceu rapidamente. A relação existente entre a sardinha e a anchova é de:

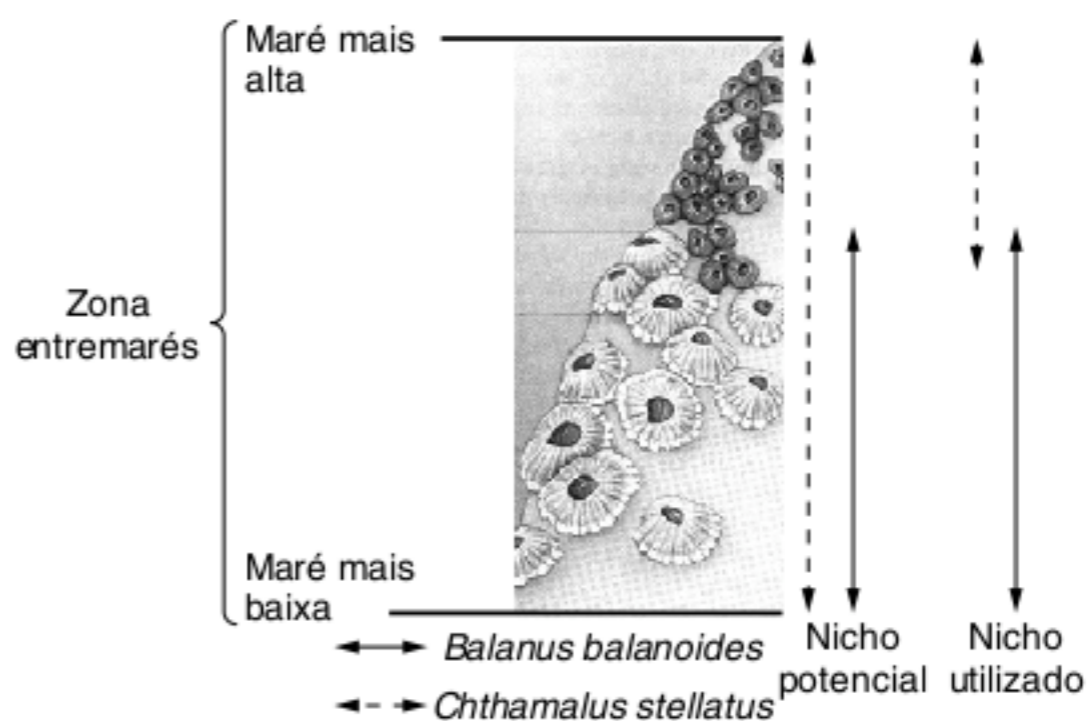
- (a) mutualismo. (d) amensalismo.
- (b) competição. (e) protocooperação.
- (c) comensalismo.

23 PUC-MG 2006 A interação entre os organismos ocorre de maneiras diferentes, que influenciam a estrutura e funcionamento de comunidades ecológicas. Assinale a afirmativa incorreta.

- (a) Na competição, os organismos que interagem podem se prejudicar mutuamente.
- (b) No mutualismo, ambos os participantes se beneficiam da interação.

- (c) No comensalismo, um participante é beneficiado e o outro não é afetado.
- (d) No parasitismo, nenhum dos organismos é beneficiado.

24 UFU 2007 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 2007 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.

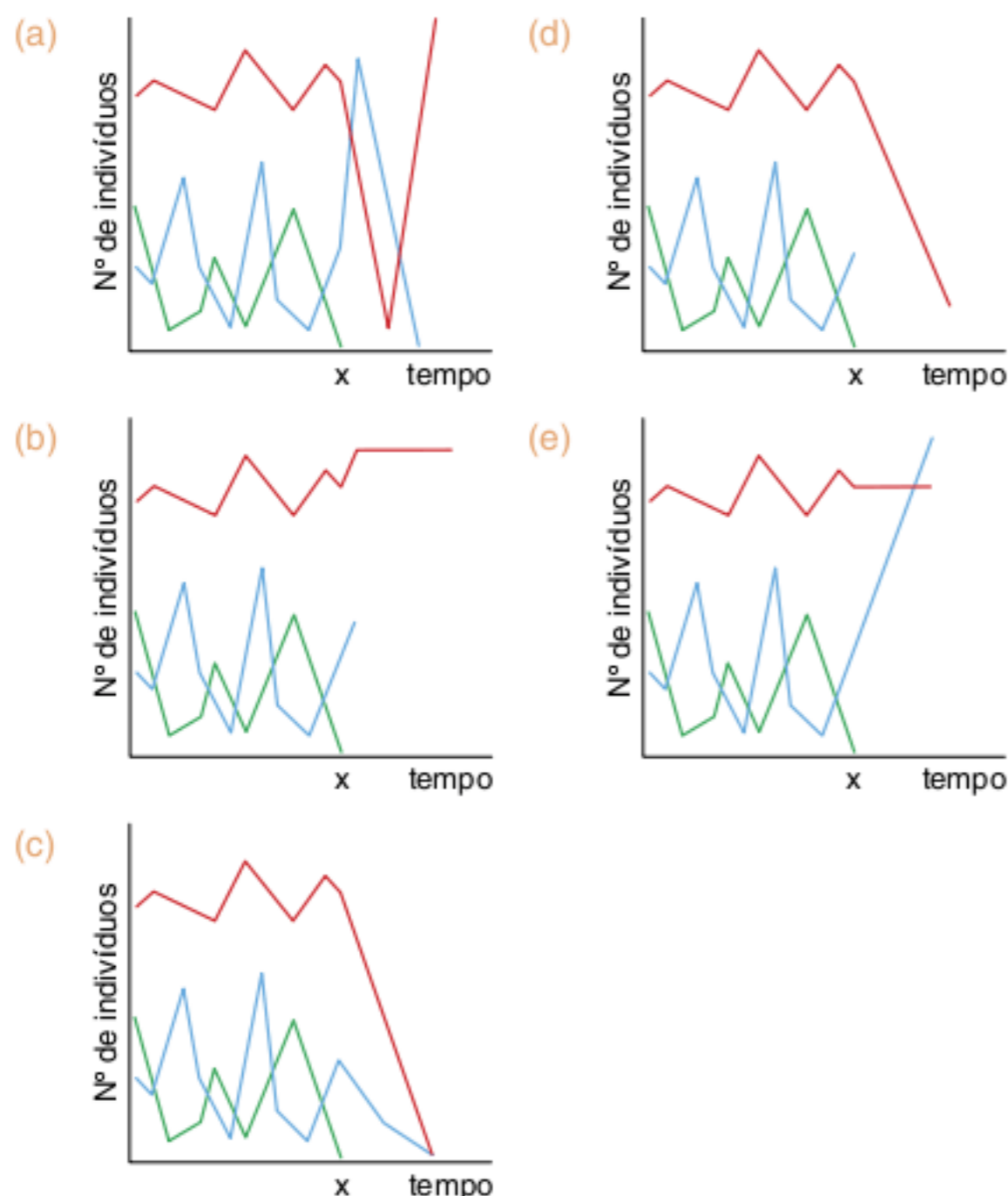
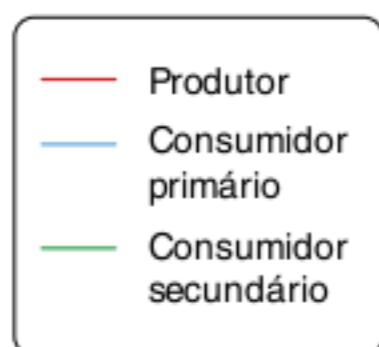
26 UFRGS 2005 Os seres vivos representantes dos cinco reinos podem desempenhar papel de produtores (1) ou consumidores (2) nas cadeias alimentares, bem como estabelecer com outras espécies relações ecológicas íntimas, como, por exemplo, mutualismo (3) e parasitismo (4).

Quais desses papéis e quais dessas relações ecológicas podem ser atribuídos aos fungos?

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

27 Fuvest 2006 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 UFG 2008 Uma rocha vulcânica, ao longo do tempo, pode ser colonizada por microrganismos que alteram sua composição, criando assim condições para a instalação de outros seres vivos nesse ambiente. Esse processo é um exemplo de:

- (a) pirâmide ecológica.
- (b) sucessão ecológica.
- (c) nicho ecológico.
- (d) potencial biótico.
- (e) resistência ambiental.

29 Fatec 2000 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 2009 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.

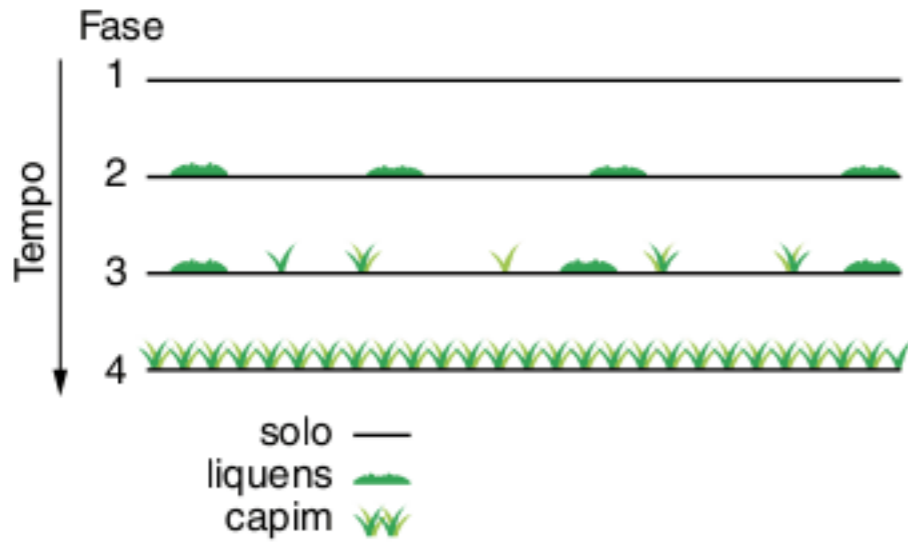
31 PUC-Rio 2000 Um ecossistema pode ser considerado ecologicamente mais estável em relação a distúrbios quando possui:

- (a) um grande número de espécies endêmicas.
- (b) uma grande extensão territorial e grande variabilidade de climas.
- (c) uma biomassa de consumidores primários equivalente à dos secundários.
- (d) um número elevado de espécies de predadores.
- (e) um grande número de espécies com relativamente poucos indivíduos em cada.

32 UFJF 2002 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 2008 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:

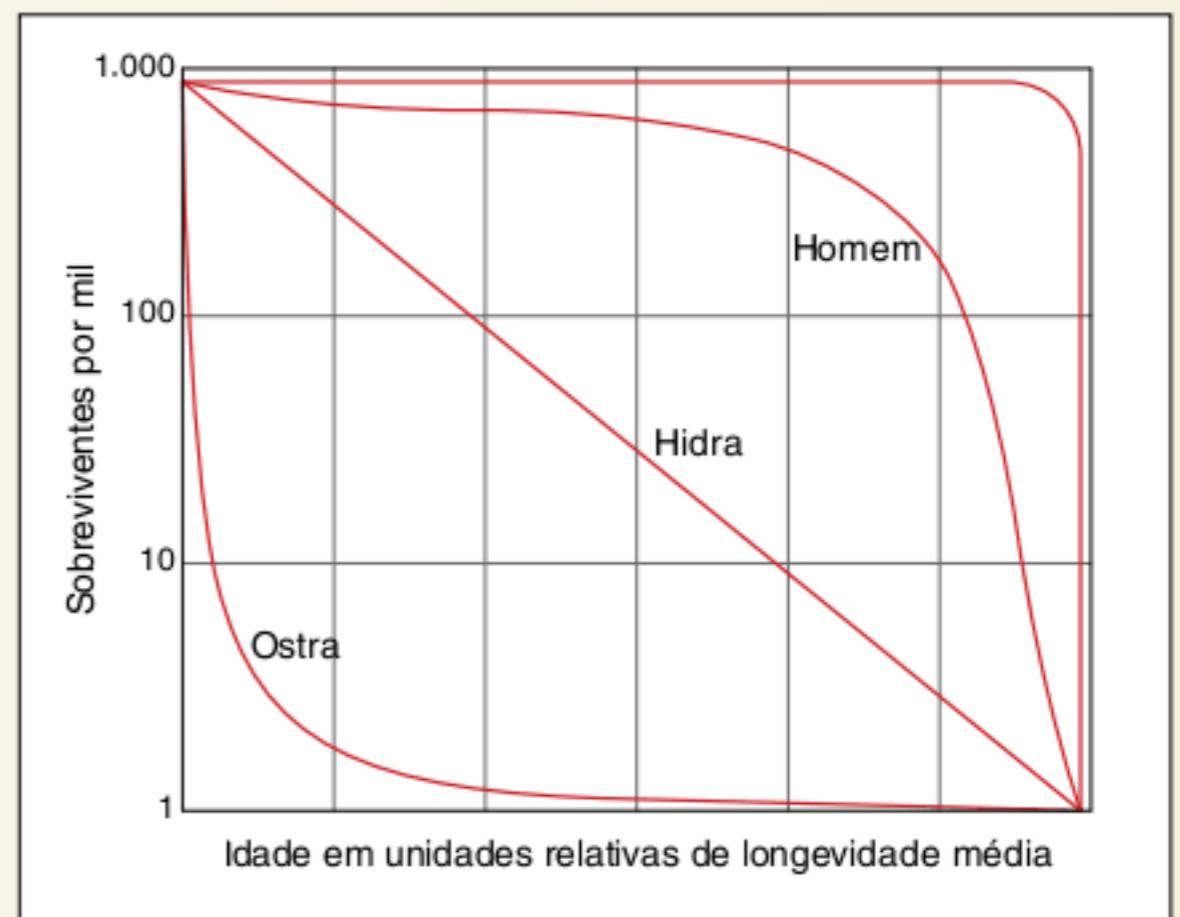
- (a) na fase 2 temos a sucessão secundária, uma vez que, na 1, teve início a sucessão primária.
- (b) ocorre maior competição na fase 3 que na 4, uma vez que capins e líquens habitam a mesma área.
- (c) após as fases representadas, ocorrerá um estágio seguinte, com arbustos de pequeno porte e, depois, 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 parasitoide se refere a certas larvas de insetos que se desenvolvem em outros organismos, provocando sua morte.

RESUMINDO

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 escravagismo.

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.

$$PB \gg R \rightarrow PL \gg 0 \\ \text{ou } \frac{PB}{R} \gg 1$$

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?

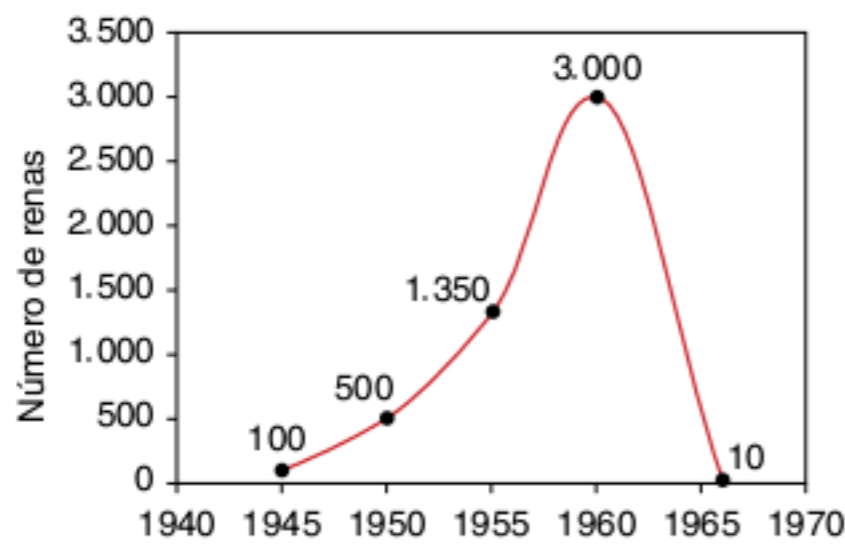


SITE

- Controle biológico de pragas
<www.cnpma.embrapa.br/unidade/index.php3?id=224&func=pesq>.

Exercícios complementares

1 UFRJ 2006 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.



- Explique a variação do número de renas no período 1945-1960.
- 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 2006 Na região sul da Bahia, o cacau tem sido cultivado por meio de diferentes sistemas. Em um deles, o convencional, a primeira etapa de preparação do solo corresponde à retirada da mata e à queimada dos tocos e das raízes. Em seguida, para o plantio da quantidade máxima de cacau na área, os pés de cacau são plantados próximos uns dos outros. No cultivo pelo sistema chamado cabruca, os pés de cacau são abrigados entre as plantas de maior porte, em espaço aberto criado pela derrubada apenas das plantas de pequeno porte.

Os cacauzeiros dessa região têm sido atacados e devastados pelo fungo chamado vassoura-de-bruxa, que se reproduz em ambiente quente e úmido por meio de esporos que se espalham no meio aéreo.

As condições ambientais em que os pés de cacau são plantados e as condições de vida do fungo vassoura-de-bruxa, mencionadas anteriormente, permitem supor-se que sejam mais intensamente atacados por esse fungo os cacauzeiros plantados por meio do sistema:

- convencional, pois os pés de cacau ficam mais expostos ao sol, o que facilita a reprodução do parasita.
- convencional, pois a proximidade entre os pés de cacau facilita a disseminação da doença.
- convencional, pois o calor das queimadas cria as condições ideais de reprodução do fungo.
- cabruca, pois os cacauzeiros não suportam a sombra e, portanto, terão seu crescimento prejudicado e adoecerão.
- cabruca, pois, na competição com outras espécies, os cacauzeiros ficam enfraquecidos e adoecem mais facilmente.

3 UFRGS 2006 Recentemente, o Brasil foi colonizado pela garça-boiadeira (*Bulbucus ibis*), conhecida por se alimentar em

associação com o gado bovino. A sua dieta compõe-se predominantemente de presas terrestres, como insetos, aranhas e pequenos vertebrados. O gado, ao se movimentar no pasto, causa o deslocamento de pequenos animais presentes na vegetação, que são então capturados pelas garças. Às vezes, estas se aproximam do gado para capturar ectoparasitas.

A. S. Coelho; J. E. C. Figueira; T. Oliveira. "Atrás do pão de cada dia". *Ciência Hoje*, v. 39, n. 229, ago. 2006. (Adapt.).

Assinale com V (verdadeiro) ou F (falso) as afirmações que seguem, referentes às interações entre os animais citados no texto.

- A garça-boiadeira e o gado bovino fazem parte do mesmo nível trófico.
- A garça-boiadeira é consumidora secundária quando se alimenta de ectoparasitas.
- As presas terrestres da garça-boiadeira, deslocadas pelo movimento do gado no pasto, ocupam um mesmo hábitat.
- Ao se alimentar dos ectoparasitas, a garça-boiadeira estabelece com o gado bovino uma relação de proto-cooperação.

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

- V – F – V – V.
- F – V – V – V.
- V – V – F – F.
- V – F – F – F.
- F – F – V – V.

4 UFPE 2007 As interações entre os diferentes seres vivos na natureza são importantes, não só para os organismos que participam dessas relações ecológicas, mas também para a manutenção do equilíbrio ecológico. A esse propósito, analise as afirmações seguintes.

- O canibalismo é um tipo de relação ecológica desarmônica entre indivíduos de uma mesma espécie; ocorre, por exemplo, entre as aranhas e entre os escorpiões.
- No amensalismo ou antibiose, uma das espécies envolvidas na relação é beneficiada enquanto a outra nem é beneficiada nem prejudicada.
- No mutualismo, há um beneficiamento recíproco entre as espécies que participam da relação ecológica; mas essa interação não é indispensável à sobrevivência dessas espécies.
- Enquanto o comensalismo, a protocooperação e o mutualismo são interações ecológicas harmônicas, a competição e o predatismo são desarmônicas.
- Um exemplo de relação ecológica do tipo protocooperação é observado na associação entre algas e cianobactérias, as quais compõem os líquens.

5 UFSC 2008 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 Udesc 2009 As interações dos seres vivos de uma comunidade ocorrem tanto entre indivíduos de uma mesma espécie como entre indivíduos de espécies diferentes. O mutualismo é um tipo de interação entre indivíduos de espécies diferentes. Como se caracteriza a relação do tipo mutualismo?

7 UFRJ 2009 Os líquens são uma associação cooperativa entre fungos e algas. Tal associação permite que esses organismos habitem ambientes inóspitos tais como rochas nuas, onde não sobreviveriam independentemente. Os benefícios proporcionados pelo fungo para a alga podem incluir: proteção contra a dessecação e radiação excessiva, fixação e provisão de nutrientes minerais retirados do substrato. Explique por que a alga é fundamental para a sobrevivência do fungo nesse exemplo de associação cooperativa.

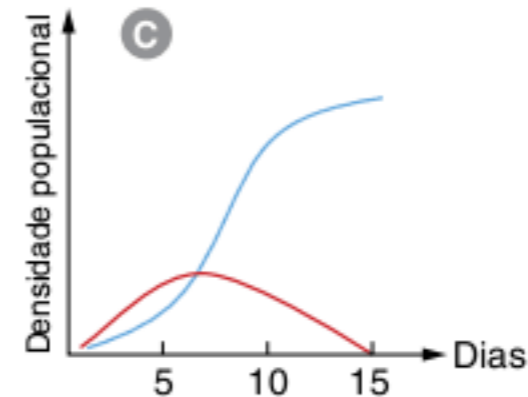
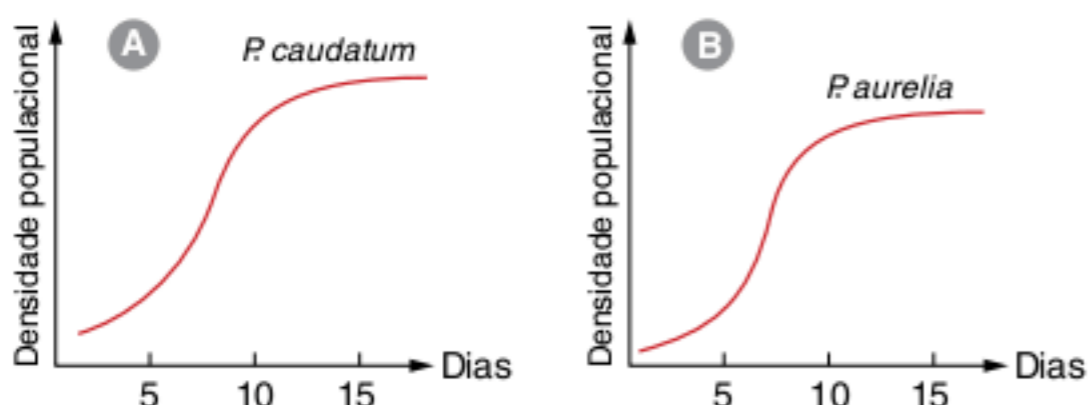
8 Uerj 2007 Em um costão da baía de Guanabara existe um tipo de cadeia alimentar que pode ser assim descrito:

- 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 2007 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.

- a) Que relação ecológica esses resultados expressam?
- b) A que conclusão se chega com esse experimento?

10 UFPel 2008 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:

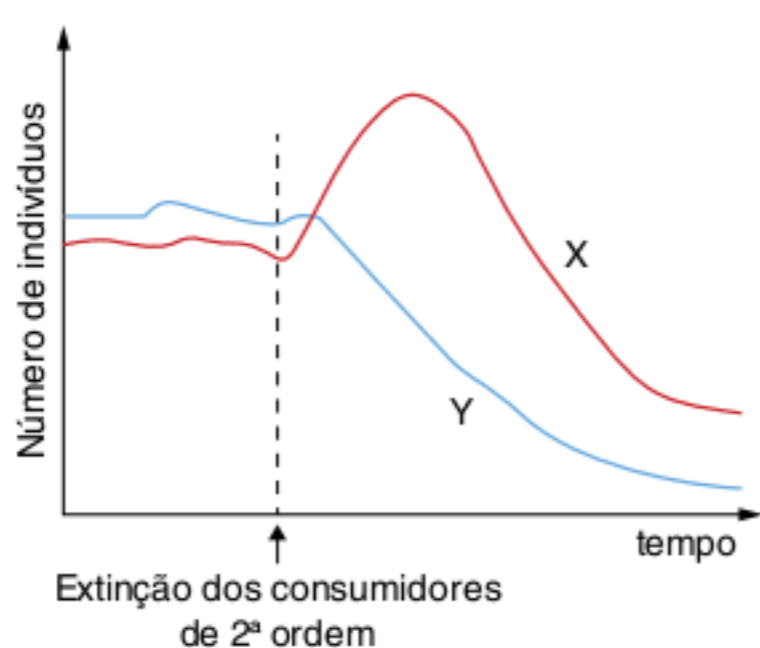
- (a) todos os casos são de relações interespecíficas e em nenhum dos exemplos citados ocorreu uma relação do tipo harmônica.
- (b) a relação entre as formigas e o arbusto é interespecífica do tipo inquilinismo, pois as formigas se beneficiam ao se abrigar no hospedeiro.
- (c) a vespa, no terceiro exemplo, é um hemiparasita da barata; ela causa prejuízos à barata mantendo uma relação negativa do tipo comensalismo.
- (d) o segundo exemplo mostra uma relação desarmônica, entre os grandes herbívoros e as plantas, porém é uma relação importante para a sobrevivência da planta.

(e) 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 2006 Um ecossistema pode ser drasticamente alterado pelo surgimento ou pelo desaparecimento de espécies de seres vivos.

a) 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.

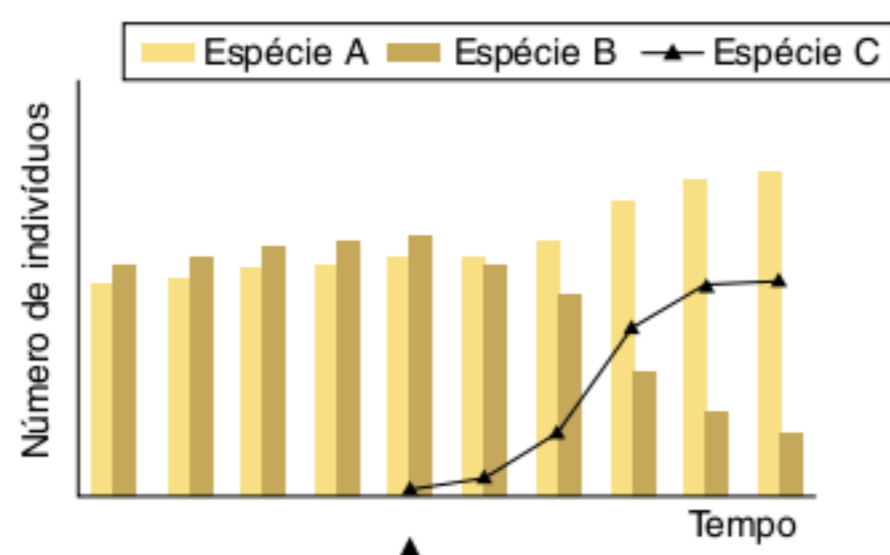


Indique as curvas do gráfico que correspondem, respectivamente, aos produtores e aos consumidores de 1ª ordem e justifique sua resposta.

b) 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 2009 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.



a) 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.

b) 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 Enem 2005 A atividade pesqueira é antes de tudo extrativista, o que causa impactos ambientais. Muitas espécies já apresentam sério comprometimento em seus estoques e, para diminuir esse impacto, várias espécies vêm sendo cultivadas. No Brasil, o cultivo de algas, mexilhões, ostras, peixes e camarões vem sendo realizado há alguns anos, com grande sucesso, graças ao estudo minucioso da biologia dessas espécies. Os crustáceos decápodes, por exemplo, apresentam, durante seu desenvolvimento larvário, várias etapas com mudança radical de sua forma.



Algumas das fases larvárias de crustáceos.

Não só a sua forma muda, mas também a sua alimentação e hábitat. Isso faz com que os criadores estejam atentos a essas mudanças, porque a alimentação ministrada tem de mudar a cada fase.

Se para o criador essas mudanças são um problema para a espécie em questão, essa metamorfose apresenta uma vantagem importante para sua sobrevivência, pois:

- (a) aumenta a predação entre os indivíduos.
- (b) aumenta o ritmo de crescimento.
- (c) diminui a competição entre os indivíduos da mesma espécie.
- (d) diminui a quantidade de nichos ecológicos ocupados pela espécie.
- (e) mantém a uniformidade da espécie.

14 UFC 2000 O processo de “sucessão ecológica” compreende uma série de estágios do desenvolvimento de uma comunidade. Com relação a esse fenômeno:

- a) estabeleça a diferença entre a “sucessão primária” e a “sucessão secundária”.
- b) explique o significado do termo “comunidade clímax”.

15 CPS 2008 Muito apreciados, os livros de ficção científica constituem-se em lazer para muitos. Um autor está escrevendo um livro que parte do desaparecimento repentino de nossa espécie. Nessa obra, ele pretende descrever a sequência de eventos que provavelmente ocorreria nos anos e décadas futuras.

A partir dos conhecimentos atuais, pode-se supor que, após o desaparecimento de nossa espécie, dentre outros eventos, aconteça:

- (a) a extinção da vida no planeta Terra, devido à ausência de nossa espécie.
- (b) a continuidade somente dos organismos produtores: fotossintetizantes e quimiossintetizantes.

- (c) a invasão de várias espécies vivas nas construções urbanas.
- (d) a interrupção do ciclo da matéria no planeta, devido à extinção dos decompositores.
- (e) a extinção dos herbívoros, devido ao aparecimento do homem.

16 UFJF 2007 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.

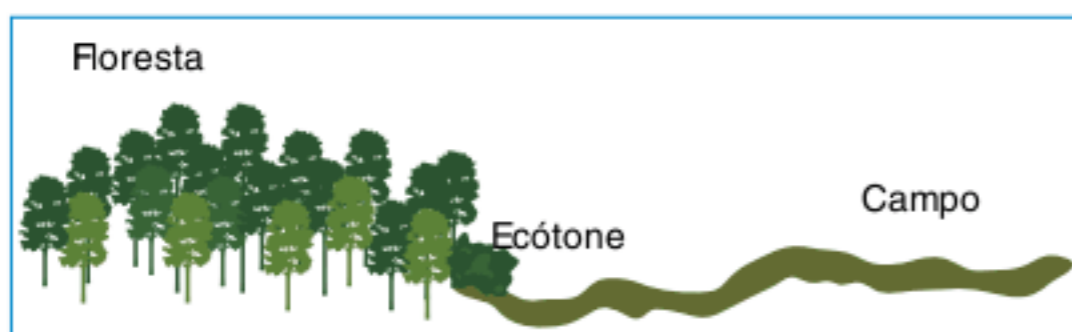
- a) O quadro 1 apresenta parâmetros que não estão corretamente relacionados com os estágios iniciais e de clímax de uma sucessão primária. Complete o quadro 2, relacionando corretamente esses parâmetros com os estágios sucessionais.
- b) O esquema a seguir ilustra a sequência ordenada e gradual de um 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 (ecótone) 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		
Parâmetros	Estágio inicial da sucessão	Estágio de clímax
Produção primária bruta/consumo	maior que 1	igual a 1
Produção primária líquida	nula	alta
Biomassa	máxima	mínima
Diversidade de espécies	mínima	máxima

QUADRO 2		
Parâmetros	Estágio inicial da sucessão	Estágio de clímax
Produção primária bruta/consumo		
Produção primária líquida		
Biomassa		
Diversidade de espécies		



17 UFSM 2008 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 2003 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.
- (b) diversidade de espécies.
- (c) reciclagem de nutrientes.
- (d) produtividade líquida.
- (e) biomassa total.

19 UFMG 2003 Muitos agricultores têm abandonado o plantio nas encostas das serras devido à dificuldade de máquinas agrícolas modernas trabalharem em terras íngremes. Observa-se, em vários desses locais, a recuperação de florestas, inclusive de trechos de Mata Atlântica, graças ao processo representado nesta figura.

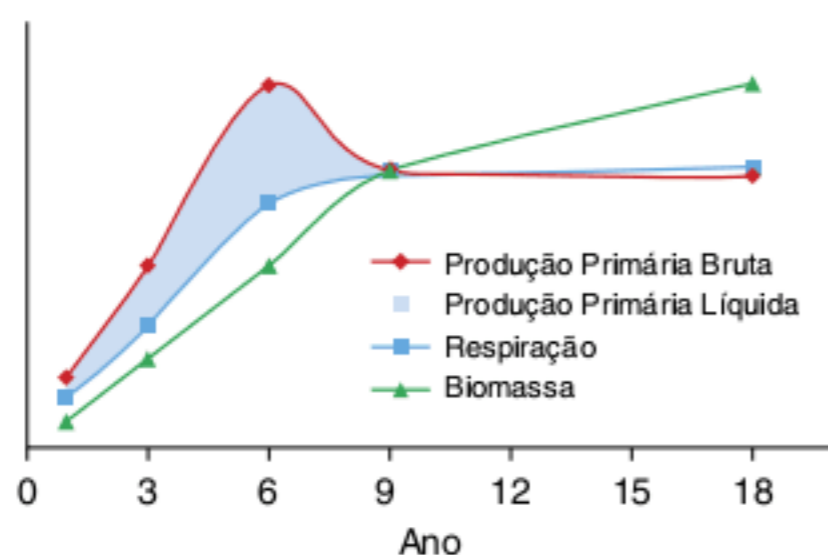


Considerando-se o processo de recuperação dessas áreas, é correto afirmar que:

- (a) os ciclos do carbono e do nitrogênio são mais demorados no final desse processo.
- (b) esse processo começa com espécies pioneiras que produzem poucas sementes.
- (c) a biomassa e a taxa de respiração, no início da recuperação, são maiores que no final.
- (d) o tempo necessário para a recuperação da floresta é de, aproximadamente, cinco anos.

20 UFJF 2010 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.

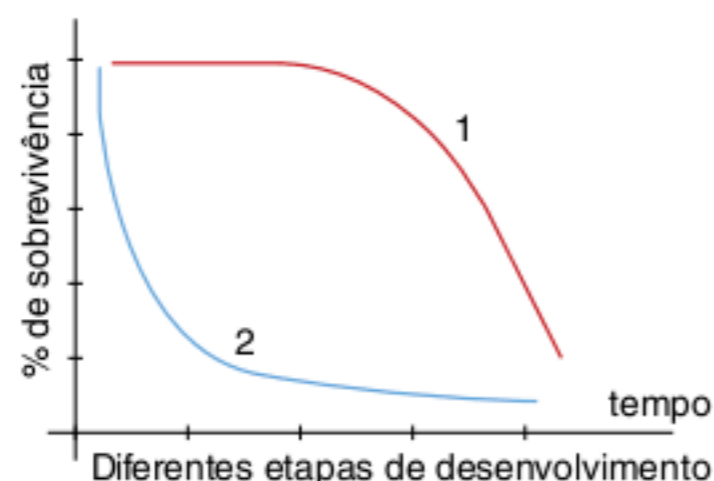
- Em que consiste o processo de sucessão ecológica?
- O gráfico a seguir mostra o que acontece com a produção primária bruta, produção primária líquida, respiração e biomassa ao longo de uma sucessão ecológica.



Considerando apenas a absorção de gás de efeito estufa, qual período (ano) da sucessão seria mais benéfico ao ecossistema? Justifique.

21 Unesp 2006 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	3.200
Alevinos (formas jovens originadas desses ovos)	640
Alevinos que chegam à fase de jovens adultos	64
Adultos que chegam à idade reprodutiva	2



- 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.
- 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

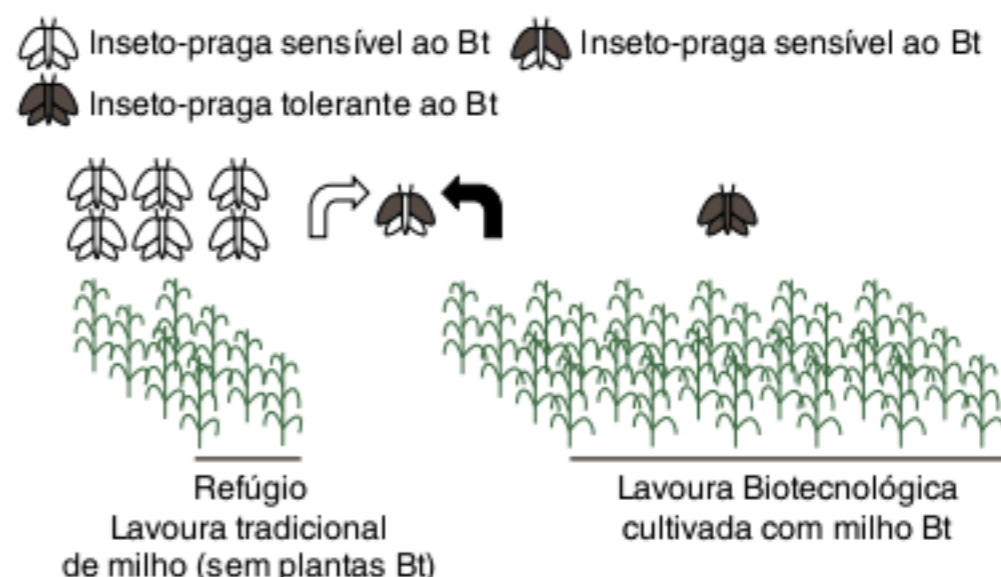
estáveis, ou seja, com aproximadamente o mesmo tamanho, ano após ano, sua taxa reprodutiva deve ser alta ou baixa? Justifique sua resposta.

22 Fatec 2007 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:

- os insetos adquiriram resistência aos inseticidas devido ao uso diário desses produtos.
- o ambiente californiano não tem predadores ou parasitas desses insetos e estes são resistentes aos inseticidas.
- a capacidade reprodutiva dos insetos é baixa, mas eles estão camuflados, o que anula a ação dos inseticidas.
- os insetos são predadores de outros insetos, o que os torna mais resistentes aos inseticidas.
- os insetos ingeriram o inseticida e adquiriram resistência a eles, e por competição, eliminaram os outros insetos que buscavam o mesmo alimento.

23 PUC-RS 2011 Responda à questão com base nas informações, figura e afirmativas abaixo.

O Brasil é o segundo maior produtor de culturas biotecnológicas do mundo, atrás somente dos Estados Unidos da América (ISAAA, 2009). Culturas biotecnológicas com ação inseticida, como o Milho Bt, produzem uma toxina chamada de Bt, que age matando especificamente insetos-praga do milho. Dessa forma, é esperado que as plantas de Milho Bt promovam uma elevada mortalidade nas populações naturais de insetos-praga, levando a uma diminuição dessas populações em curto prazo. Contudo, sabe-se que em longo prazo irão surgir insetos-praga resistentes a esta toxina Bt. A melhor estratégia para reduzir o aparecimento destas pragas resistentes é o uso de refúgios em lavoura com Milho Bt. O refúgio pode ser definido como uma área cultivada com milho tradicional, na qual a praga alvo tenha condições de sobrevivência e de reprodução. A figura a seguir ilustra a estratégia dos refúgios.



Sobre essa situação, afirma-se:

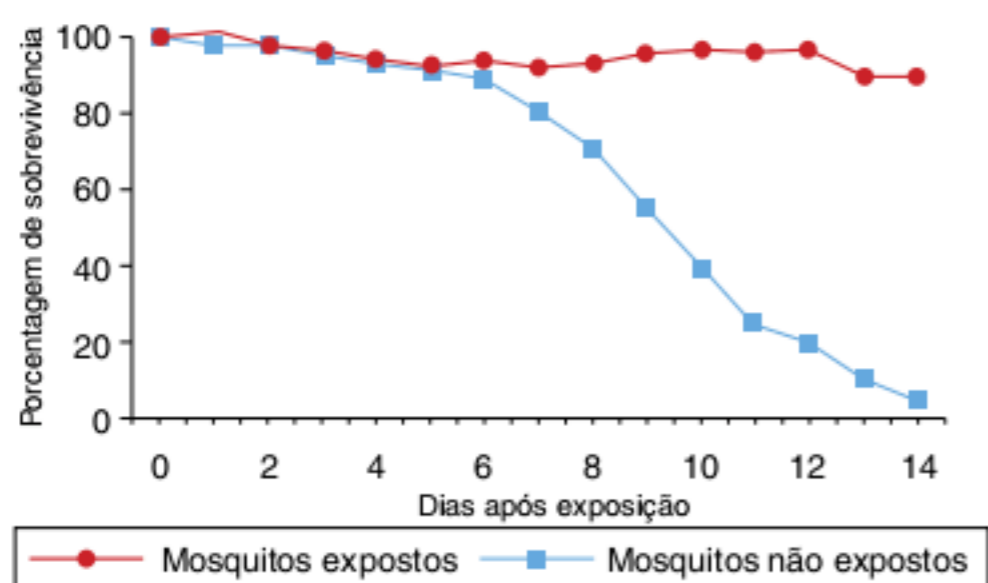
- A toxina Bt age como pressão de seleção para o surgimento de insetos-praga sensíveis ao Bt.
- A relação que existe entre insetos tolerantes e insetos sensíveis ao Bt é a comensal.
- O refúgio possibilita a produção de insetos-praga e favorece o acasalamento ao acaso com indivíduos provenientes de áreas com plantas Bt.

IV. A estratégia de utilizar refúgios reduz a probabilidade de que os insetos-praga desenvolvam resistência à proteína inseticida Bt.

Interpretando as informações, conclui-se que estão corretas apenas as afirmativas:

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

24 Enem 2005 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



1

Classificação dos seres vivos

FRENTE 3

ZAC WOLF/WIKIPEDIA

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 variedade de seres vivos (biodiversidade) do planeta é muito grande e o seu estudo é feito por uma parte da biologia chamada **sistemática**. 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).

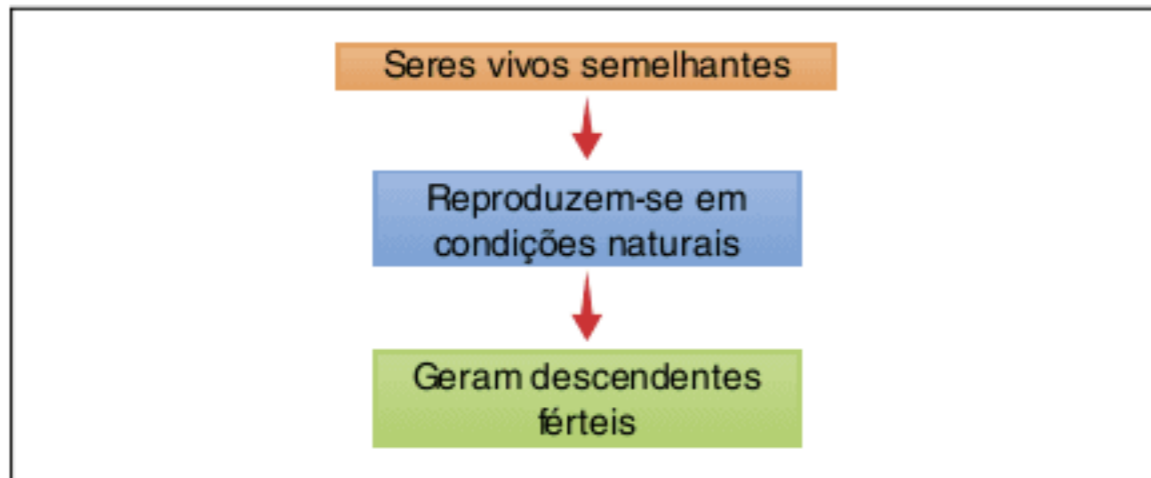


Fig. 1 Esquema com conceito de espécie mais difundido pela taxonomia.

O botânico sueco **Lineu**, no século XVIII, propôs as bases do sistema de classificação atualmente utilizado. A classificação dos seres vivos é denominada **taxonomia**. 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; era a língua empregada pelos intelectuais na época de Lineu. Dessa forma, o uso de latim garante uma universalidade da nomenclatura científica.

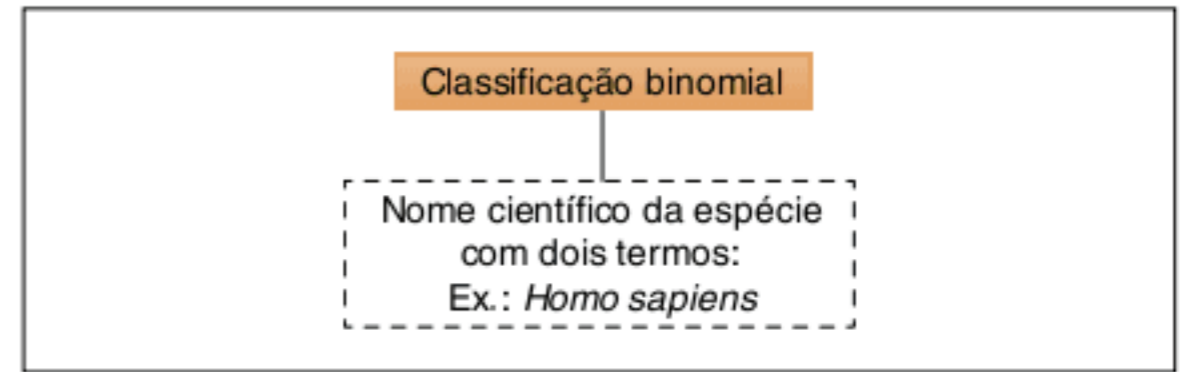



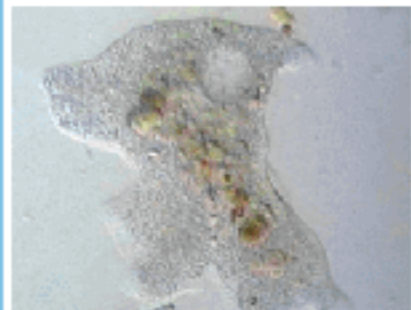
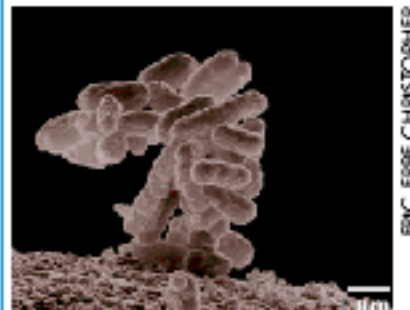



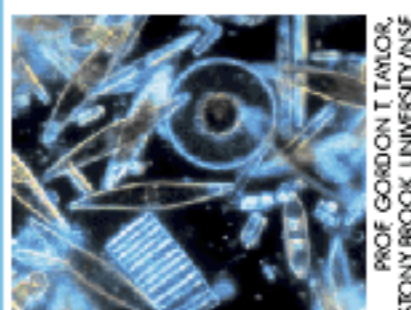

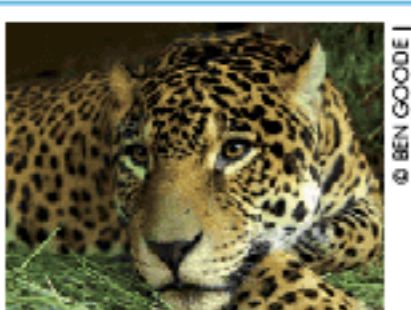






Fig. 2 Na classificação binomial de Lineu, o nome científico tem dois termos, como ocorre com o nome da espécie humana.

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.

Metazoa	Metaphyta	Fungi	Protoctista	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.

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 **eucariontes**, ou seja, suas células apresentam carioteca; são **pluricelulares**, apresentam **tecidos** e têm nutrição **heterotrófica**.

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*

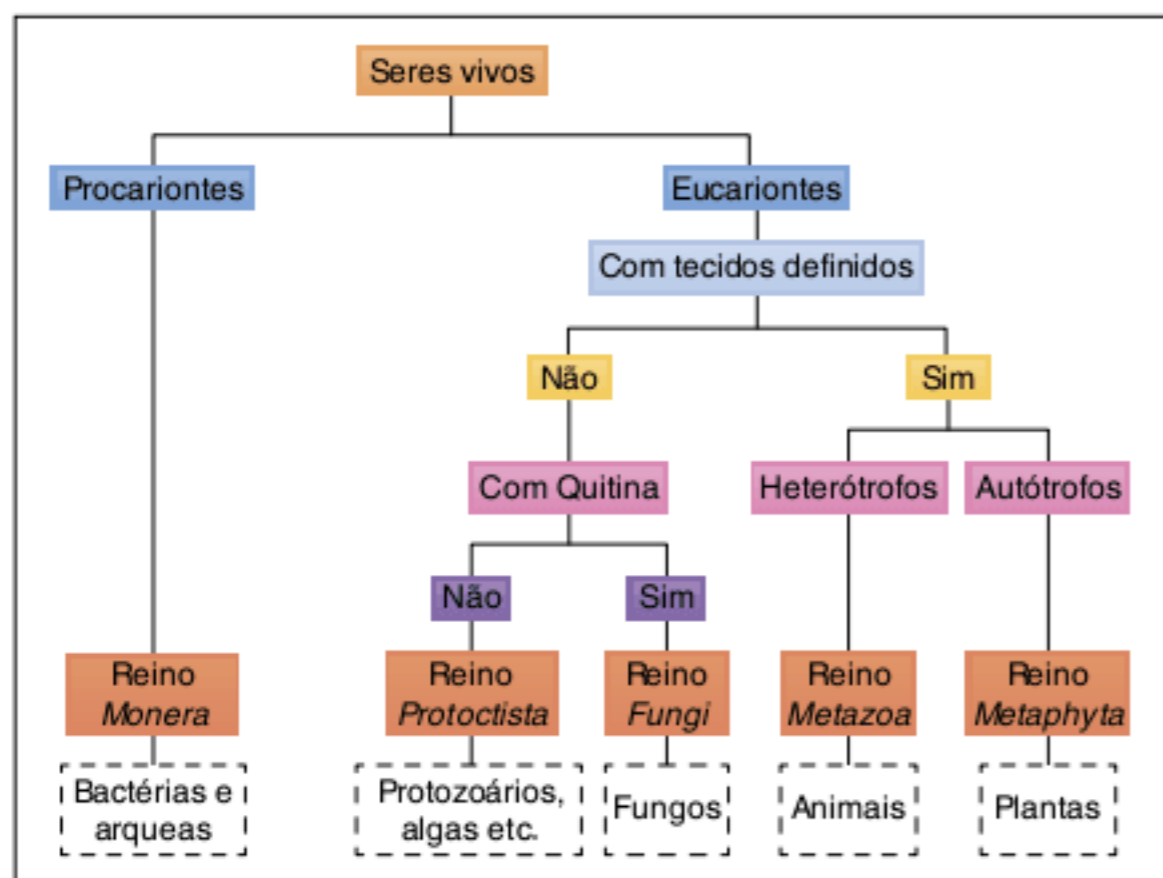


Fig. 3 Fluxograma com a classificação dos seres vivos em cinco reinos.

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*.

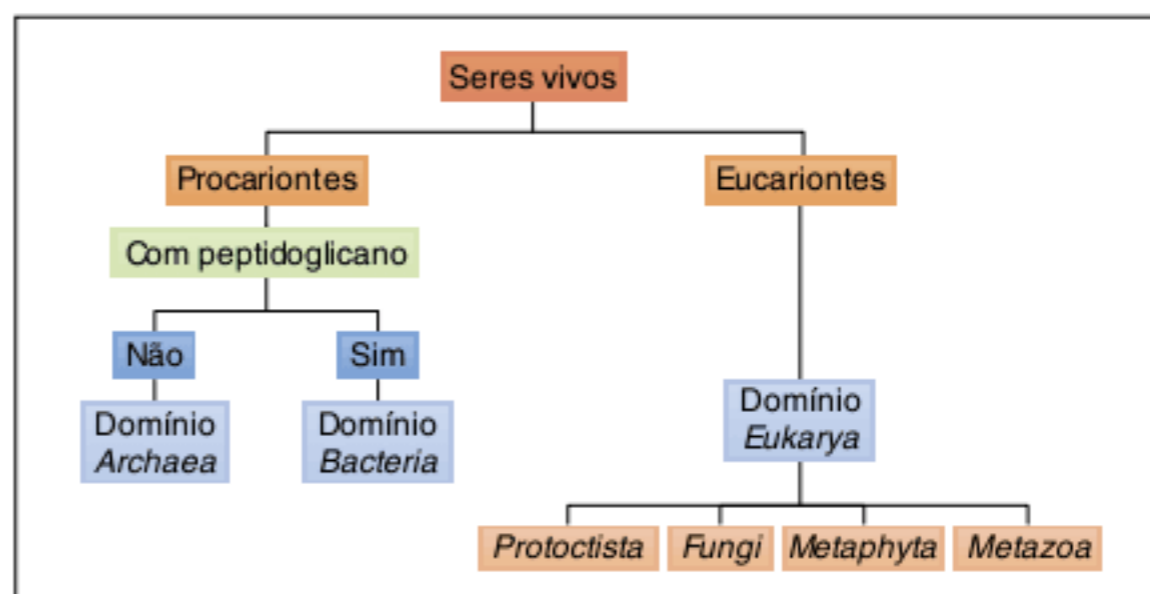


Fig. 4 Fluxograma com a classificação dos seres vivos em três domínios.

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).

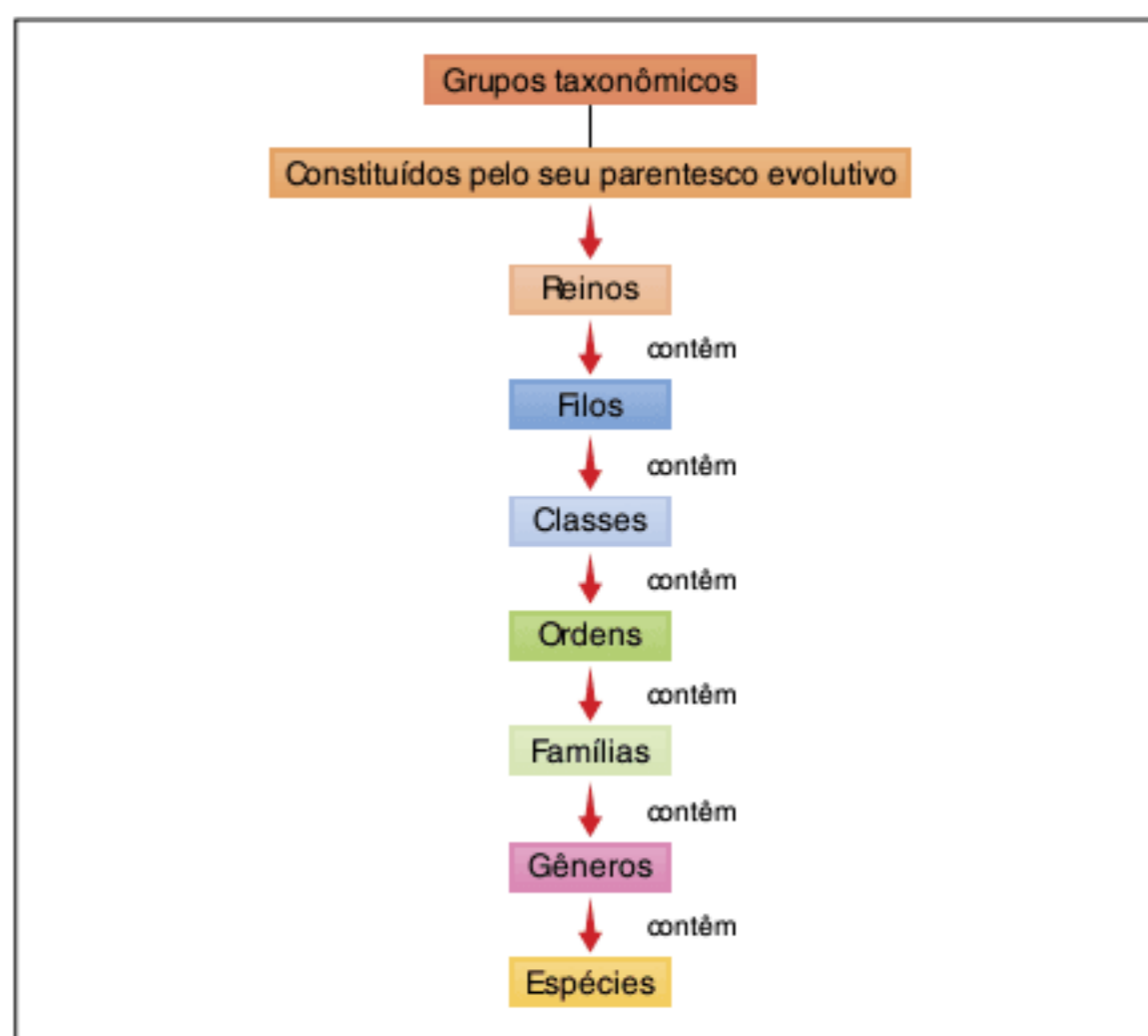


Fig. 5 As principais categorias taxonômicas.

Lineu 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 *Homo 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.

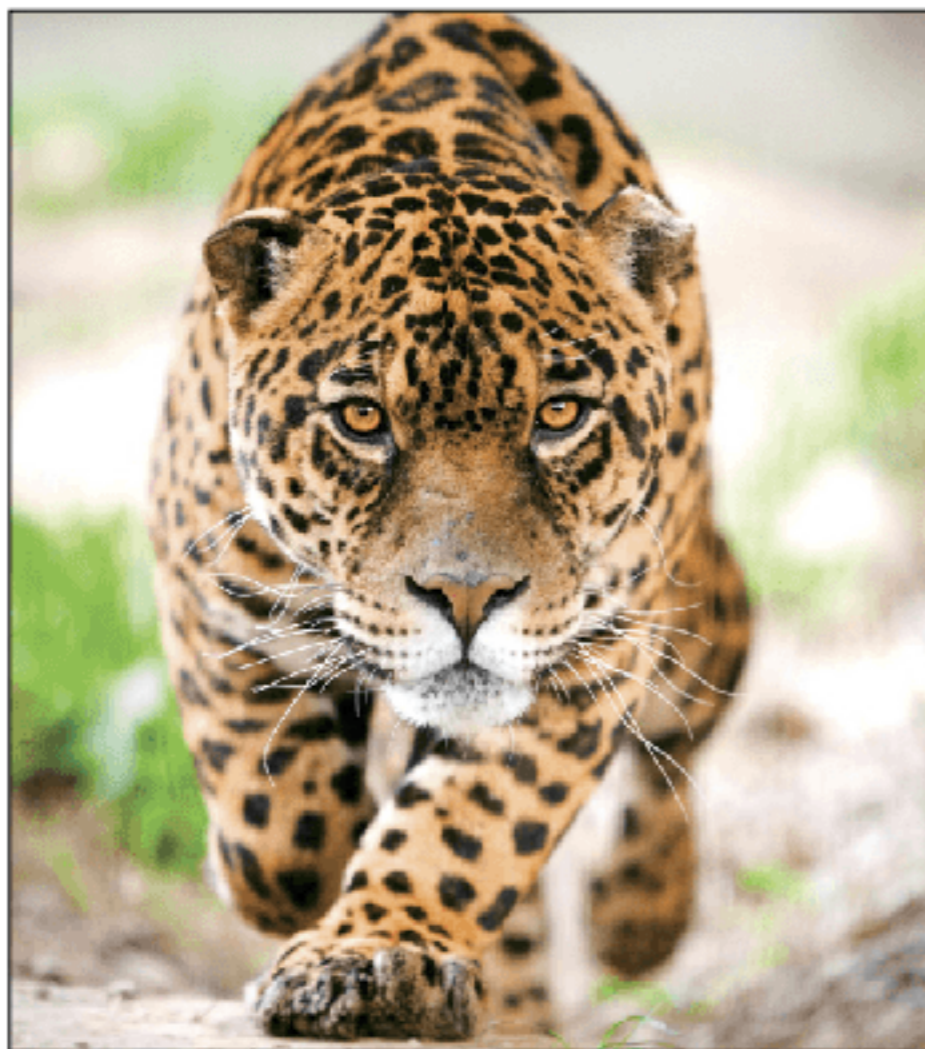


Fig. 6 Onça-pintada.

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-domato, 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 se ocupa da **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 homolias 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).

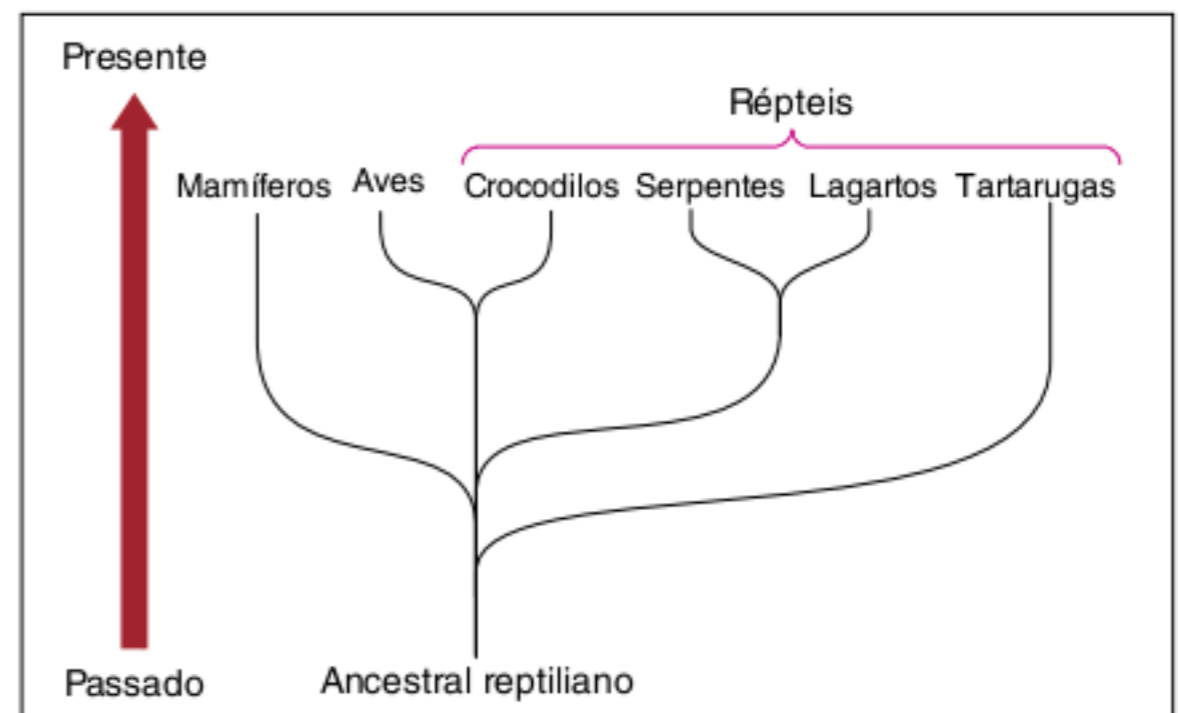


Fig. 7 Árvore filogenética representativa das relações de parentesco entre répteis, aves e mamíferos.

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.

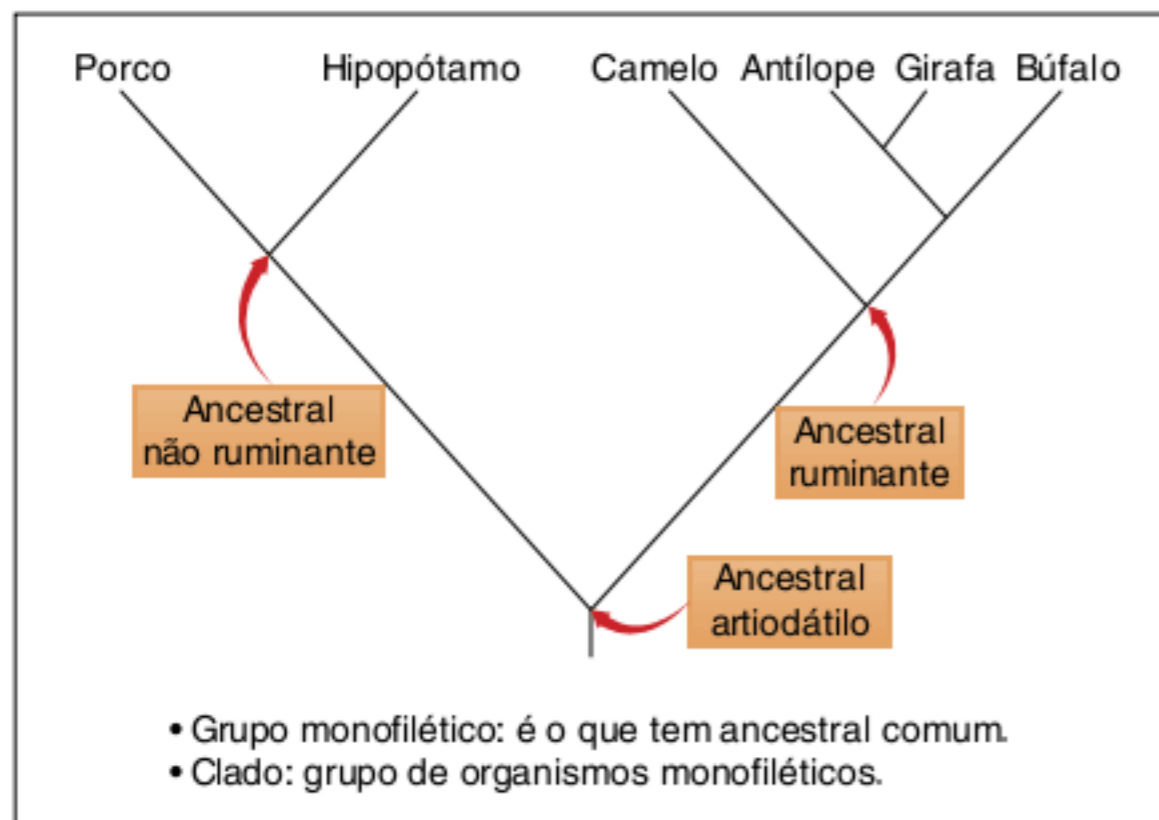


Fig. 8 Cladograma representativo da ancestralidade comum dos artiodáctilos.

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).

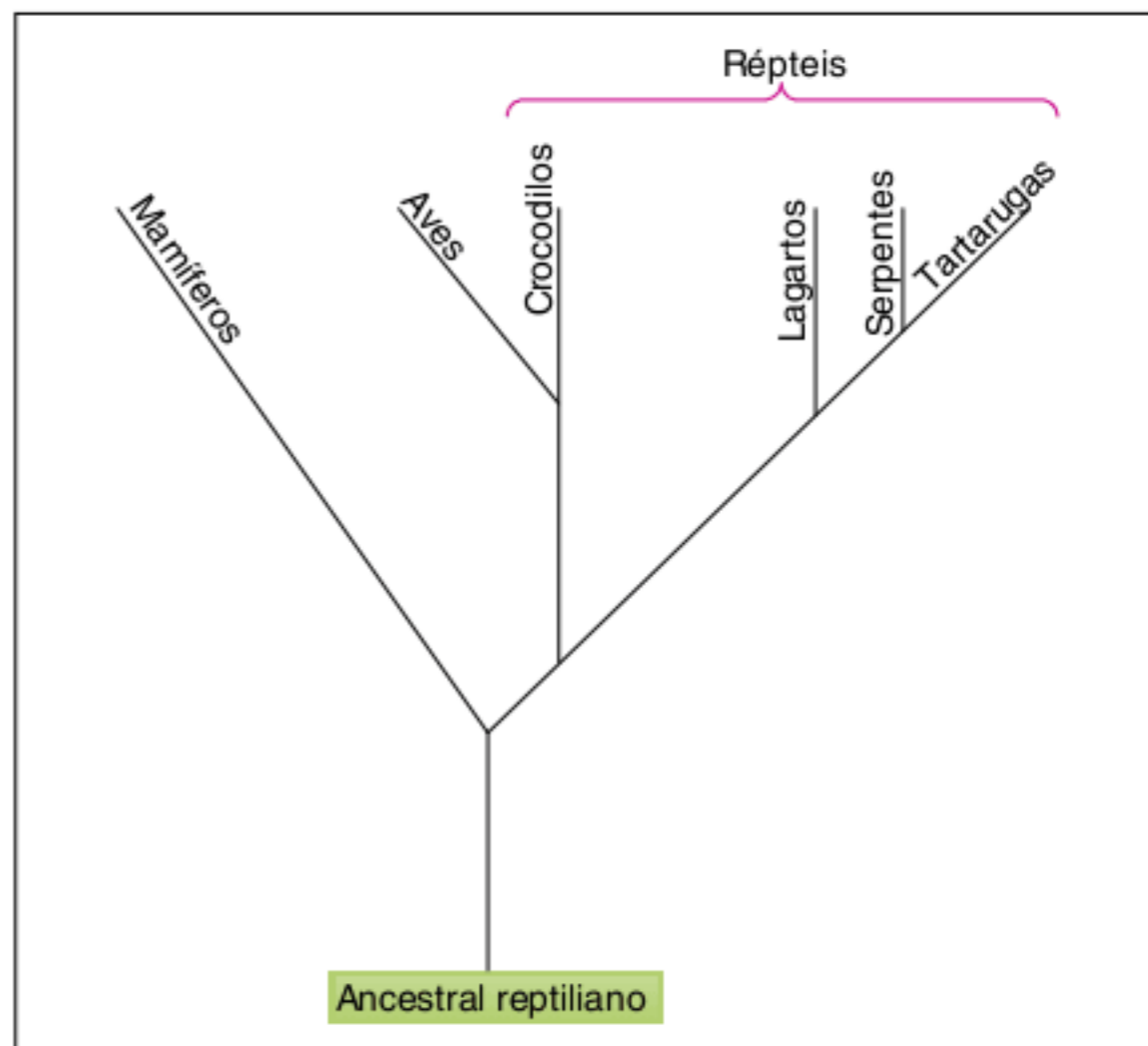


Fig. 9 Cladograma representativo das relações de parentesco entre mamíferos, aves e répteis.

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).

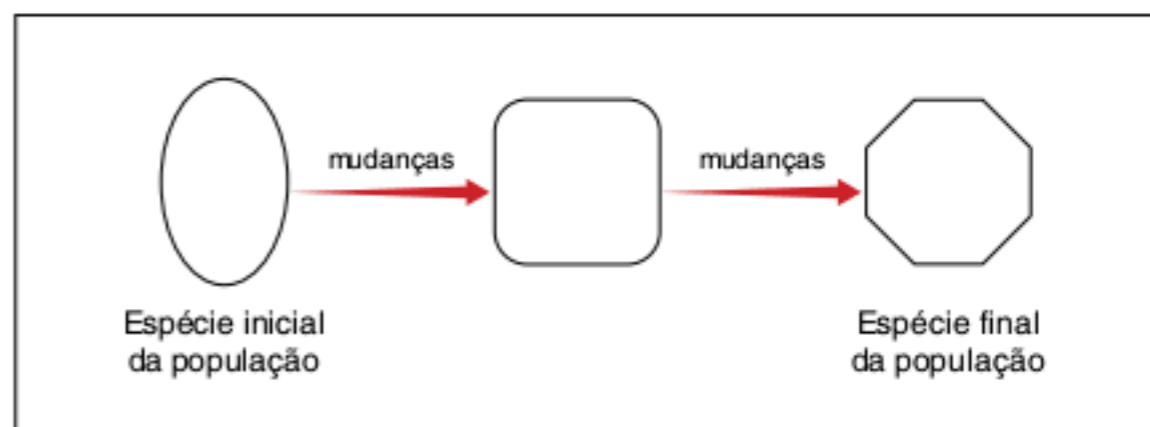


Fig. 10 Anagênese: processo de mudanças durante a evolução de uma espécie; assim, populações se modificam ao longo do tempo.

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).

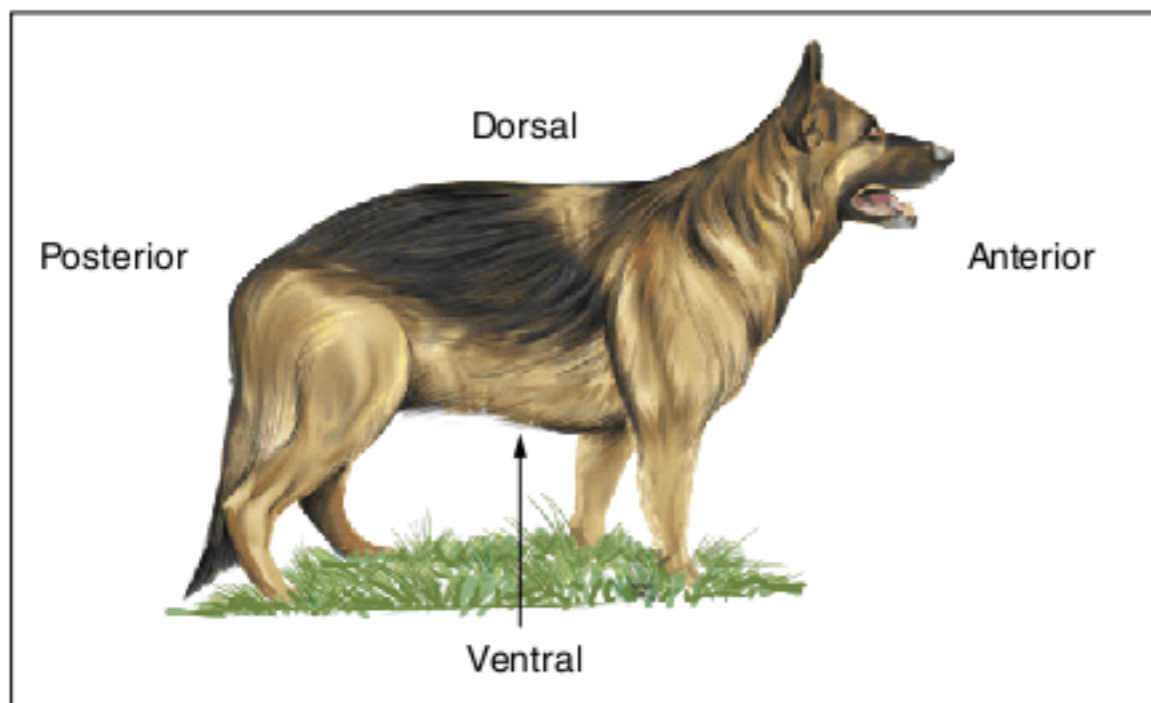


Fig. 11 Exemplo de animal (cão) evidenciando as regiões do corpo.

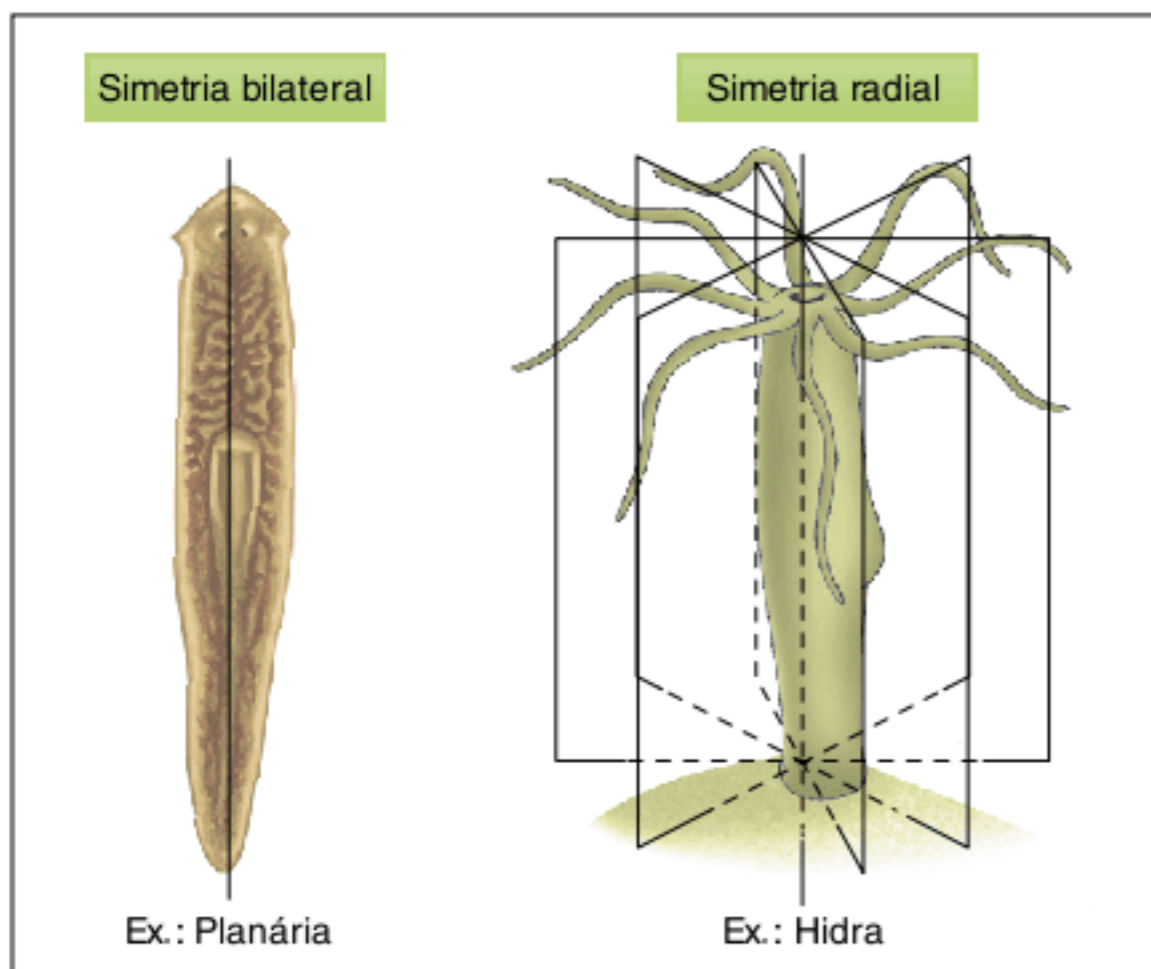


Fig. 12 Principais tipos de simetria observados nos seres vivos.

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).

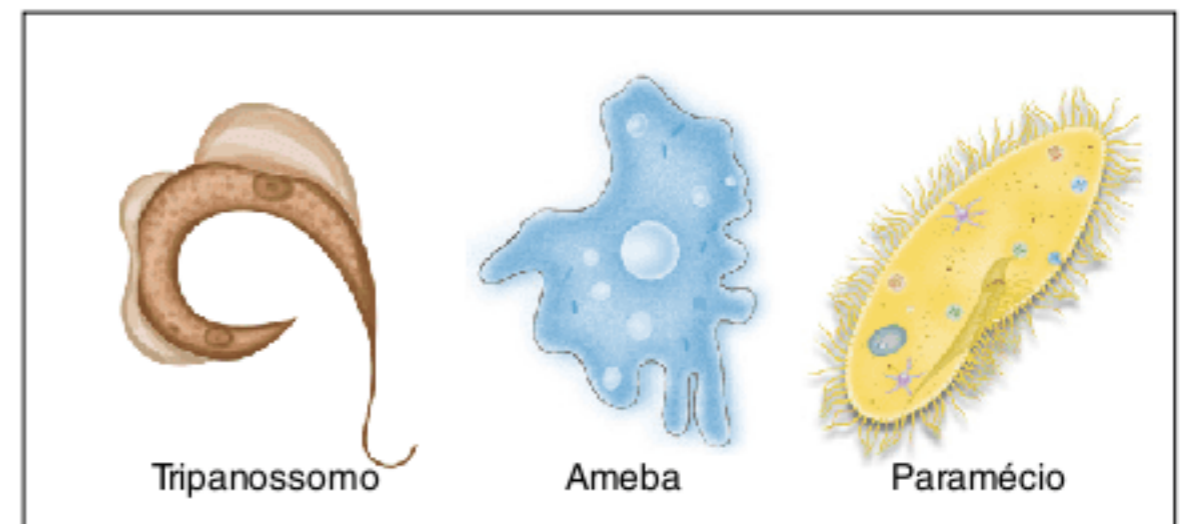


Fig. 13 Alguns protozoários representativos dos diferentes grupos taxonômicos do reino.

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.



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.

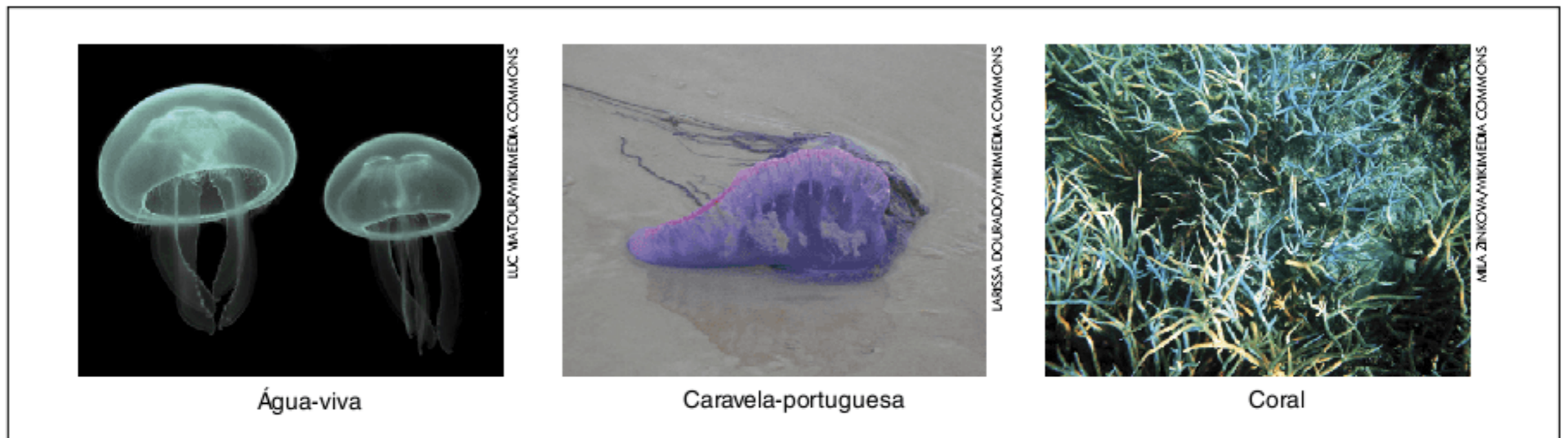


Fig. 15 Exemplos de animais do filo dos celenterados (ou cnidários).

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).

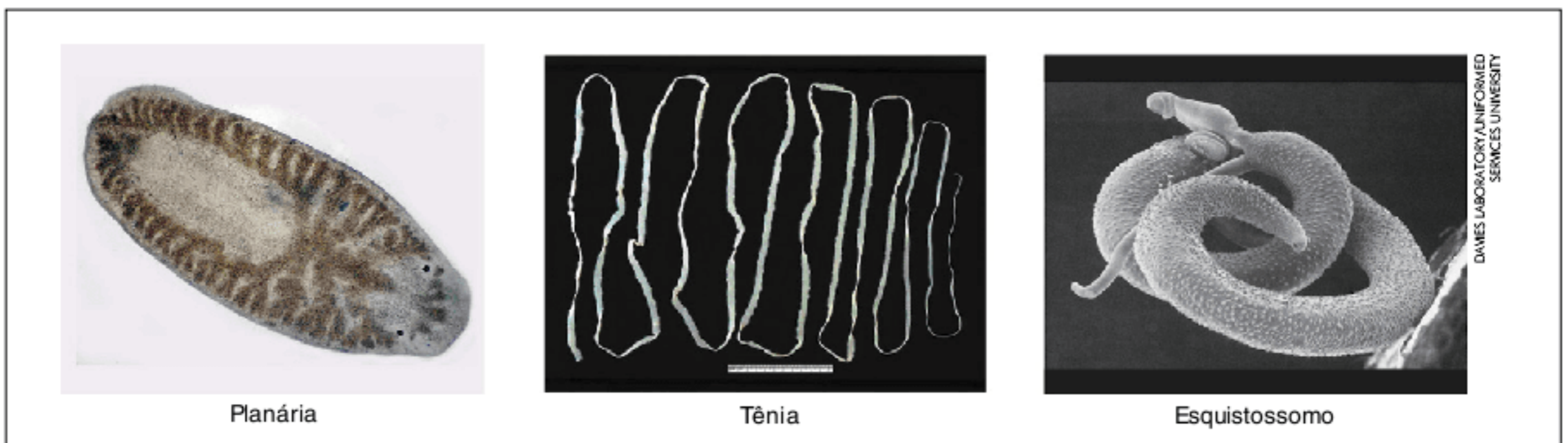


Fig. 16 Exemplos de animais do filo dos platelmintos: planária é um platelminto de vida livre; tênia e esquistossomo são parasitas.

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).

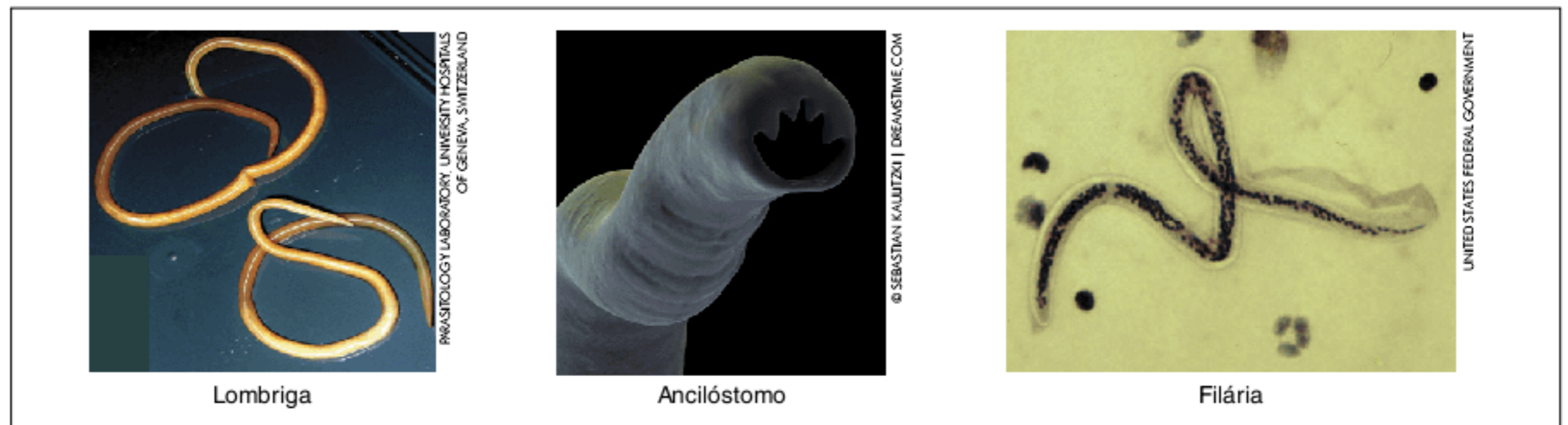


Fig. 17 Exemplos de animais do filo dos nematelmintos (alguns causam doenças em seres humanos): lombriga, ancilóstomo (causa amarelão) e filária (causa elefantíase).

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.

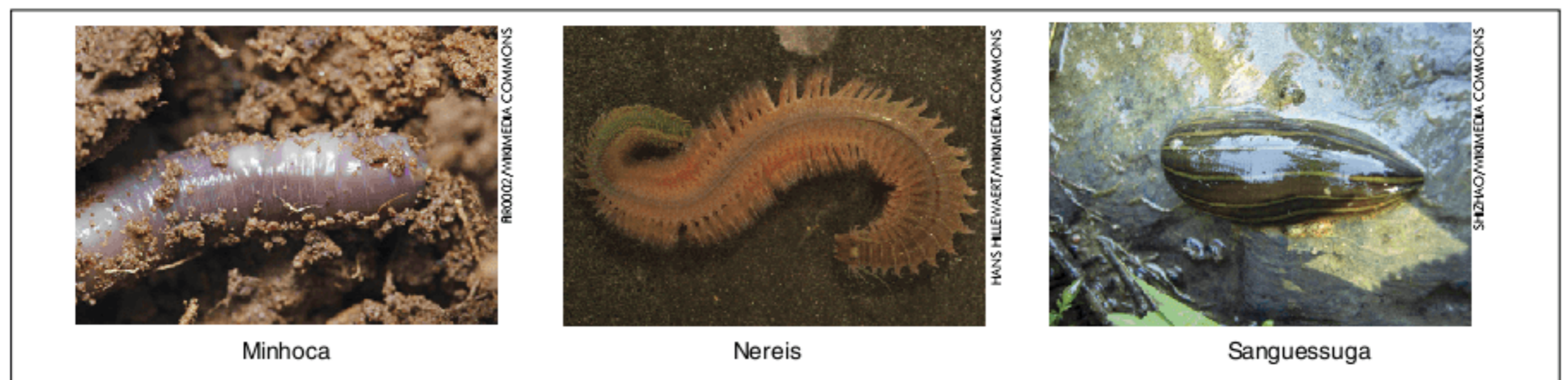


Fig. 18 Exemplos de animais do filo dos anelídeos: minhoca é de meio terrestre úmido; nereis é marinho; sanguessuga é um parasita externo.

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).



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.

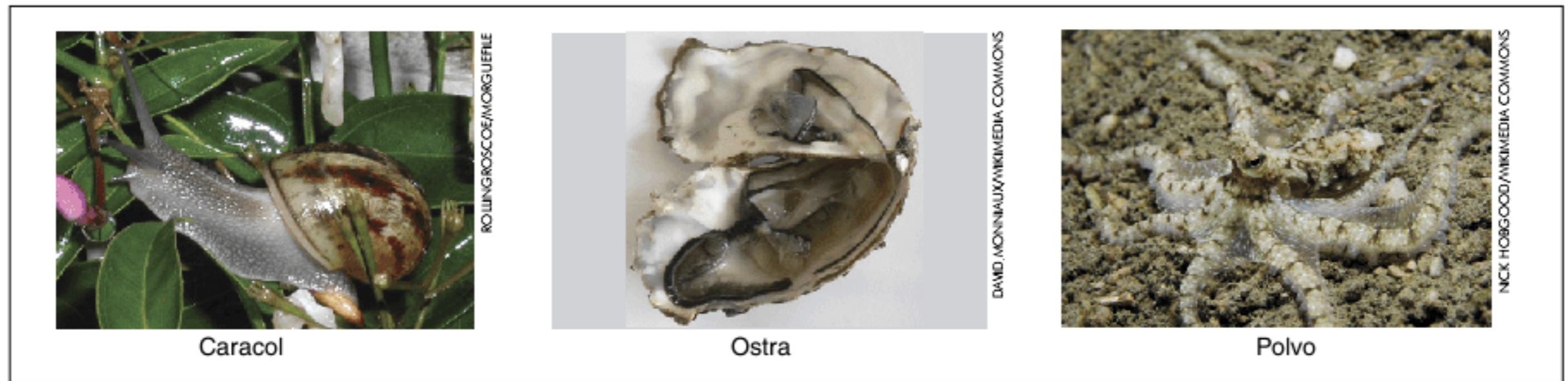


Fig. 20 Exemplos de animais do filo dos moluscos: têm corpo mole e podem ter concha, como o caracol e a ostra; o polvo não possui concha.

Equinodermos

São exclusivamente marinhos. Geralmente têm simetria **pentarradial**. Possuem um **esqueleto calcário** recoberto pela epiderme (Fig. 21).

Exemplos: estrela-do-mar, bolacha-da-praia, ouriço-do-mar.

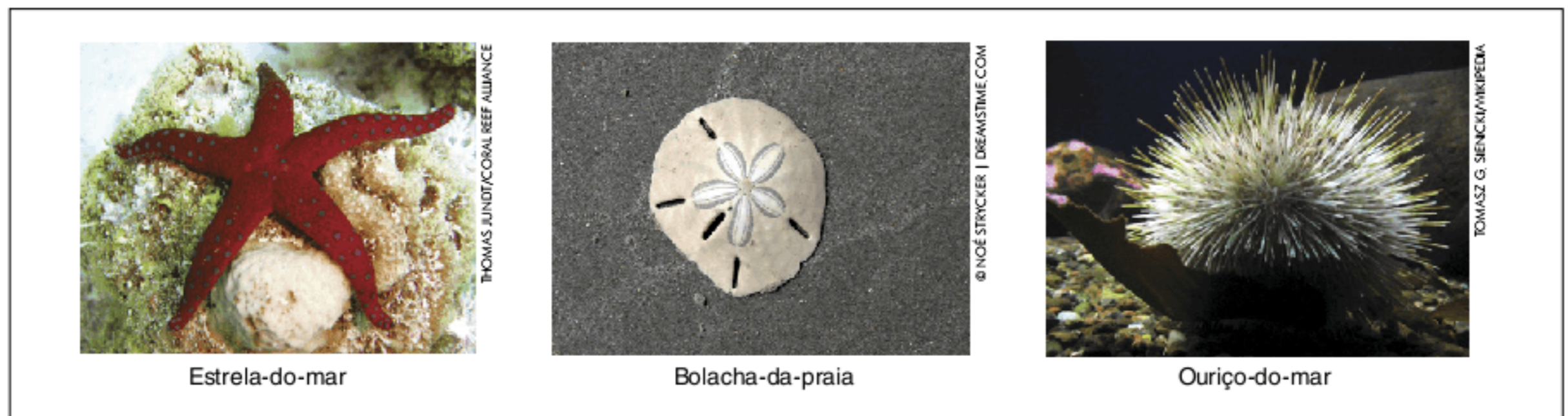


Fig. 21 Exemplos de animais do filo dos equinodermos, comuns em nossas praias.

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 inclusos 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.

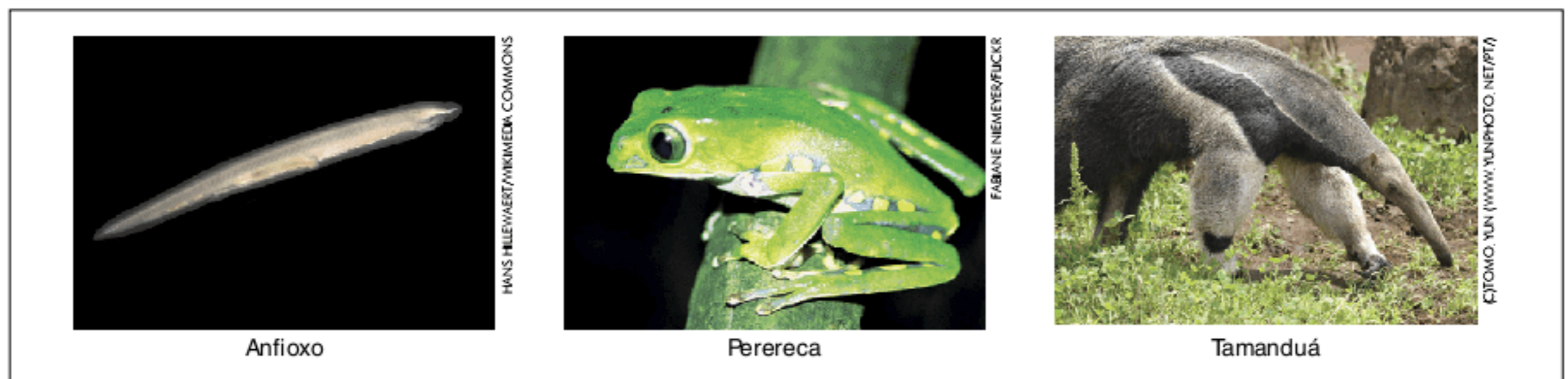


Fig. 22 Exemplos de representantes do filo dos cordados.

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 grupos anteriores 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 2005 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 2009 Considere a seguinte tira.



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:

- a) Qual a importância da utilização de nomes científicos para identificar os organismos?
- b) Por que se utiliza o latim como língua para a atribuição desses nomes?

3 Fuvest 2007 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 Puccamp 2007 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:

- (a) são capazes de produzir substâncias orgânicas por meio de fotossíntese ou quimiossíntese.
- (b) são constituídos por organismos heterótrofos que se alimentam por ingestão.
- (c) são formados por um único tipo de célula, a eucariótica.
- (d) têm capacidade de locomover-se sobre um substrato.
- (e) reproduzem-se exclusivamente por meio de processos sexuais.

5 Puccamp 2008 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:

- (a) são todas inter cruzantes.
- (b) ocorrem em habitats semelhantes.
- (c) possuem glândulas nos mesmos locais do corpo.
- (d) apresentam os mesmos feromônios.
- (e) são morfologicamente semelhantes.

6 UFPR 2008 (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.

1. As categorias taxonômicas são, em ordem hierárquica: Reino, Filo, Família, Ordem, Classe, Gênero e Espécie.
2. Os seres vivos estão distribuídos nos seguintes reinos: *Monera*, *Protista*, *Fungi*, *Metaphyta (Plantae)* e *Metazoa (Animalia)*.
3. A partir do texto, deduz-se que as regras de nomenclatura garantem uma única linguagem universal da informação biológica.
4. 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.

- (a) Somente as afirmativas 2 e 3 são verdadeiras.
- (b) Somente as afirmativas 2, 3 e 4 são verdadeiras.
- (c) Somente as afirmativas 1, 3 e 4 são verdadeiras.
- (d) Somente as afirmativas 1 e 2 são verdadeiras.
- (e) Somente as afirmativas 1 e 4 são verdadeiras.

7 Unifesp 2008 “Em uma área de transição entre a mata Atlântica e o cerrado, são encontrados o pau-d’arco (*Tabebuia serratifolia*), a caixeta (*Tabebuia cassinoides*) e alguns ipês (*Tabebuia aurea*, *Tabebuia alba*, *Cybistax antisiphilitica*). O cipó-de-são-joão (*Pyrostegia venusta*) é também frequente naquela região”.

Considerando os critérios da classificação biológica, no texto são citados:

- (a) 3 gêneros e 3 espécies.
- (b) 3 gêneros e 4 espécies.
- (c) 3 gêneros e 6 espécies.
- (d) 4 gêneros e 4 espécies.
- (e) 4 gêneros e 6 espécies.

8 Vunesp No ano de 1500, os portugueses já se referiam ao Brasil como a “Terra dos Papagaios”, incluindo nessa designação os papagaios, araras e periquitos. Essas aves pertencem a uma mesma família da ordem *Psittaciformes*. Dentre elas, pode-se citar:

Araras	Papagaios	Periquitos
Arara-vermelha <i>Ara chloroptera</i>	Papagaio-verdadeiro <i>Amazona aestiva</i>	Periquito-da-cabeça-azul <i>Aratinga acuticaudata</i>
Arara-canga <i>Ara macau</i>	Papagaio-da-cara-roxa <i>Amazona brasiliensis</i>	Periquito-rei <i>Aratinga aurea</i>
Arara-canindé <i>Ara ararauna</i>	Papagaio-chauá <i>Amazona rhodocorytha</i>	Periquito-da-caatinga <i>Aratinga cactorum</i>

O grupo de aves relacionadas compreende:

- (a) 3 espécies e 3 gêneros.
- (b) 9 espécies e 3 gêneros.
- (c) 3 espécies de uma única família.
- (d) 9 espécies de um mesmo gênero.
- (e) 3 espécies de uma única ordem.

9 UEM A ideia de parentesco evolutivo entre as espécies foi uma concepção de Darwin. Os conhecimentos atuais dão suporte à ideia de que todos os seres vivos compartilham ancestrais comuns que viveram há mais de 3 bilhões de anos. Atuando continuamente, o processo de evolução resultou na biodiversidade observada nos dias de hoje. Apesar dessa biodiversidade, um dos sistemas de classificação reúne os seres vivos em cinco reinos, a partir das seguintes características: unicelulares e multicelulares; procarióticos e eucarióticos; autotróficos e heterotróficos. Com base nessas características e nos cinco reinos, responda às questões propostas abaixo.

- a) Qual das características é exclusiva dos indivíduos de um único reino e qual é esse reino?
- b) Qual reino ou quais reinos têm:
 - b1) espécies unicelulares e autotróficas?
 - b2) espécies unicelulares e heterotróficas?
 - b3) espécies multicelulares e autotróficas?
 - b4) espécies multicelulares e heterotróficas?

10 UFTM 2010 O estudo dos fungos, protozoários, vegetais e animais revela detalhes interessantes. São seres que apresentam semelhanças e diferenças. A respeito desses seres, pode-se afirmar que os:

- (a) fungos e protozoários são heterótrofos e possuem várias organelas membranosas em suas células. Os primeiros realizam a digestão intracelular e os segundos, a digestão extracelular.
- (b) fungos e animais são heterótrofos e possuem várias organelas membranosas em suas células. Os primeiros obtêm nutrientes do meio por absorção e os segundos, em sua maioria, por ingestão.
- (c) vegetais e fungos são eucariontes e reservam carboidratos. Ambos possuem envoltório nuclear e conseguem reservar amido em suas organelas citoplasmáticas.

- (d) protozoários e animais são multicelulares e não possuem plastos em suas células. São formados por tecidos verdadeiros e podem realizar a respiração celular ou a fermentação.
- (e) vegetais e animais são eucariontes, multicelulares e possuem várias organelas citoplasmáticas. Possuem em comum o envoltório nuclear, centríolos, lisossomos e plastos.

11 UEM 2010 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 =

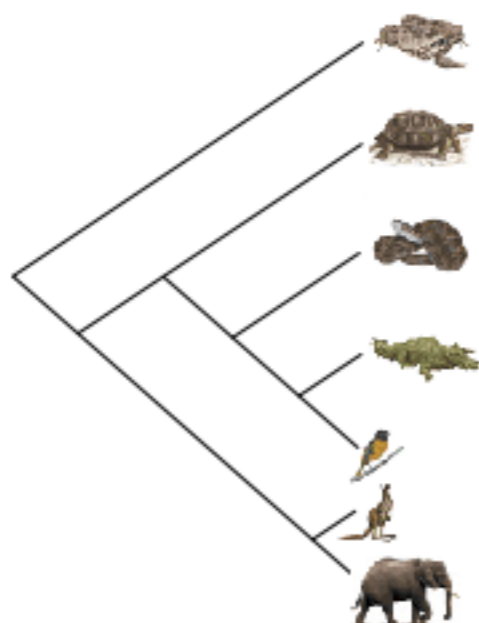
12 UFRGS Considere os quatro táxons abaixo relacionados.

1. *Bufo dorbignyi*
2. *Lystrophis dorbignyi*
3. *Didelphis albiventris*
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.

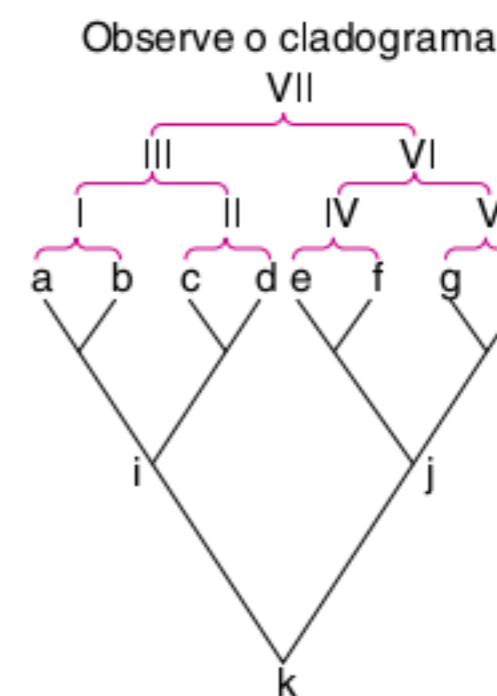
13 UFV 2001 (Adapt.) O esquema filogenético, representado a seguir, foi elaborado comparando-se a sequência de aminoácidos de proteína do cristalino de diferentes grupos de animais.



Considerando a filogenia esquematizada com base na evolução molecular dessa proteína, assinale a alternativa incorreta.

- (a) Os répteis são parentes mais próximos de aves que de mamíferos.
- (b) Os crocodilianos são parentes mais próximos de aves que de quelônios.
- (c) Os esquamata (serpentes e lagartos) têm ancestral comum com crocodilianos e aves.
- (d) Os anfíbios têm ancestral comum com todos os outros vertebrados.
- (e) Os marsupiais são parentes mais próximos de aves que de placentários.

14 Com base do cladograma a seguir, classifique o grupo VI em relação ao grupo VII como monofilético, parafilético ou polifilético. Justifique sua resposta.



15 UEL Invertebrados sésseis, sem órgãos nem tecidos, com digestão exclusivamente intracelular, são classificados como:

- (a) esponjas.
- (b) anêmonas-do-mar.
- (c) lírios-do-mar.
- (d) cracas.
- (e) mexilhões.

16 Uece Os recifes são verdadeiras barreiras de depósitos calcários que se formaram ao longo dos anos em várias costas brasileiras. A constituição física dessas barreiras marinhas se deve ao acúmulo de "esqueletos" de:

- (a) crustáceos.
- (b) algas.
- (c) espongiários.
- (d) celenterados.

17 Puccamp Na história evolutiva aceita pela maioria dos zoólogos, o primeiro grupo de animais a apresentar simetria bilateral acompanhada do processo de cefalização é o dos:

- (a) poríferos.
- (b) artrópodes.
- (c) cnidários.
- (d) platelmintos.
- (e) equinodermos.

18 Diz-se que os celenterados e os platelmintos possuem tubo digestório incompleto, ao contrário do que ocorre nos nematelmintos e anelídeos, que o possuem completo, porque neles falta:

- (a) o estômago.
- (b) o duodeno.
- (c) o íleo.
- (d) tubo digestório com boca e ânus.

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 Fatec Comparando-se evolutivamente, o animal mais próximo do homem é:

- (a) o lagarto.
- (b) o pinguim.
- (c) o sapo.
- (d) o caçã.
- (e) o rato.

21 Mackenzie Considerando-se os animais a seguir, assinale a alternativa correta.

- I. Morcego
 - II. Jacaré
 - III. Pinguim
 - IV. Cavalo-marinho
 - V. Anfioxo
- (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 UFRGS A restrição de tamanho e da forma em planárias está diretamente relacionada:

- (a) à ausência de um sistema circulatório.
- (b) ao sistema nervoso difuso.
- (c) à presença de protonefrídios.
- (d) ao hermafroditismo.
- (e) à possibilidade de regeneração.

24 Faap Num passado, não muito distante, um tipo de animal era vendido em barbearias e em boticários para se fazer sangria. Acreditava-se que a sangria feita por esses animais podia curar uma grande série de males que afligisse uma pessoa. Que animal era utilizado e a qual filo pertence?

- (a) Lesma, do filo *Mollusca*.
- (b) Minhoca, do filo *Annelida*.
- (c) Lesma, do filo *Artropoda*.
- (d) Sanguessuga, do filo *Annelida*.
- (e) Amarelão, do filo *Asquelminte*.

25 Uece (Adapt.) Assinale a estrutura anatômica encontrada apenas nos celenterados.

- (a) Pés ambulacrários.
- (b) Nematocistos.
- (c) Espícula.
- (d) Célula-flama.

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 Faap-SP Dos animais citados, qual deles se relaciona filogeneticamente à lula?

- (a) Caramujo.
- (b) Minhoca.
- (c) Camarão.
- (d) Lagosta.
- (e) Planária.

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-MG Produz a concha dos moluscos:

- (a) pé.
- (b) rádula.
- (c) manto.
- (d) bisso.
- (e) umbo.

TEXTO COMPLEMENTAR

Nomenclatura

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.

A nomenclatura científica adota padrões, indicando as seguintes terminações para família: *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.

O estudo dos animais pode se tornar algo bastante entediante se for feito a partir de simples memorização de informações. 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, Anatomia, Fisiologia, Ecologia, Genética, Evolução, Patologia etc. Do mesmo modo, o ser humano não constitui uma espécie isolada; estamos relacionados com os animais de diversas maneiras. O homem interage com diversas espécies animais no ambiente que explora; algumas constituem fonte de alimento e de matérias-primas, e outros que se comportam como parasitas ou transmissores de parasitas para o ser humano; eventualmente há animais predadores de seres da nossa espécie. Nossa espécie tem aspectos únicos, porém compartilhamos muitas características com outras espécies. Assim, o estudo dos animais possibilita melhor compreensão sobre nossa origem evolutiva e do funcionamento do nosso organismo.

RESUMINDO

O primeiro passo

Sistemática é o estudo da biodiversidade.

Espécie é uma unidade de classificação dos seres vivos. Taxonomia é a parte da Biologia que trata da classificação dos seres vivos. 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

- Reino *Metazoa* ou *Animalia*
- Reino *Metaphyta* ou *Plantae*
- Reino *Fungi*
- Reino *Protoctista*
- Reino *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 é o estudo da 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
- Plelmintos
- Nematelmintos
- Anelídeos
- Moluscos
- Artrópodes
- Equinodermos
- Cordados

■ QUER SABER MAIS?



SITE

- 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 Puccamp 2008 A grafia correta do nome científico do arroz é:

- (a) *oryza sativa*.
- (b) *oryza Sativa*.
- (c) *Oryza sativa*.
- (d) *Oryza sativa*.
- (e) *Oryza Sativa*.

2 Unesp 2003 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 1998 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 que gênero pertencem todos os animais mencionados?
- Por que todos os gatos domésticos são designados por um mesmo nome científico?
- Qual dos nomes a seguir designa corretamente a família a que pertencem esses animais: *Felinaceae*, *Felidae*, *Felini*, *Felinus* ou *Felidaceae*? Justifique.

4 UFPR 1994 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:

- o sistema binomial de nomenclatura adota a Espécie como unidade básica de classificação.
- em taxionomia, uma Ordem engloba diversas Famílias, assim como um Gênero reúne diferentes Espécies.
- 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.
- o Reino *Protoctista* engloba organismos unicelulares eucariotes, entre os quais se incluem protozoários e certas algas.
- o Reino *Fungi* engloba os cogumelos, os líquens e as briófitas.
- os seres vivos pertencentes ao Reino *Monera* se caracterizam por serem todos unicelulares, com uma membrana nuclear bem estruturada.

Soma =

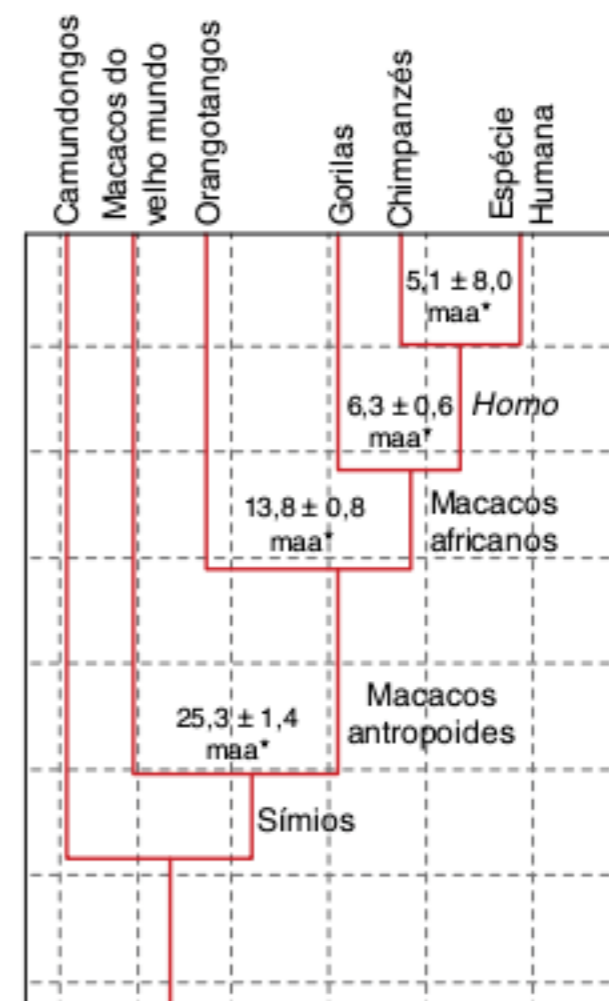
5 PUC-PR 2009 O palmito-juçara e o açaí têm como nomes científicos *Euterpe edulis* e *Euterpe oleracea*, respectivamente. Pode-se dizer que ambos apresentam os mesmos níveis taxonômicos, exceto:

- gênero.
- família.
- ordem.
- divisão.
- espécie.

6 Fuvest-GV 1994 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?

- Os quatro fósseis pertencem à mesma espécie, mas a gêneros diferentes.
- Cada fóssil pertence a um reino diferente.
- Os quatro fósseis pertencem ao mesmo filo, sendo que X e Y pertencem a um gênero e Z e W a outro gênero.
- Os quatro fósseis pertencem ao mesmo filo, sendo que X e Y pertencem a um reino e Z e W a outro reino.
- 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).

- A espécie humana e os camundongos originaram-se de um mesmo ancestral.
- 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.
- Os primatas mais evoluídos são os da espécie humana, seguidos dos chimpanzés, dos gorilas, dos orangotangos e finalmente dos macacos do velho mundo.
- Na escala evolutiva, os macacos mais próximos da espécie humana são os chimpanzés, seguidos dos gorilas e orangotangos.
- 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 1998 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.

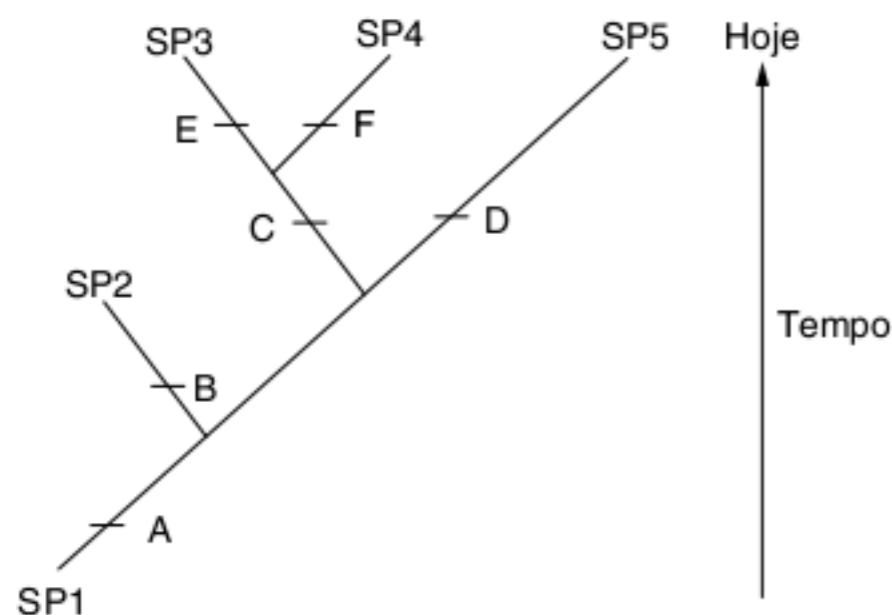
Desse modo, à medida que se analisam as variações ocorridas na passagem do nível de **espécie** para o nível do **reino**, é possível observar que:

- diminui a diversidade biológica.
- diminui a relação de parentesco.
- aumenta a semelhança histofisiológica.
- aumenta o número de estruturas comuns.

9 Qual o significado dos termos:

- Felídeos?
- Canídeos?

10 PUC-RS 2007 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:

- as espécies SP2, SP3, SP4 e SP5 compartilham um ancestral comum e a característica “A”.
- as espécies SP3, SP4 e SP5 estão presentes atualmente;
- a espécie SP2 encontra-se extinta.
- as espécies SP3 e SP4 compartilham uma característica comum “C”.
- 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):

- gênero.
- espécie.
- subespécie.
- raça.
- variedade.

12 UFRN Na moderna classificação, os seres vivos foram agrupados em cinco reinos biológicos. Assinale-os.

- Bactéria, protozoário, Fungo, Vegetal e Animal.
- Procarionte, eucarionte, *Protista*, Animal e Vegetal.
- Protista*, alga, protozoário, *Metazoa* e *Metaphyta*.
- Procarionte, eucarionte, *Monera*, *Metaphyta* e *Metazoa*.
- 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):

- espécie.
- ordem.
- subespécie.
- família.
- gênero.

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:

- Cite três características que justifiquem a retirada dos fungos do reino Vegetal.
- 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 tríplexes 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.

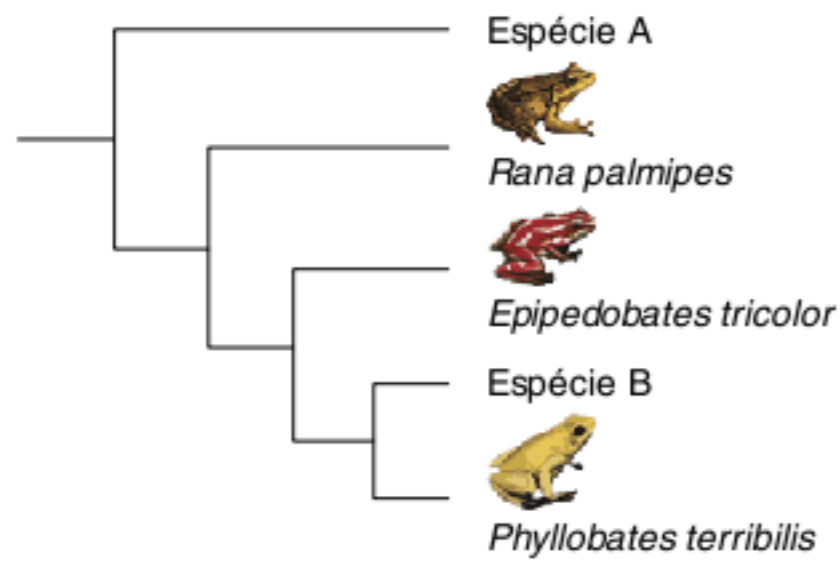
16 Unifesp Amostras de duas plantas chegaram a um centro de toxicologia acompanhadas de um parecer médico e do seguinte laudo técnico:

	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:

- esperado, pois embora ambas pertençam ao mesmo gênero, trata-se de espécies diferentes.
- esperado, pois embora trate-se da mesma espécie, as plantas provêm de locais diferentes.
- inesperado, já que se tratam de dois gêneros diferentes com o mesmo nome comum.
- inesperado, já que se trata da mesma espécie e, portanto, os resultados deveriam ser iguais.
- 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.

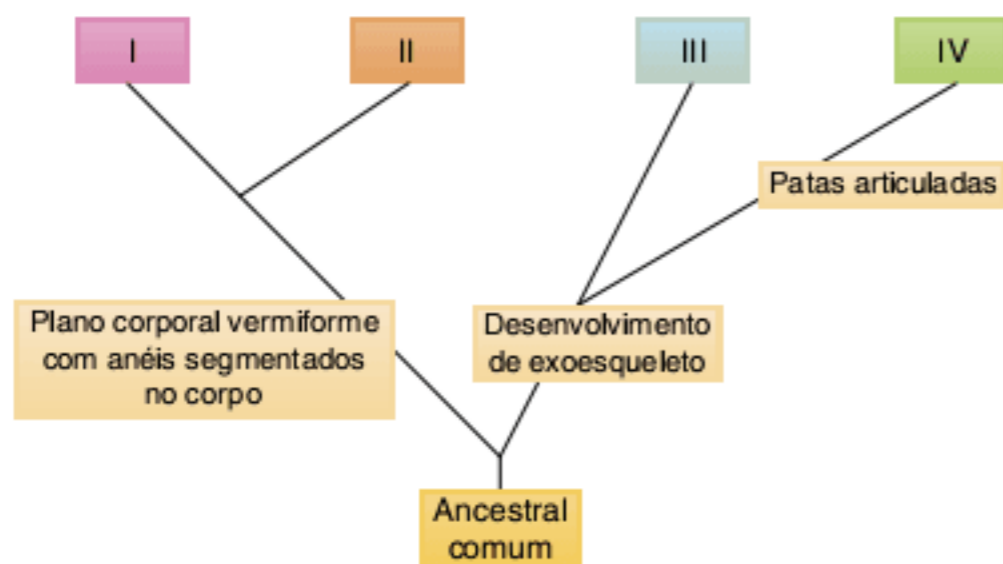


Identifique qual das duas espécies, A ou B, deveria ser estudada primeiro pelos cientistas na busca por alcaloides de interesse farmacológico. Justifique sua resposta.

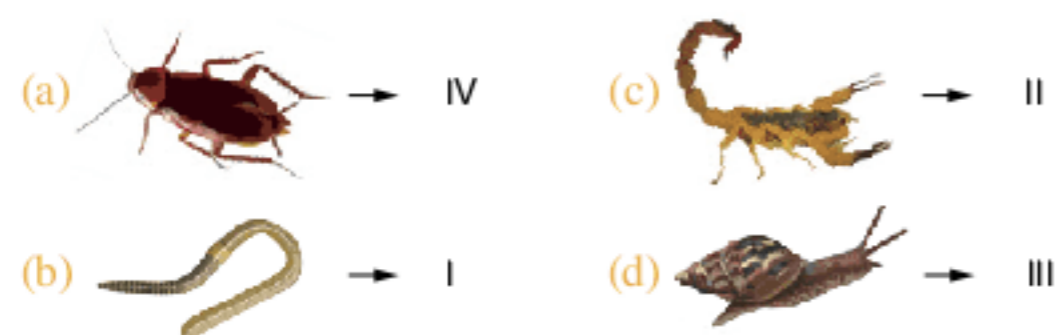
18 Fuvest 2010 Um determinado animal adulto é desprovido de crânio e apêndices articulares. Apresenta corpo alongado e cilíndrico. Esse animal pode pertencer ao grupo dos:

- (a) répteis ou nematelmintos.
- (b) platelmintos ou anelídeos.
- (c) moluscos ou platelmintos.
- (d) anelídeos ou nematelmintos.
- (e) anelídeos ou artrópodes.

19 UFMG 2006 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 2006 (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 2007 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 PUC-PR 2010 Num restaurante do litoral paranaense, havia vários pratos típicos. Qual das alternativas mostra a relação correta, uma vez que o garçom não sabia identificar quais pratos eram feitos com moluscos e quais os feitos com crustáceos?

- (a) Pescada frita e salada de polvo.
- (b) Risoto de mariscos e lulas assadas.
- (c) Arroz com polvo e ensopado de badejo.
- (d) Camarões gratinados e siris ao molho.
- (e) Sopa de ostras e maionese de siri.

23 UFRRJ 2009 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, condrictes, equinodermos, anfíbios e aves.

24 Puccamp 2010 As águas-vivas surgiram relativamente cedo na história dos animais. Entre as características a seguir, a que deve ter surgido mais cedo na história evolutiva dos animais foi:

- (a) simetria bilateral.
- (b) células musculares.
- (c) multicelularidade.
- (d) tubo digestório completo.
- (e) notocorda.

25 Puccamp 2010 A quitosana é um derivado de quitina, um polissacarídeo:

- (a) exclusivo dos crustáceos.
- (b) exclusivo do exoesqueleto dos artrópodes.
- (c) presente apenas em grupos animais.
- (d) presente na parede celular de fungos.
- (e) de reserva energética das plantas.

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 | 6) Minhoca |
| 2) Peixe ósseo | 7) Medusa |
| 3) Sapo | 8) Cobra |
| 4) Caracol | 9) Tartaruga |
| 5) Estrela-do-mar | |

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 Fuvest Uma pessoa tem alergia a moluscos. Em um restaurante onde são servidos “frutos do mar”, ela pode comer, sem problemas, pratos que contenham:

- (a) lula e camarão.
- (b) polvo e caranguejo.
- (c) mexilhão e lagosta.
- (d) lula e polvo.
- (e) camarão e lagosta.

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.
- (b) moluscos.
- (c) crustáceos.
- (d) cnidários.
- (e) equinodermas.

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 | <input type="checkbox"/> | <i>Mollusca</i> |
| 2. Tênia | <input type="checkbox"/> | <i>Platyhelminthes</i> |
| 3. Lulas | <input type="checkbox"/> | <i>Cnidaria</i> |
| 4. Formigas | <input type="checkbox"/> | <i>Annelida</i> |
| 5. Minhocas | <input type="checkbox"/> | <i>Arthropoda</i> |

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

31 FEI 1993 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.

Protozoários e protozooses

2

FRENTE 3

Uma dieta equilibrada deve incluir o consumo de verduras. No entanto, a má higienização desses alimentos pode veicular uma série de parasitas, como ameba, giárdia, lombriga e os perigosos ovos de tênia.



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).

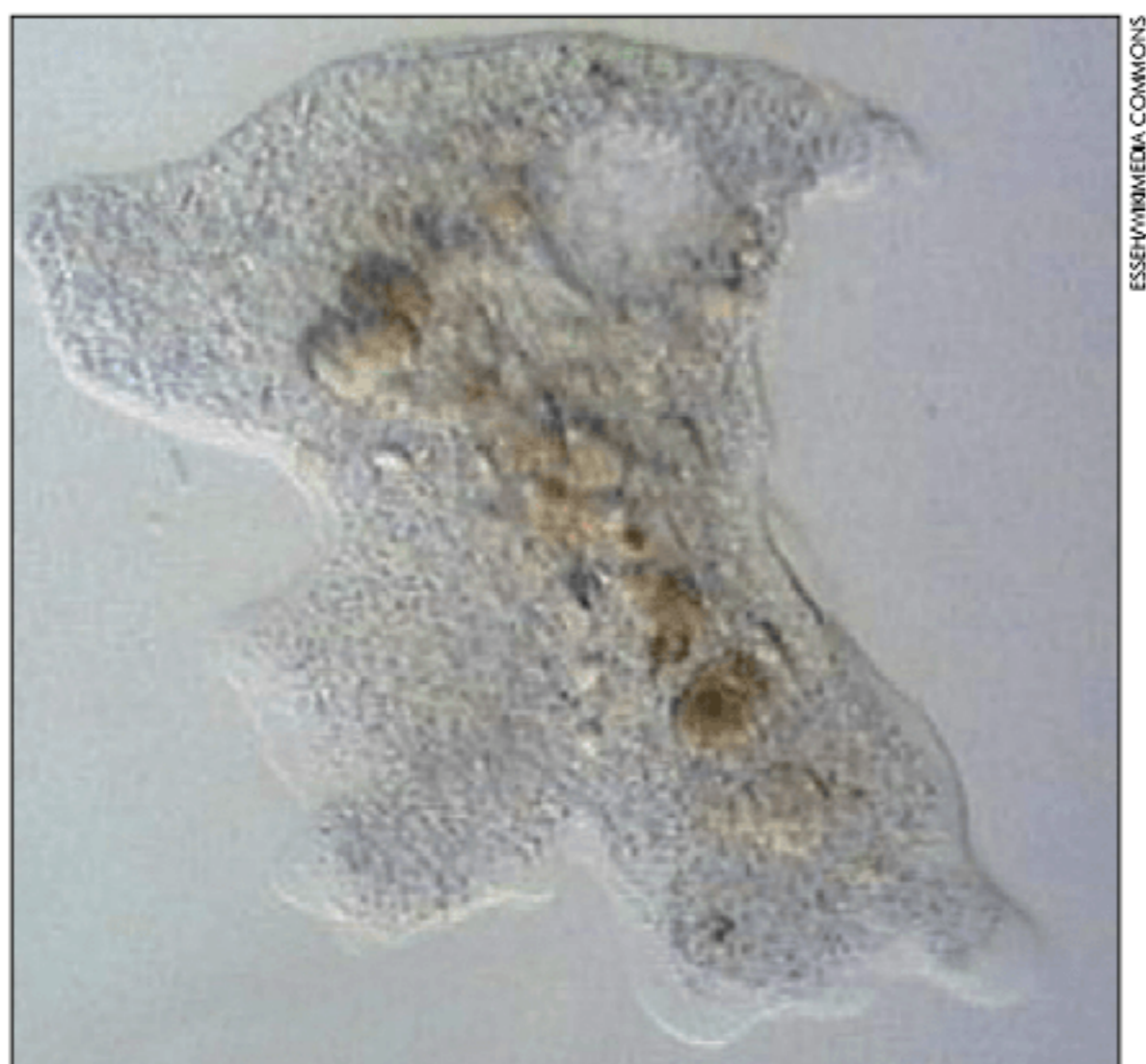


Fig. 1 Foto de ameba, protozoário que se desloca com a emissão de pseudópodes.

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).

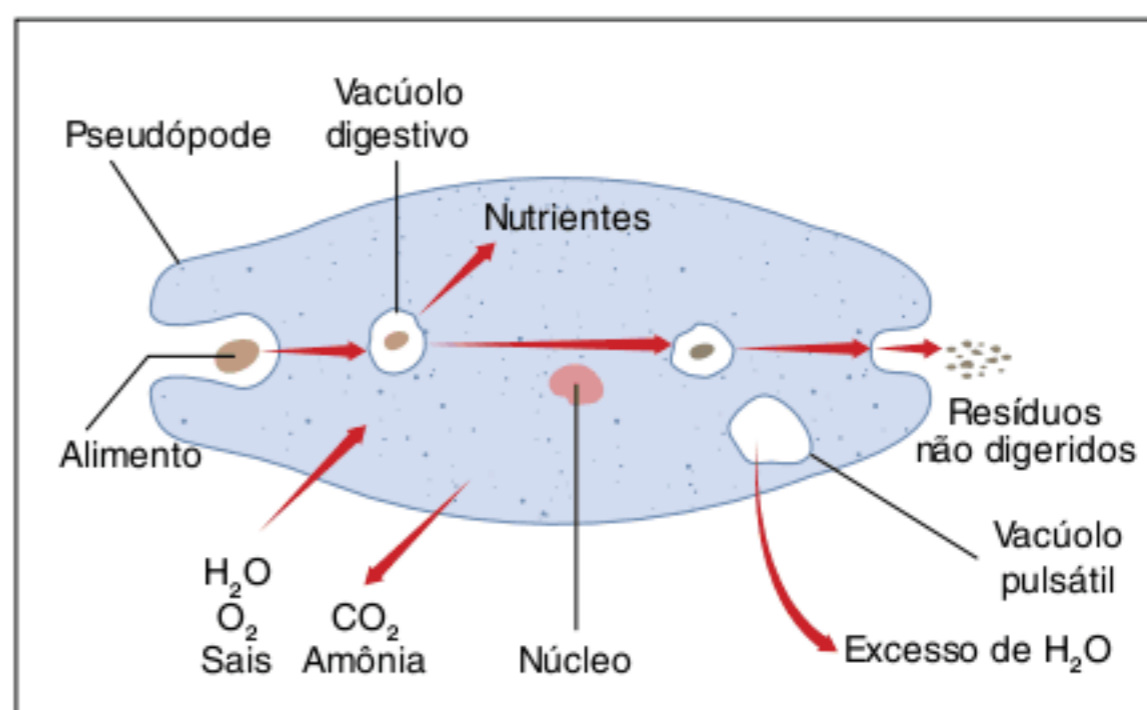


Fig. 2 Componentes e atividades principais de uma ameba.

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).

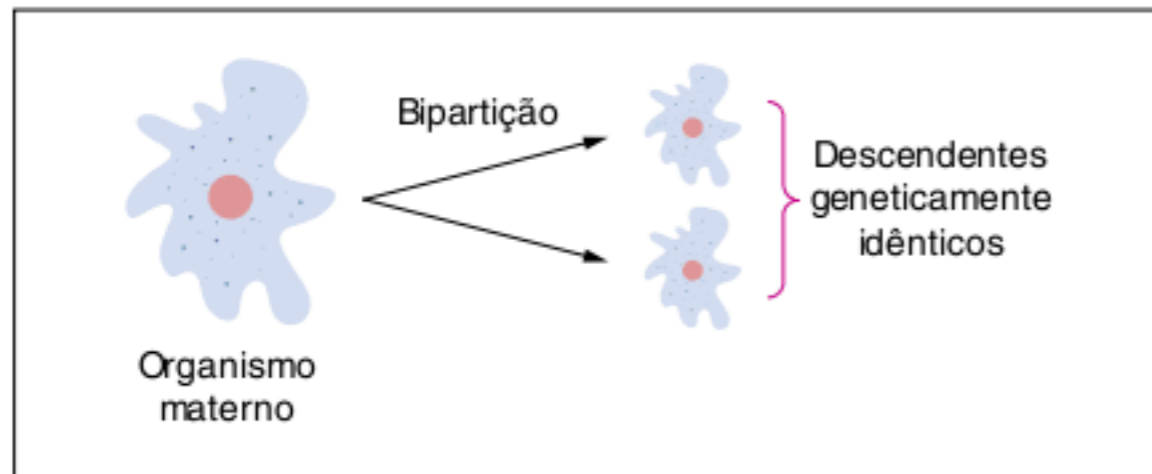


Fig. 3 Bipartição em ameba.

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.

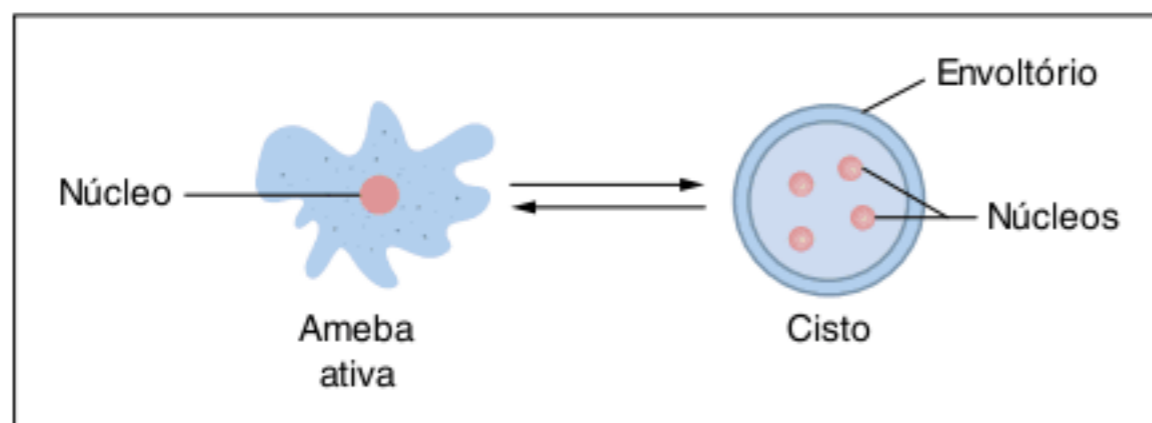


Fig. 4 Formação de cistos em ameba.

Classificação

Os protozoários já foram considerados como 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. *Arcella* secreta um envoltório mais rígido de quitina. Essas amebas com uma carapaça apresentam uma abertura por onde saem os amplos pseudópodes.

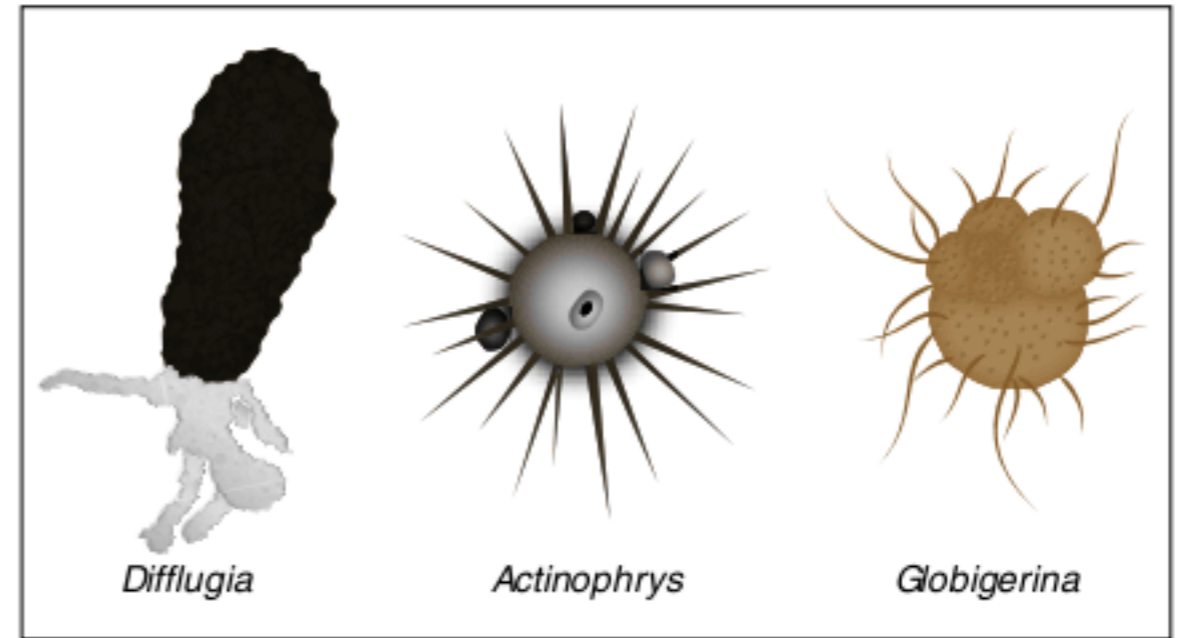


Fig. 5 Além das amebas comuns, há outros tipos de Rizópodes.

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 *Triconimpha* 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; 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 normalmente 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; podem causar doenças como a malária (causada pelo plasmódio, fig. 7) e a toxoplasmose.

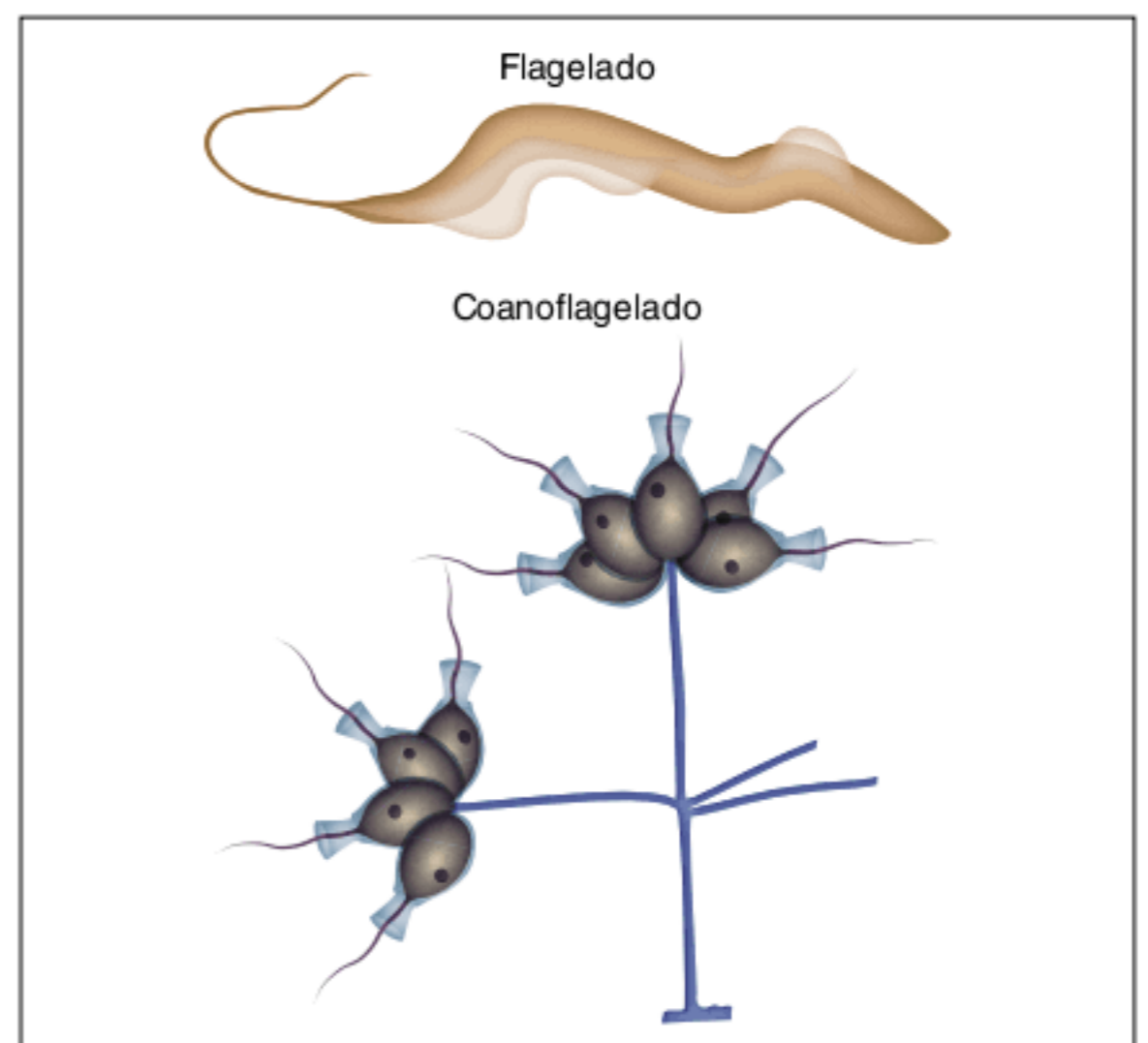


Fig. 6 Exemplos de protozoários flagelados.

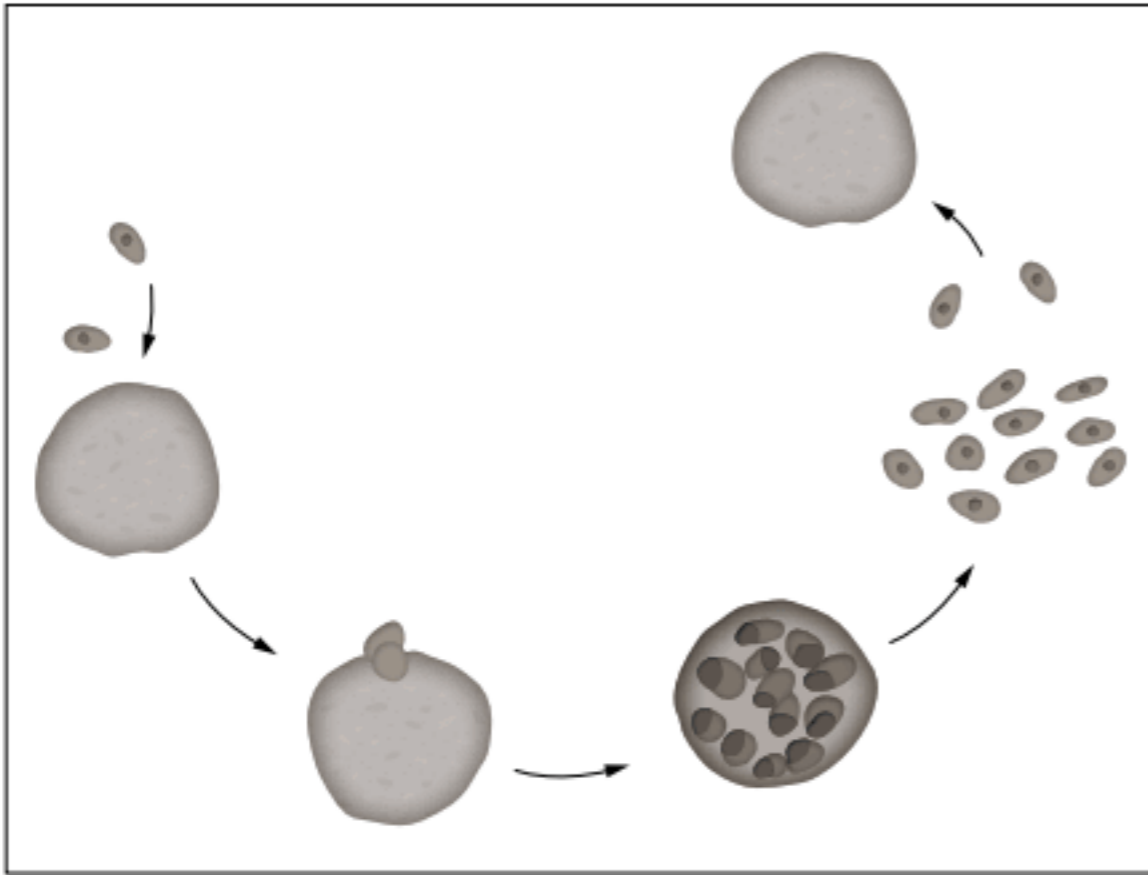


Fig. 7 O plasmódio multiplica-se em hemácias e provoca sua ruptura.

Os ciliados (Fig. 8) locomovem-se por cílios, mais curtos que os flagelos e mais abundantes. Possuem 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, sendo 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 clasmocirose ocorre através de uma estrutura chamada **citopígeo**.

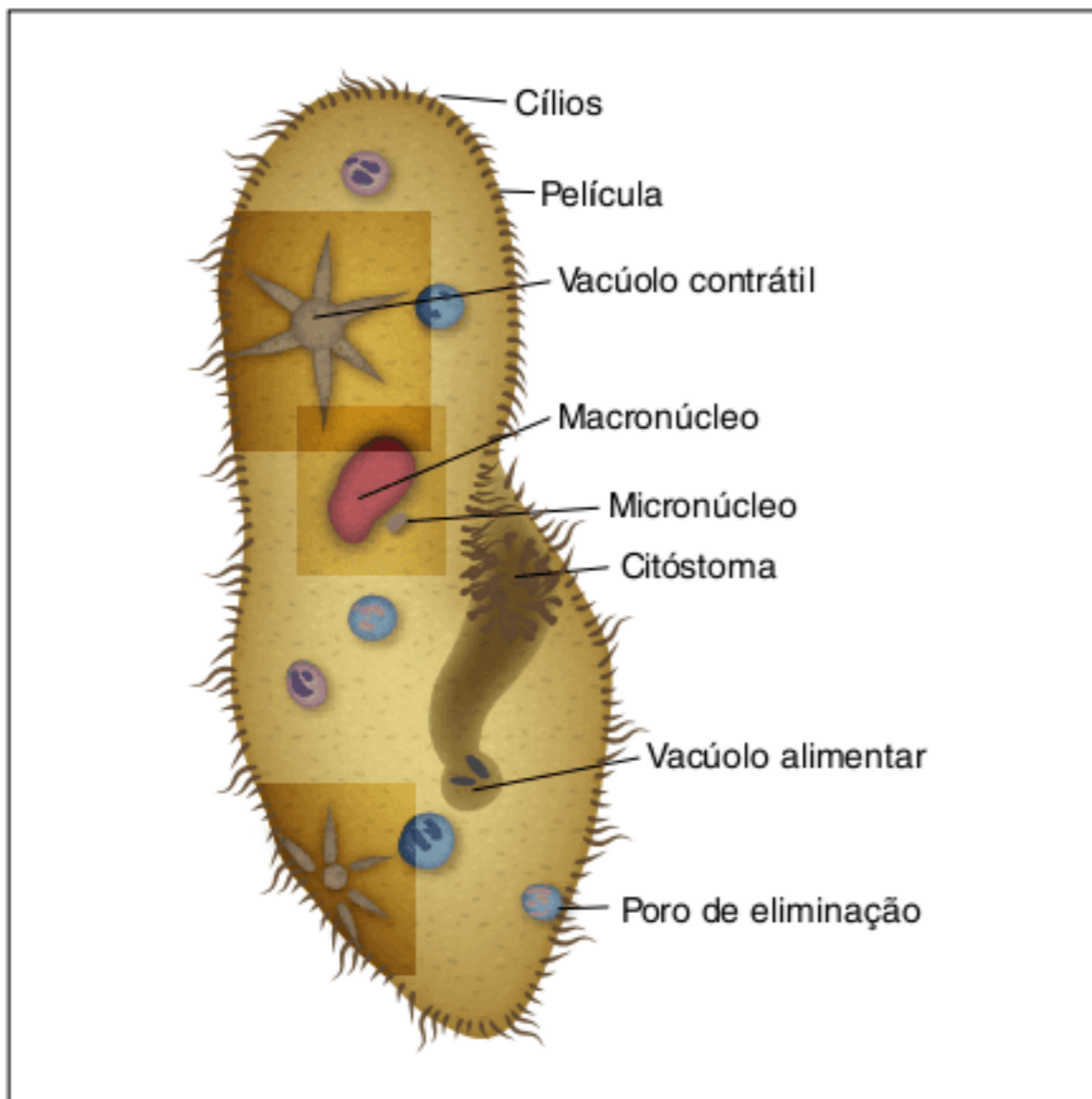


Fig. 8 Estrutura de um paramécio.

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 homem.



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 da 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 animal 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).

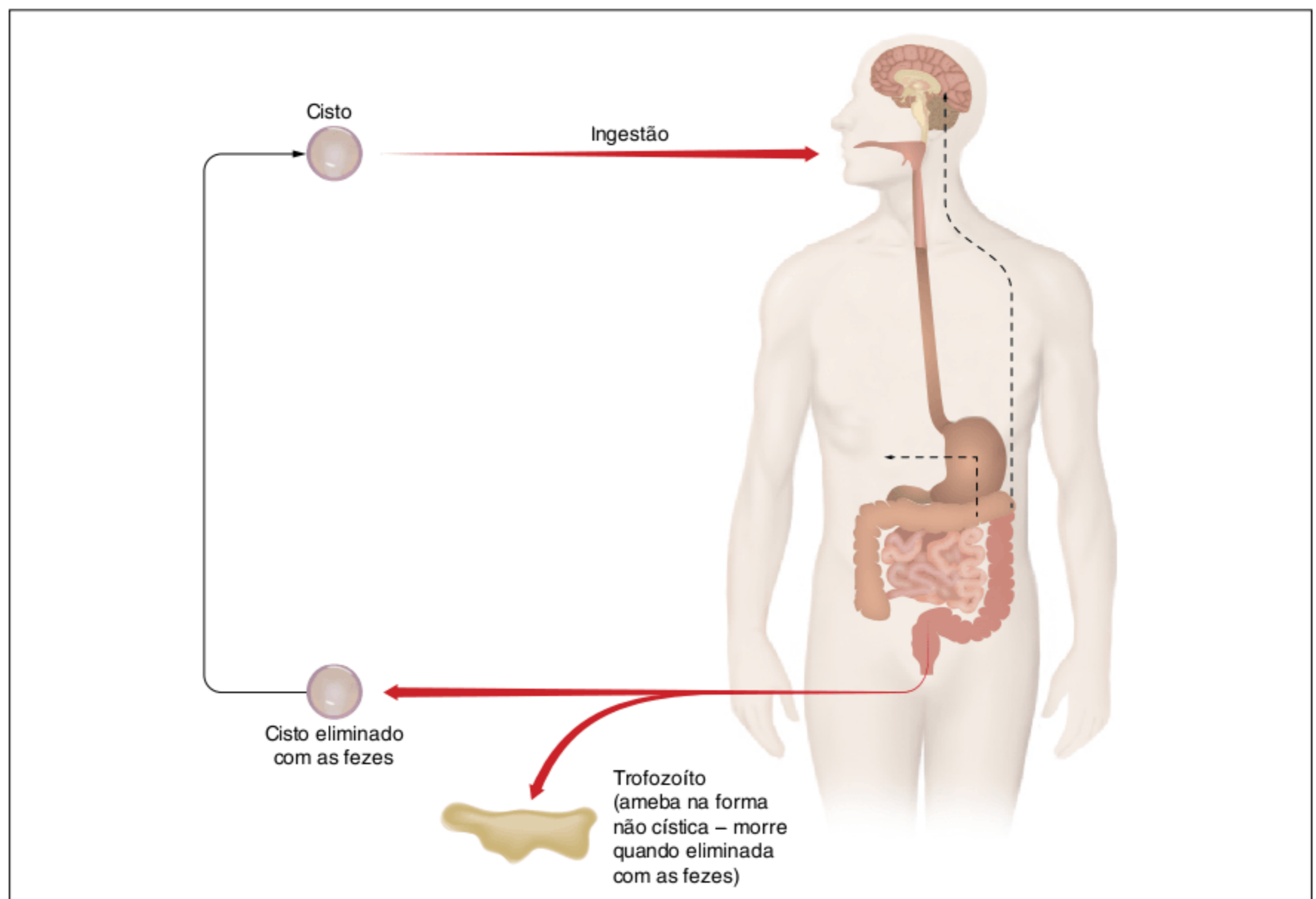


Fig. 10 Ciclo de vida da *Entamoeba histolytica*, um parasita monoxênico.

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.

Moléstia de Chagas

A enfermidade também é denominada **tripanossomíase**, 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), o que é denominado como megaesôfago 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).

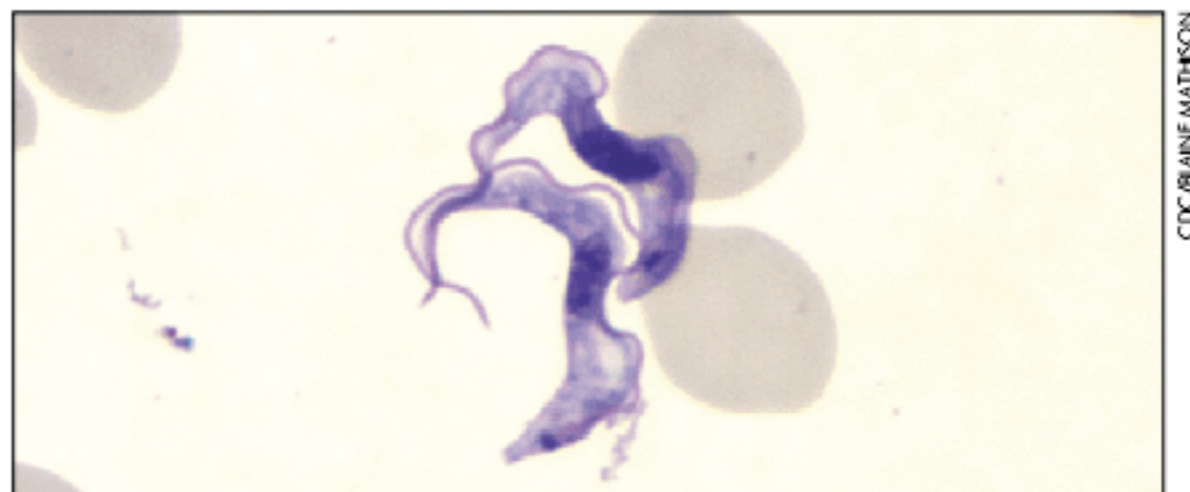


Fig. 11 O tripanossomo pode ser encontrado no sangue de um ser humano infectado, apresentando-se na forma flagelada e dotada de membrana ondulante.

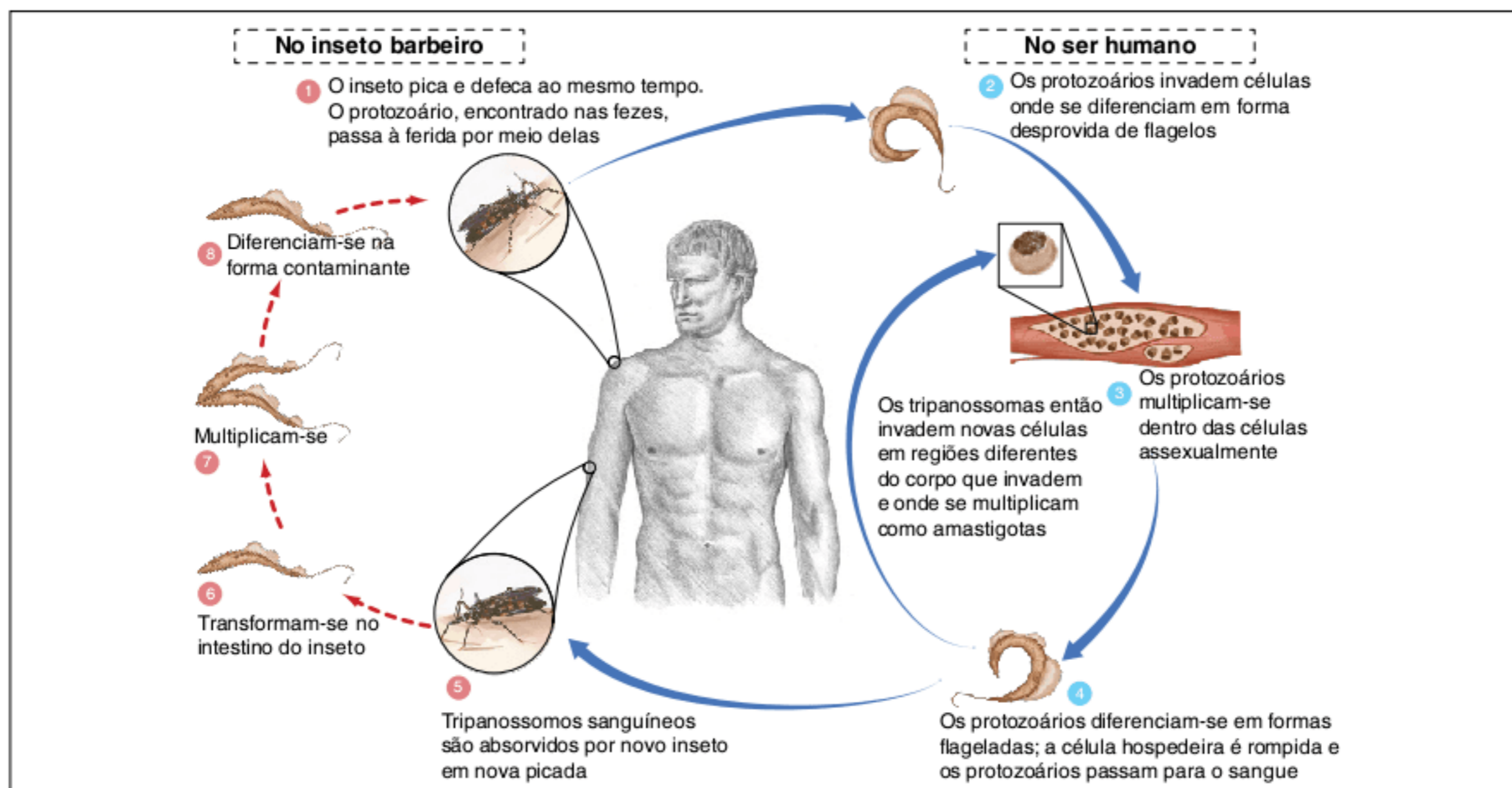


Fig. 12 Ciclo de vida do *Trypanosoma cruzi*, um parasita heteroxênico.

Transmissão

A maneira mais comum de transmissão é por meio de um tipo de percevejo, conhecido popularmente como **barbeiro**, **chupança** ou **procotó**. Esse inseto hemimetábolo pertence à ordem *Hemiptera*, sendo da subfamília *Triatominae*. Entre as espécies transmissoras destacam-se *Triatoma infestans*, *Panstrongylus megistus* e *Rhodnius prolixus*. Esses insetos podem ocupar casas de **madeira** ou **pau a pique**, cujas paredes apresentam frestas onde se abrigam. Normalmente, os barbeiros apresentam hábitos noturnos e podem sugar o sangue das pessoas. Muitas vezes eliminam fezes perto do local da picada, as quais podem apresentar tripanossomos. Se a pessoa se coçar, pode colocar os protozoários em contato com a lesão e eles ingressam na corrente sanguínea, alojando-se depois no interior de algumas células. Os tripanossomos presentes nas fezes do inseto podem entrar pela **conjuntiva**, a 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, por transplantes de órgãos contendo o parasita e com transfusão de sangue. Além disso, ocorre a transmissão oral, com a entrada do parasita pela mucosa da boca, mesmo estando íntegra; isso se dá com a ingestão de leite materno (com mãe portadora da doença de Chagas) ou de alimentos contaminados com fezes de barbeiros.

Profilaxia

Uma das principais medidas profiláticas é a melhoria das moradias, de modo que não seja possível o abrigo do barbeiro. O combate ao barbeiro geralmente é efetuado com o uso de inseticidas. O controle de doadores de sangue evita a transmissão por meio de transfusão. O tratamento mostra alguma eficácia no início da doença.

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: homem (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 ela elimina saliva, que contém um anticoagulante. Esses mosquitos têm fecundação interna e a fêmea deposita ovos em água doce. São insetos holometábolos, com as etapas de desenvolvimento: o ovo, larva, pupa e adulto. Assim, a larva desses mosquitos é aquática.

Quando uma fêmea suga sangue de pessoa que tem malária, pode retirar **gametócitos** presentes na circulação. 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

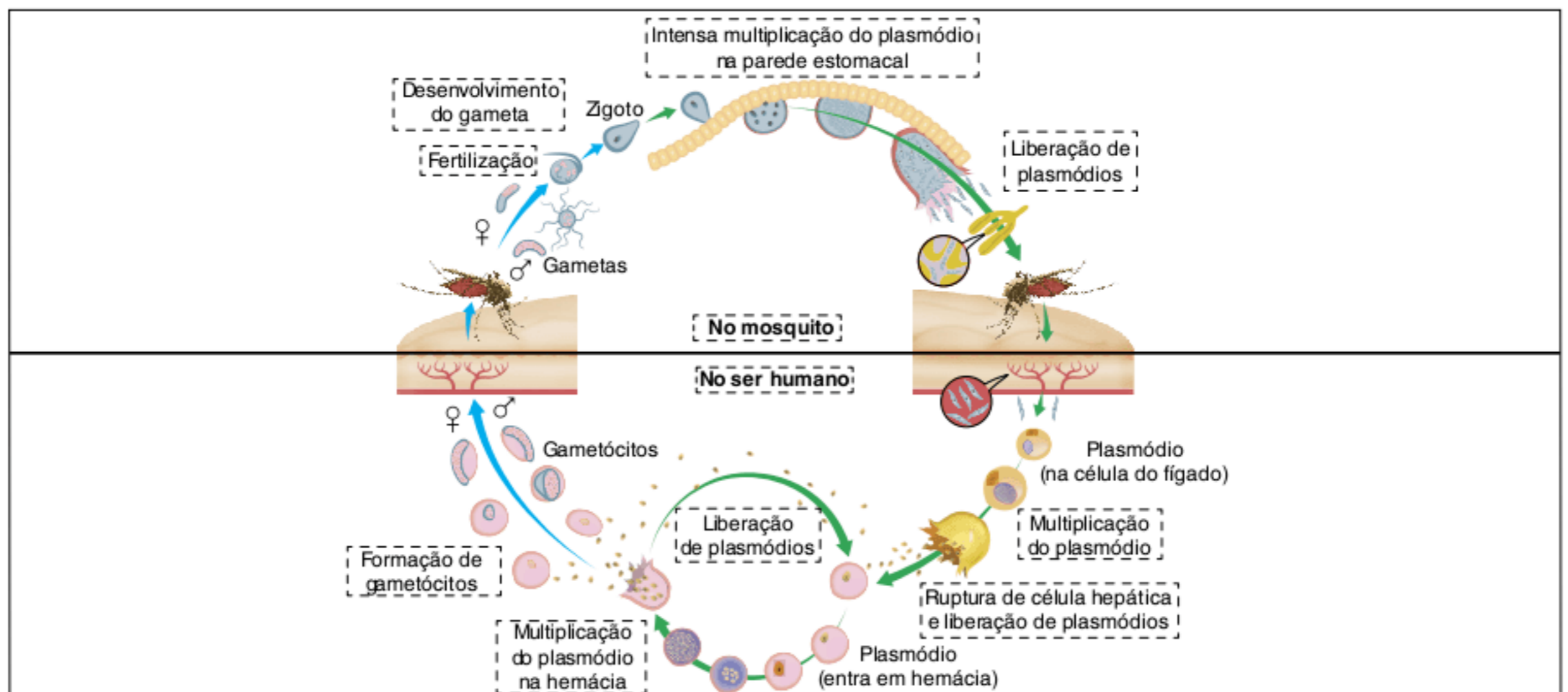


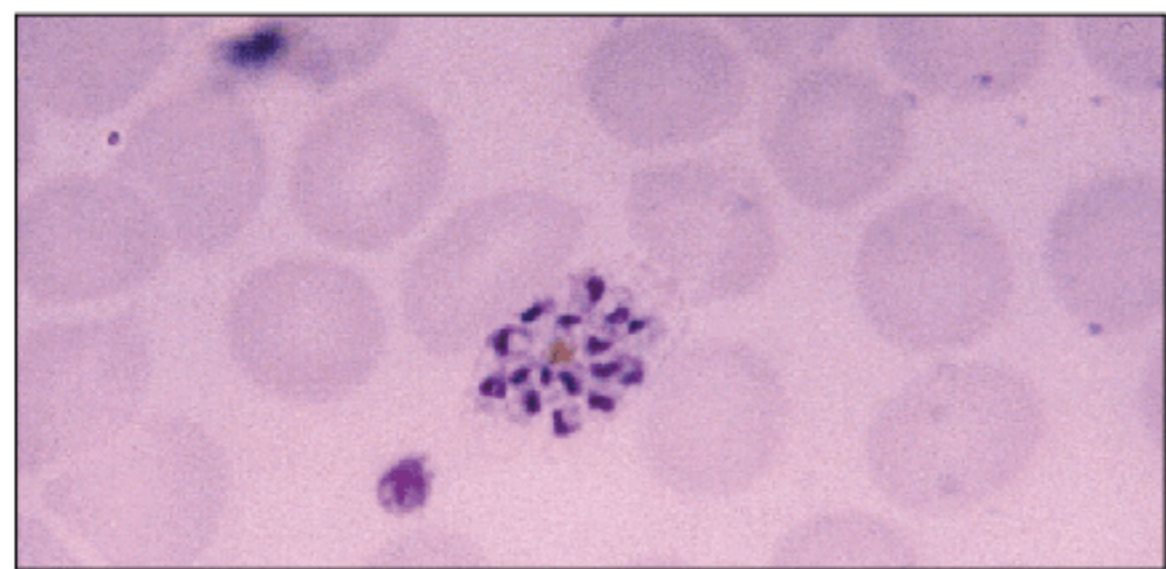
Fig. 13 Ciclo de vida do *Plasmodium* sp. Um ser humano adquire o plasmódio com a picada da fêmea do mosquito anófeles.

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*.



CDC/STEVEN GLENN, LABORATORY TRAINING & CONSULTATION DIVISION

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. 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, ele 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 **tricomoníase**, 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 DST (doença sexualmente transmissível), e a profilaxia ocorre com o uso de preservativos e o tratamento do doente.
- *Giardia intestinalis*: parasita flagelado monoxênico que causa a **giardíase**. 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. Para evitar problemas com o feto, mulheres grávidas não devem ter contato prolongado com gatos.

Revisando

1 Uma ameba de água doce apresenta envoltório e outros dois componentes. Quais são eles?

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 Qual é o hospedeiro definitivo e qual é o hospedeiro intermediário desse parasita?

17 Como um ser humano adquire malária?

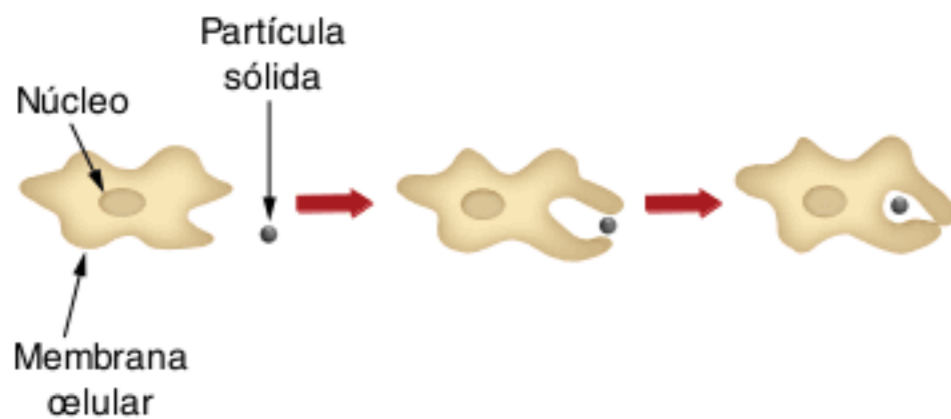
Exercícios propostos

1 Como se dá a locomoção e a alimentação dos protozoários rizópodes, como as amebas?

2 Cite um exemplo de cada uma das classes do filo Protozoário apresentadas a seguir.

- Rizópodes (Sarcodíneos).
- Flagelados (Mastigóforos).
- Ciliados.
- Esporozoários.

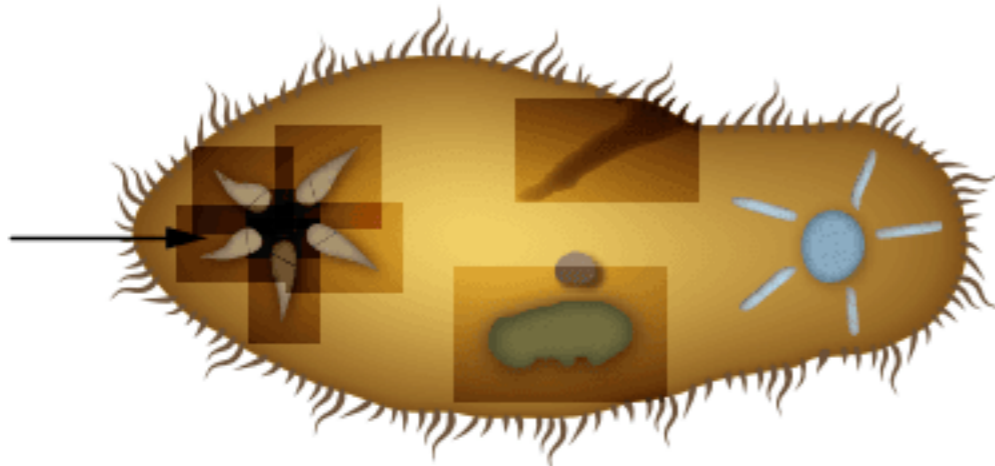
3 PUC-RS Responder à questão a partir da figura que representa um organismo unicelular eucariota durante o processo de alimentação.



O processo acima representado é denominado:

- clasmocitose.
- pinocitose.
- fagocitose.
- exocitose.
- 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.

- vacúolo pulsátil; água; osmose; hipotônico.
- vacúolo digestivo; sais minerais; osmose; hipertônico.
- vacúolo pulsátil; água; transporte ativo; hipertônico.
- vacúolo digestivo; sais minerais; difusão; hipertônico.
- vacúolo pulsátil; sais minerais; transporte ativo; hipertônico.

5 CEFET-CE 2004 O mosquito do gênero *Anopheles* é o transmissor de um parasita que causa uma doença no homem. O parasita e a doença são, respectivamente:

- ameba – disenteria
- triplanossoma – doença de Chagas
- leishmania – úlcera de Bauru

- fungo – micose
- plasmódio – malária

6 CEFET-CE 2005 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):

- mosquito-palha.
- mosquito-prego.
- barbeiro.
- gafanhoto.
- mosca-das-frutas.

7 CEFET-MG 2004 A malária é uma doença muito comum na região Norte do Brasil. A medida que não interfere na sua profilaxia é:

- o uso de cortinados na cama.
- o uso de vacina.
- o combate dos insetos adultos com inseticidas.
- a criação de peixes que se alimentam de larvas.

8 PUC-SP 2008 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:

- protozoário *Plasmodium falciparum*.
- protozoário *Triatoma infestans*.
- protozoário *Trypanosoma cruzi*.
- vírus *Plasmodium falciparum*.
- vírus *Trypanosoma cruzi*.

9 UEL 2006 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:

- mosquito-palha, do gênero *Phlebotomus*.
- mosca tsé-tsé, do gênero *Glossina*.
- mosquito-prego, do gênero *Anopheles*.
- bicho-barbeiro, do gênero *Triatoma*.
- caramujo, da família *Planorbidae*.

10 UEL 2008 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 2008 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 UFPel 2008 A malária ou paludismo é uma doença infecciosa aguda ou crônica causada por protozoários parasitas, transmitida através da picada do mosquito. Segundo dados da Organização Mundial da Saúde (OMS), a malária mata 2 milhões de pessoas no mundo por ano (uma criança africana a cada 30 segundos). Os sobreviventes de casos severos sofrem danos cerebrais graves e têm dificuldades de aprendizagem.

Baseado no texto e em seus conhecimentos, indique a alternativa que cita o agente causador (parasita) e o agente transmissor (vetor) desta doença, respectivamente.

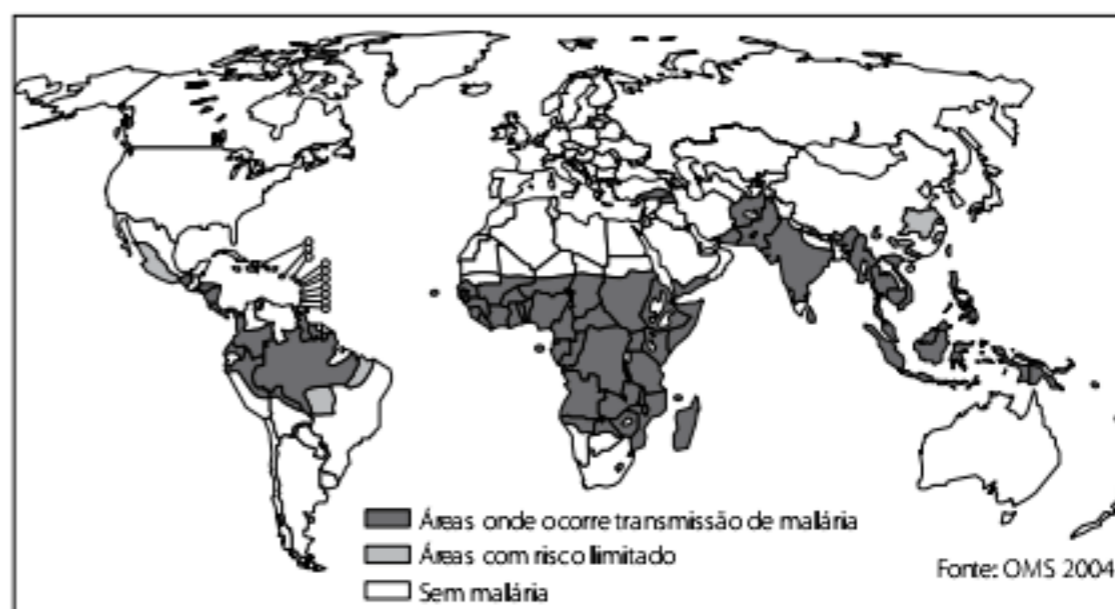
- (a) O esporozoário do gênero *Plasmodium* e o inseto do gênero *Phlebotomus*.
- (b) O flagelado do gênero *Trichomonas* e o inseto do gênero *Aedes*.
- (c) O flagelado do gênero *Trichonympha* e o inseto do gênero *Culex*.
- (d) O esporozoário do gênero *Plasmodium* e o inseto do gênero *Anopheles*.
- (e) O esporozoário do gênero *Trypanosoma* e o inseto do gênero *Triatoma*.

13 UFRGS 2005 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

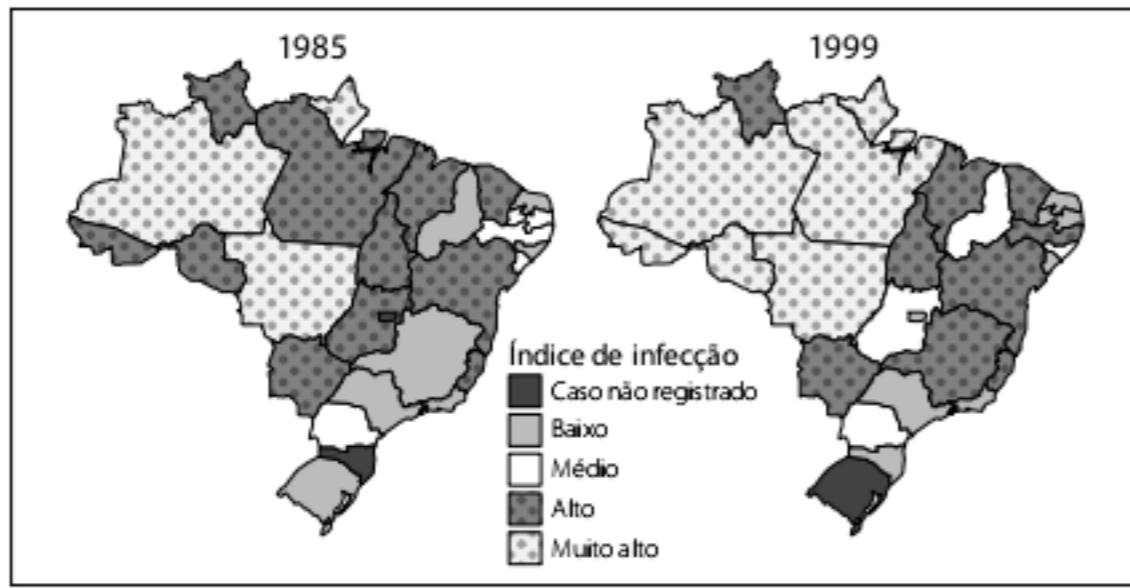


Disponível em: <www.anvisa.gov.br>.

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 2007 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 1998 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 filô.
- 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.

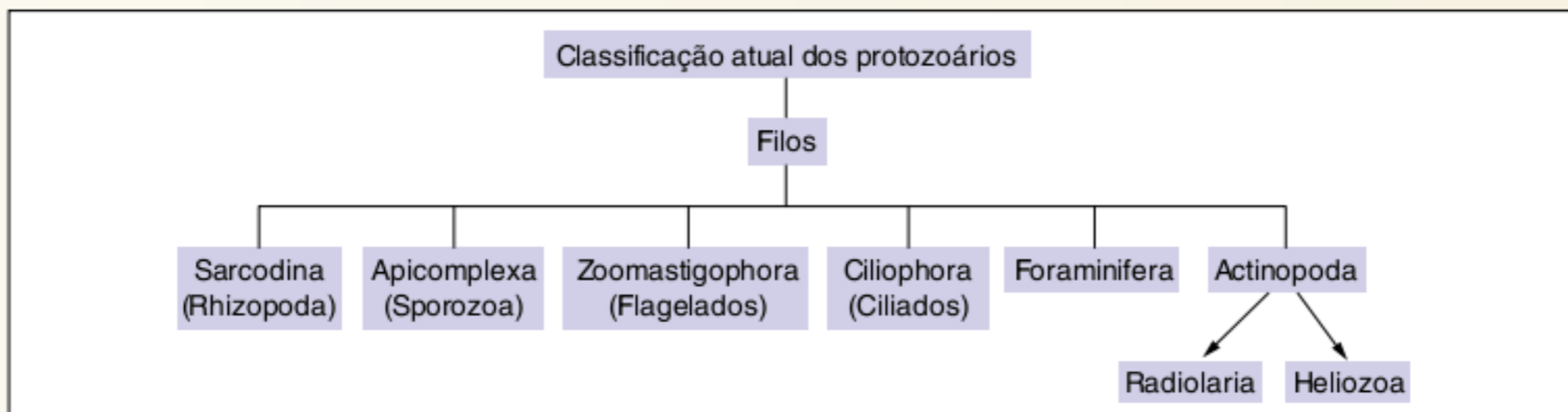
TEXTOS COMPLEMENTARES

Classificação atual dos protozoários

Atualmente, os protozoários constituem um grupo com vários filis, 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 presente em uma extremidade da célula (Api significa extremidade); trata-se de uma saliência que facilita a entrada do parasita na célula hospedeira. Há outros filis, cujos representantes em geral apresentam pseudópodes mais delicados, que são os filis **Foraminifera** e **Actinopoda**.

Os representantes do filo Actinopoda têm um eixo central proteico no interior de cada pseudópode, já os integrantes do filo

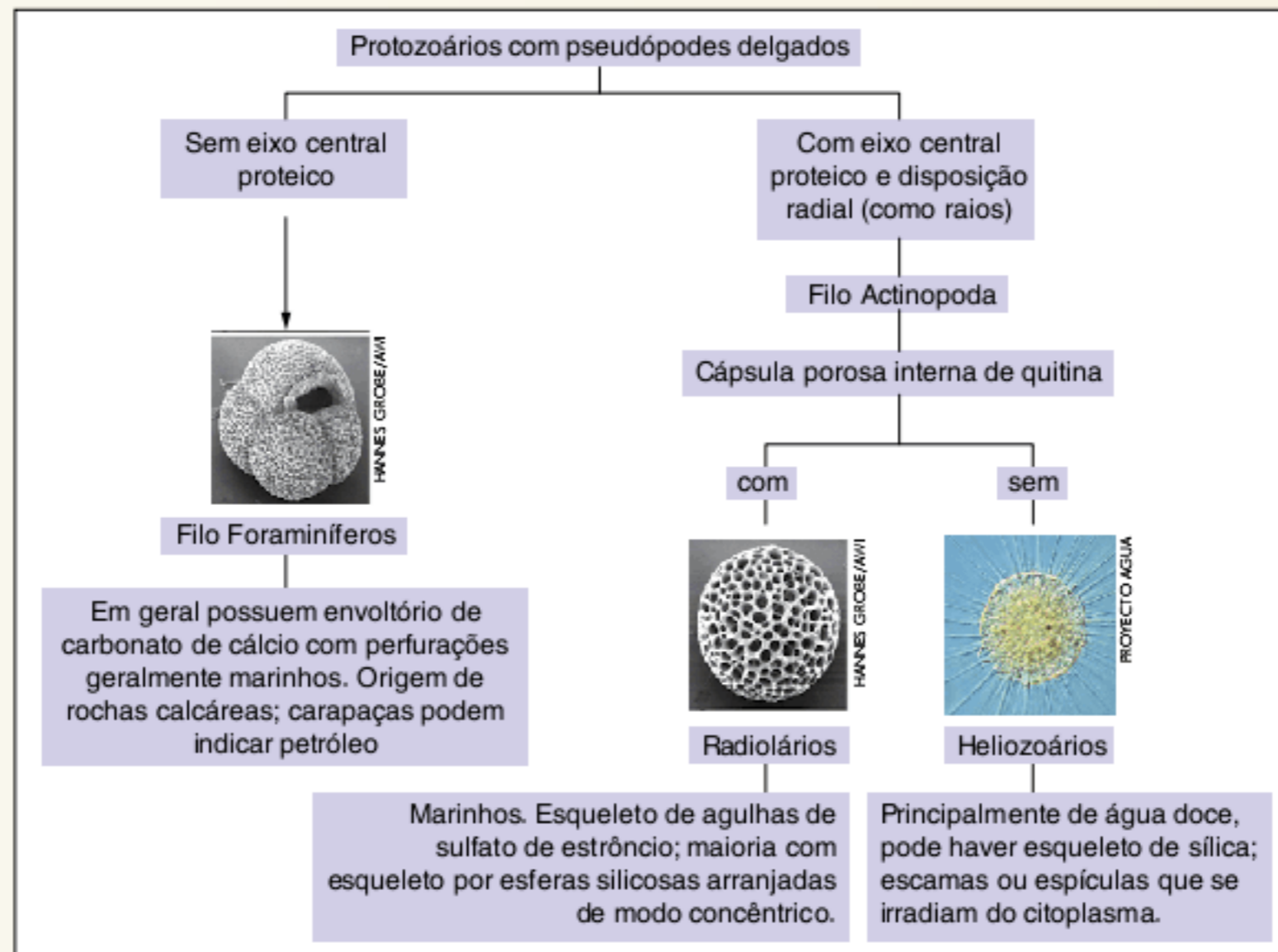
Foraminifera não possuem essa estrutura. Foraminíferos são geralmente marinhos e possuem envoltório de carbonato de cálcio com perfurações através das quais saem os pseudópodes. Um foraminífero inicia sua vida como uma pequena ameba e secreta o envoltório calcáreo ao seu redor sendo que, na medida em 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 se irradiam do citoplasma.



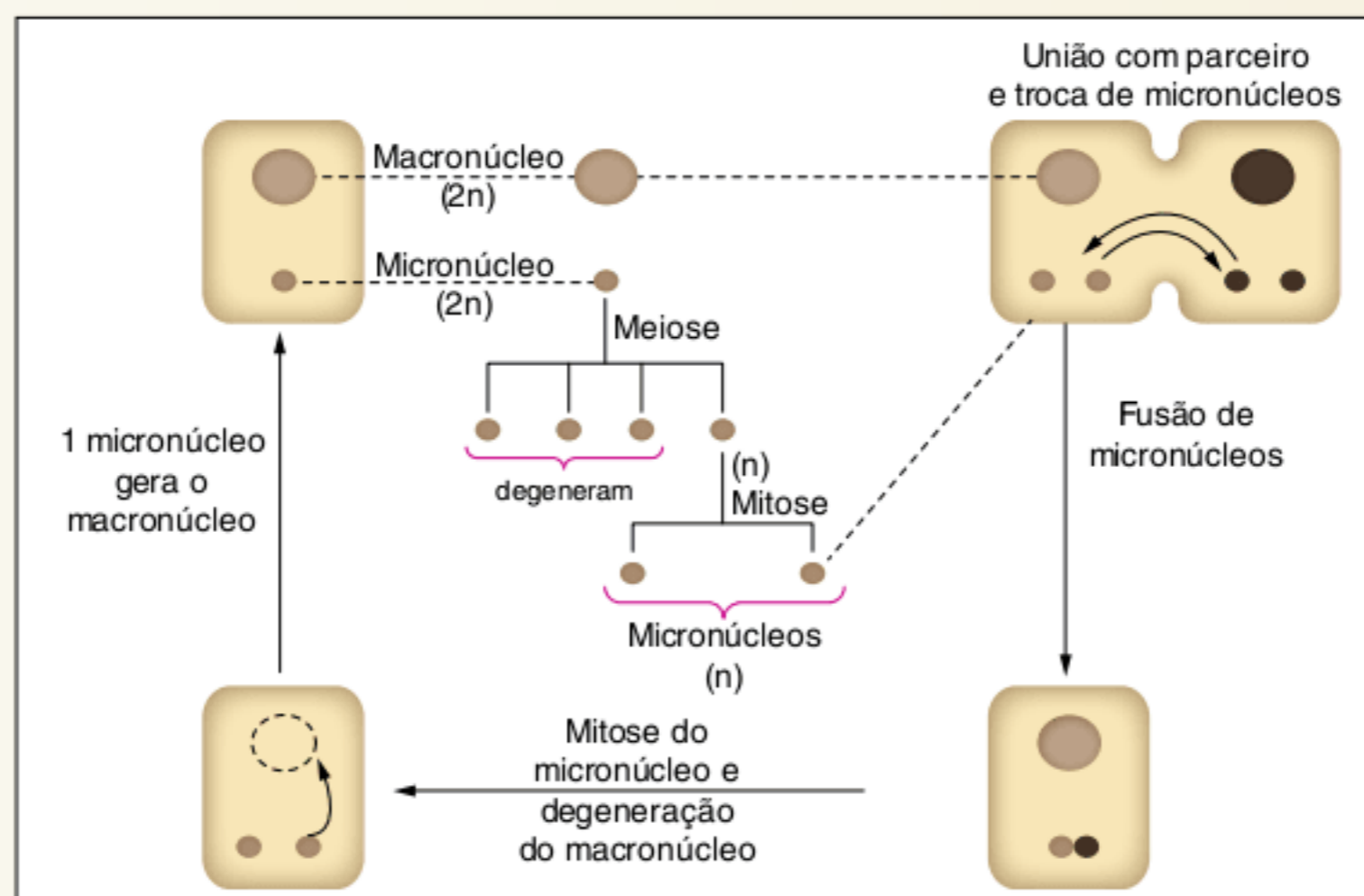
Características dos protozoários com pseudópodes delgados.

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.



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 cismocitose. 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 filis, sendo os mais importantes: Sarcodina (Rhizopodes), Zoomastigophora, Apicomplexa (antes esporozoários) e Ciliophora (ciliados); há também os filis 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 tripanossomíase	<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 doença de transmissão sexual (DST).	Uso de preservativos e tratamento do doente.

Giardíase	<i>Giardia intestinalis</i> ; parasita mono-xênico que apresenta locomoção por flagelos.	Parasita do intestino delgado do homem.	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

<www.micrographia.com/specbiol/protis/homamoeb/amoe0000.htm>.

■ 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.

- Os cílios presentes no paramécio, com a função de locomoção, têm origem nos centríolos.
- Os protozoários, como o paramécio, apresentam duas membranas, a plasmática e a parede celular.
- 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.
- A maioria dos ciliados têm vida livre, como o paramécio.
- Diversas espécies de protozoários são parasitas, causando doenças em animais e no homem.

Estão corretas as afirmações:

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

2 Mackenzie A respeito dos protozoários são feitas as afirmações a seguir.

- Todos eles apresentam vacúolos contráteis em sua célula.
- Todos eles são heterótrofos e de respiração aeróbia.
- Alguns podem se reproduzir sexuadamente.

Assinale:

- se todas estiverem corretas.
- se todas estiverem erradas.

- se apenas I e II estiverem corretas.
- se apenas I e III estiverem corretas.
- se apenas III estiver correta.

3 PUC-MG Protozoários parasitas do tubo digestivo dos animais não conseguem sobreviver sob sua forma adulta, o trofozoíta, fora do corpo do seu hospedeiro. Assim, para resistir ao meio externo, bem diferente daquele no qual ele se encontra, eles se modificam, eliminando água, desintegrando organelas celulares, sintetizando substâncias de reserva, diminuindo seu metabolismo e secretando um envoltório de natureza quitinosa ao seu redor. A essa forma de resistência, denominamos:

- soros.
- hormogônios.
- cistos.
- merozoíta.
- gametócito.

4 UFV Considere a morte dos protozoários de água doce após terem sido colocados, por engano, em tanques de água salgada.

- Como poderia ser explicada a morte dos protozoários, tendo em vista apenas os movimentos do solvente ou dos solutos?
- Cite duas funções dos vacúolos pulsáteis em protozoários de água doce.

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
<input type="checkbox"/> Sarcodina	pseudópodes	amebas e foraminíferos
<input type="checkbox"/> Mastigophora	flagelos	triplanossomo e giárdia
<input type="checkbox"/> Ciliophora	cílios	foraminíferos e tripanossomo
<input type="checkbox"/> Sporozoa	ausentes	toxoplasma e plasmódio
<input type="checkbox"/> Rhizopoda	falsos pés	giárdia e plasmódio

6 UFMG 2006 Uma pesquisa realizada pela Escola de Enfermagem da UFMG revelou a ocorrência de altos índices de leishmaniose visceral humana na Região Nordeste de Belo Horizonte.

É correto afirmar que esses altos índices de leishmaniose podem ser explicados por:

- (a) presença de caixas-d'água destampadas.
- (b) aumento da população de hospedeiros contaminados.
- (c) ausência de tratamento adequado de esgoto.
- (d) existência de casas sem reboco ou de tábuas.

7 UFPE 2004 Com relação a doenças causadas no homem por diferentes parasitas, podemos afirmar que:

- o agente etiológico da doença de Chagas é o tripanossomo, um protozoário, parasita heteroxênico, que pode ser encontrado no hospedeiro vertebrado (mamífero), na forma flagelada e aflagelada.
- a ascariíase, parasitose frequente no Brasil, é causada por vermes da espécie *Ascaris lumbricoides*, um parasita monoxênico.
- a cisticercose é contraída pelo ser humano, quando ele assume o papel de hospedeiro intermediário, ao ingerir ovos de *Taenia solium* presentes em água ou em alimentos.
- na esquistossomose mansônica, as larvas infectantes (miracídeos) penetram ativamente através da pele humana e, pelo sangue, chegam às veias do fígado.
- a toxoplasmose é uma doença causada por um parasita heteroxênico, e a contaminação ocorre pela ingestão de cistos do parasita, um protozoário esporozoário.

8 UFRGS 2006 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 2006 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 UFSC 2009 Assinale a(s) proposição(ões) que indica(m) corretamente doença(s) causada(s) por protozoário.

- 01 Raiva
- 02 Doença de Chagas
- 04 Toxoplasmose
- 08 Esquistossomose
- 16 Giardíase
- 32 Dengue
- 64 Febre amarela

Soma =

11 Unesp 2004 Segundo a Organização Mundial de Saúde (OMS), dentre as principais doenças parasitárias da atualidade, podem ser citadas malária, esquistossomose, filariose, giardíase, ascariíase e ancilostomíase. Considerando essas parasitoses, pode-se dizer que:

- (a) os protozoários são responsáveis por pelo menos três dessas doenças.
- (b) pelo menos quatro dessas doenças são transmitidas por picadas de insetos.
- (c) pelo menos uma dessas doenças é causada por vírus.
- (d) pelo menos uma dessas doenças é causada por bactéria.
- (e) pelo menos quatro dessas doenças são causadas por helmintos.

12 Unesp 2008 Observe a figura:



Trata-se do ciclo de transmissão da:

- (a) dengue.
- (b) febre amarela.
- (c) raiva.
- (d) leishmaniose.
- (e) leptospirose.

13 Enem 2003 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.

Poríferos

3

FRENTE 3

© MICHAEL LUDWIG | DREAMSTIME.COM

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.

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 **ósculo**. Esses animais apresentam um fluxo contínuo de água, através dos poros da parede do corpo, passando pela espongiocela e sendo eliminada pelo ósculo (Fig. 1).

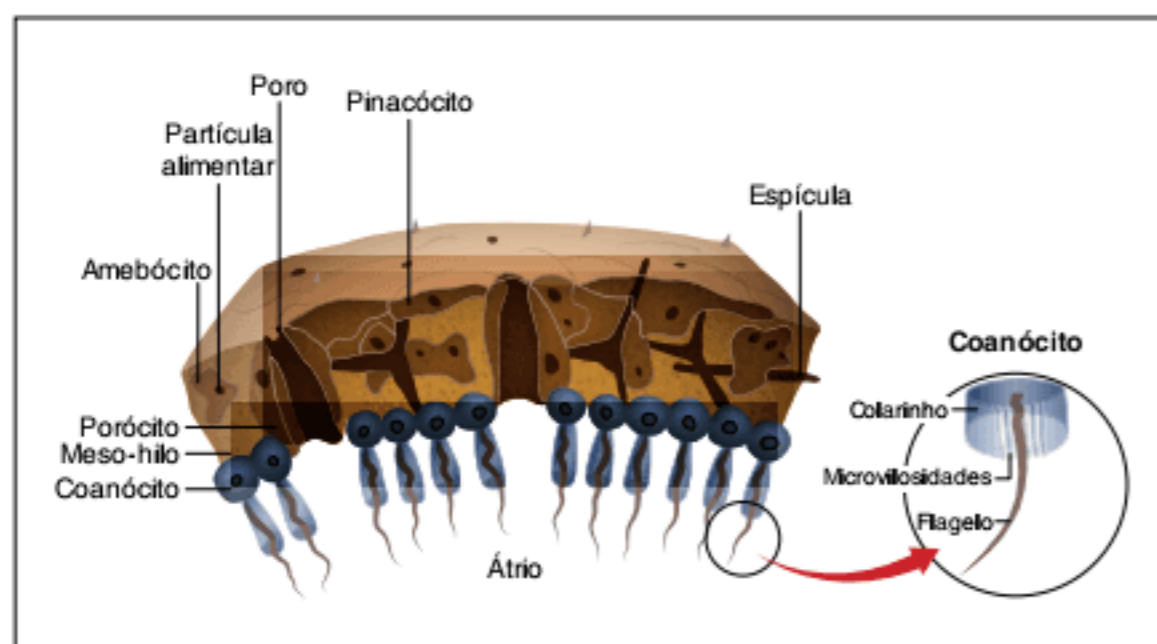


Fig. 1 Organização da parede do corpo dos poríferos.

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).

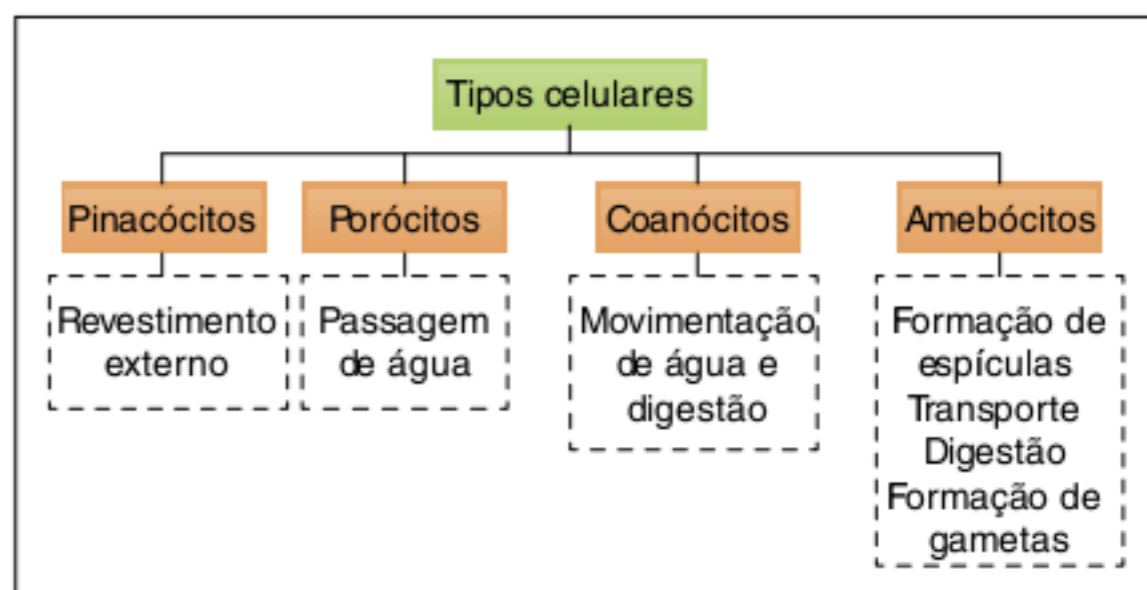


Fig. 2 Os tipos celulares dos poríferos e suas principais funções.

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).

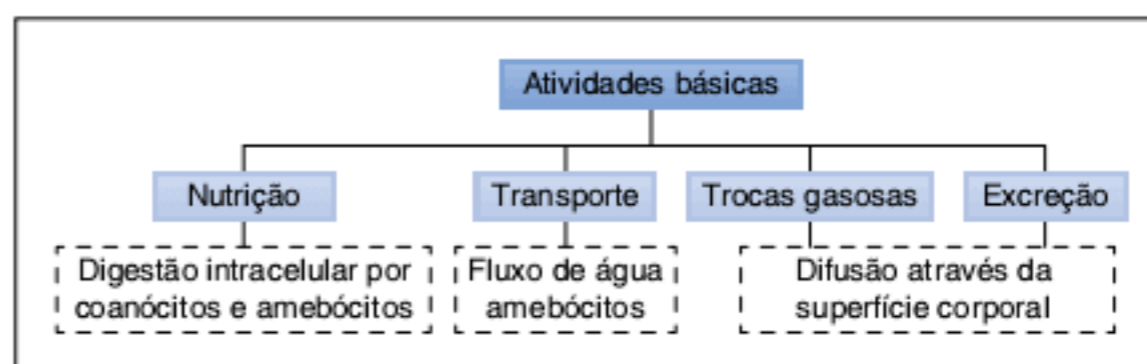


Fig. 3 Diagrama com as atividades básicas dos poríferos.

Reprodução

Poríferos possuem processos **sexuados** e **assexuados** de reprodução (Fig. 4). Primeiramente, 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.

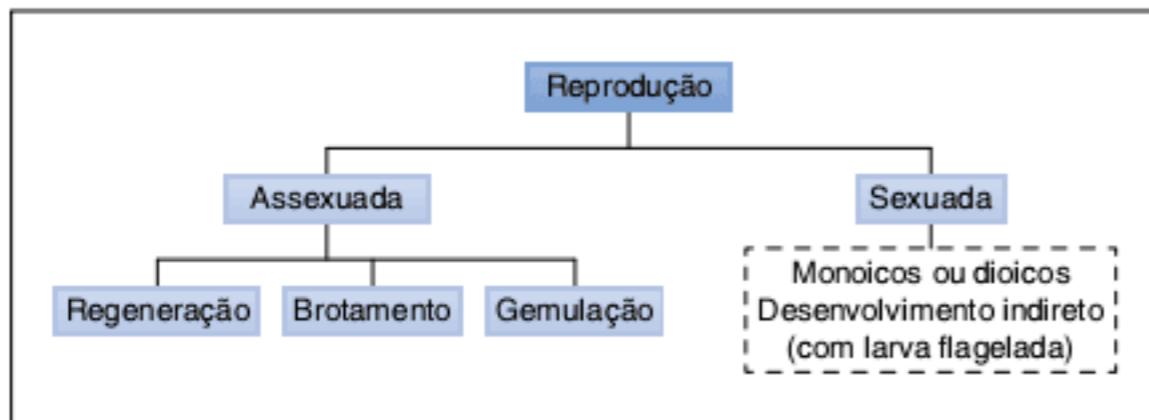


Fig. 4 As modalidades de reprodução dos poríferos.

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 amebócitos). 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 sésbil. Posteriormente, a larva fixa-se em um substrato e gera uma nova esponja.

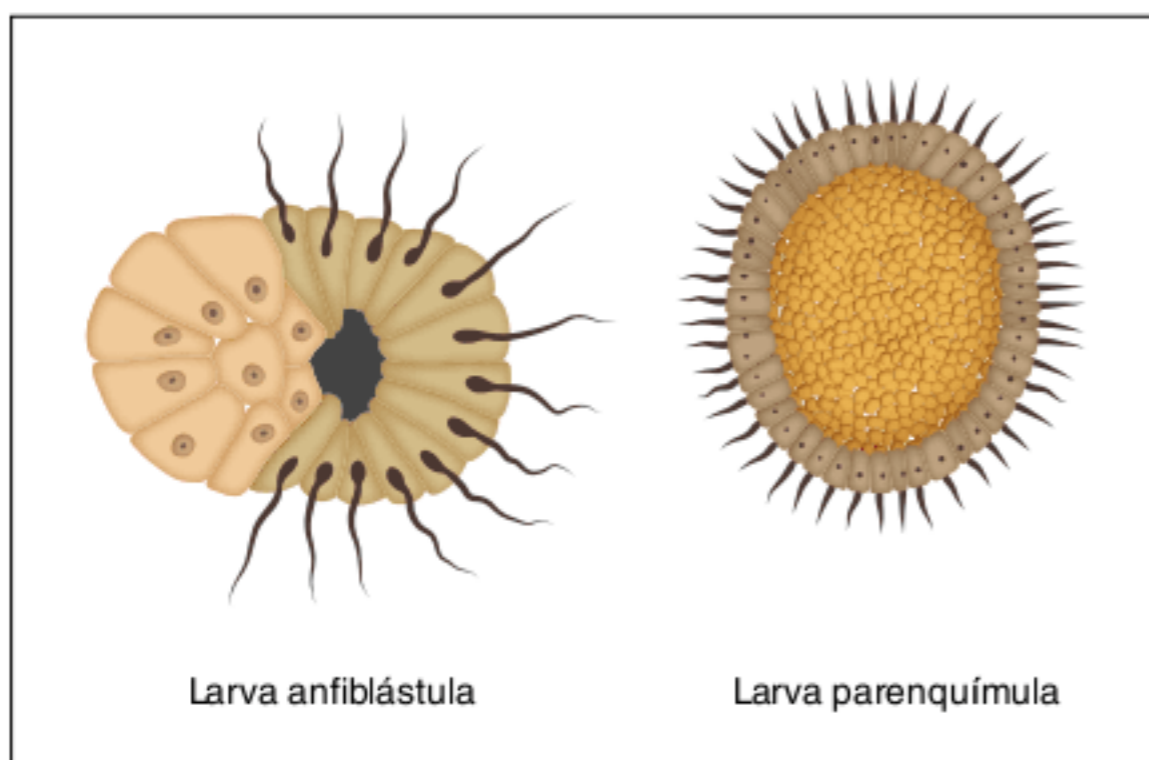


Fig. 5 Tipos de larvas de poríferos.

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 espongocela 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 espongocela é reduzida e pode estar ausente; também há espécies com indivíduos dotados de vários ósculos (Fig. 6).

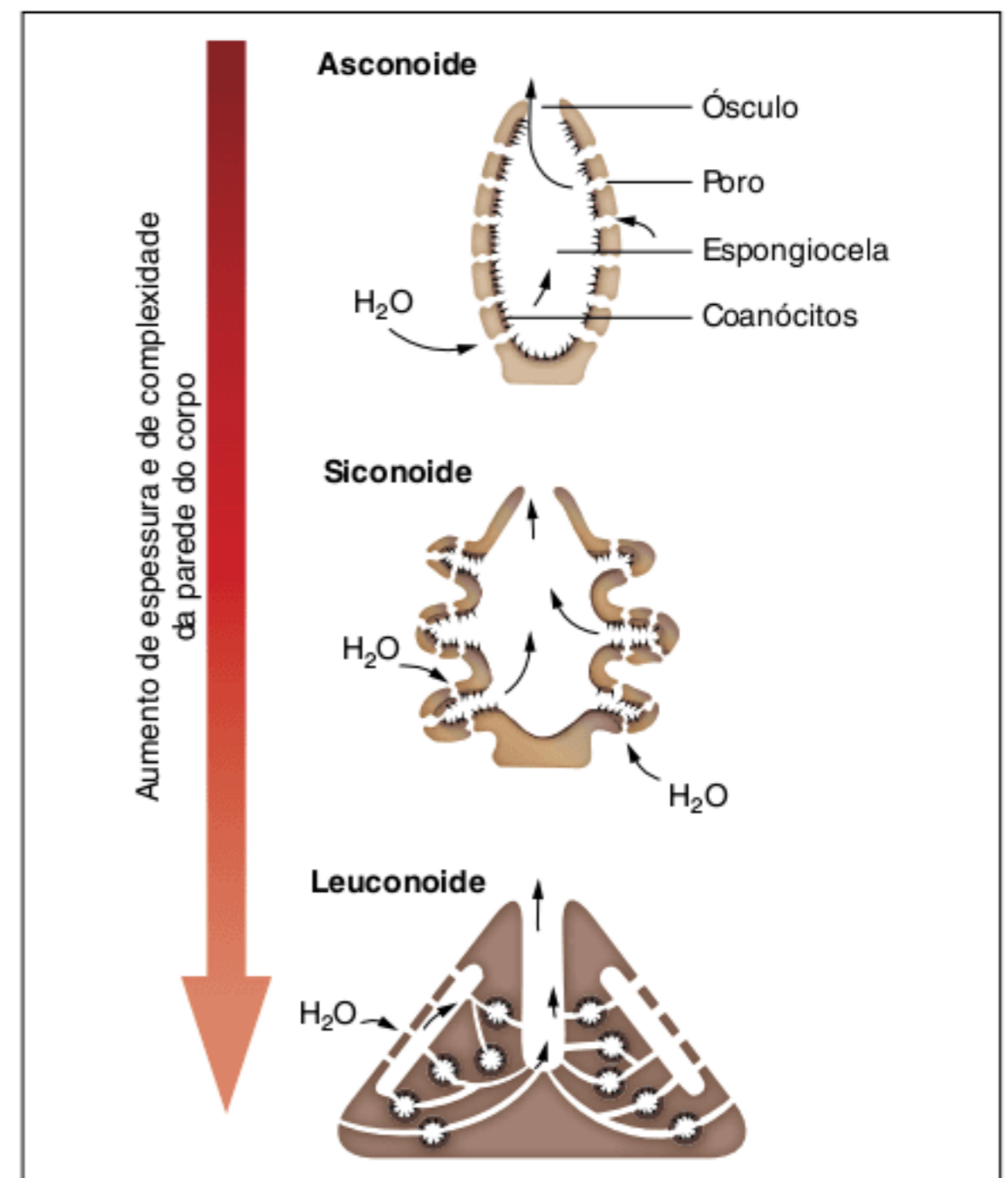


Fig. 6 Tipos morfológicos de poríferos.

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, órgãos nem sistema nervoso. Os demais grupos de animais compreendem os **Enterozoários**, dotados de cavidade digestória, órgãos e sistema nervoso. 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 filos 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 **UFPI** Assinale a alternativa que mostra o filo cujos representantes são os animais menos complexos.

- (a) Artrópodes.
- (b) Cnidários.

- (c) Anelídeos.
- (d) Poríferos.
- (e) Nematódeos.

3 **UFPEl** 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.

TEXTO COMPLEMENTAR

Classificação das esponjas

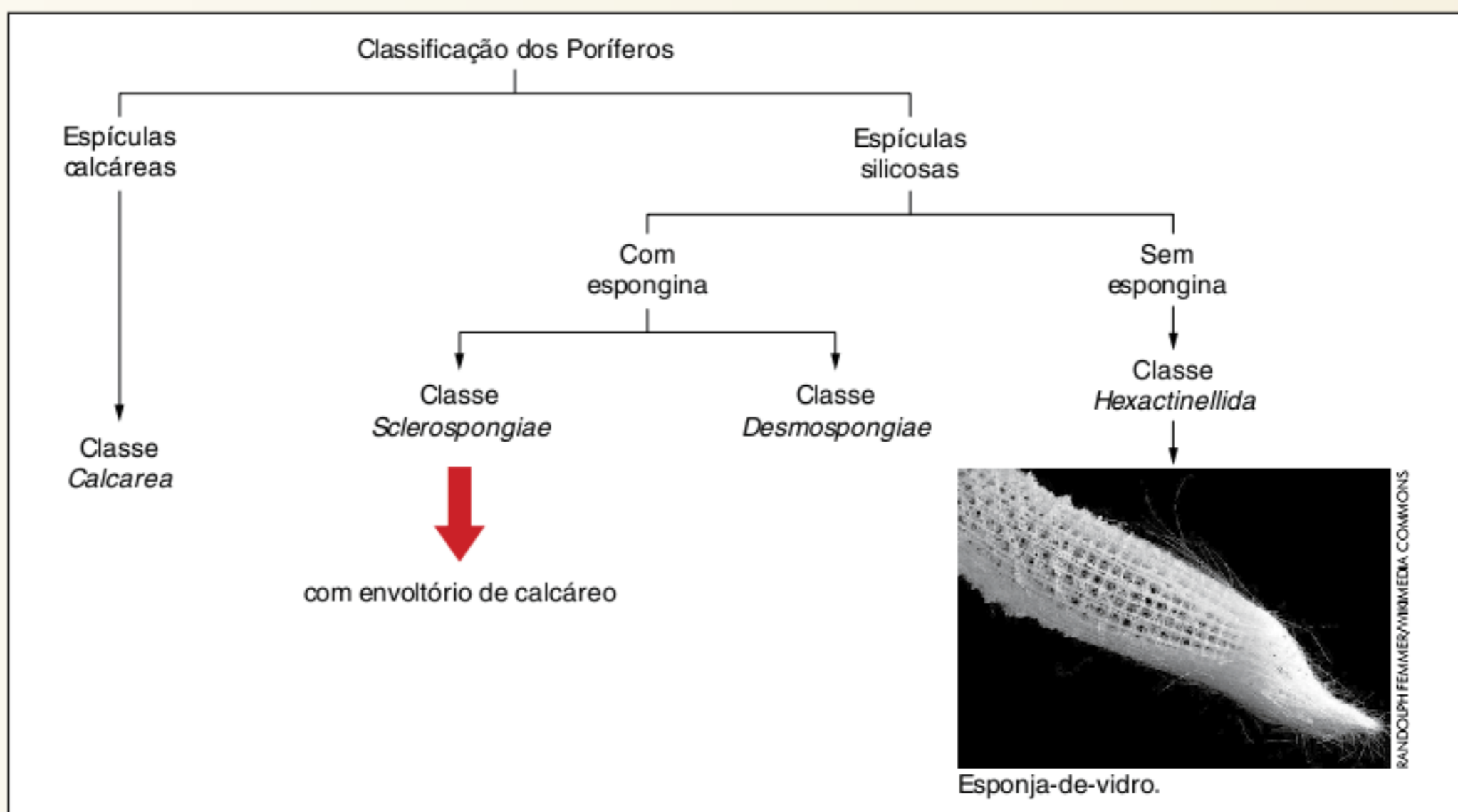
Há quatro classes de esponjas: *Calcarea* (com espículas calcárias); *Hexactinellida* (com espículas de sílica); *Desmospongiae*; e *Sclerospongiae*. Representantes das classes *Desmospongiae* e *Sclerospongiae* possuem fibras de espongina.

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.



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 (anfibrástula 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.

■ QUER SABER MAIS?



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:

- (a) coanócitos. (c) pinacócitos. (e) fibrócitos.
(b) amebócitos. (d) arqueócitos.

2 UFSM Nos poríferos, o mesênquima é uma massa gelatinosa, onde estão imersos elementos de sustentação, e os _____ são células de formato irregular que se movimentam por pseudópodos. Dentre outras funções, essas células participam na formação do esqueleto através dos(das) _____ e na distribuição dos nutrientes obtidos na digestão executada pelos _____.

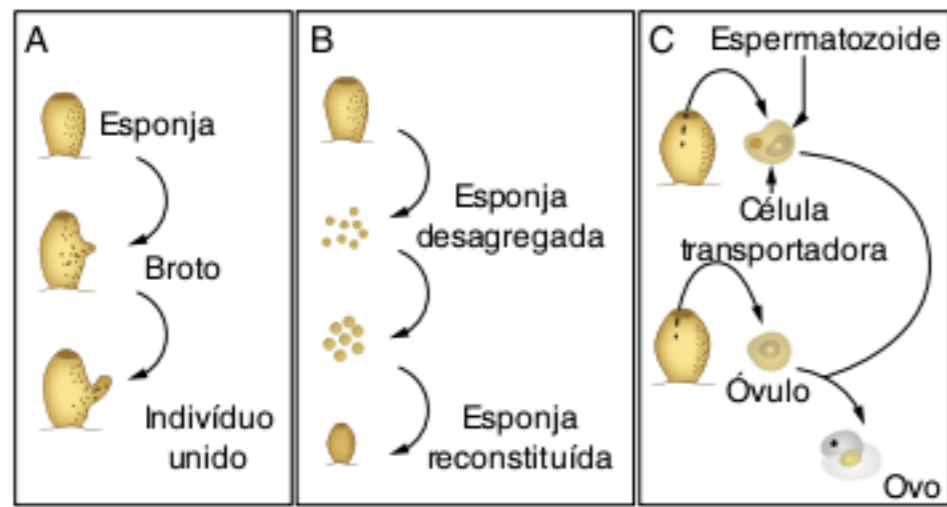
Assinale a alternativa que preenche corretamente as lacunas.

- (a) coanócitos – espículas – pinacócitos.
(b) amebócitos – pinacócitos – coanócitos.
(c) amebócitos – espículas – coanócitos.
(d) pinacócitos – amebócitos – porócitos.
(e) porócitos – pinacócitos – amebócitos.

3 UFPI Assinale a alternativa que menciona, corretamente, o que pode significar, sob o ponto de vista evolutivo, o fato de animais com características primitivas, como as esponjas, terem sido um dos primeiros a se formar e serem abundantes até hoje.

- (a) Sua estratégia evolutiva não foi bem-sucedida.
(b) A seleção natural não atuou sobre as esponjas.
(c) As esponjas mostraram adaptação às pressões ambientais.
(d) Não foram expostos a nenhum tipo de pressão ambiental.
(e) Não apresentaram muita variabilidade genética.

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 Dentre os elementos de sustentação das esponjas, as espículas são estruturas calcárias ou constituídas de sílica. Assinale a alternativa que contém a denominação correta das células que produzem essas estruturas.

- (a) Pinacócitos.
- (b) Porócitos.
- (c) Espongioblastos.
- (d) Escleroblastos.

4

FRENTE 3

Embriologia



© GIOVANNI GAGLIARDI | DREAMSTIME.COM

Embrião humano. A compreensão do desenvolvimento embrionário facilita bastante o entendimento da organização e do funcionamento dos animais. A Embriologia também constitui um importante apoio à classificação dos animais.

Fecundação e os tipos de ovos

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-se uma célula que apresenta o dobro do número de cromossomos presente em cada gameta.

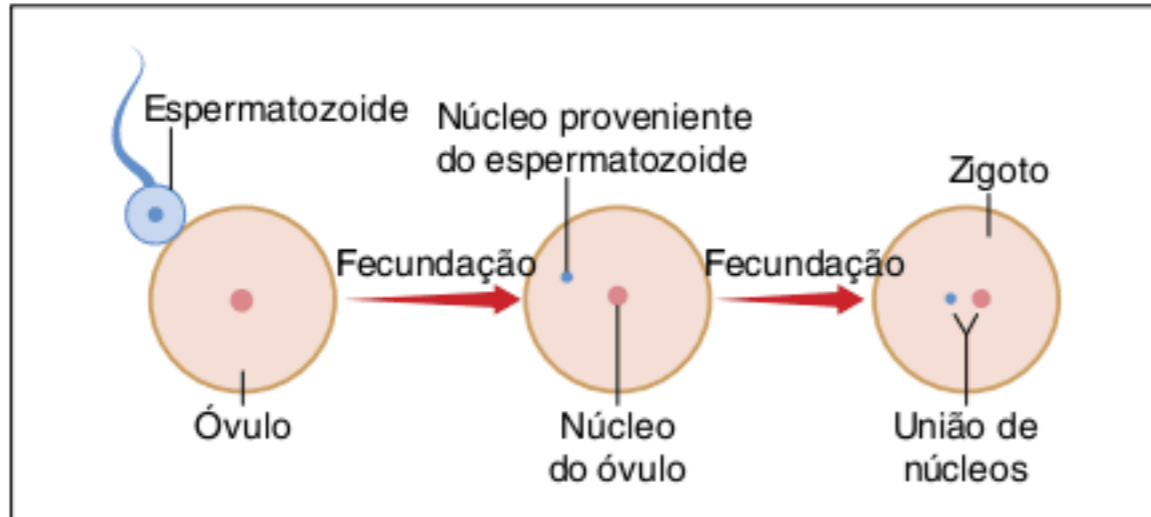


Fig. 1 Esquema representativo do processo geral de fecundação.

O citoplasma do óvulo possui uma reserva alimentar, o **vitelo** ou **lécito**, que normalmente 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 em vitelo; 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; o embrião 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 ovos (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 anfioxo) 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 óvulos, considerados em uma classificação bem abrangente.
- **Anfíbios:** têm ovo com uma quantidade intermediária de vitelo (mais do que mamíferos e menos do que aves e 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).

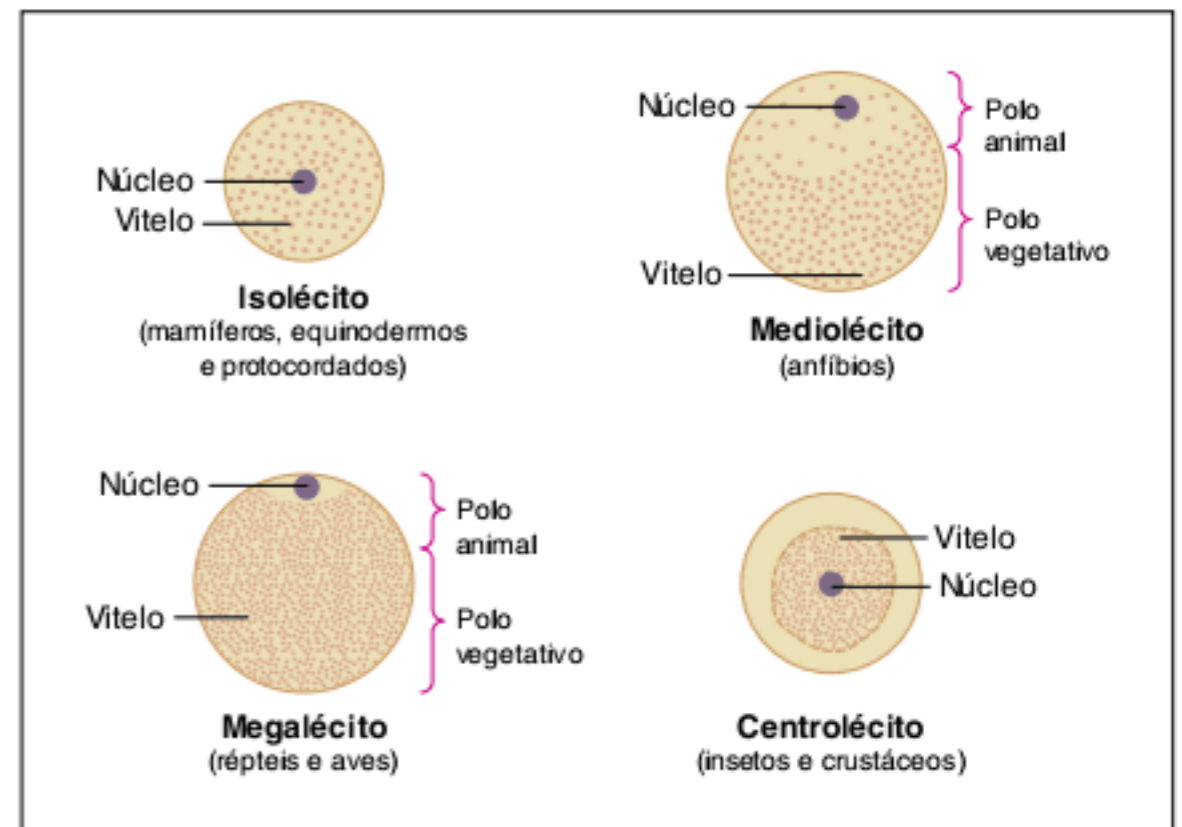


Fig. 2 Os quatro tipos principais de ovos e exemplos de animais nos quais estão presentes.

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 quatro, as quais 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 anfioxo e o de mamíferos) e nos ovos heterolécitos (de anfíbios) (Fig. 3). 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).

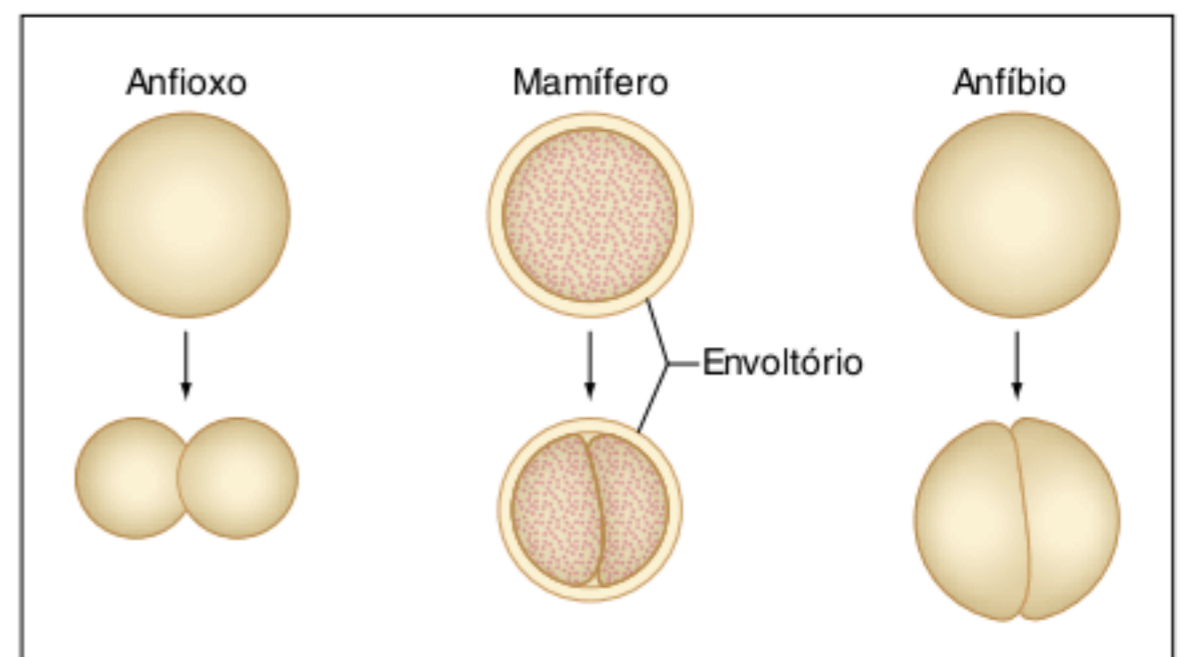


Fig. 3 Na segmentação total ou holoblástica, o zigoto é integralmente dividido, gerando dois blastômeros.

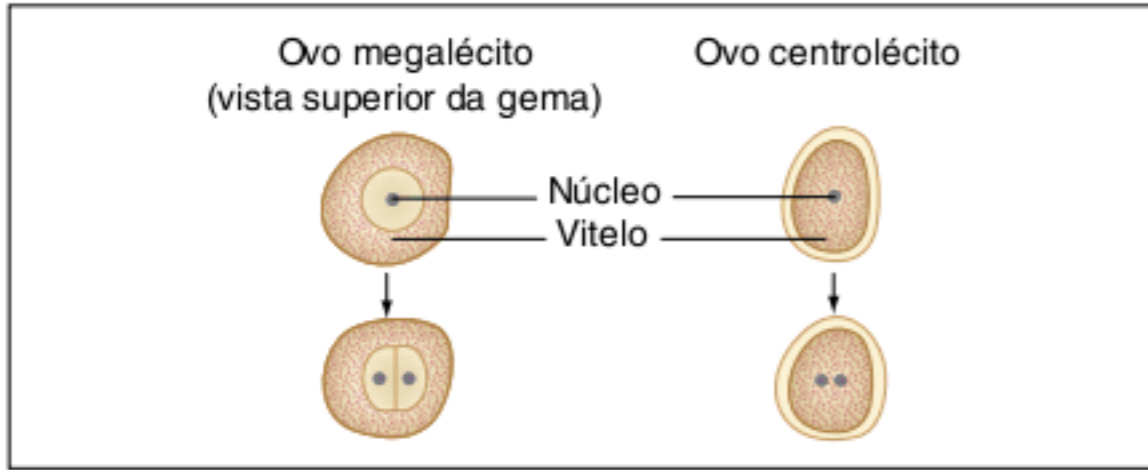


Fig. 4 Segmentação parcial ou meroblástica: a primeira mitose do ovo megalécito gera duas células no polo animal; no ovo centrolécito gera dois núcleos.

No ovo megalécito apenas ocorre 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 primeiramente dois blastômeros, 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).

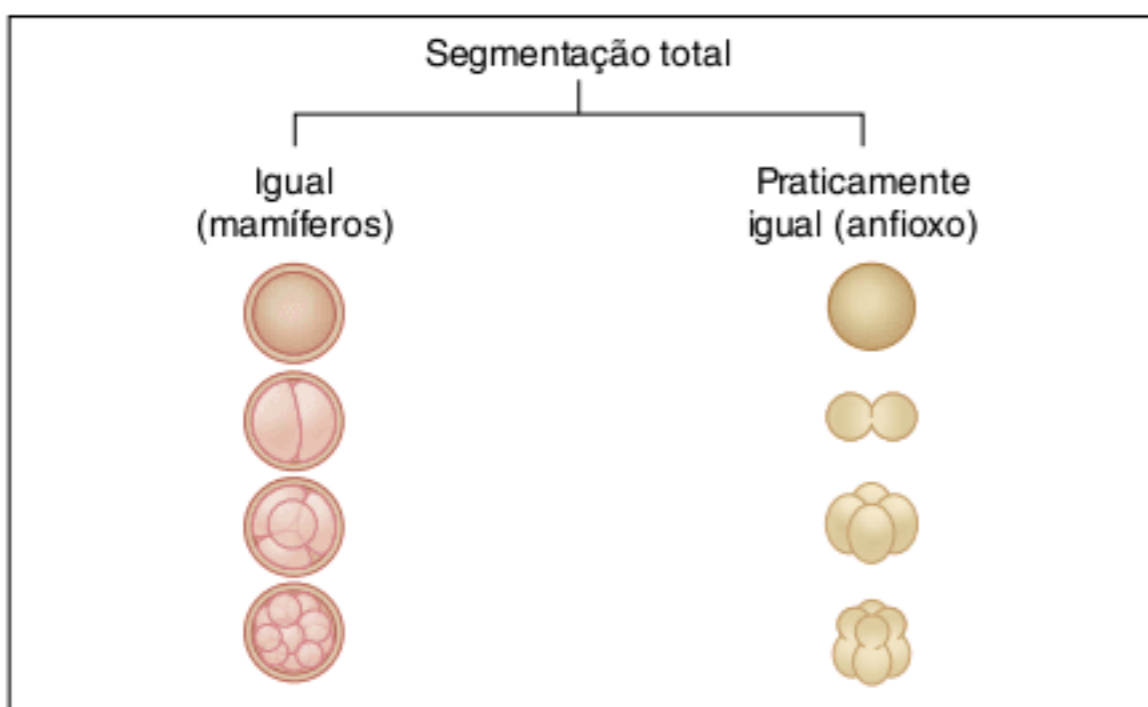


Fig. 6 Com a segmentação igual, ocorre a formação de blastômeros com aproximadamente o mesmo volume.

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).

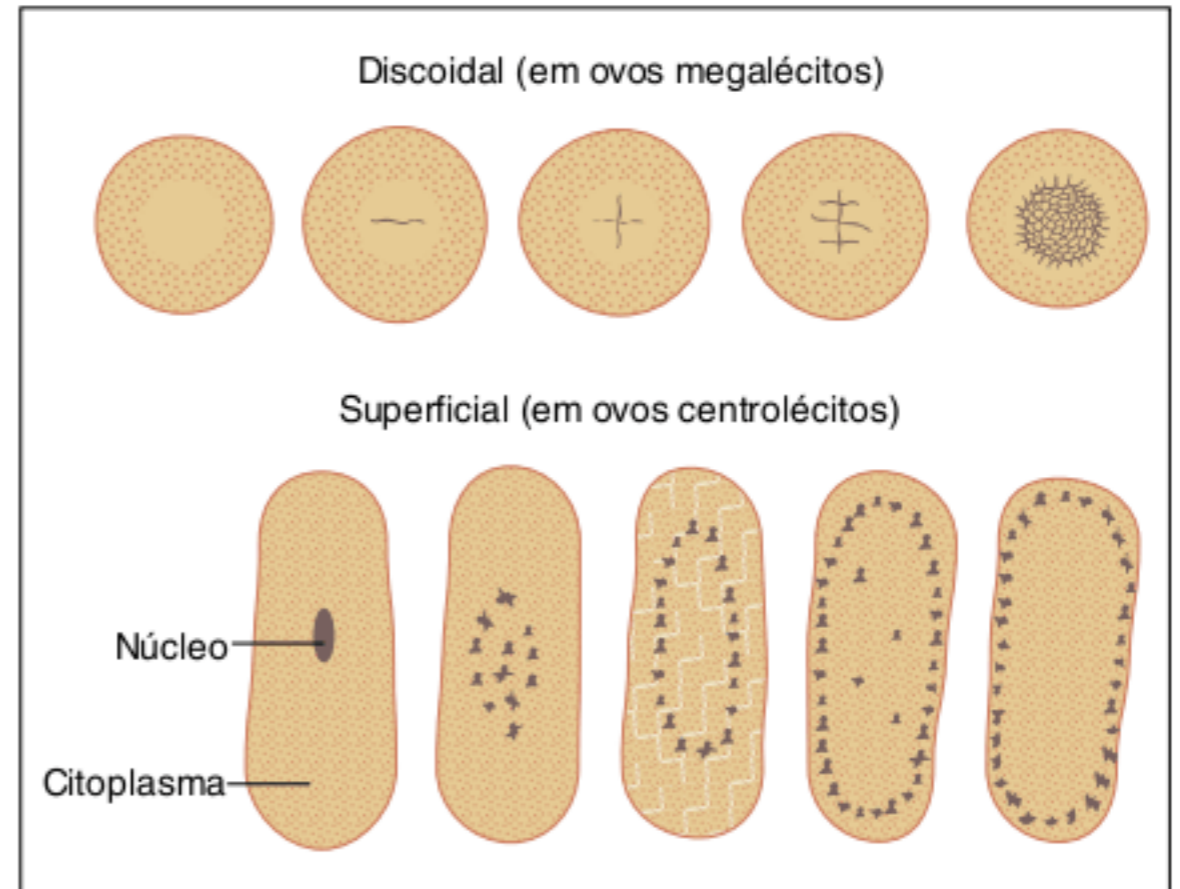


Fig. 7 Segmentação parcial: em ovos megalécitos ocorre a segmentação discoidal, que gera um grupo de células em forma de disco sobre a gema. Ovos centrolécitos geram células que se dispõem na superfície do ovo, caracterizando a segmentação superficial.

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).

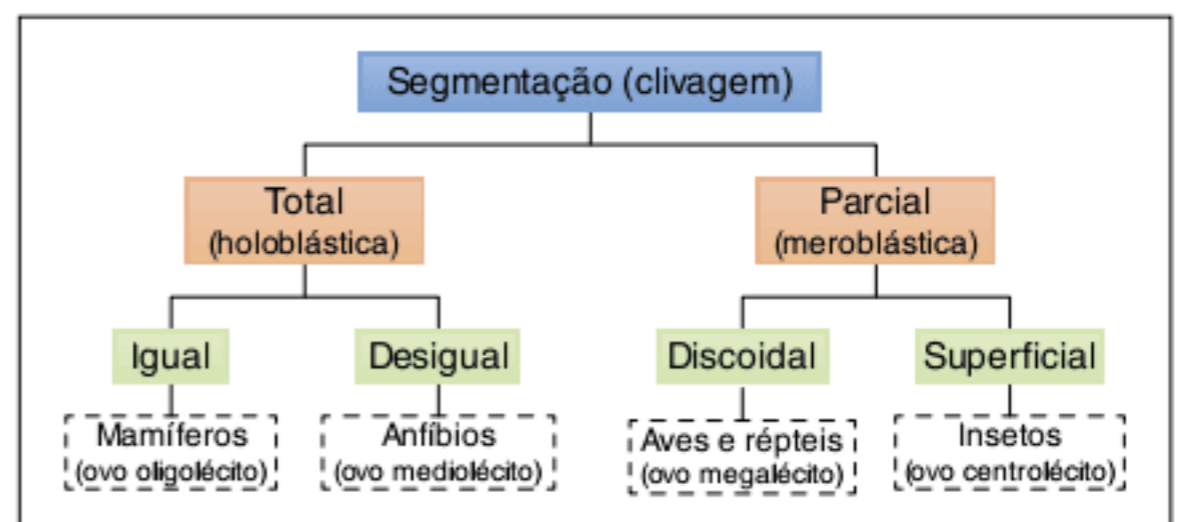


Fig. 8 Diagrama com os principais tipos de segmentação.

A sequência do desenvolvimento: de mó- rula 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.

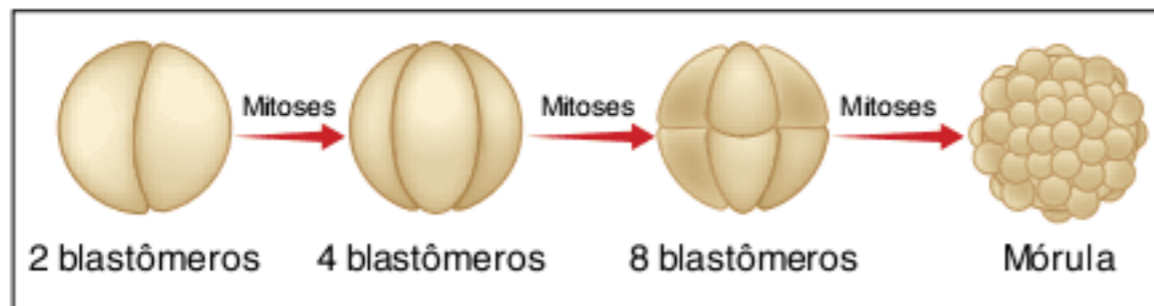


Fig. 9 Etapas para a formação da mórula.

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).

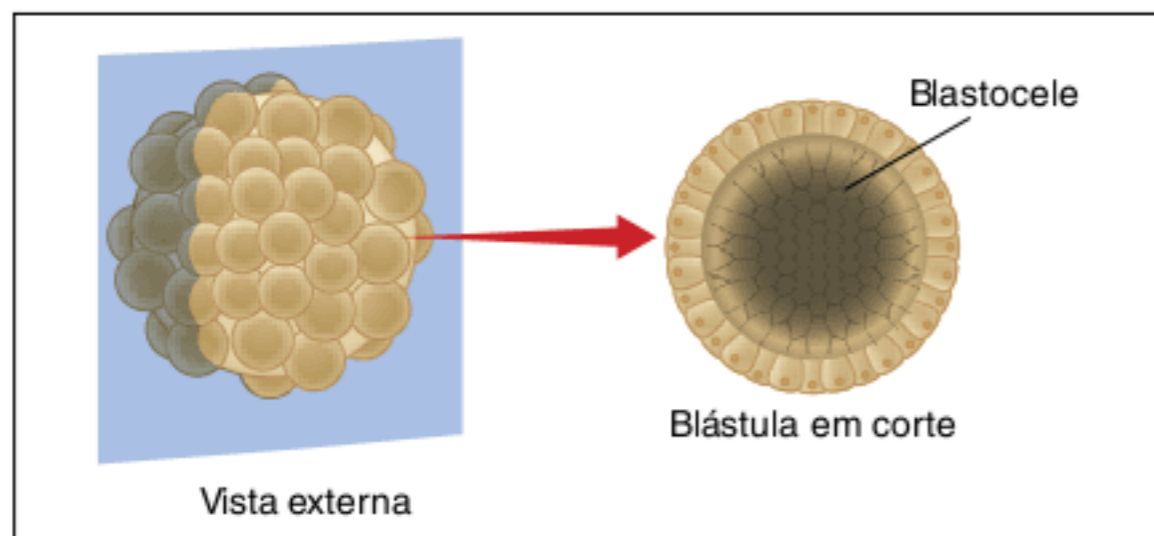


Fig. 10 Blástula: aspecto externo e vista em corte.

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 **mesenterme** (Fig. 11).

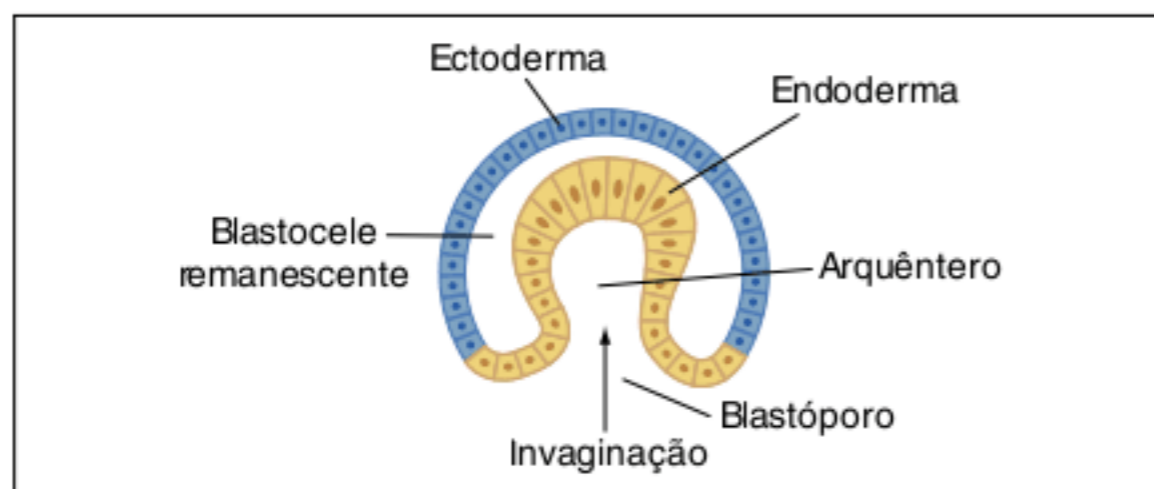


Fig. 11 Gástrula em formação: com a invaginação de macrômeros, inicia-se a formação do arquêntero e do blastóporo.

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 cordados ele gera o ânus. Assim, a blástula se converte na gástrula (Fig. 12).

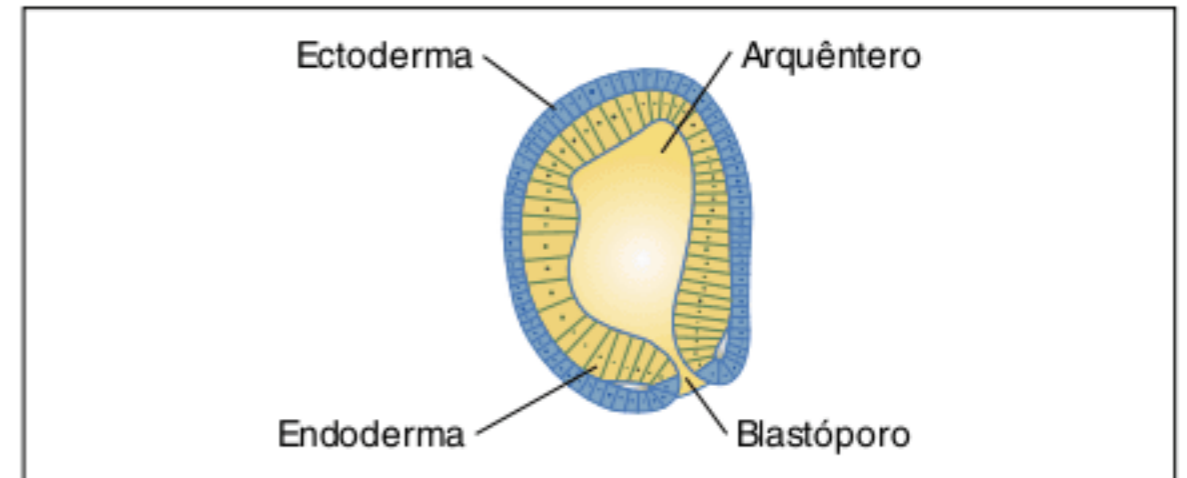


Fig. 12 Gástrula com seus dois folhetos: ectoderma e endoderma (ou mesenterme); sua cavidade é o arquêntero, e seu orifício o blastóporo.

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. 13).

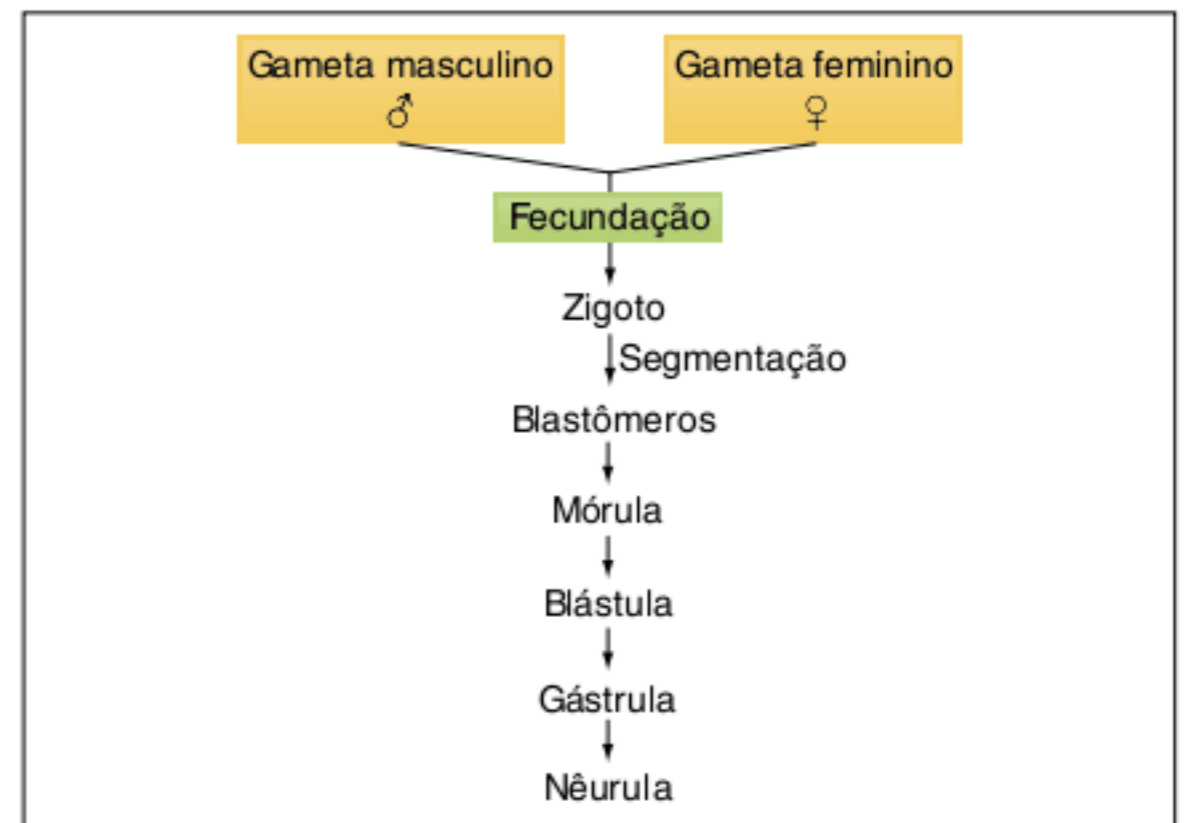


Fig. 13 Sequência de etapas iniciais do desenvolvimento embrionário, culminando com a formação da nêurula.

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**. Celoma é uma cavidade totalmente revestida por mesoderma (Fig. 14). No ser humano adulto, os principais espaços celomáticos são:

- a **cavidade pericárdica**, 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.

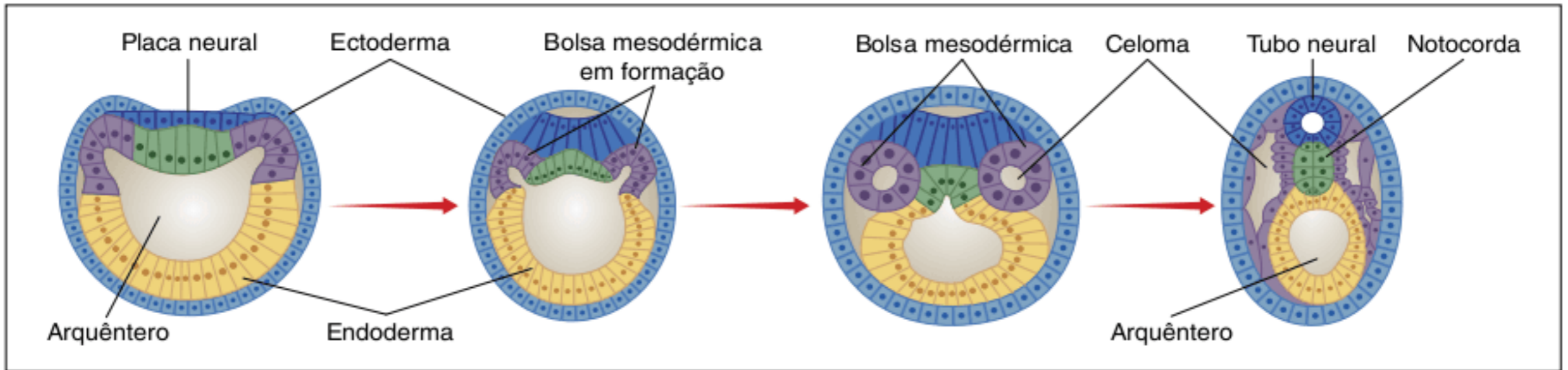


Fig. 14 Etapas para a formação da nêurula, fase na qual o celoma, o tubo neural e a notocorda se desenvolvem.

A formação do mesoderma foi um passo fundamental na evolução dos animais. O mesoderma origina várias estruturas, como coração, rins, gônadas, 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 contribui para o transporte de diversos materiais, como nutrientes, gases e excretas. Além disso, o celoma diminui 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. 15).

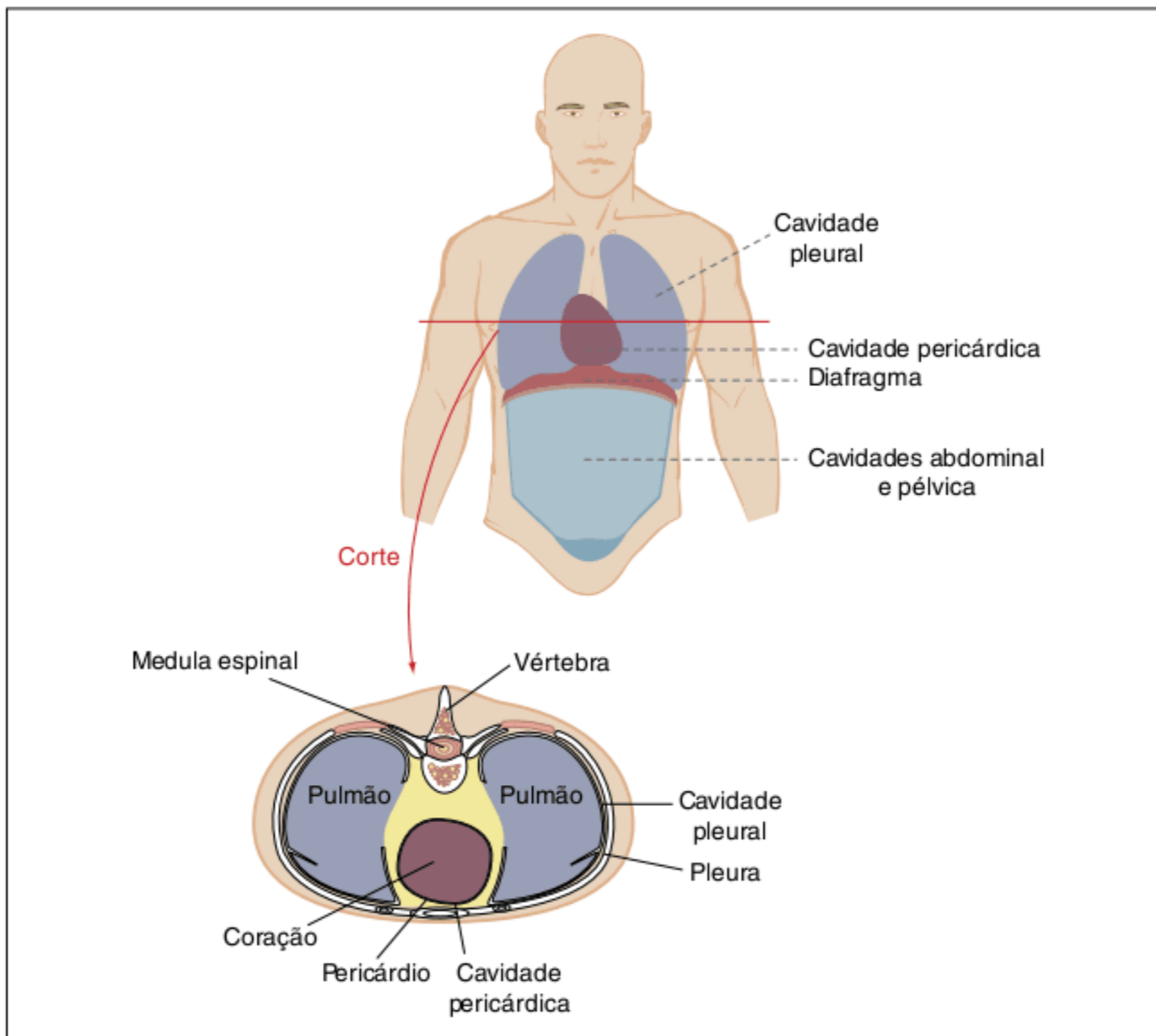


Fig. 15 Detalhes da cavidade pleural e pericárdica. O ser humano apresenta cavidades celomáticas remanescentes: pulmões e coração são envoltos por uma bolsa de origem celomática.

Organogênese

A partir da nêurula, os folhetos embrionários (ectoderma, endoderma e mesoderma) dão origem aos órgãos e sistemas do indivíduo, sendo cada tecido responsável pela formação de alguns órgãos (fig. 16).

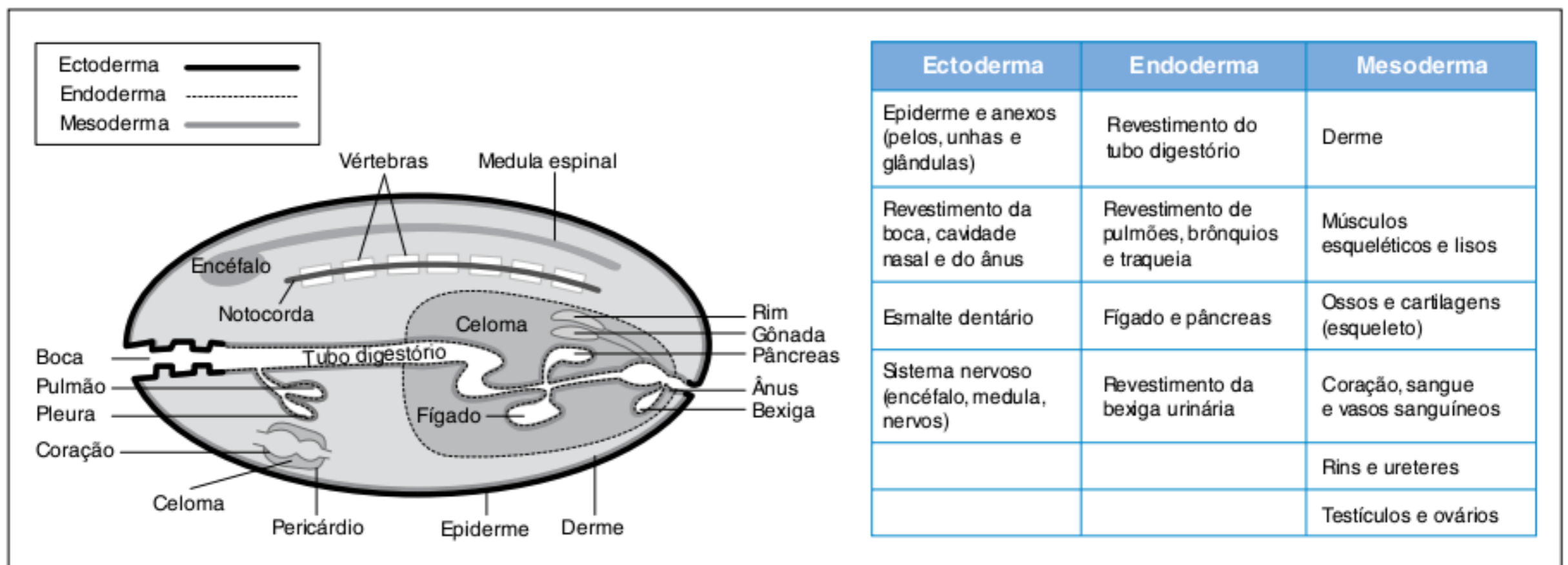


Fig. 16 Esquema representativo de vertebrado hipotético e tabela com descrição das estruturas formadas a partir de três folhetos embrionários.

- **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 formam diversos anexos, como unhas, pelos, penas e algumas glândulas (sudoríparas, 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 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 geram o **revestimento interno do sistema respiratório**; outras evaginações geram 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; 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 **entozoários**. Para muitos autores, os entozoários apresentam tecidos verdadeiros, mas os parazoários não os possuem.

Entre os entozoários, 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); incluem platelmintos, nematelmintos, anelídeos, artrópodes, moluscos, equinodermos e cordados (Fig. 17).

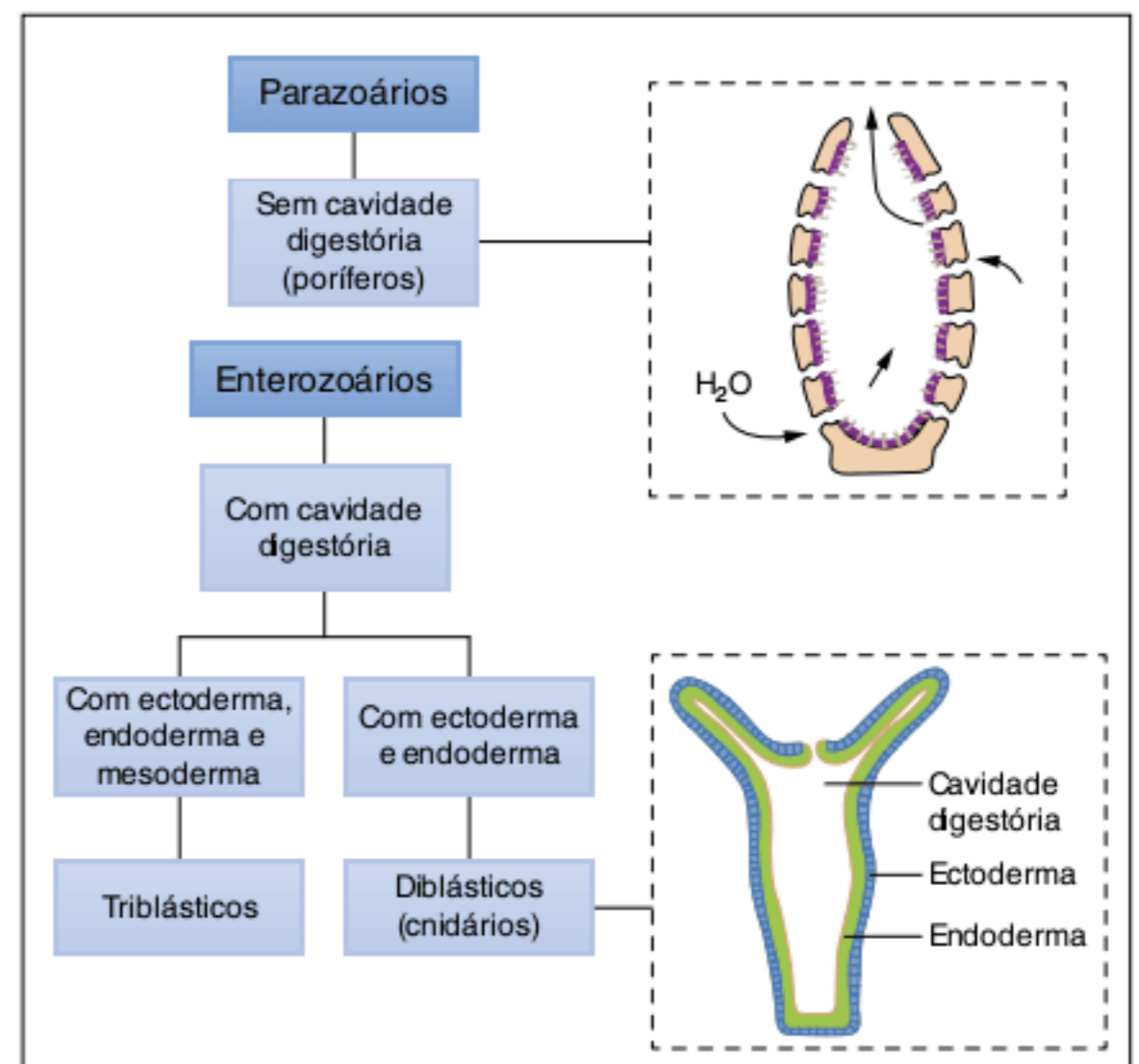


Fig. 17 Esquema informativo com a classificação dos animais quanto à cavidade digestória salientando exemplos de alguns grupos.

Os triblásticos são divididos em três grupos: **acelomados**, **pseudocelomados** e **celomados**. Acelomados têm mesoderma sem cavidade; 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); compreendem anelídeos, artrópodes, moluscos, equinodermos e cordados (Fig. 18).

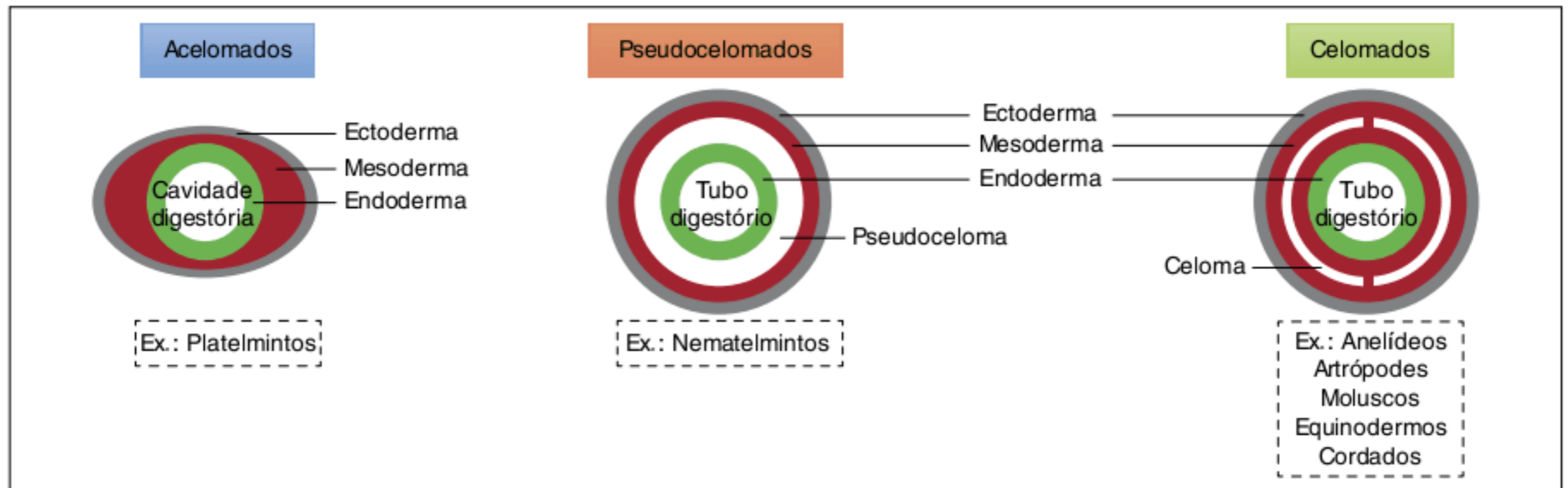


Fig. 18 Classificação dos animais quanto aos folhetos embrionários e ao celoma.

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. 19). Todas as classificações, com seus respectivos filis, podem ser observados na figura 20.

ATENÇÃO!

Classificações mais antigas consideram como protostômios também os nematelmintos, platelmintos e cnidários.

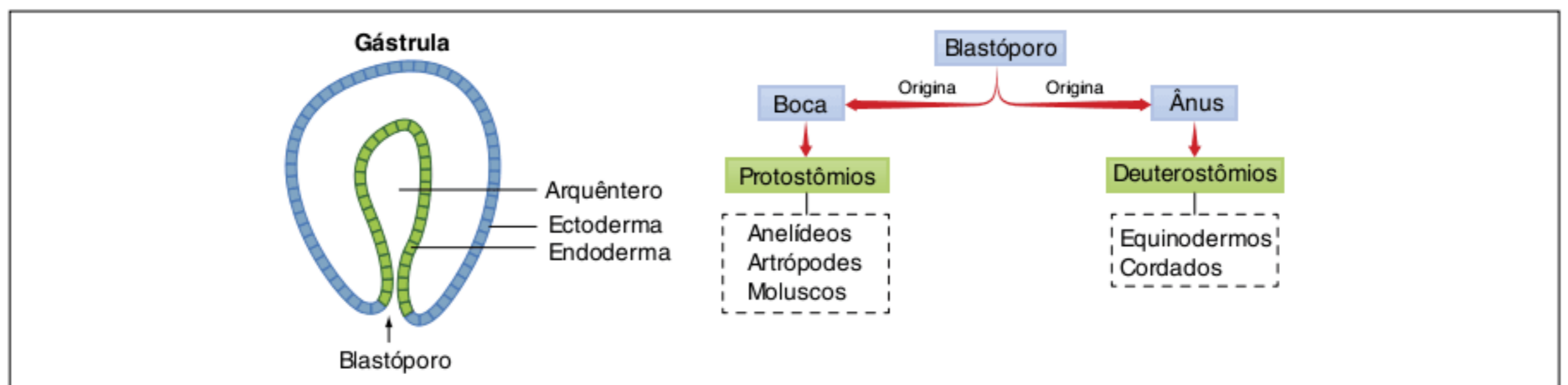


Fig. 19 Classificação dos animais quanto ao desenvolvimento do blastóporo.

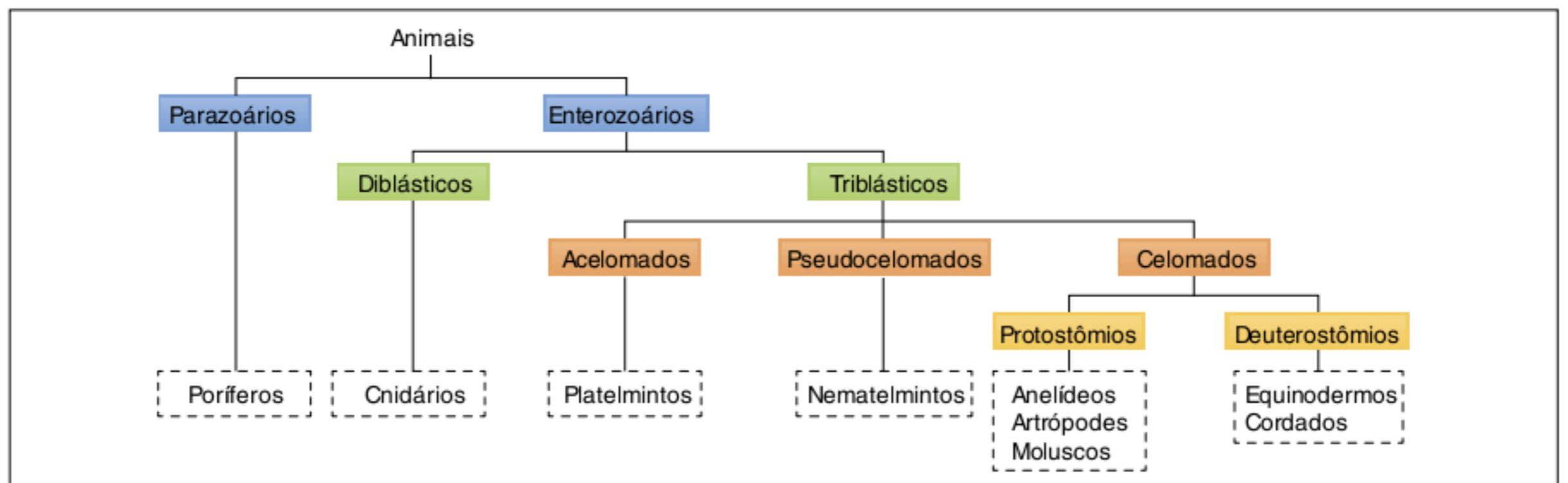


Fig. 20 Diagrama com a classificação embriológica dos animais.

Revisando

1 Qual é o nome que se dá às mitoses que se seguem 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 ovos 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
- musculatura
- epiderme
- revestimento do tubo digestório
- rins
- esmalte dentário
- fígado e pâncreas
- 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

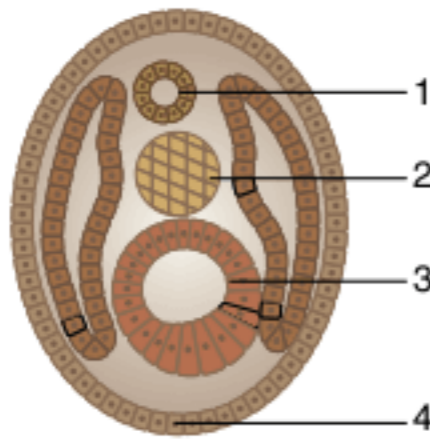
1 UFU Baseando-se na embriologia do anfíoxo, assinale a alternativa que apresenta a sequência correta das fases.

- (a) Mórula – Gástrula – Blástula – Nêurula.
- (b) Mórula – Blástula – Gástrula – Nêurula.
- (c) Blástula – Mórula – Nêurula – Gástrula.
- (d) Blástula – Nêurula – Mórula – Gástrula.

2 Puccamp 2007 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. (c) blástula. (e) nêurula.
- (b) mórula. (d) gástrula.

3 UFSCar 2009 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. (c) gástrula. (e) blastômero.
- (b) blástula. (d) arquêntero.

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.

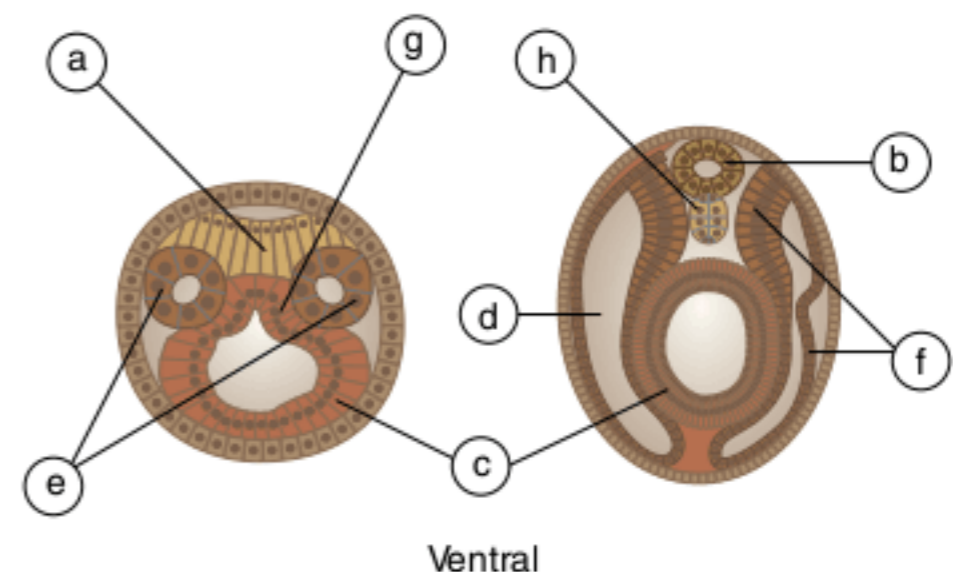
Assinale a sequência correta.

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

6 FMTM 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.

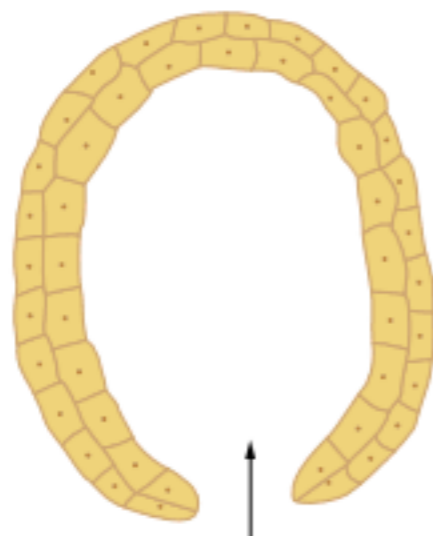
7 UFSC As figuras a seguir representam cortes transversais de dois momentos da organogênese, em anfíoxo. Considerando as características dessa etapa do desenvolvimento embrionário e as figuras, assinale a(s) proposição(ões) correta(s).



- 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 anfióxico. (e) no ouriço-do-mar.
 (c) no tubarão.

9 UEL Se o blastóporo de uma gástrula originar o ânus do futuro animal, este poderá ser:

- (a) um ouriço-do-mar. (d) um coral.
 (b) um gafanhoto. (e) uma esponja.
 (c) uma minhoca.

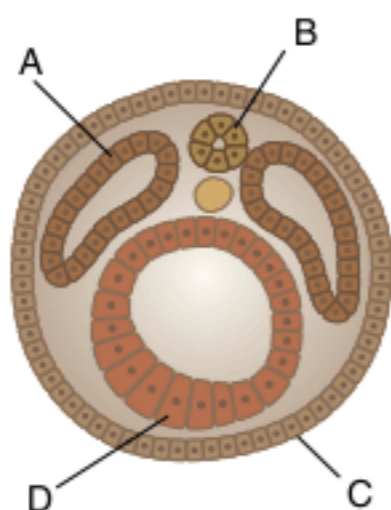
10 UFRGS Qual dentre as estruturas dos embriões de vertebrados, a seguir, não tem origem na camada germinativa mesodérmica?

- (a) Músculo. (d) Sangue.
 (b) Cérebro. (e) Ouvido médio.
 (c) Esqueleto.

11 PUC-MG Assinale a estrutura que não tem origem mesodérmica.

- (a) Medula espinhal.
 (b) Musculatura lisa.
 (c) Coração.
 (d) Peritônio.
 (e) Derme.

12 UFV Observe o esquema do embrião de um cordado, em corte transversal, e analise as afirmativas seguintes.

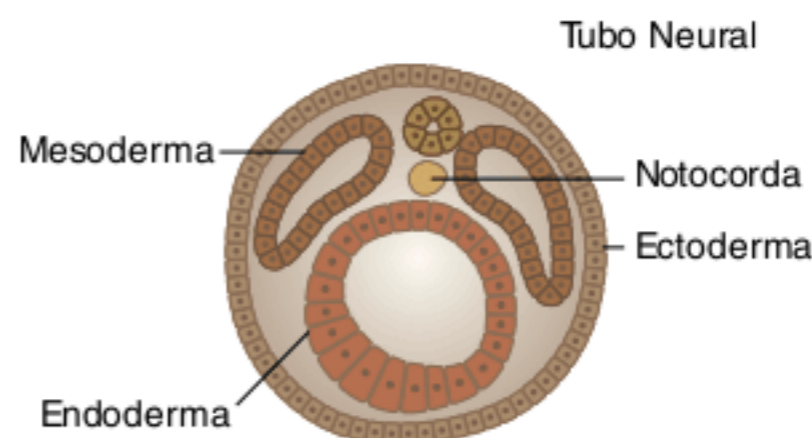


- I. A letra D representa a endoderme.
 II. Os pulmões originam-se a partir do folheto C.
 III. O folheto indicado por B dá origem ao cérebro.
 IV. O coração forma-se a partir do folheto indicado pela letra A.
 V. Alterações no folheto D não podem afetar as glândulas do tubo digestivo.

Assinale a alternativa que contém apenas afirmativas verdadeiras.

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

13 Cesgranrio Em relação a um embrião de anfióxico 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 abaixo 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. (d) 1 apenas.
 (b) 2 e 3 apenas. (e) 3 apenas.
 (c) 2 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.

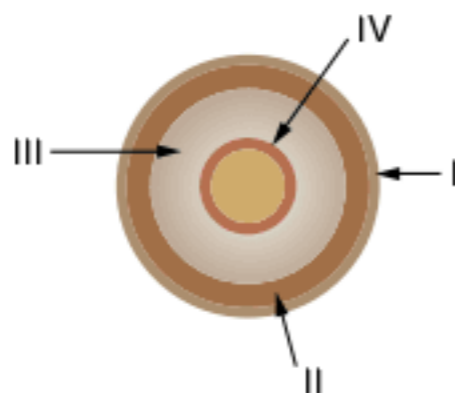
17 Uece Analise as assertivas a seguir relativas à origem e ao estudo dos tecidos.

- 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/Paies 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 Univali O blastóporo, orifício embrionário, pode dar origem à boca ou ao ânus do animal. Esse orifício é originado durante uma das fases embrionárias, a:

- (a) gastrulação.
- (b) blastulação.
- (c) neurulação.
- (d) organogênese.
- (e) segmentação.

20 Mackenzie Alguns animais apresentam no seu corpo uma cavidade ao redor do intestino. Quando essa cavidade apresenta-se parcialmente revestida por tecido mesodérmico, é denominada:

- (a) pseudoceloma.
- (b) celoma.
- (c) arquêntero.
- (d) notocorda.
- (e) cório.

21 Puccamp Um animal triblástico, acelomado e de simetria bilateral pode ser uma:

- (a) hidra.
- (b) esponja.
- (c) lombriga.
- (d) minhoca.
- (e) planária.

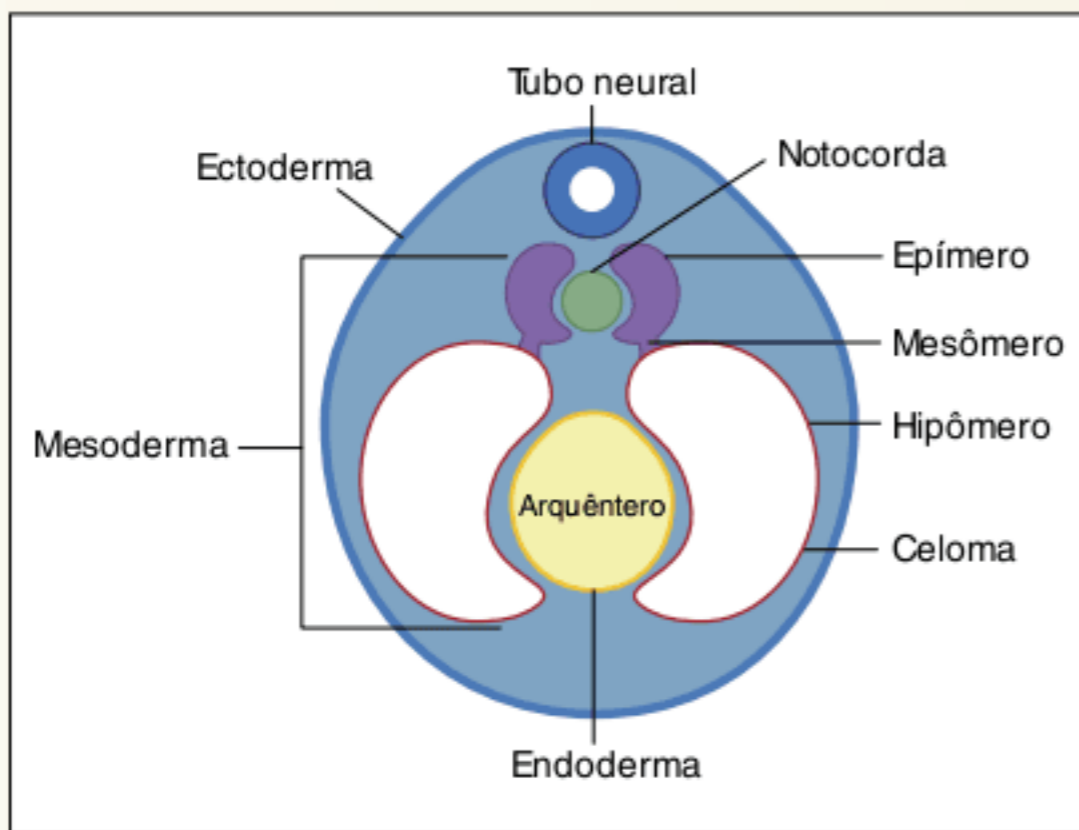
TEXTO COMPLEMENTAR

Mesoderma e origem do celoma

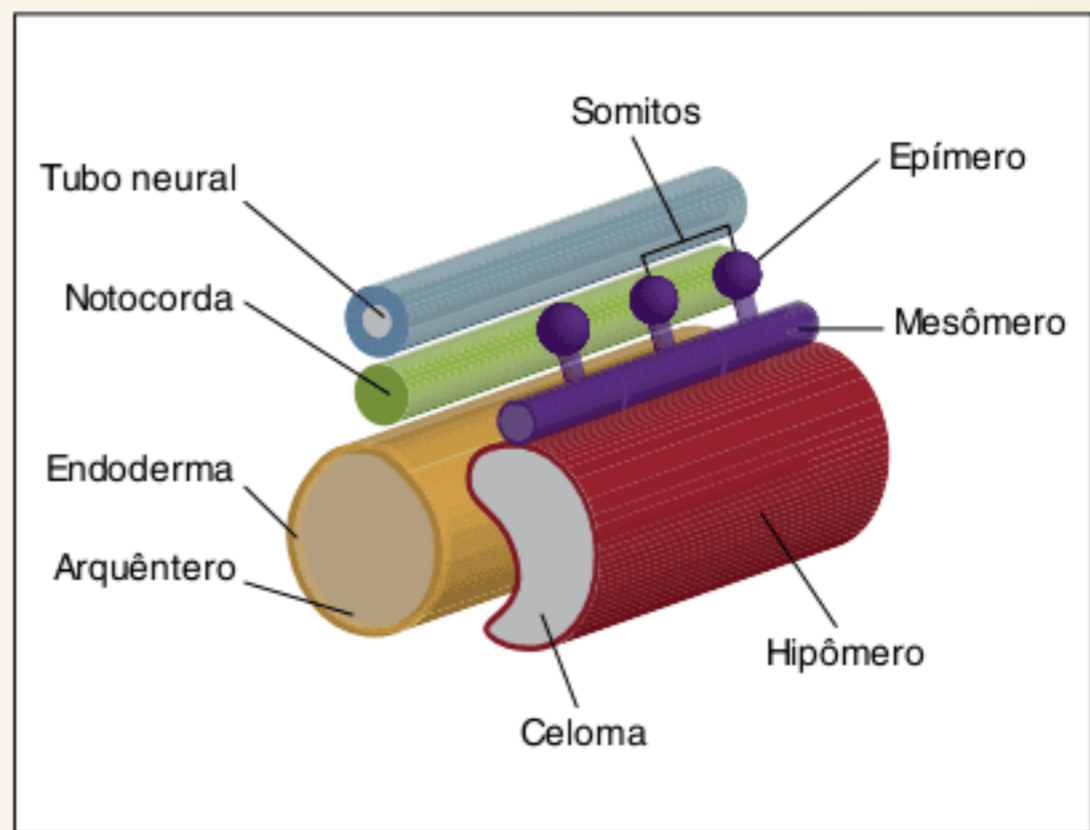
O mesoderma apresenta três divisões: **epímero** (mesoderma superior), **mesômero** (mesoderma intermediário) e **hipômero** (mesoderma inferior). O epímero forma **somitos**, que são blocos de mesoderma com nítida segmentação. O hipômero tem duas lâminas: uma situada ao redor do arquêntero e outra localizada 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.

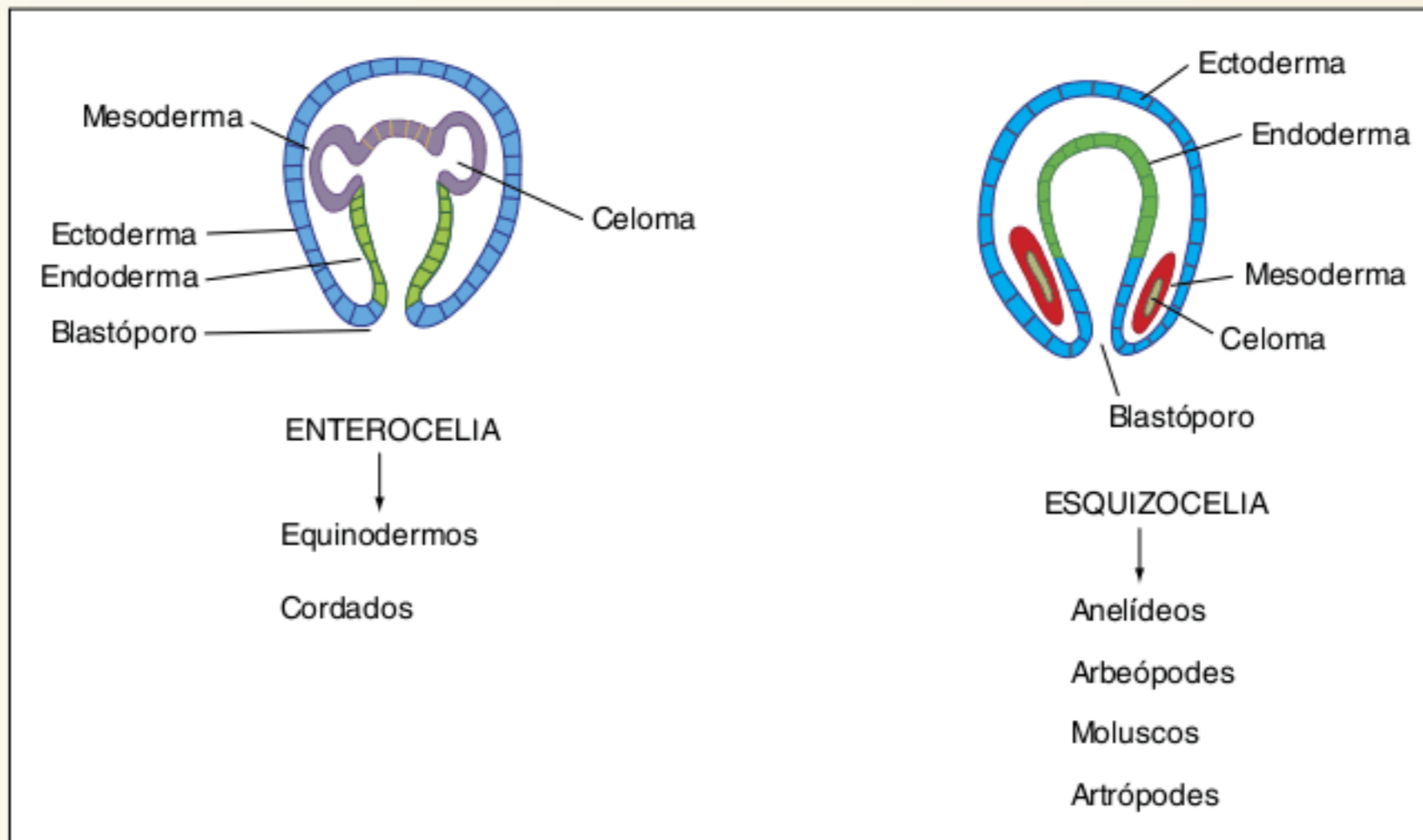
A origem esquizocélica do celoma ocorre em anelídeos, moluscos e artrópodes. Nesse processo, o embrião apresenta blocos de mesoderma próximos ao blastóporo; no mesoderma surgem fendas internas que geram o celoma.



Detalhes de uma nêurula em corte transversal.



Nêurula representada sem ectoderma e com o mesoderma de uma lateral apenas.



Os protostômios têm o celoma com origem esquizocélica e o celoma dos deuterostômios tem origem enterocélica.

RESUMINDO

Fecundação e os tipos de ovos

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 enterozoários;
- Número de folhetos embrionários: diblásticos e triblásticos;
- Celoma: acelomados, pseudocelomados e celomados;
- Desenvolvimento do blastóporo: protostômios e deuterostômios.

■ QUER SABER MAIS?**SITE**

- Desenvolvimento embrionário do ouriço-do-mar (um equinodermo)
<www.stanford.edu/group/Urchin/istill.html>.

Exercícios complementares

1 Puccamp Na água do manguezal é comum encontrarem-se ovos com envoltório gelatinoso, extremamente ricos em vitelo nutritivo e apresentando segmentação parcial discoidal. Esses dados indicam tratar-se de ovos:

- (a) isolécitos.
- (b) heterolécitos.
- (c) centrolécitos.
- (d) telolécitos.
- (e) alécitos.

2 Puccamp Comparando-se o desenvolvimento embrionário do anfioxo com o das aves, verifica-se que:

- (a) no anfioxo, a segmentação é holoblástica; nas aves, é meroblástica.
- (b) o anfioxo é um animal protostômio; as aves são deuterostômias.
- (c) o anfioxo é um animal diploblástico; as aves são triploblásticas.
- (d) o embrião do anfioxo é protegido por anexos embrionários; o das aves só é protegido pela casca do ovo.
- (e) o embrião do anfioxo desenvolve-se fora do corpo materno; o das aves desenvolve-se no interior do útero materno.

3 Cesgranrio A existência de larvas, em muitos animais, é consequência direta da:

- (a) defesa contra agentes externos e predadores, pela locomoção.
- (b) existência, nos seus ovos, de pequena quantidade de vitelo.
- (c) busca de acasalamento para dispersão da espécie.
- (d) necessidade de haver vários nichos ecológicos.
- (e) garantia de habitat próprio para a espécie.

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 Puccamp No desenvolvimento embrionário de um ovo de galinha, formam-se blastômeros:

- (a) apenas na camada superficial.
- (b) apenas no disco germinativo.
- (c) iguais em toda a gema.
- (d) maiores no polo vegetativo e menores no polo animal.
- (e) maiores no polo animal e menores no polo vegetativo.

6 Puccamp A figura a seguir mostra uma blástula.



O mais provável é que ela tenha se formado a partir de um ovo:

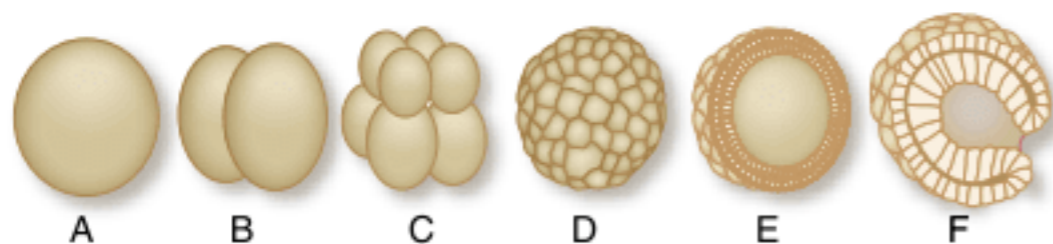
- (a) telolécito.
- (b) centrolécito.
- (c) heterolécito.
- (d) mediolécito.
- (e) isolécito.

7 Puccamp Qual das afirmações a seguir, relativas a diferentes tipos de ovos, é verdadeira?

- (a) Ovos com muito vitelo no polo vegetativo têm segmentação total.
- (b) Ovos com muito vitelo no centro têm segmentação discoidal.
- (c) Ovos oligolécitos têm segmentação parcial.
- (d) Os ovos da maioria dos artrópodos são oligolécitos.
- (e) Os ovos da maioria dos mamíferos são pobres em vitelo.

8 Unicamp 2009 (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 2010 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).

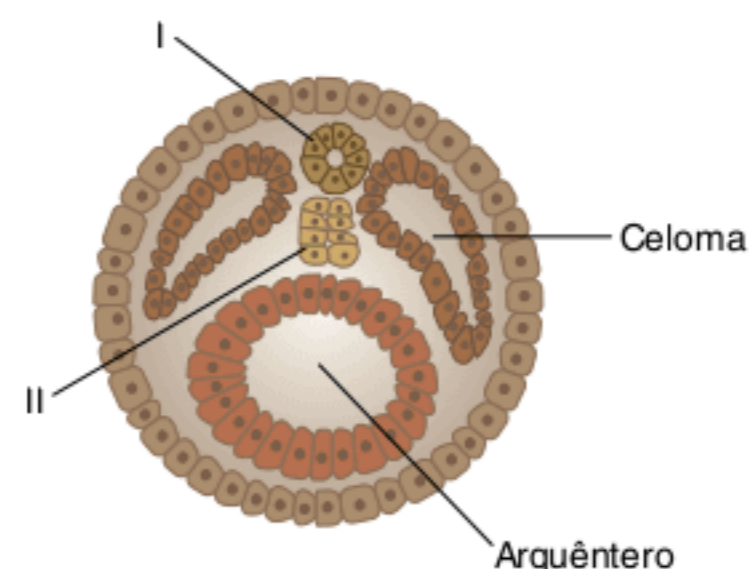
1 -	1 -
2 -	2 -
1 -	1 -
2 -	2 -

- b) Classifique os ovos dos seres humanos, anfíbios, aves e artrópodes, respectivamente, quanto à segmentação.

10 Puccamp Um embrião de sapo, na fase final de gastrulação, é submetido à ação de radiação mutagênica de pequeno poder de penetração e que atinge apenas as células superficiais. Espera-se que surjam anomalias:

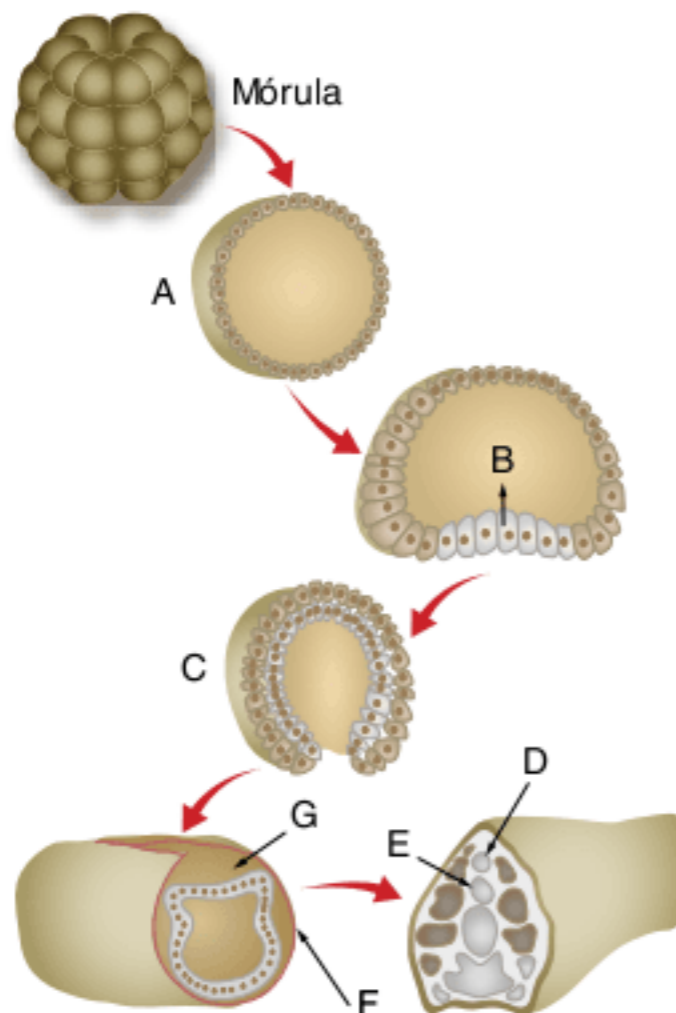
- (a) no estômago e no intestino.
- (b) nos músculos lisos e estriados.
- (c) na epiderme e no sistema nervoso.
- (d) nos ossos e nas cartilagens.
- (e) nos rins e no miocárdio.

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?

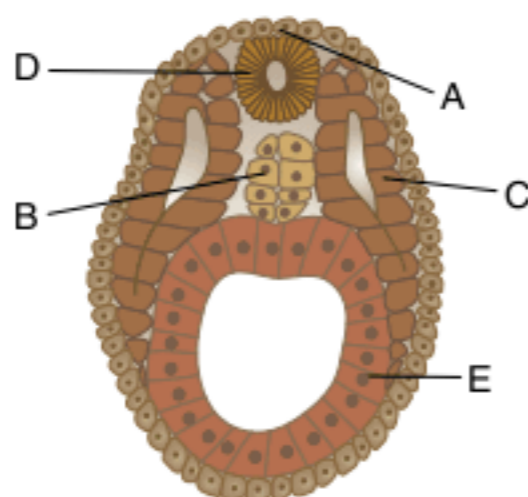
12 UFPE Na figura a seguir estão ilustrados diferentes estágios do desenvolvimento embrionário do anfioxo, animal considerado padrão para o estudo de embriologia de vertebrados. As primeiras células formadas pelas divisões do zigoto – os blastômeros – sofrem mitoses, que se sucedem com rapidez, de modo 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 blastocela (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.
- (b) II e III.
- (c) I, II e III.
- (d) I, III e IV.
- (e) II, III e IV.

14 PUC-MG A origem embrionária da pele humana é:

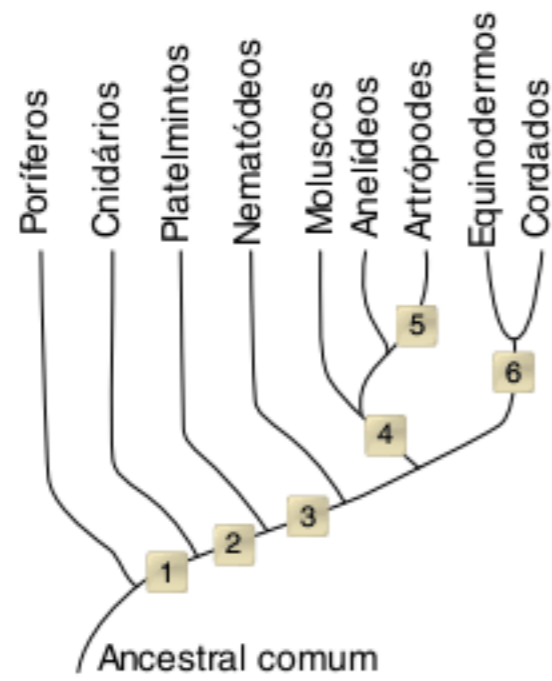
- (a) ectodérmica e mesodérmica.
- (b) ectodérmica e endodérmica.
- (c) mesodérmica e endodérmica.
- (d) somente ectodérmica.
- (e) somente mesodérmica.

15 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 =

16 Fuvest 2009 O esquema abaixo representa uma das hipóteses para explicar as relações evolutivas entre grupos de animais. A partir do ancestral comum, cada número indica o aparecimento de determinada característica. Assim, os ramos anteriores a um número correspondem a animais que não possuem tal característica, e os ramos posteriores a animais que a possuem.



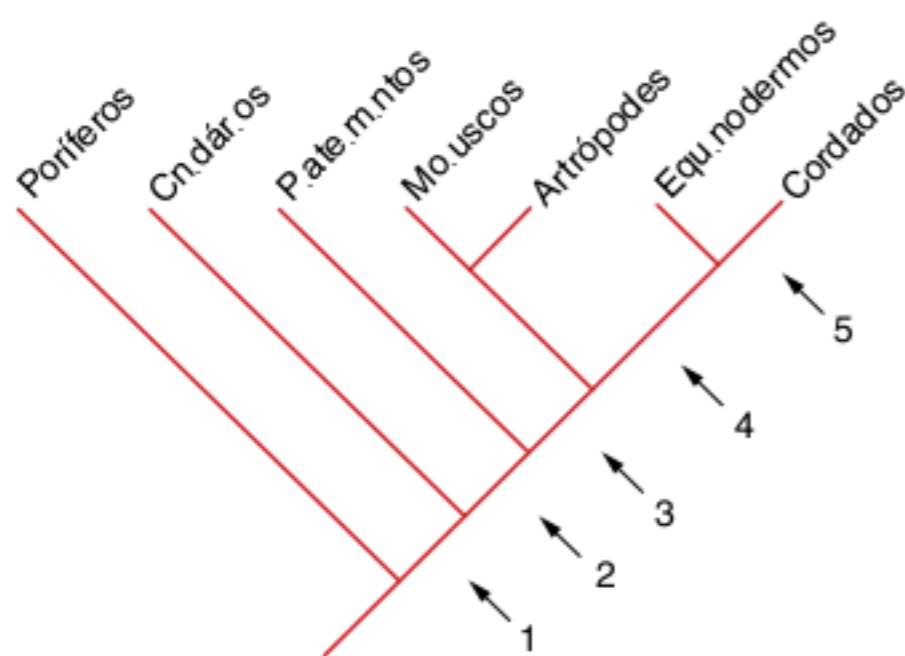
As características “cavidade corporal” e “exoesqueleto de quitina” correspondem, respectivamente, aos números:

- (a) 1 e 6. (d) 3 e 4.
 (b) 2 e 4. (e) 3 e 5.
 (c) 2 e 5.

17 Puccamp 2009 Em um remanso de riacho foi encontrado um conjunto de embriões de anfíbios, todos na fase de gástrula. Um corante vital, incapaz de passar de uma célula para as vizinhas, foi injetado junto aos limites do blastóporo. Supondo-se que o corante permaneça sem modificações até após a metamorfose, espera-se que os animais jovens o apresentarão na região:

- (a) da boca. (d) dos olhos.
 (b) da cloaca. (e) do estômago.
 (c) do coração.

18 UFRJ 2009 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.

Organização funcional e classificação dos animais

5

FRENTE 3



MILENA MARQUES MACHADO MACIEL / LABORATÓRIO DE BIODIVERSIDADE ENTOMOLÓGICA / IOC / FIOCRUZ

A grande variedade de animais é cuidadosamente estudada pelos zoólogos. Para esse trabalho, é necessário compreender as diferenças entre os seres vivos, o que permite classificá-los de forma correta.



MILENA MARQUES MACHADO MACIEL / LABORATÓRIO DE BIODIVERSIDADE ENTOMOLÓGICA / IOC / FIOCRUZ

Atividades vitais básicas 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).

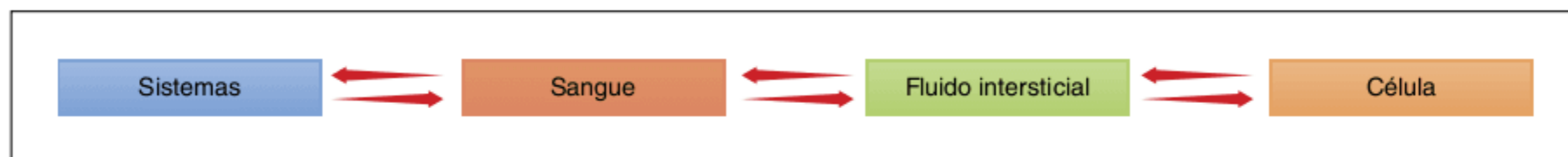


Fig. 1 O intercâmbio de materiais nos principais níveis do organismo animal.

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.

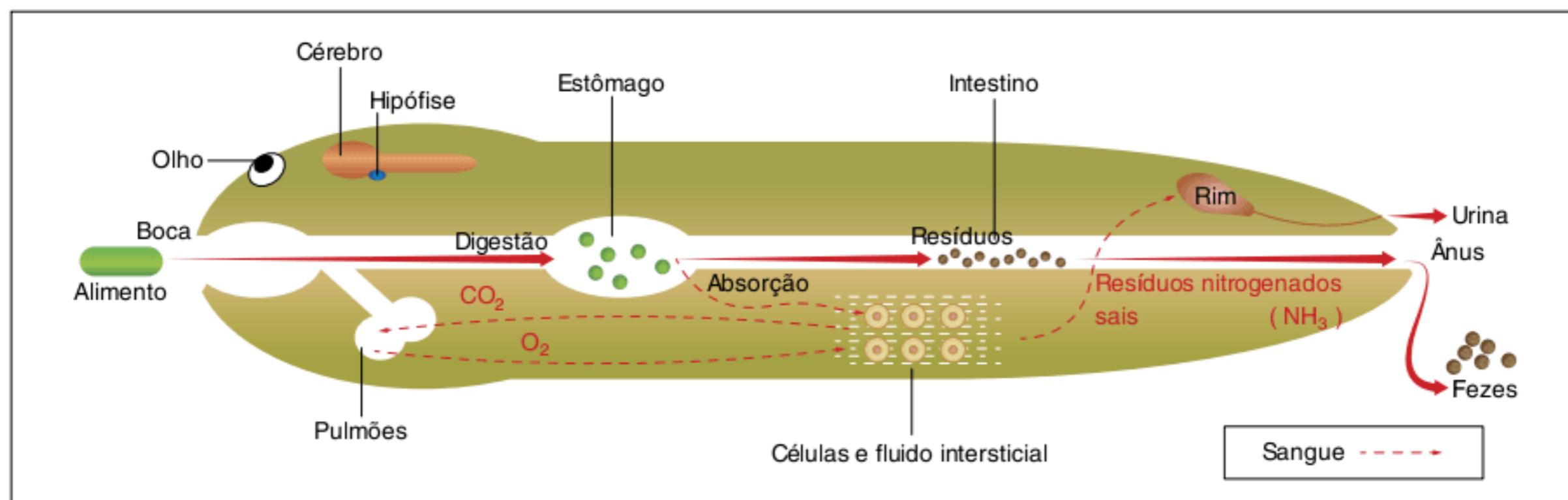


Fig. 2 O sangue e o transporte de materiais em um organismo hipotético.

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).

- **Trocas gasosas:** realizadas pelo sistema respiratório; consistem na obtenção de O_2 pelos pulmões e a 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).

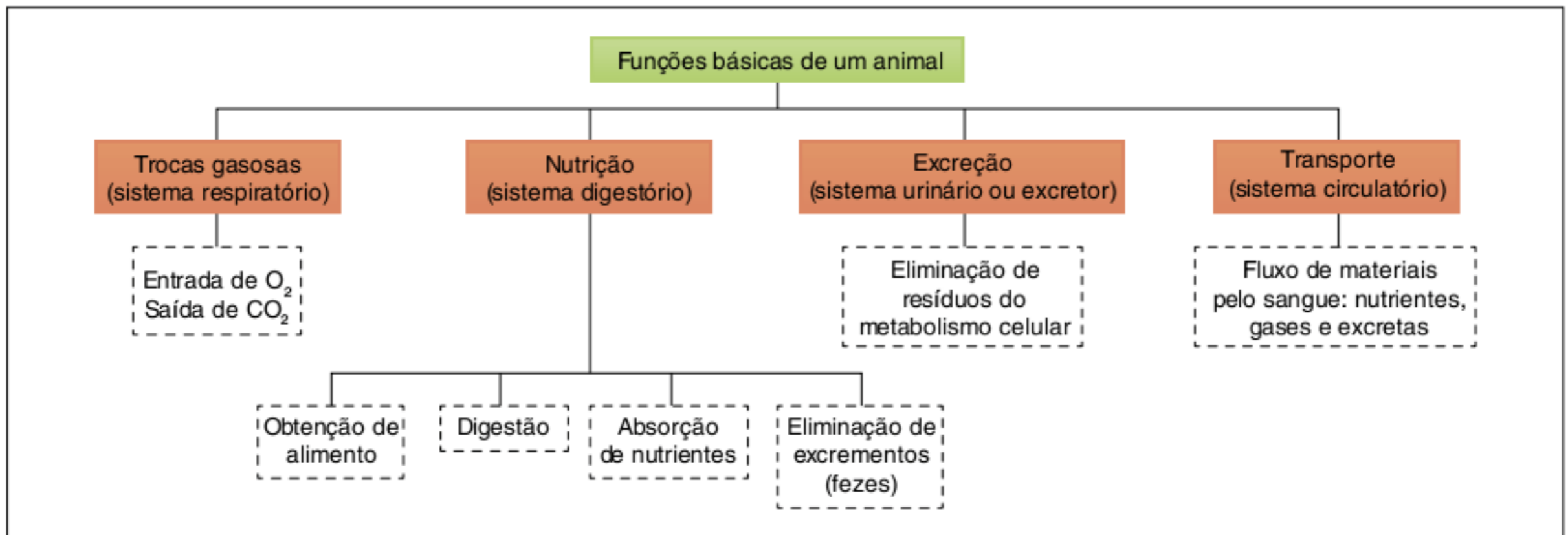


Fig. 3 As funções básicas de um animal e os sistemas envolvidos em sua realização.

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).

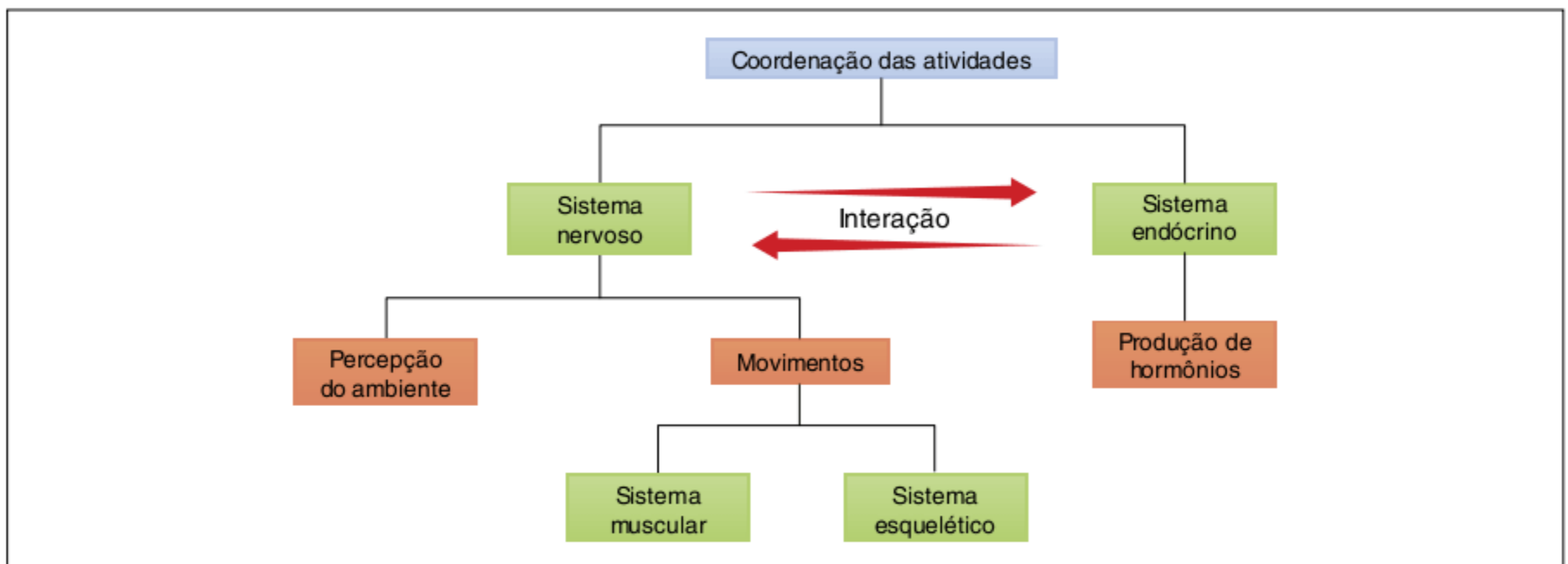


Fig. 4 As funções básicas do organismo são controladas pelos sistemas nervoso e endócrino.

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). E 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.

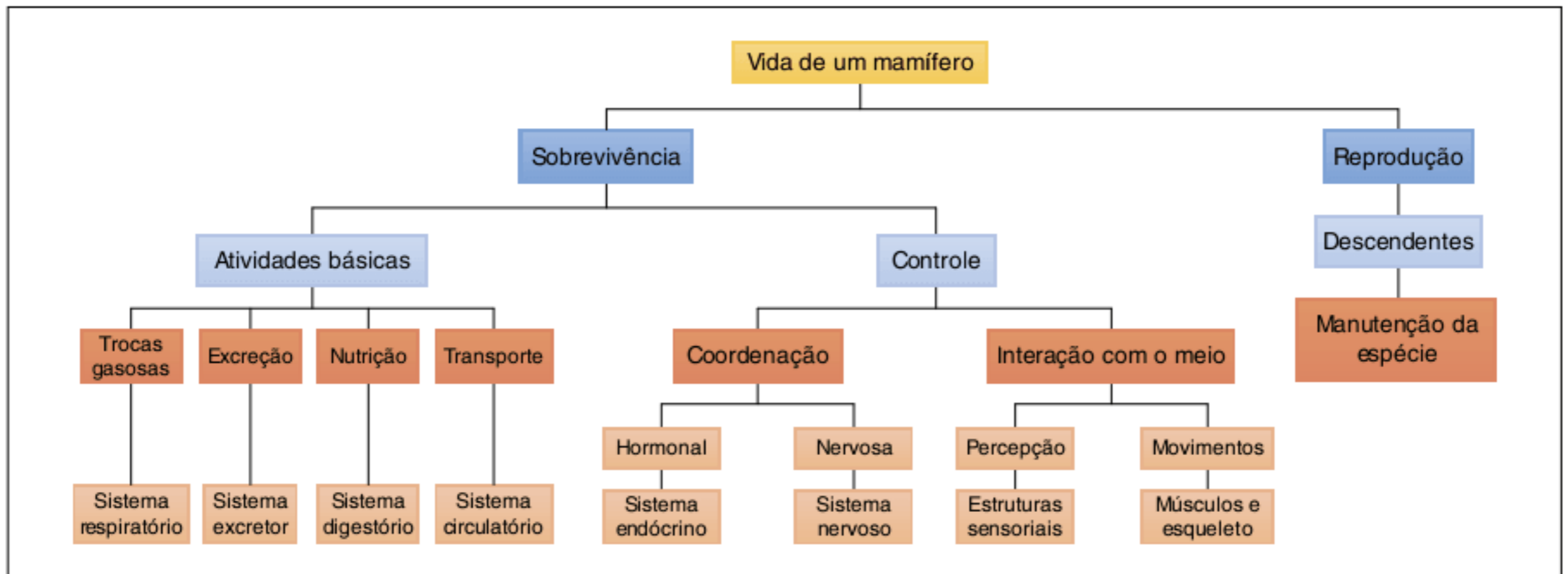


Fig. 5 Painel das atividades de um mamífero, incluindo sobrevivência e reprodução.

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 um novo pé 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 um pé 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).

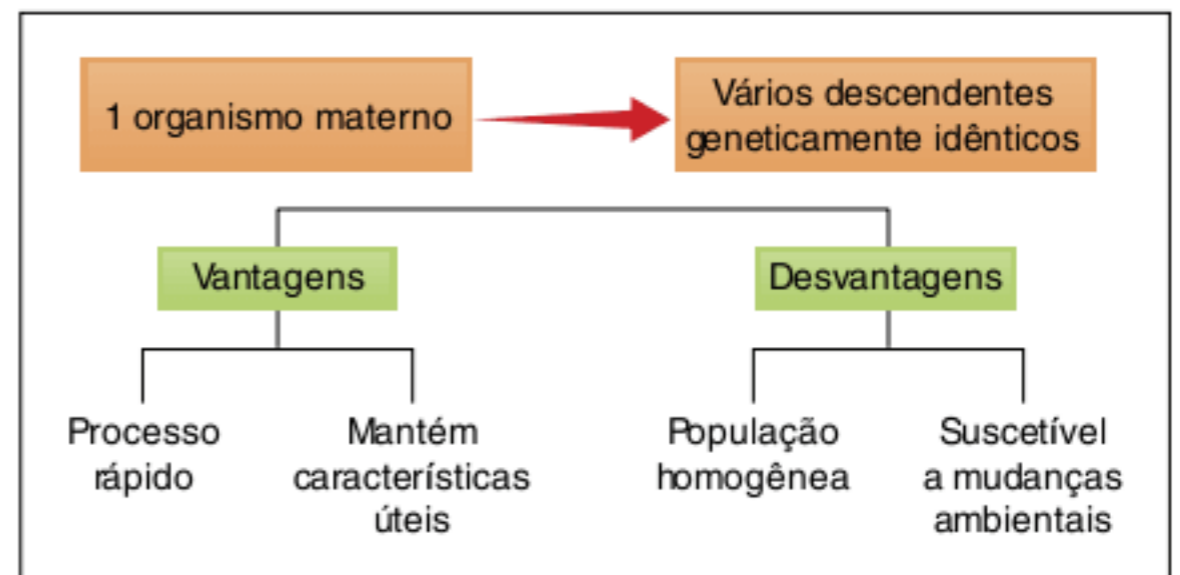


Fig. 6 Esquema explicativo da reprodução assexuada, com suas vantagens e desvantagens.

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).

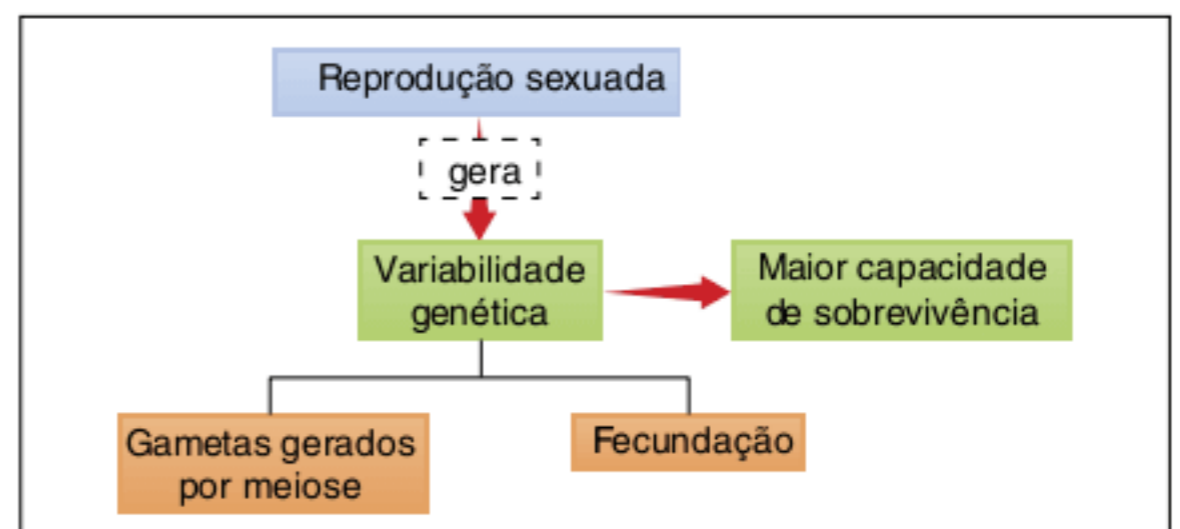


Fig. 7 A reprodução sexuada em animais envolve a união de gametas, gerados por meiose. A vantagem dessa modalidade de reprodução é a grande variabilidade genética que proporciona.

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).

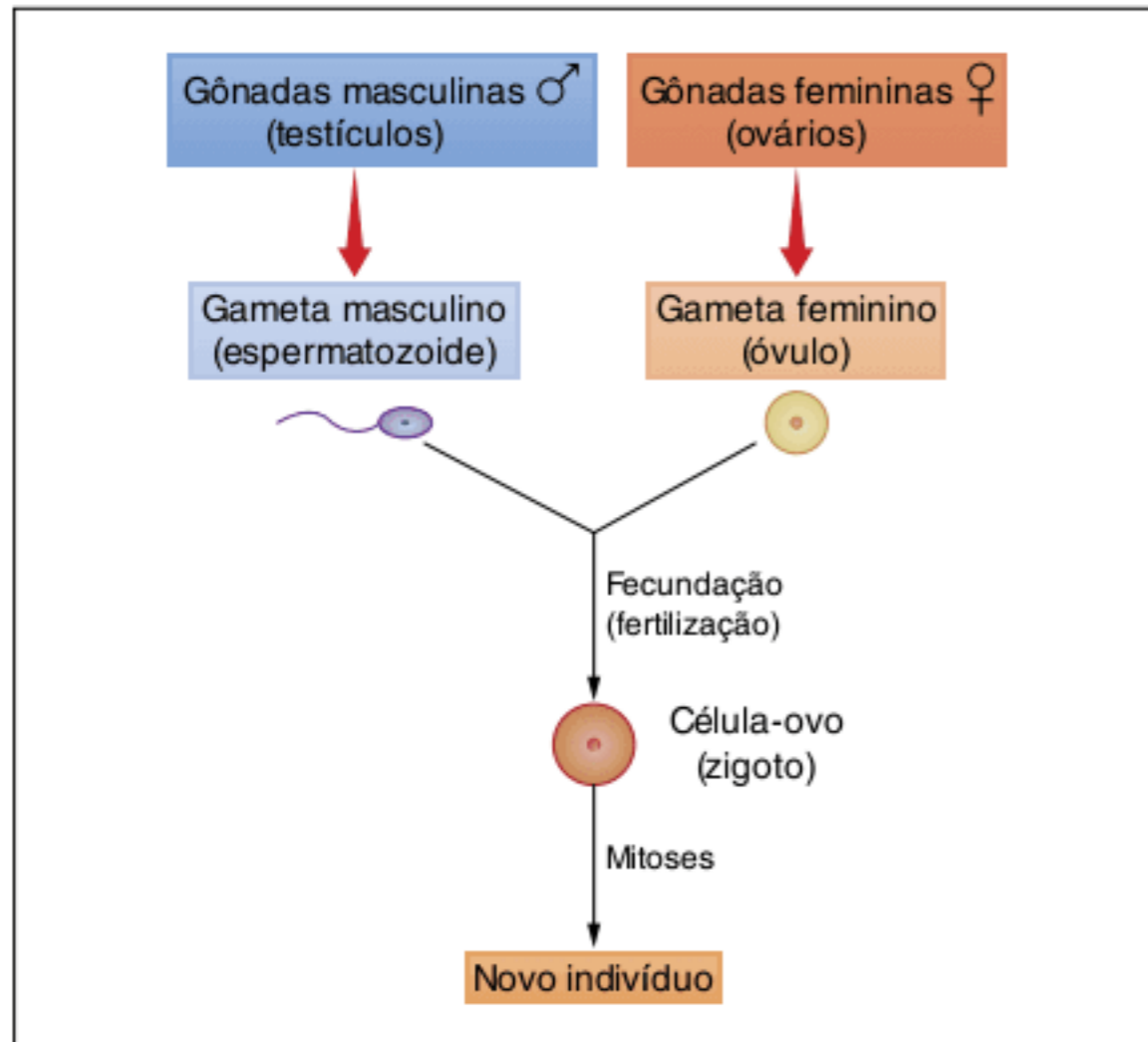


Fig. 8 Esquema explicativo da reprodução sexuada em animais com o encontro de gametas e a nomeação das gônadas.

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).

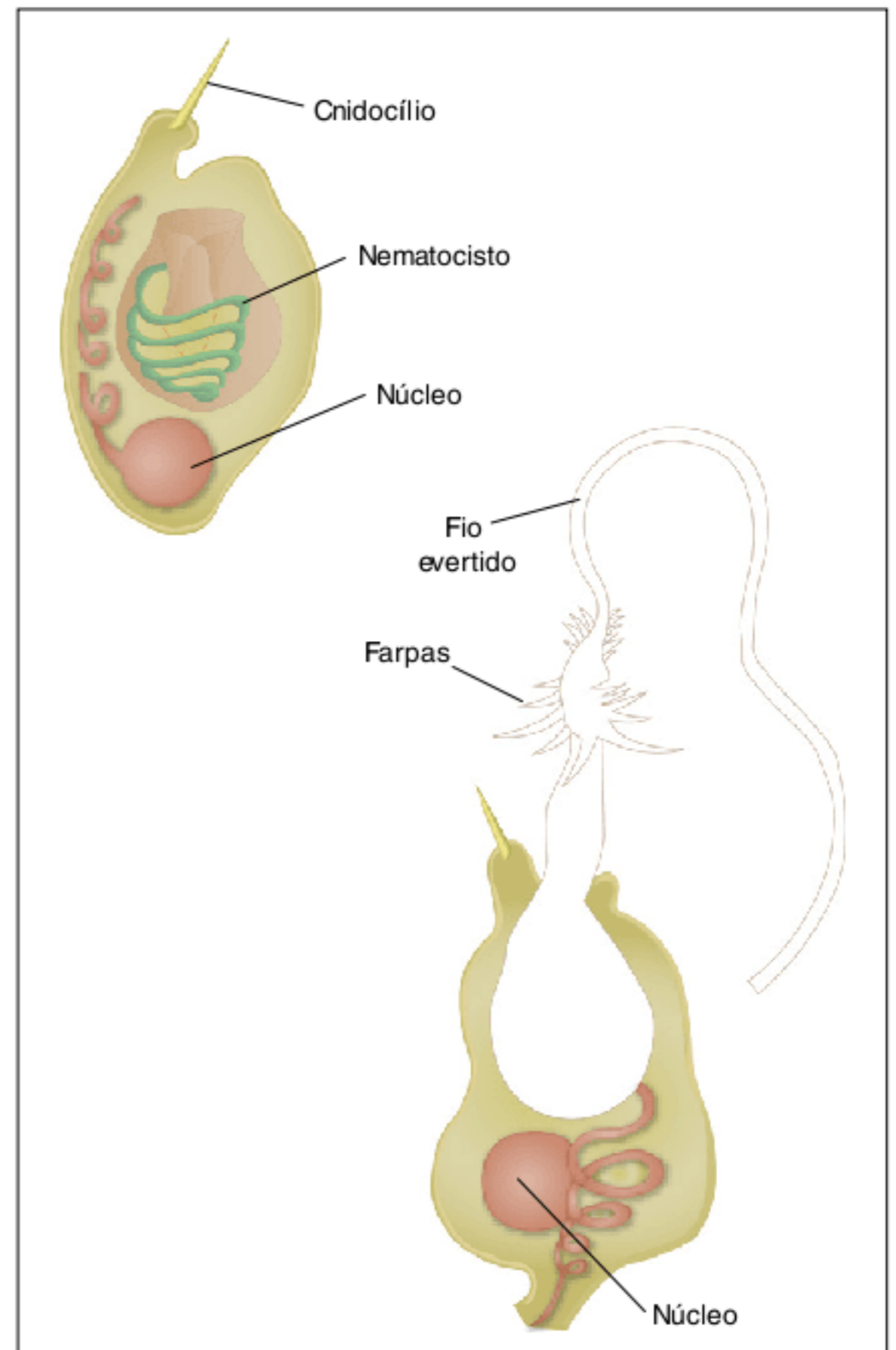


Fig. 9 O cnidoblasto contém uma cápsula denominada nematocisto, que possui um fio tubular. O cnidoblasto, quando estimulado, everte seu longo fio e libera o líquido urticante do seu interior.

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).

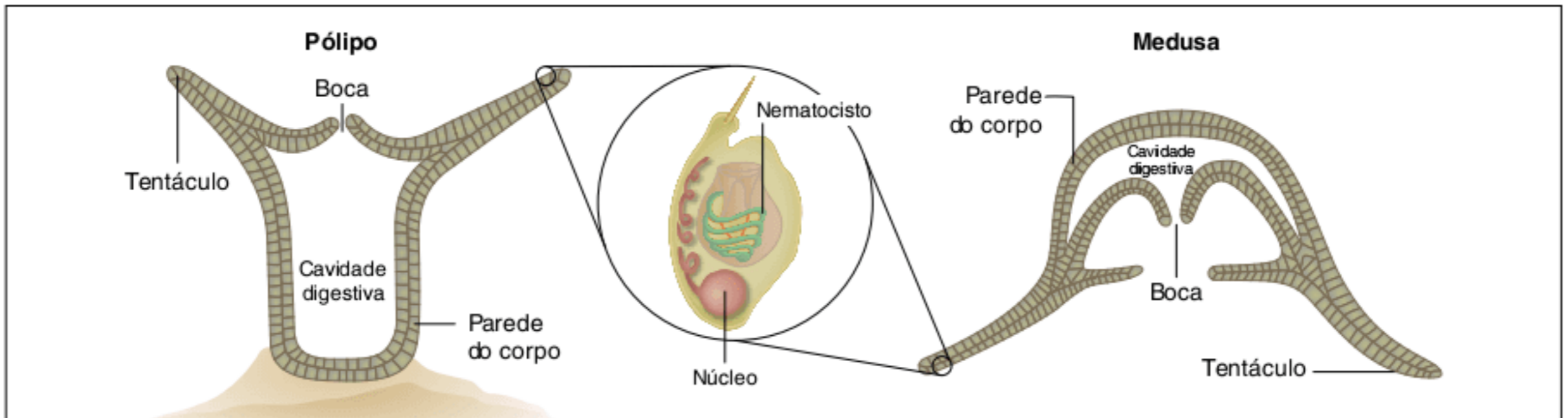


Fig. 10 Pólipô e medusa em corte. Os tentáculos apresentam cnidoblastos; no detalhe, seu nematocisto, dotado de líquido urticante e um tubo enrolado.

Em muitas espécies há as duas formas: o pólipô origina a medusa e a medusa gera o pólipô. 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).

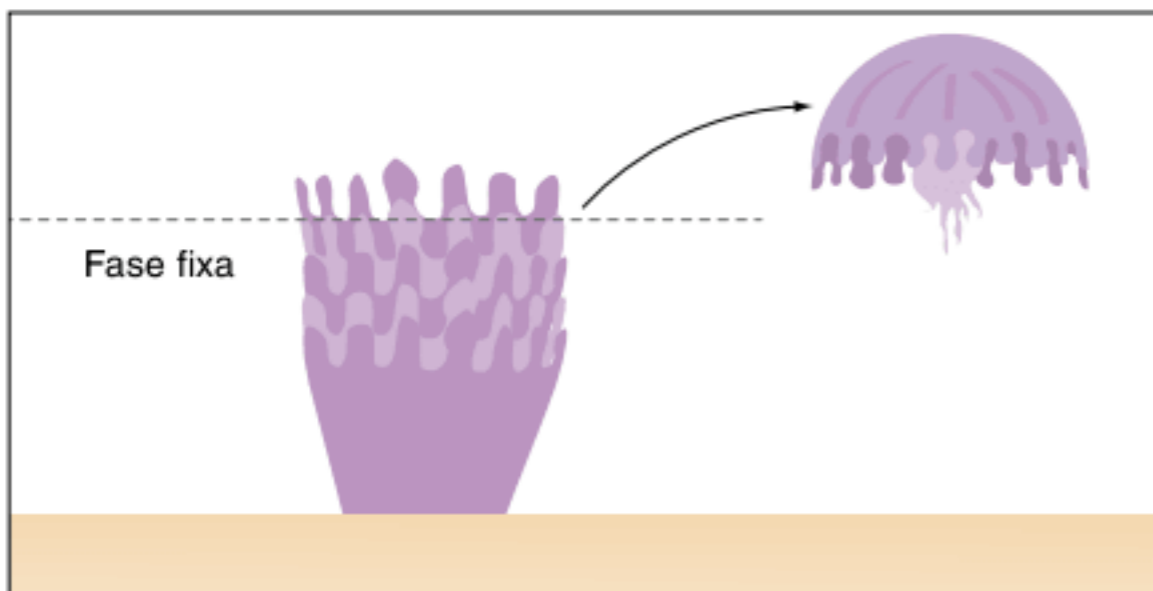


Fig. 11 O pólipô de *Aurelia* gera novas medusas por meio de estrobilização.

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 pólipô fixo, que se reproduz por estrobilização, gerando medusas jovens (éfiras). 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 pólipô (Fig. 12).

O ciclo da *Obelia* sp. apresenta pólipô 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 pólipô (Fig. 13).

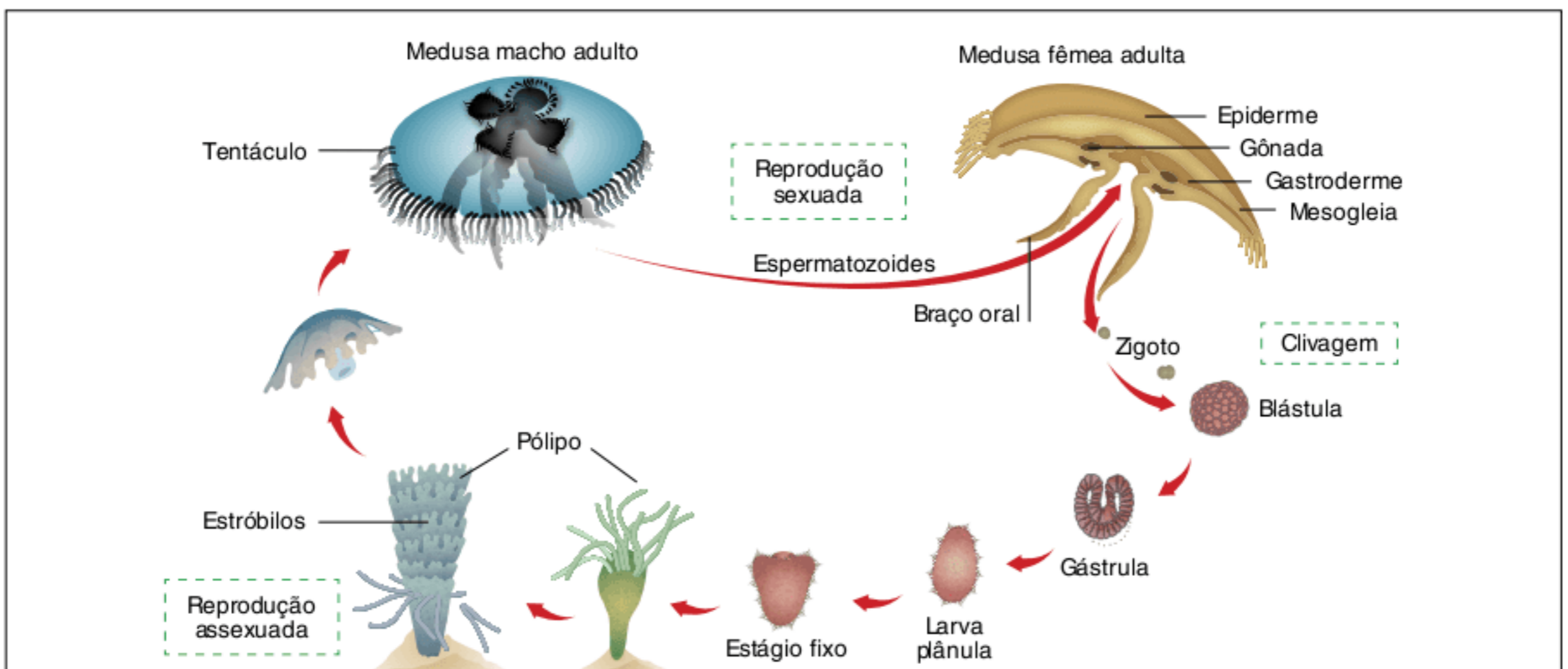


Fig. 12 Ciclo com metagênese de *Aurelia* sp. Na fase de pólipô, ocorre reprodução assexuada por estrobilização.

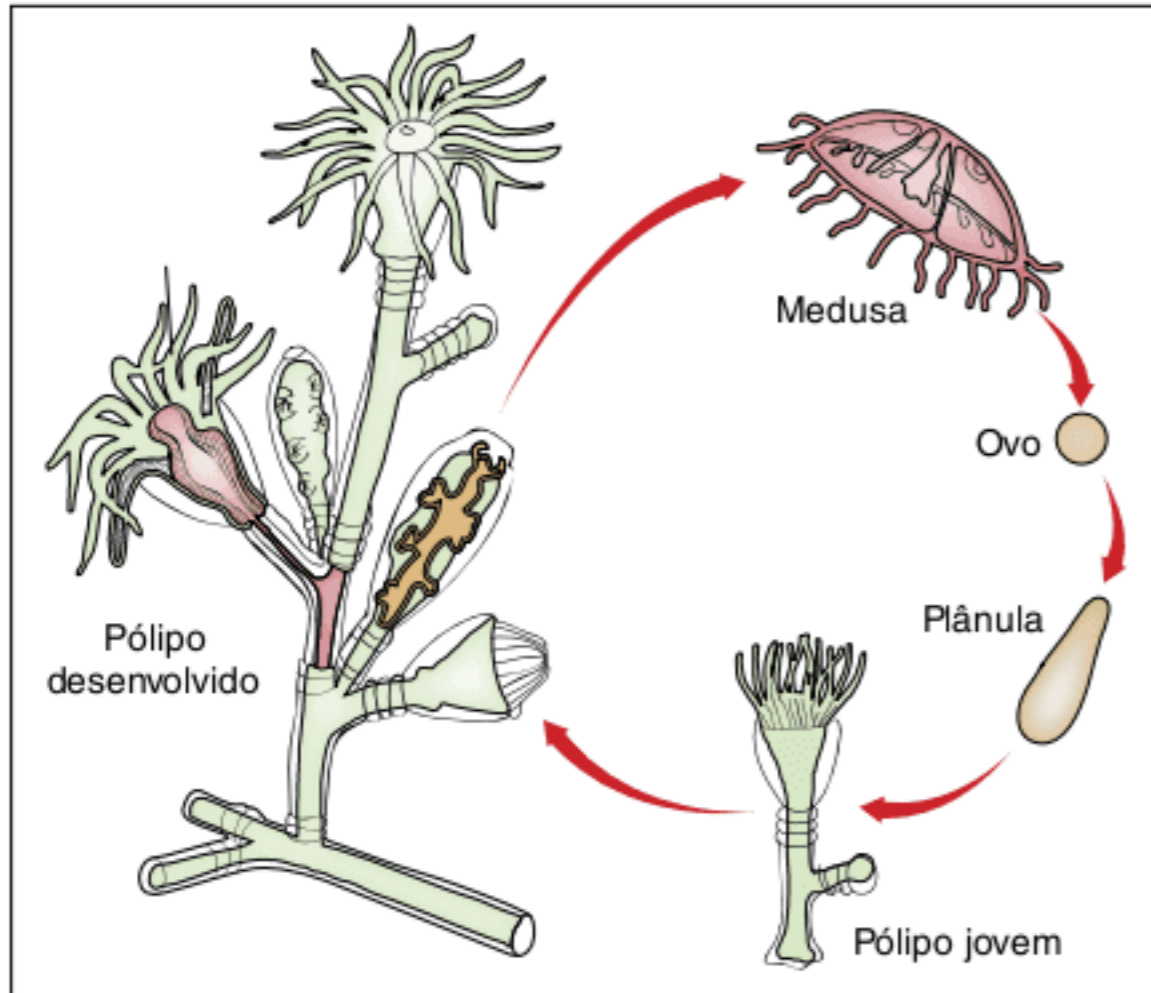


Fig. 13 Metagênese de *Obelia*. O pólipo tem divisão de funções e se reproduz assexuadamente por brotamento, gerando novas medusas.

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 pólipo, 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).

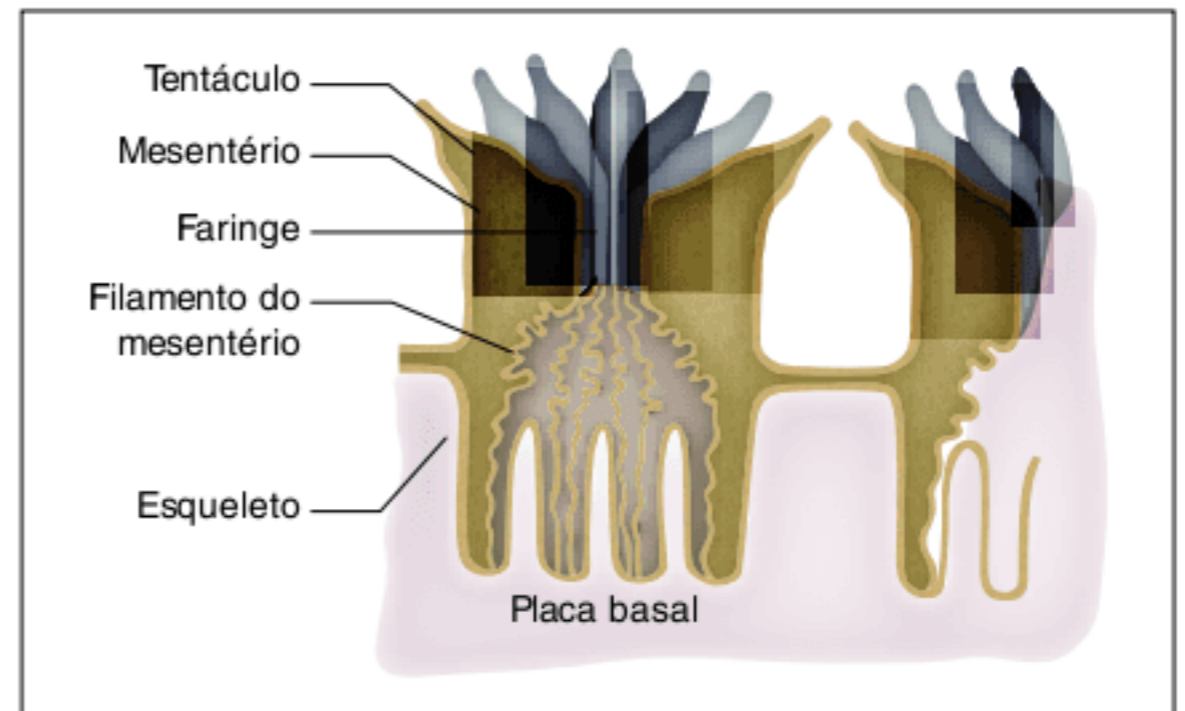


Fig. 15 Estrutura interna de um coral. Esse organismo forma colônias de pólipos com exoesqueleto calcário.

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 fotosensíveis, 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).

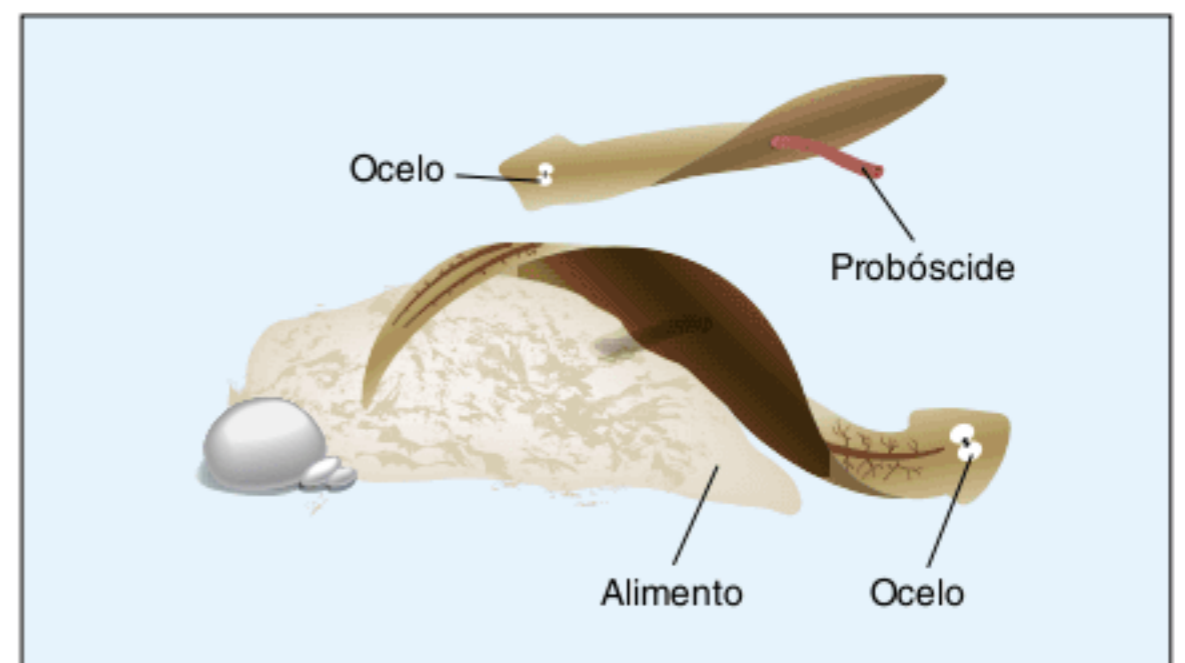


Fig. 16 Planárias apresentam simetria bilateral, com uma cabeça dotada de ocelos. Obtêm alimento distendendo sua probóscide.

Classificação e reprodução

Uma planária pode apresentar reprodução assexuada ou sexuada. A reprodução **assexuada** ocorre por um processo de **bi-partição**: 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).

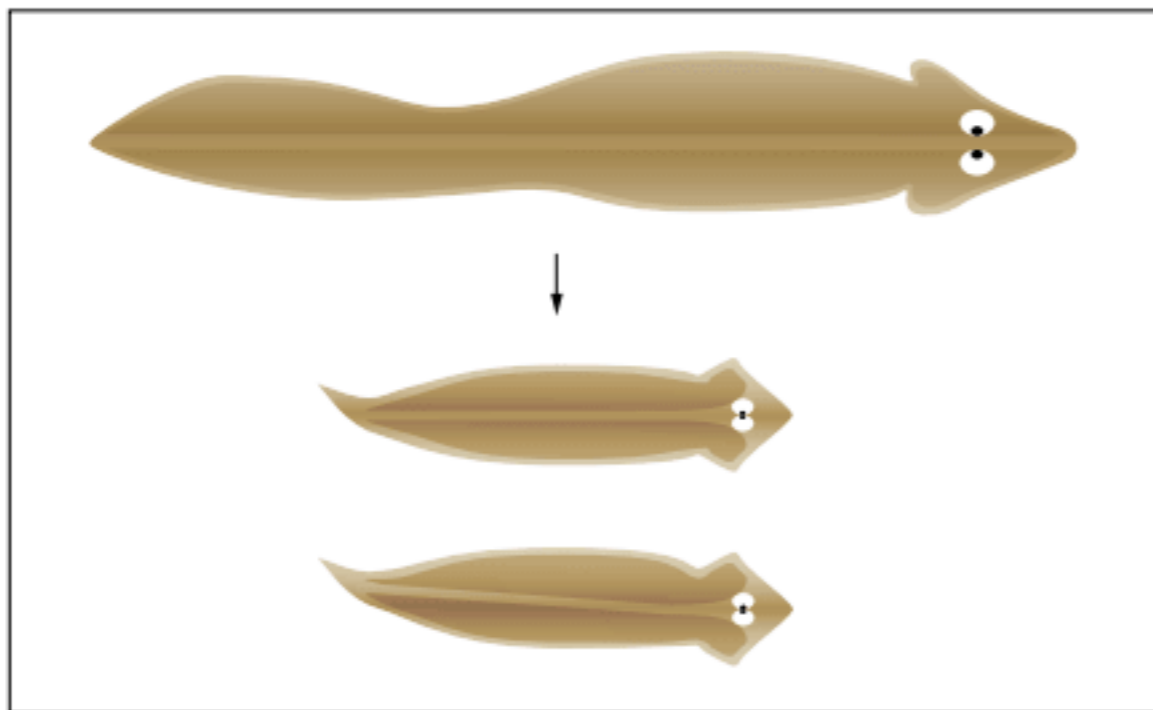


Fig. 17 Uma planária pode sofrer constrição e dividir seu organismo em duas partes, as quais geram novos indivíduos.

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).

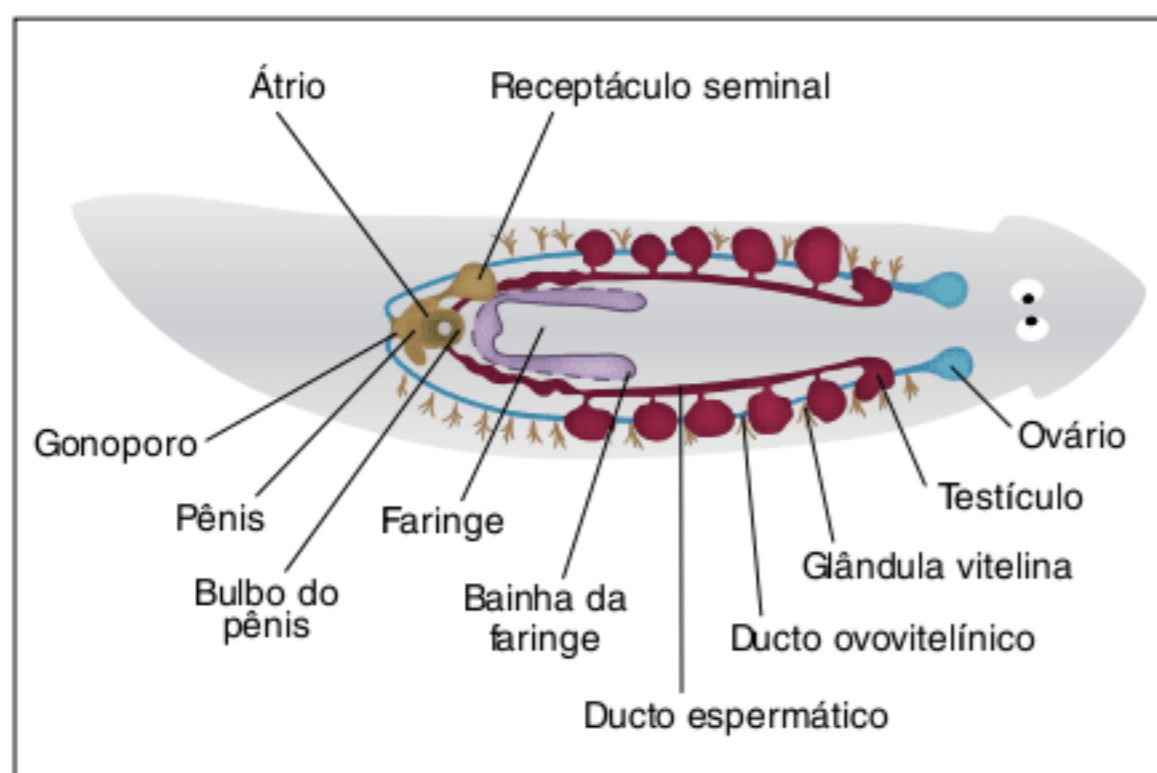


Fig. 18 Estrutura interna de uma planária. Esses platelmintos são hermafroditas: possuem testículos e ovários.

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. Tênia 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).

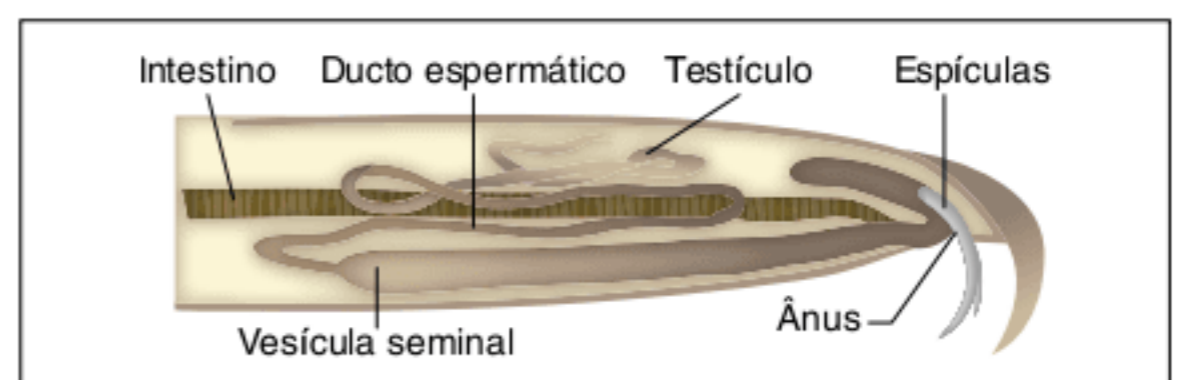


Fig. 19 Extremidade em corte de nematelminto macho. As espículas auxiliam no acasalamento; estão presentes apenas no macho, evidenciando dimorfismo sexual.

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.

O grupo tradicionalmente denominado “Asquelmintos” é constituído por pseudocelomados e inclui oito grupos, como *Rotifera*, *Gastrotricha* e *Nematatoda* (Nematelmintos). Nesta coleção vamos estudar apenas os Nematelmintos, que incluem muitos 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).

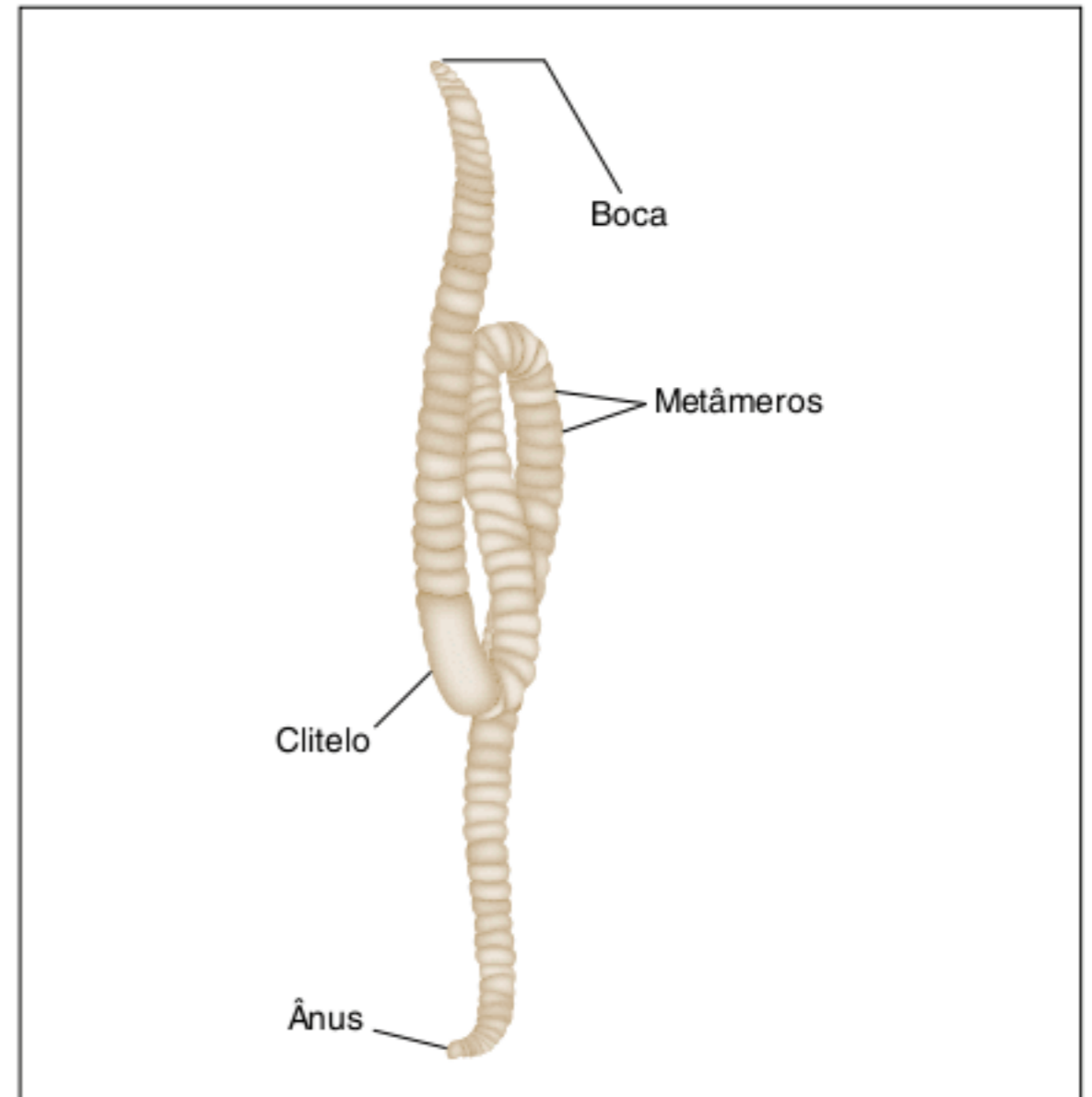


Fig. 20 O corpo de uma minhoca é segmentado e possui clitelo, estrutura clara e relacionada com sua reprodução.

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 minhocoçu (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).

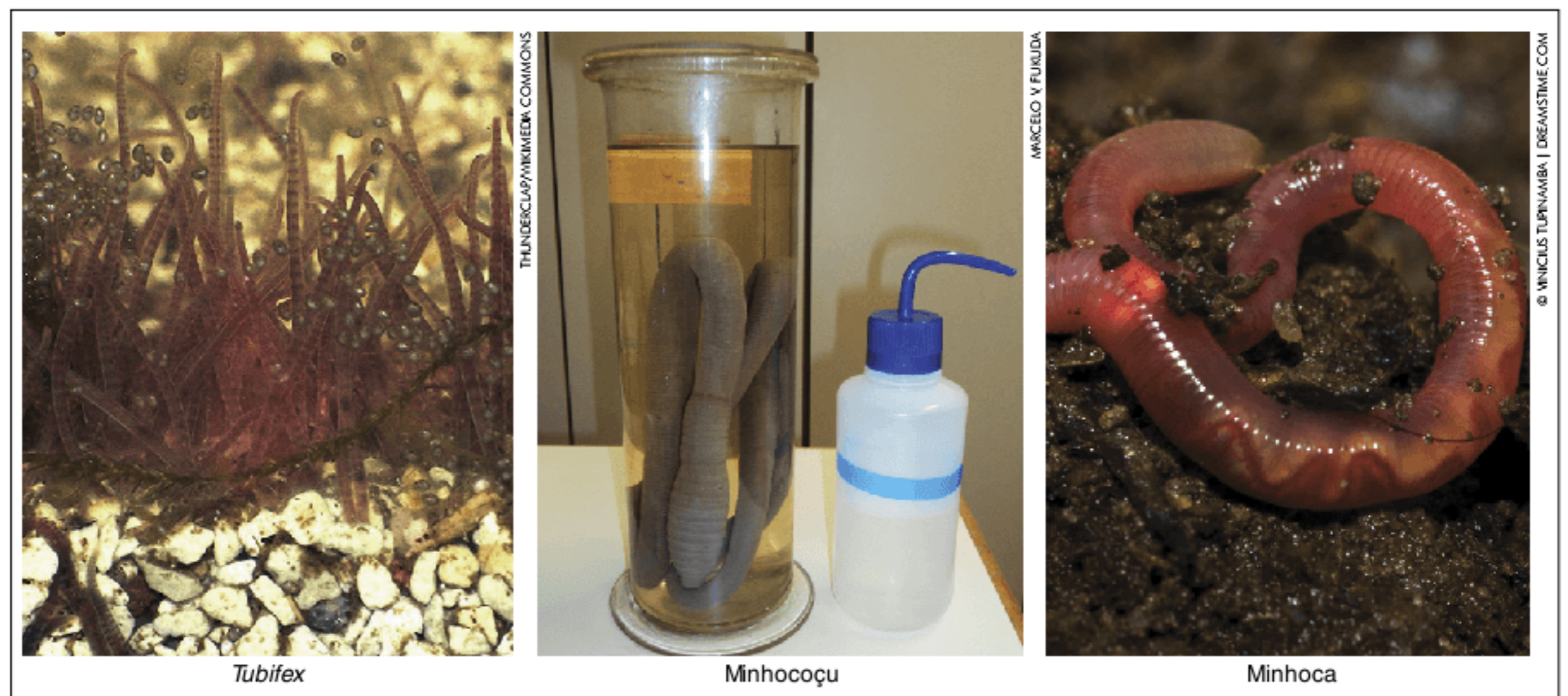


Fig. 21 *Tubifex*, minhocoçu e minhoca são representantes da classe oligoquetos.

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).

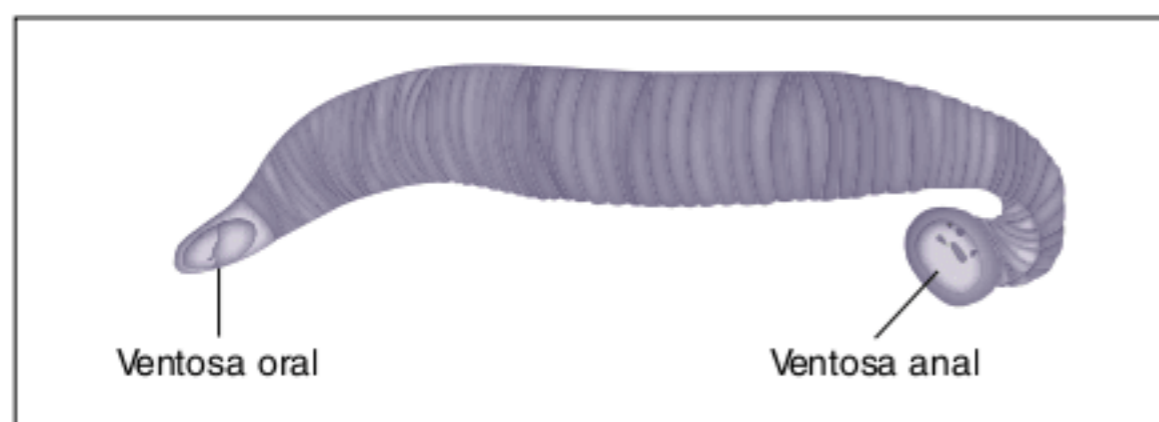


Fig. 22 O corpo da sanguessuga é segmentado e apresenta ventosas.

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 patas, 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 nêreida, 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).

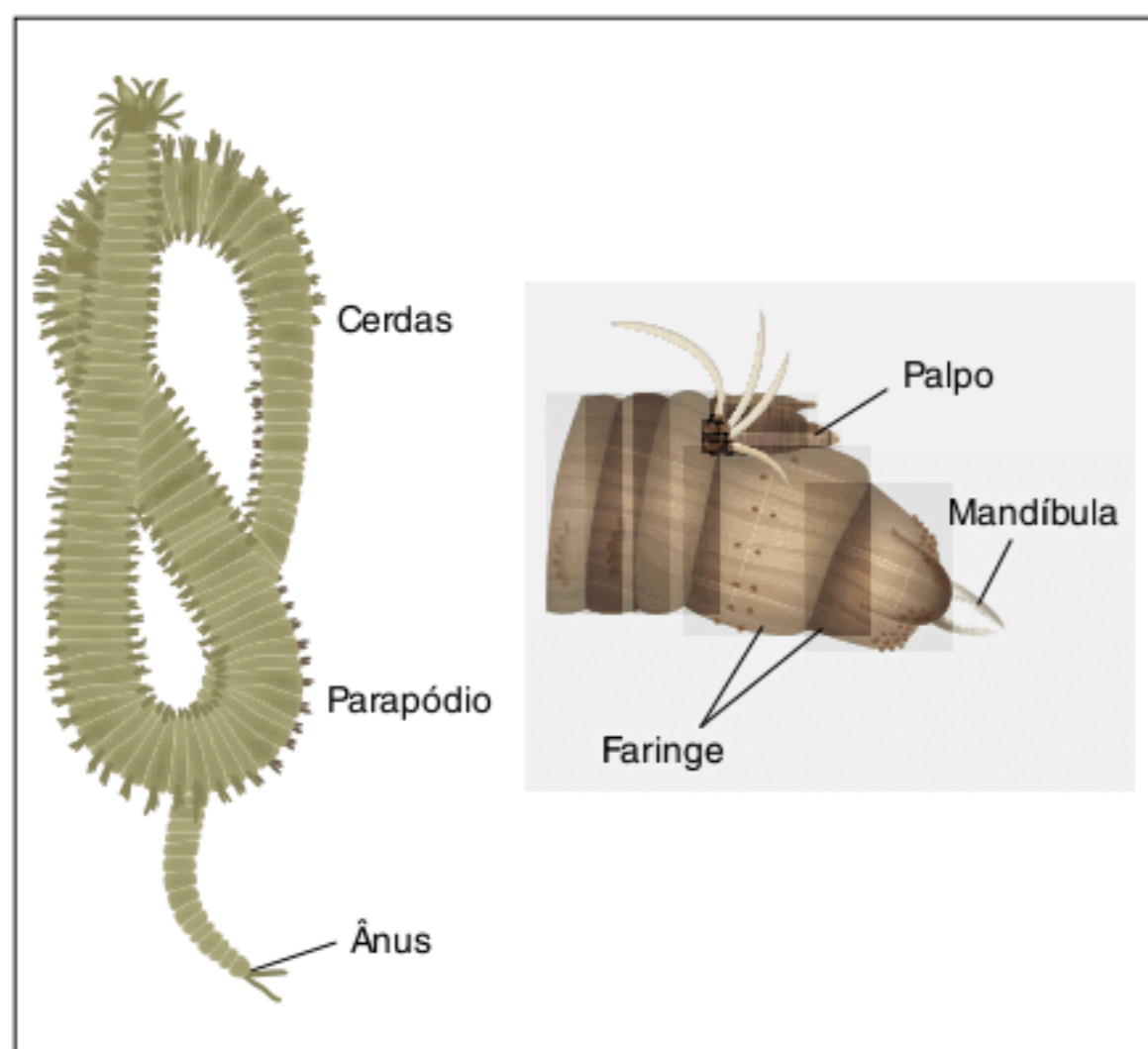


Fig. 23 *Nereis* é um poliqueto que se desloca ativamente. Tem parapódios dotados de cerdas; sua cabeça tem mandíbulas e estruturas sensoriais.

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).

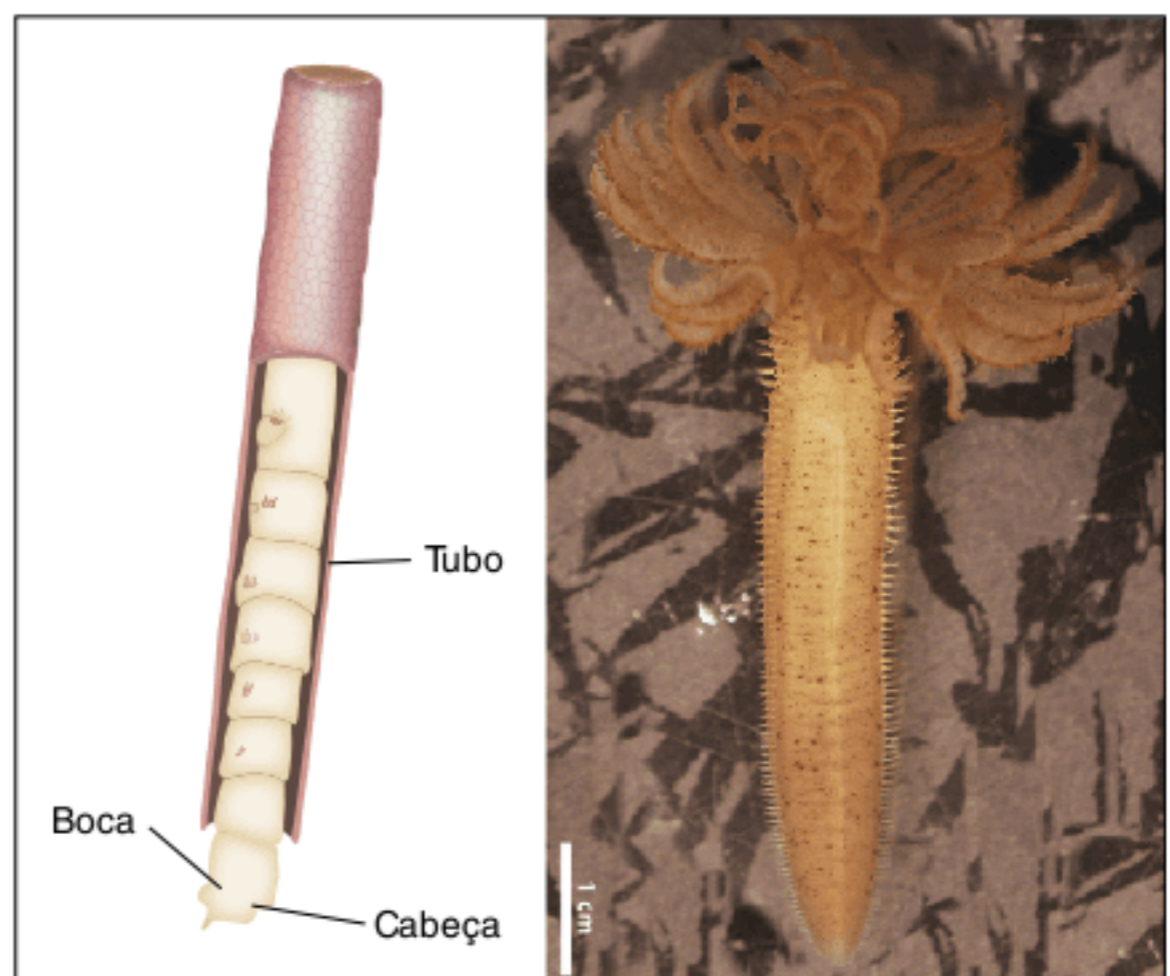


Fig. 24 Poliquetos tubícolas ficam com o corpo enterrado no substrato; alguns formam um grande penacho que atua nas trocas gasosas e no recolhimento de partículas alimentares.

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).

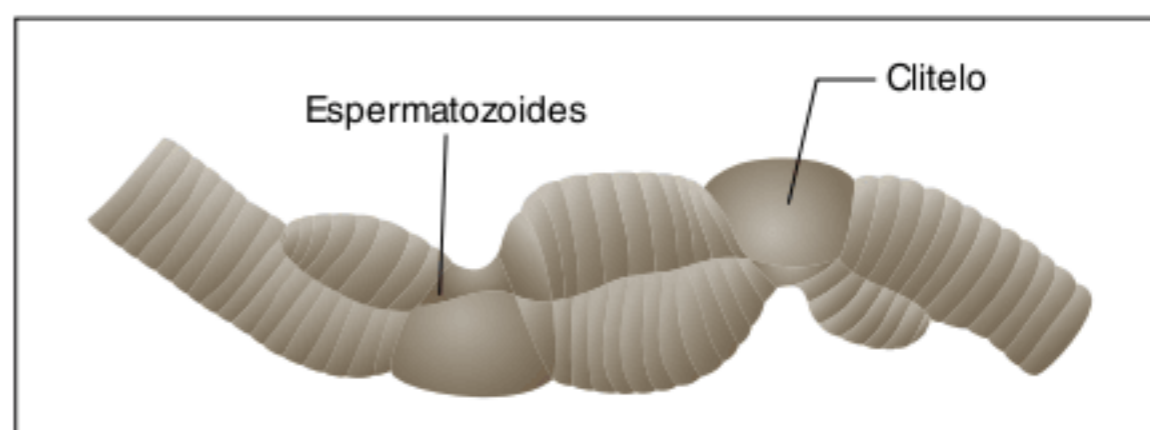


Fig. 25 Minhocas são hermafroditas e têm fecundação cruzada, realizando troca de espermatozoides.

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).

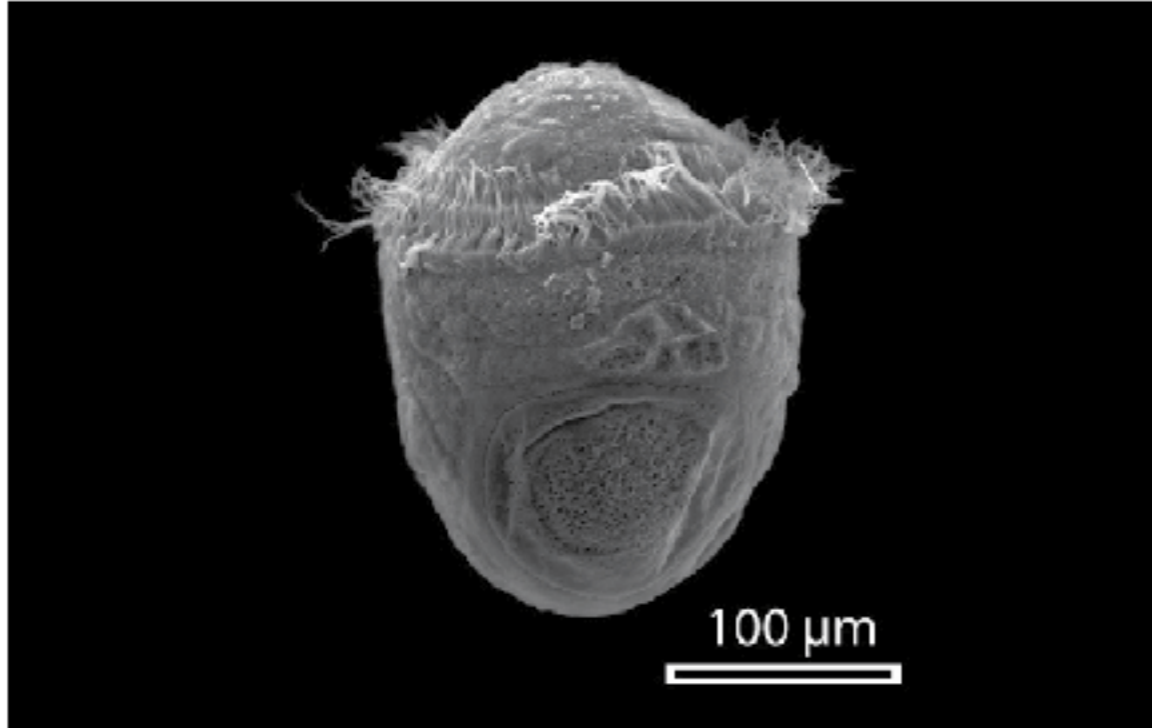


Fig. 26 Trocófora é a larva ciliada de poliquetos e de alguns moluscos.

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).

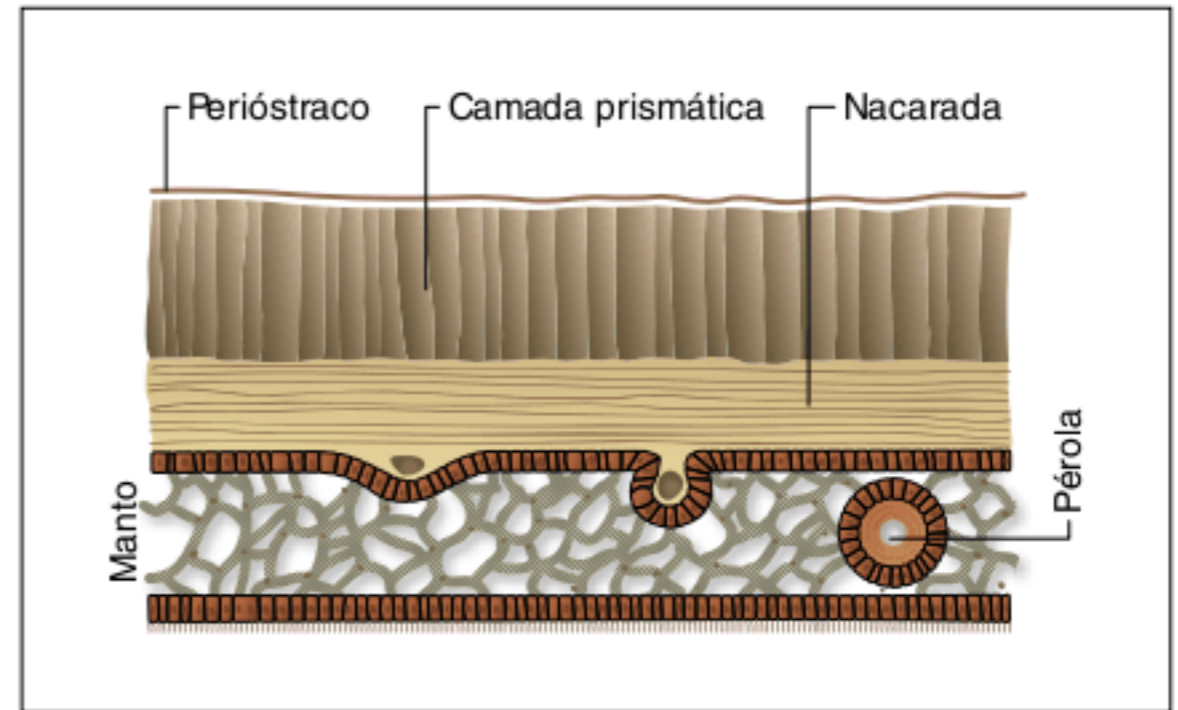


Fig. 27 A concha protege contra predadores e contra a perda de água. É o exoesqueleto calcáreo da maioria dos moluscos; pode ser interna (lula) ou ausente (lesma e polvo). É constituída por três camadas: nacarada (interna), prismática (intermediária) e perióstraco (externa). Em ostras, pode ocorrer formação 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).

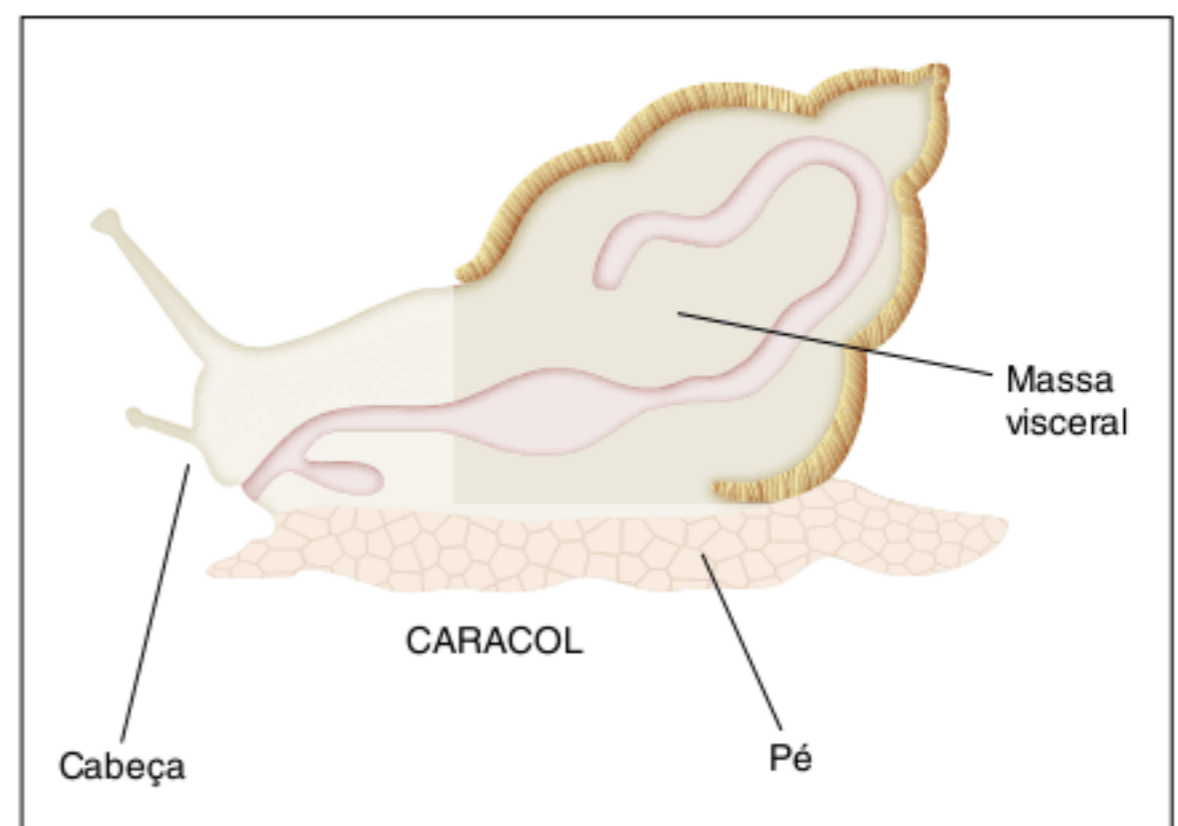


Fig. 28 Tipicamente, o corpo dos moluscos é formado por cabeça, pé e massa visceral.

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).

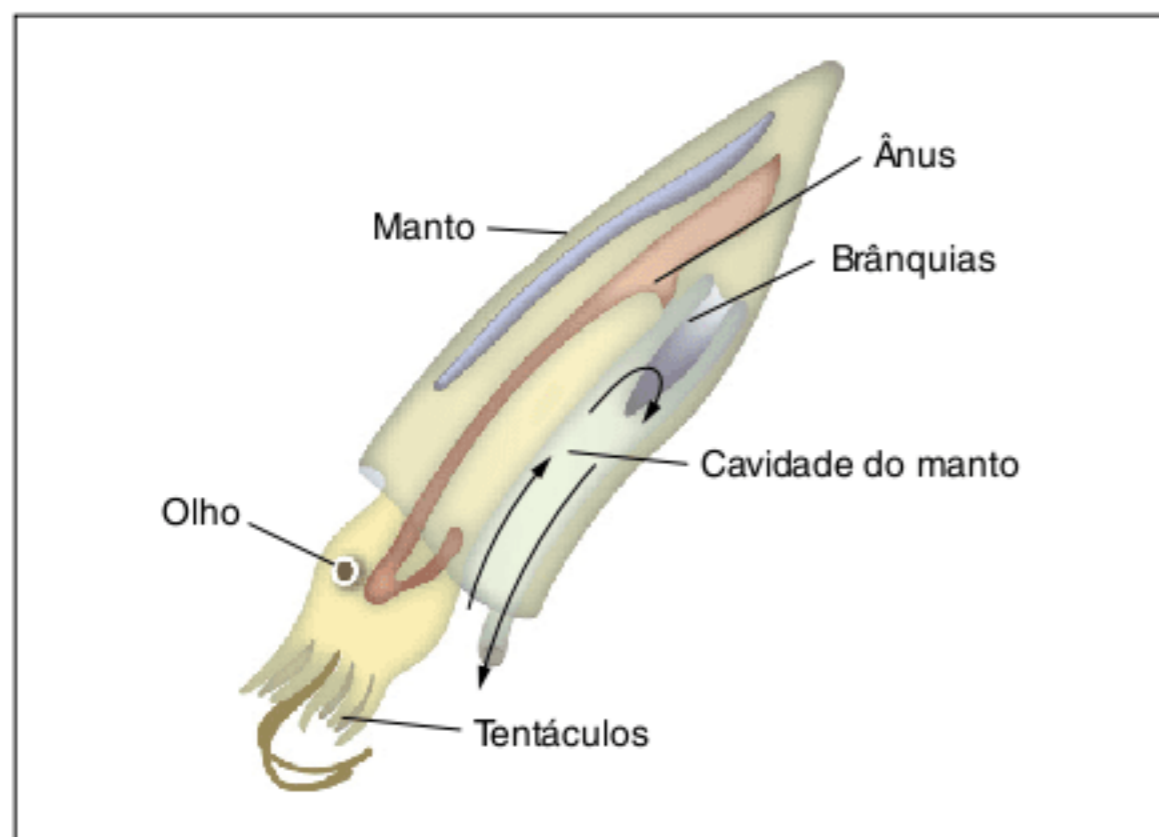


Fig. 29 A massa visceral da lula é envolvida pelo manto musculoso e tem contato com a cabeça que apresenta dez tentáculos. A lula possui um sifão exalante por onde é expelida a água da cavidade do manto.

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.

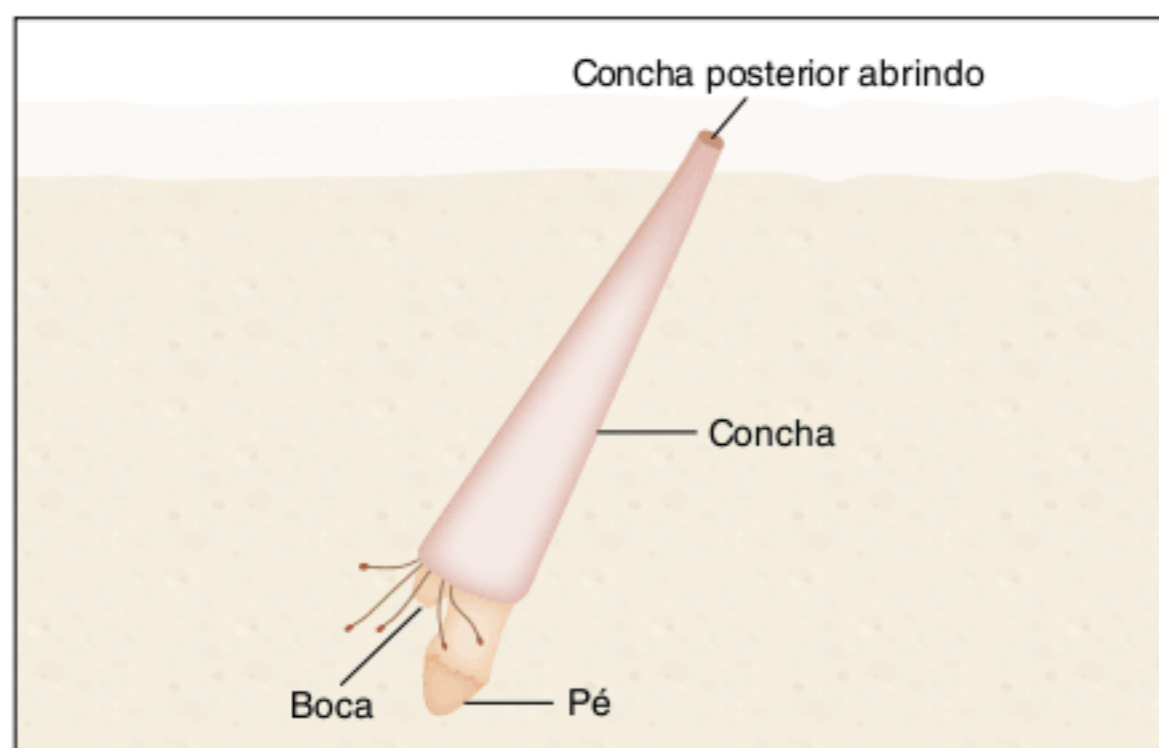


Fig. 30 O dentálio é o escafópode mais representativo; vive quase que integralmente enterrado na areia.

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 lamebranquiados, 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).

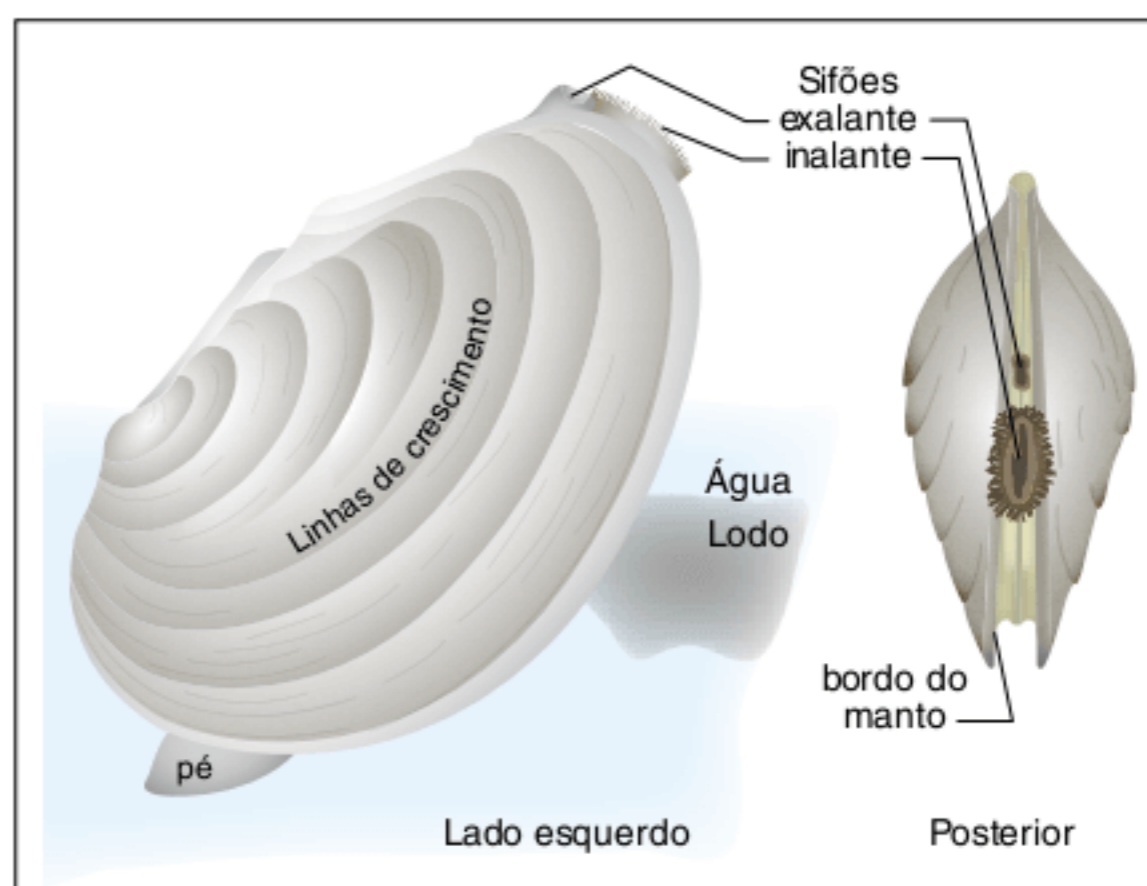


Fig. 31 Bivalves apresentam a concha constituída por duas valvas. São animais filtradores; possuem sifão inalante e sifão exalante.

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**, bastante 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).

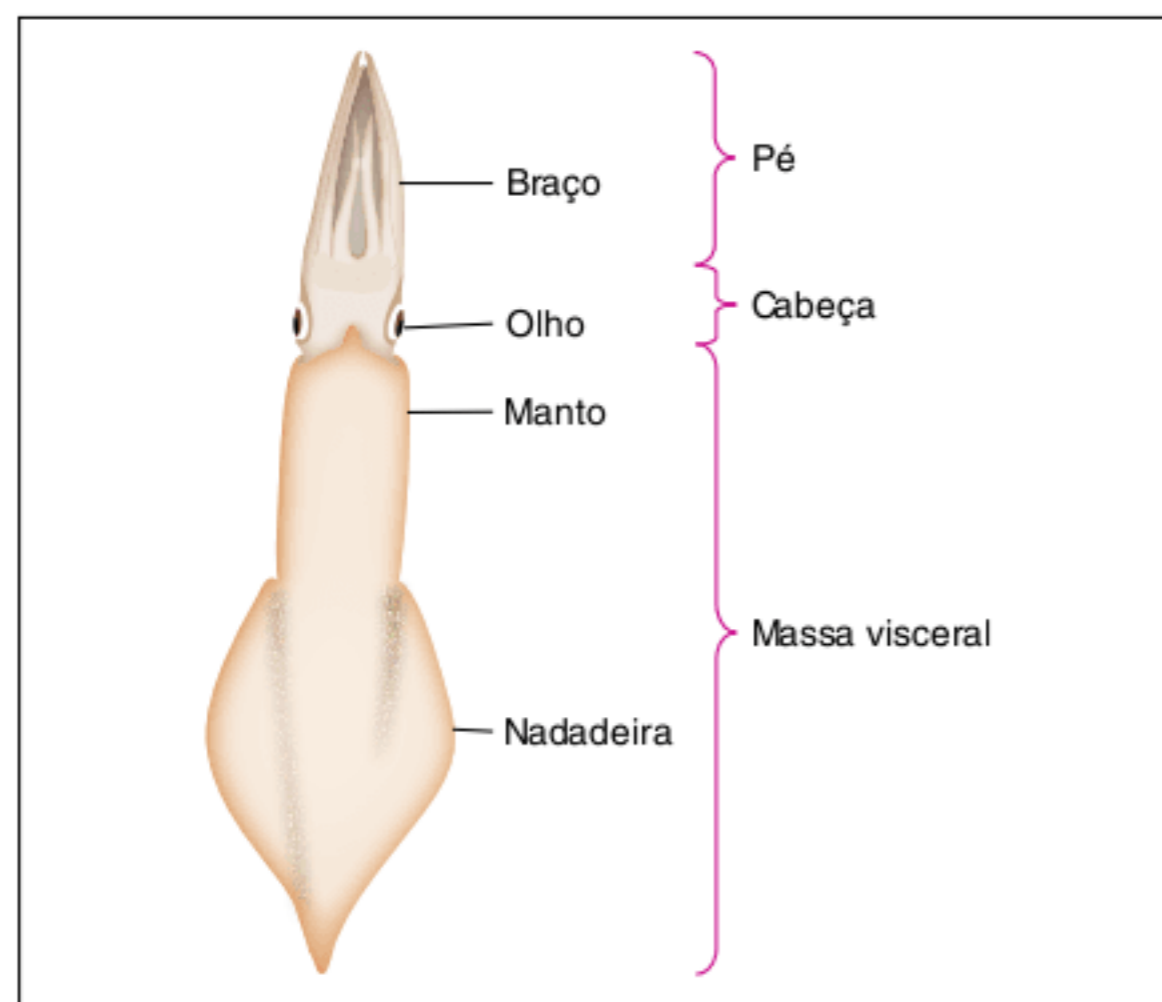


Fig. 32 Lulas possuem cabeça com olhos bem desenvolvidos; têm o pé constituído por dez tentáculos e sua massa visceral é recoberta pelo manto.

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).

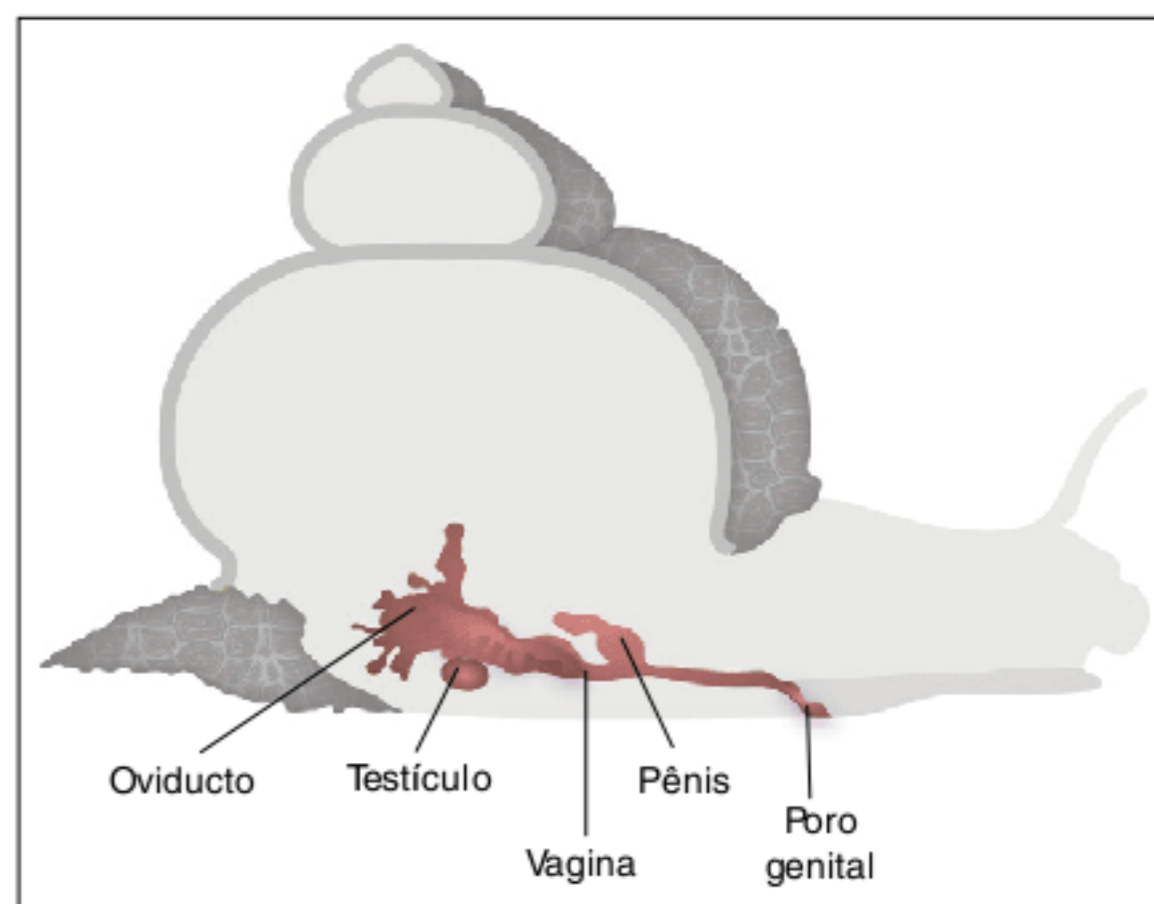


Fig. 33 O caracol é hermafrodita e tem fecundação cruzada.

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).

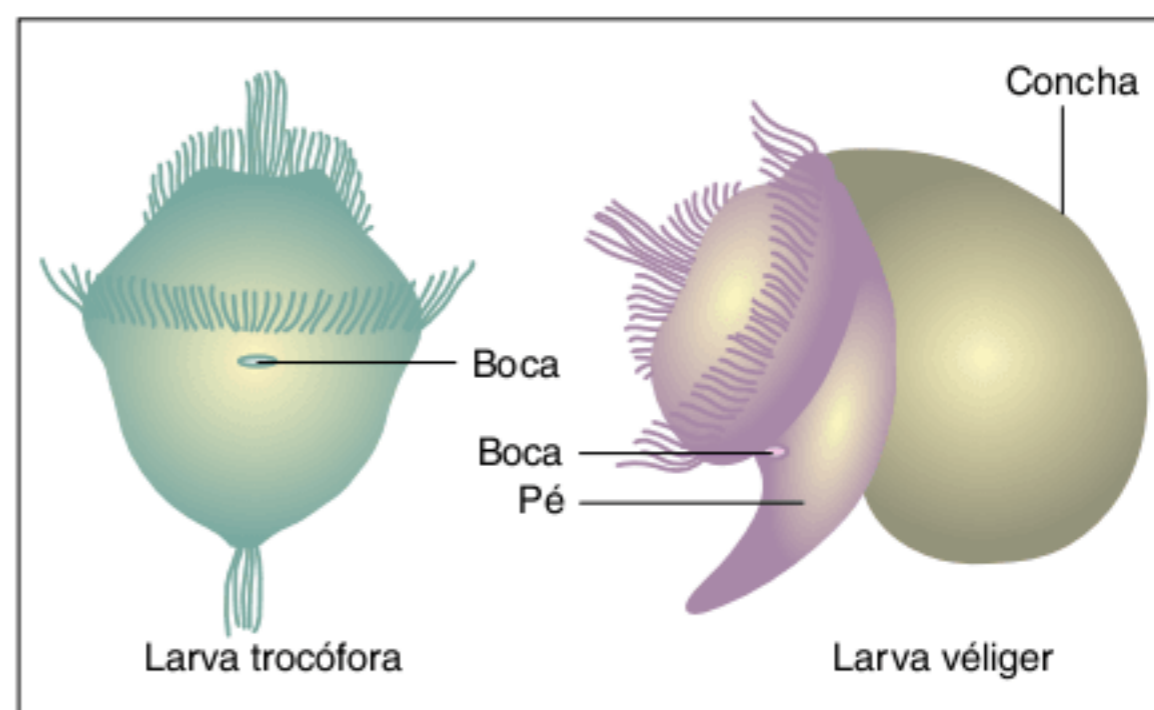


Fig. 34 Bivalves formam as larvas trocófora e véliger.

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 deste 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 hidrovacular** (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.

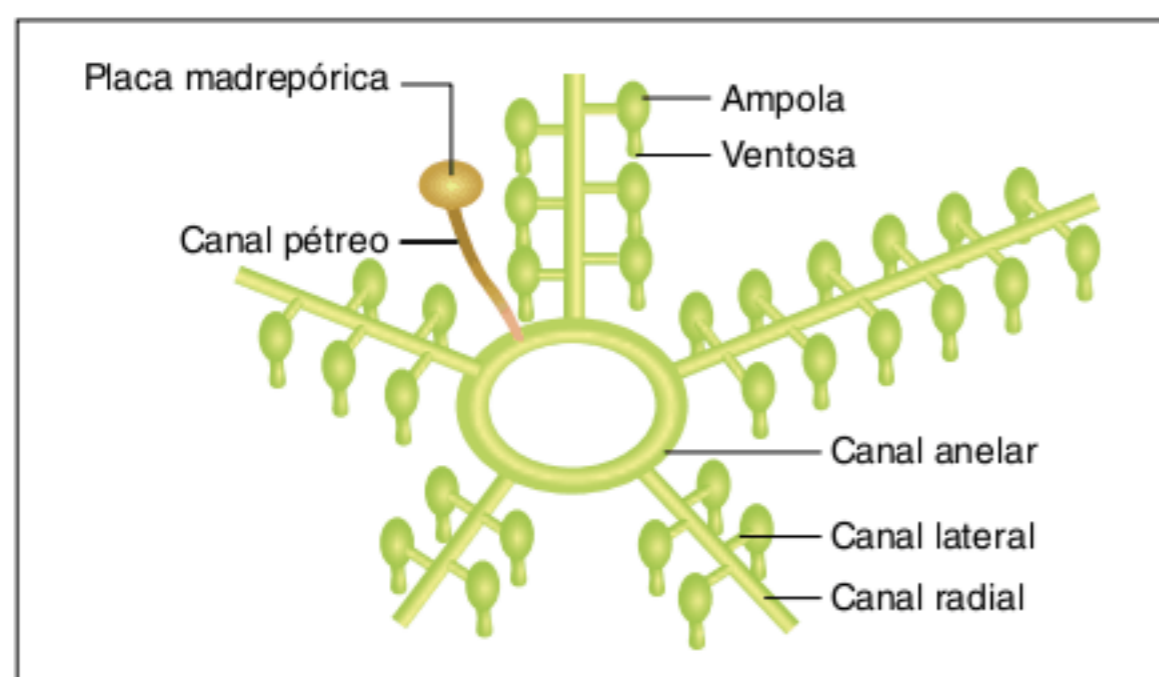


Fig. 35 Nesse sistema, a água percorre a placa madrepórica, o canal pétreo, o canal anelar e os canais radiais. Ampolas são pares de dilatações que se continuam em um pequeno tubo que atravessa um poro do esqueleto, formando uma ventosa: dependendo da quantidade de água, pode aderir ou desprender de 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.

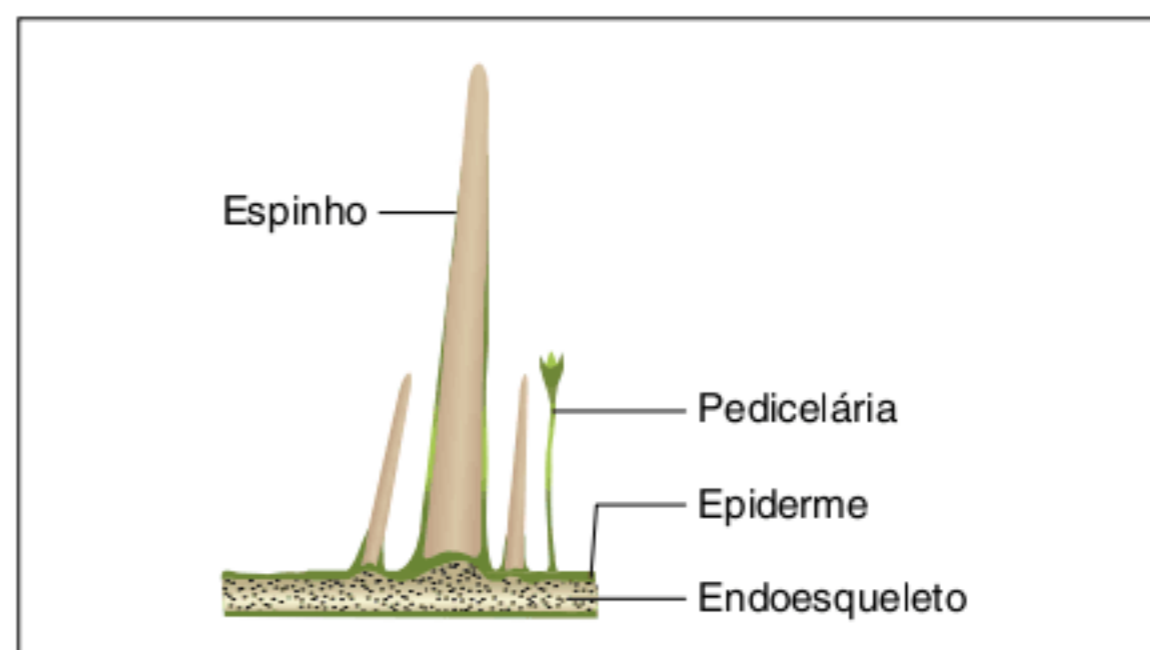


Fig. 36 Detalhe da superfície externa do endoesqueleto dos equinodermos.

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 corrupio, 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).

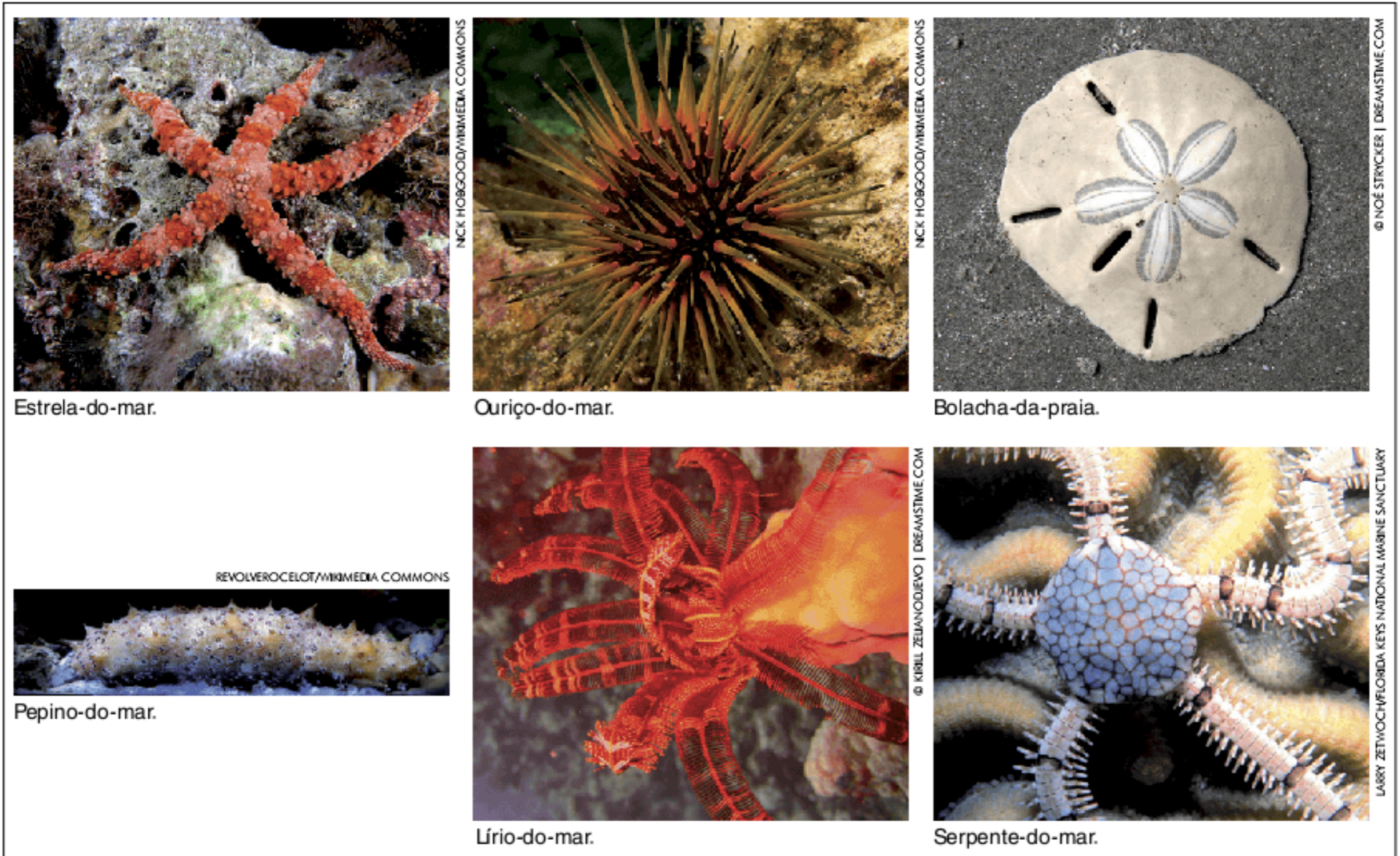


Fig. 37 Fotos de representantes dos principais grupos de equinodermos.

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 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.

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).

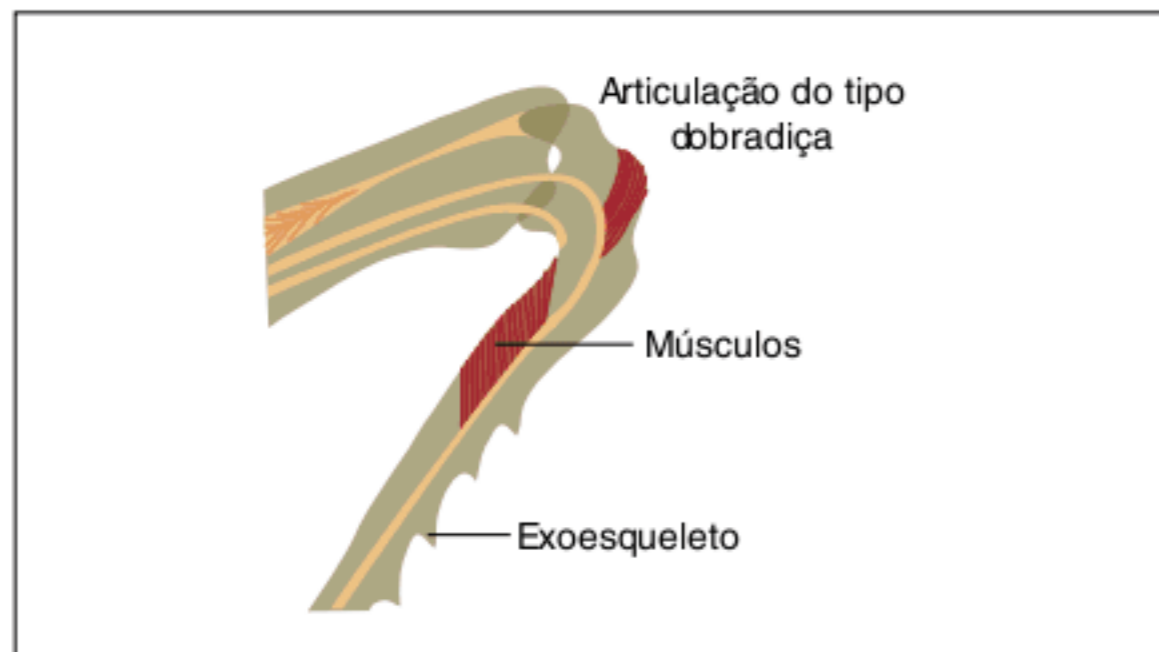


Fig. 39 Artrópodes movem suas patas pela interação do exoesqueleto e de músculos internos.

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 *Daphnia* (pulga-d'água), com cerca de um milímetro, encontrada em água doce.

Cracas pertencem a um grupo conhecido como cirripédios. 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. Prendem-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.



Fig. 41 Fotos de alguns representantes dos crustáceos.

Crustáceos apresentam **apêndices bifurcados**, como patas 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 patas 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 patas 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 patas do siri é achatado, sendo adaptado à natação. No caranguejo, essas patas têm extremidades afiladas, facilitando o deslocamento sobre um substrato (Fig. 43).

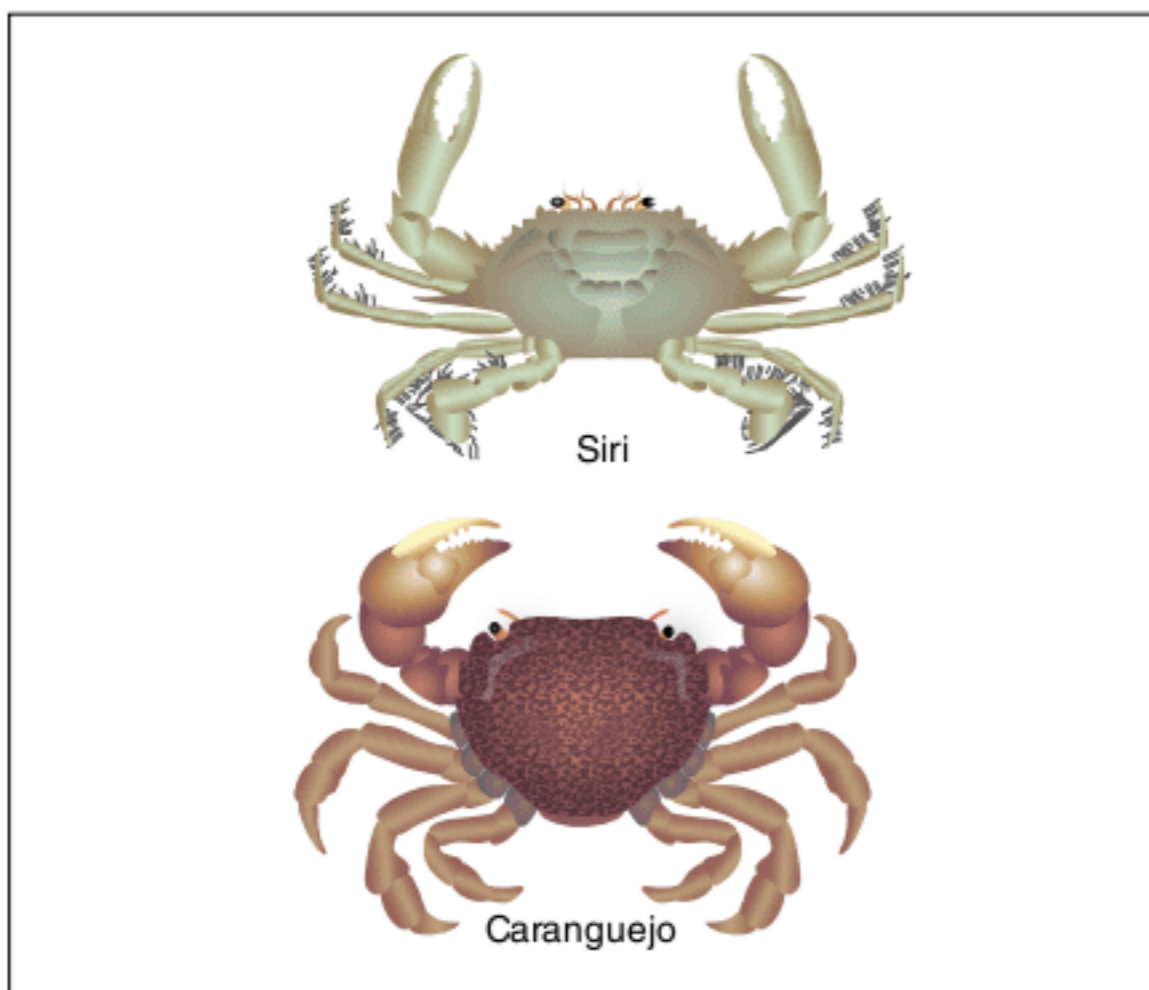


Fig. 43 O siri possui o último par de patas adaptadas à natação, com aspecto achatado; no caranguejo essas patas são mais afiladas.

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).

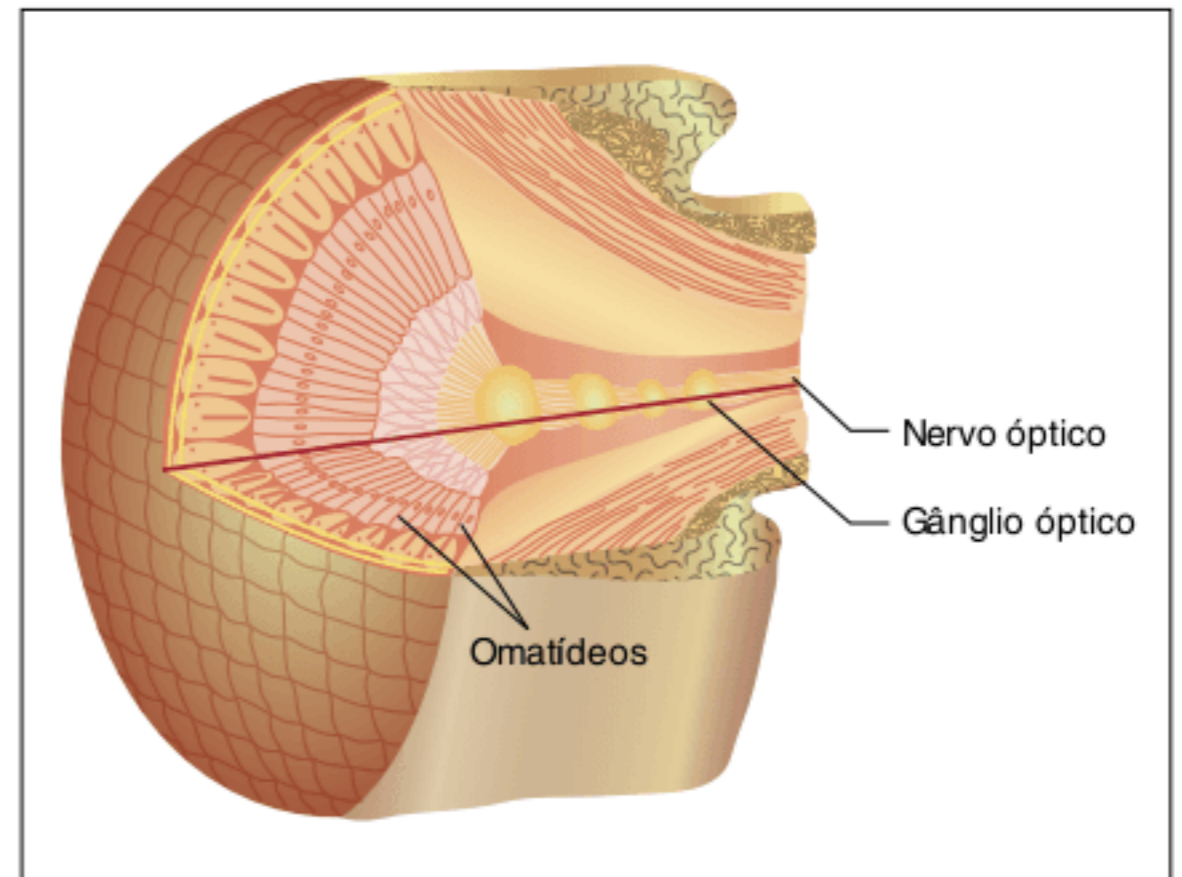


Fig. 44 Muitos artrópodes têm olhos compostos, constituídos por unidades conhecidas como omatídeos.

Reprodução dos crustáceos

Cracas geralmente são hermafroditas e têm fase larval móvel (**desenvolvimento indireto**). Em *Daphnia* 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 patas 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 patas por segmento** do tórax; no **abdome há dois pares de patas por segmento** (daí o nome “diplópodes”). Na realidade, cada segmento do abdome é resultante da fusão de dois metâmeros.

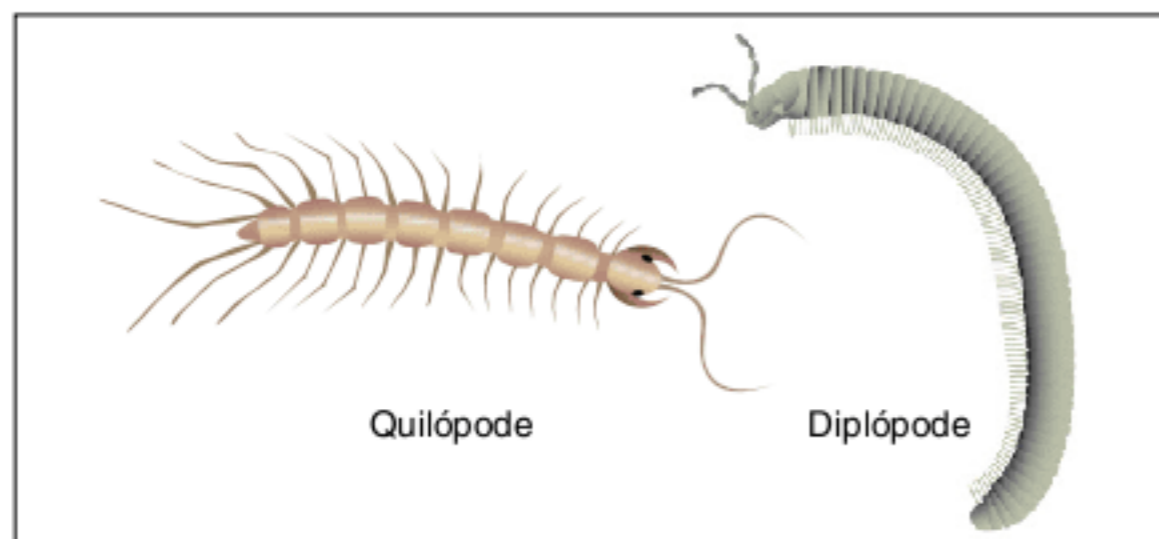


Fig. 45 Os miriápodes compreendem os quilópodes (centopeia) e os diplópodes (piolho-de-cobra)

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).

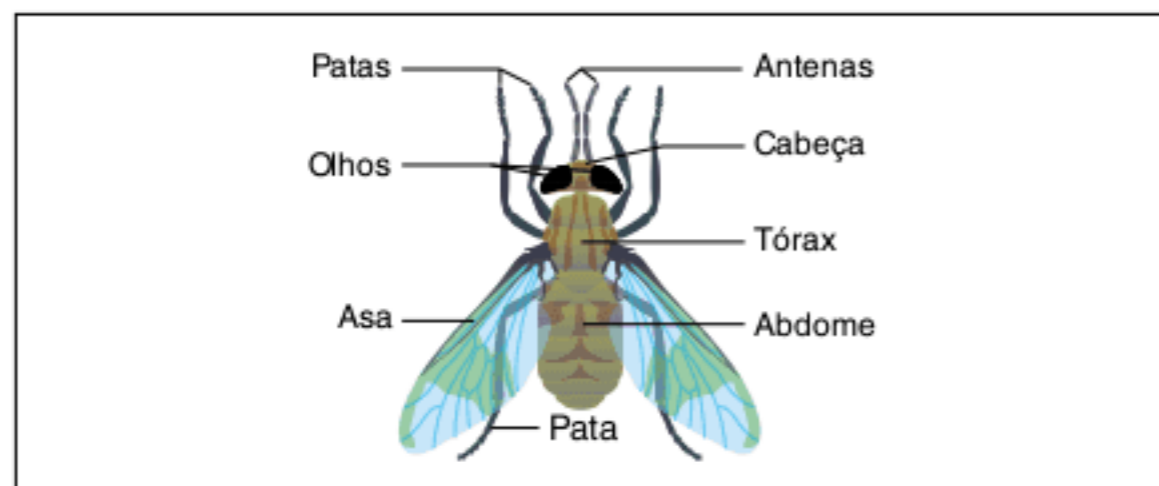


Fig. 46 O corpo de um inseto tem cabeça, tórax e abdome; e na maioria das espécies há asas.

O tórax tem três segmentos: **protórax, mesotórax e metatórax**. Em cada segmento torácico há um par de patas, em um **total de 3 pares de patas**. 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 patas 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).

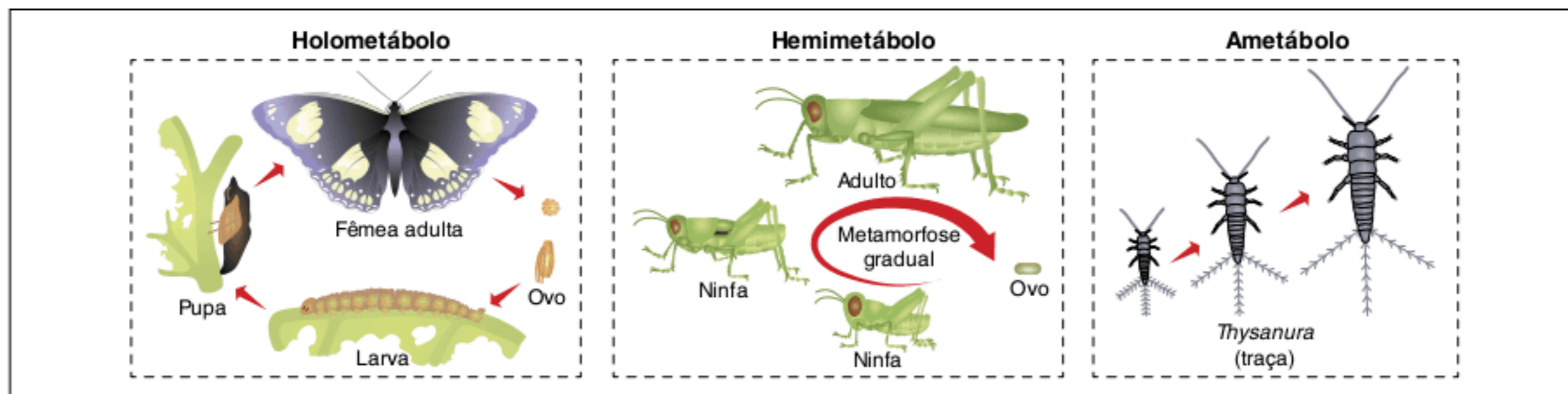


Fig. 47 Tipos de desenvolvimento em insetos, considerando a presença de estágios entre as fases de ovo e adulta.

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
		<i>Hemiptera</i> : percevejo
	Holometábolos	<i>Hymenoptera</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 patas**, **um par de pedipalpos** e **um par de quelíceras**. Há ainda um número variável de **olhos simples**, com capacidade de formar imagens (Fig. 48).

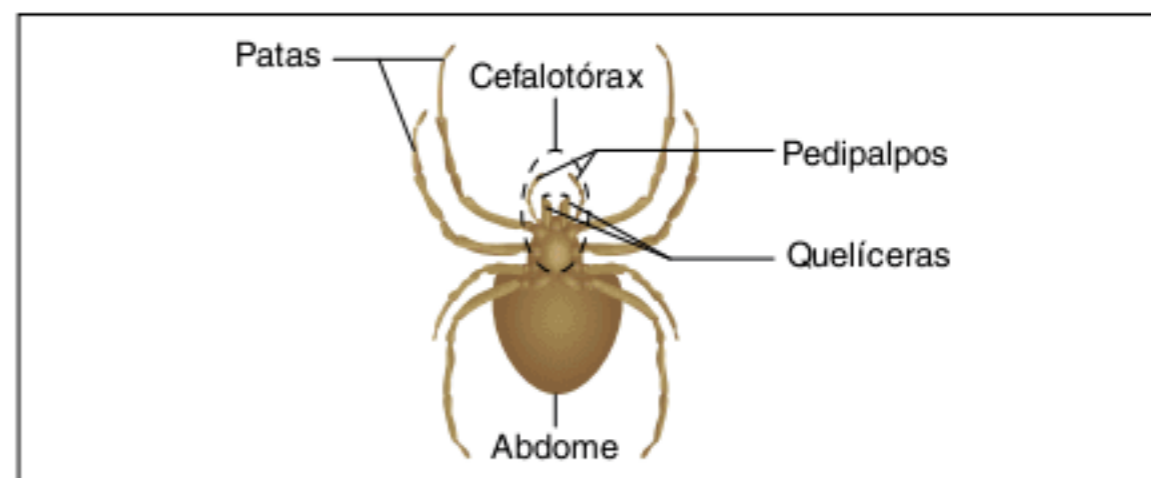


Fig. 48 O corpo de uma aranha apresenta cefalotórax e abdome.

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 a ingere 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 **fiandeiras**, 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).

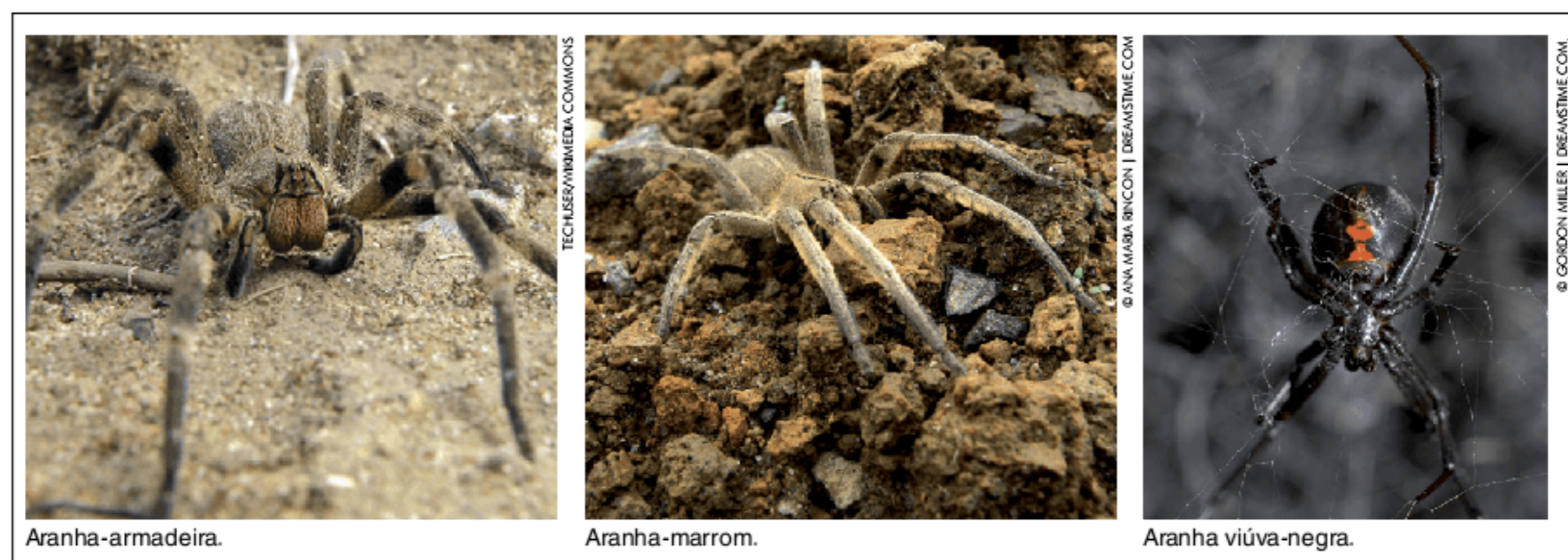


Fig. 49 Algumas espécies de aranhas cuja peçonha pode causar danos ao ser humano.

No Brasil, são comuns duas variedades de escorpiões: *Tityus bahiensis* (marrom) e o *Tityus serrulatus* (amarelo). O corpo dos escorpiões tem cefalotórax (prossomo) e abdome (opistosomo). No cefalotórax há quatro pares de patas 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).



ANTONIO CORDEIRO COSTA / INSTITUTO BUTANTAN

Fig. 50 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).

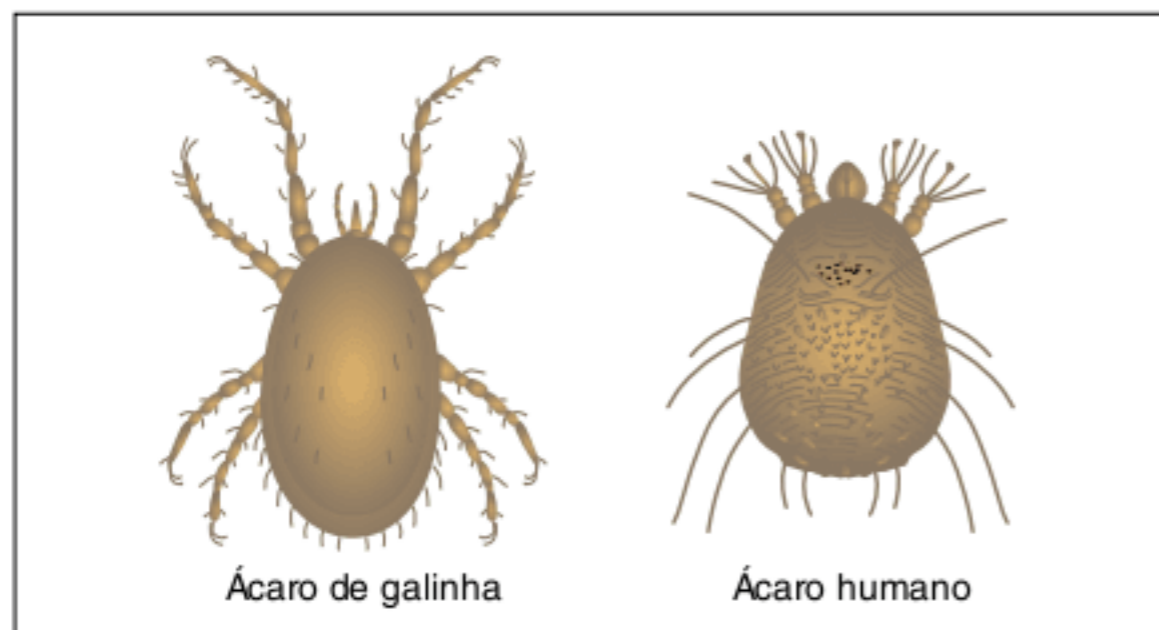


Fig. 51 Ácaros apresentam o cefalotórax e o abdome recobertos por uma peça comum do exoesqueleto.

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 **patas** 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).

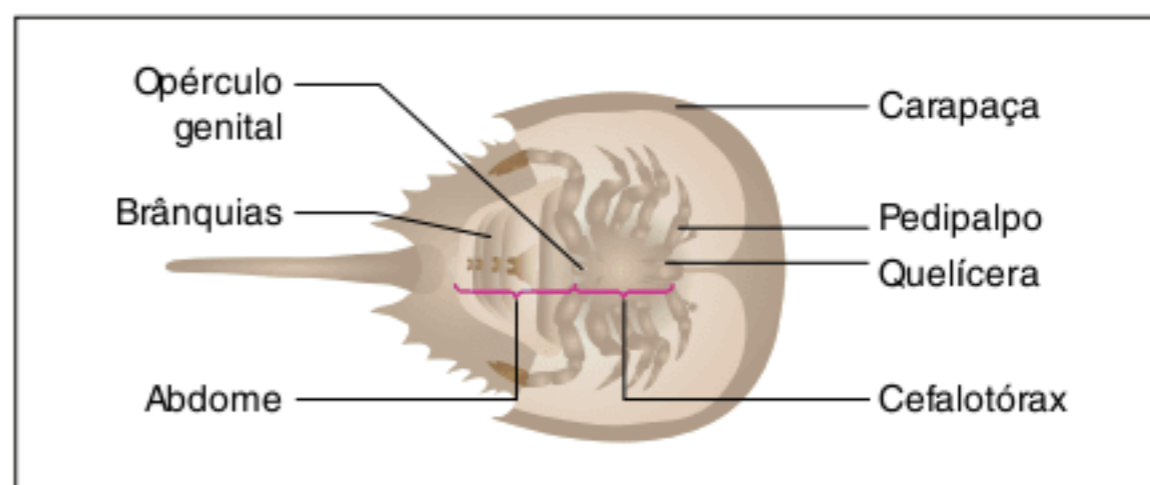


Fig. 52 Límulo ou caranguejo-ferradura é um merostomado marinho; um verdadeiro fóssil vivo.

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 patas.

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?

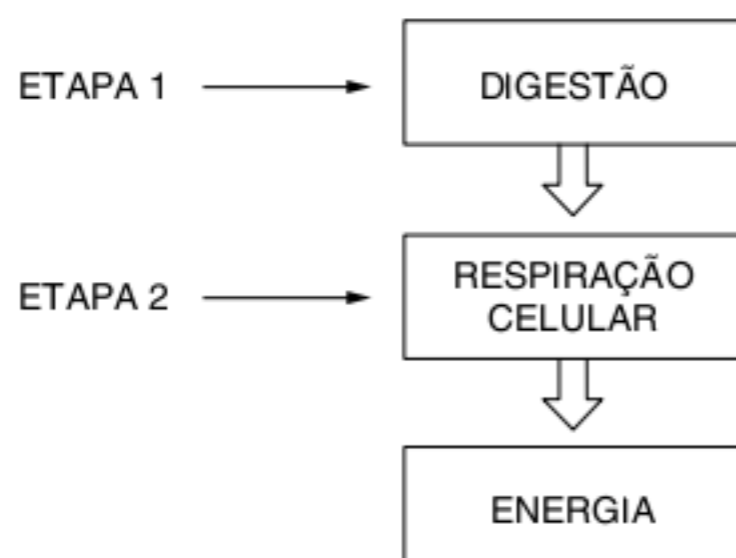
Exercícios propostos

1 **Fuvest** A respiração aeróbica fornece como produtos finais:

- (a) ácido pirúvico e água.
- (b) ácido pirúvico e oxigênio.
- (c) gás carbônico e água.
- (d) oxigênio e água.
- (e) oxigênio e gás carbônico.

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 CO₂ ocorre na etapa 2.
- (d) o O₂ participa da etapa 2.

3 **Fatec 1997** 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 Uece 1997 Assinale a estrutura anatômica encontrada apenas nos celenterados.

- (a) Pé ambulacrário.
- (b) Cnidoblasto.
- (c) Espícula.
- (d) Célula-flama.

5 Puccamp 1999 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 esquelética 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.

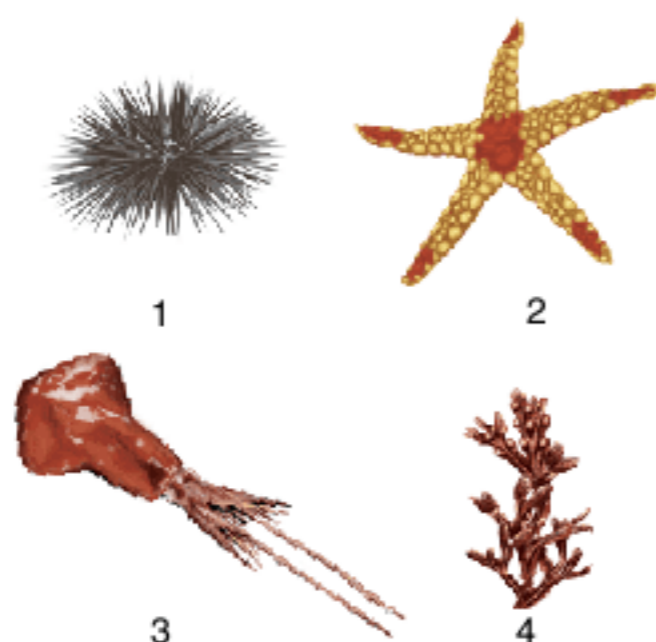
6 PUC-PR 2005 Em relação ao *Phylum Cnidaria*, foram feitas as seguintes proposições:

- 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 1997 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 2008 Recifes, ou arrecifes, são verdadeiras paredes naturais, largas e, às vezes profundas, 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 1995 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 UFLA 1997 São exemplos de animais acelomados:

- (a) tênias, caramujos, lesmas.
- (b) minhocas, insetos, lesmas.
- (c) tênias, fascíolas, caramujos.
- (d) planárias, lesmas, caramujos.
- (e) tênias, fascíolas, planárias.

11 UEL 2007 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 dorso-ventralmente, 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) Plelmintos trematodas.
- (b) Plelmintos turbelários.
- (c) Anelídeos poliquetas.
- (d) Anelídeos oligoquetas.
- (e) Anelídeos hirudíneos.

12 Ufes 2001 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 2000 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 2007 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 2008 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 tampouco sistema digestório.

Soma =

16 UFJF 2007 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 1999 [...]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).



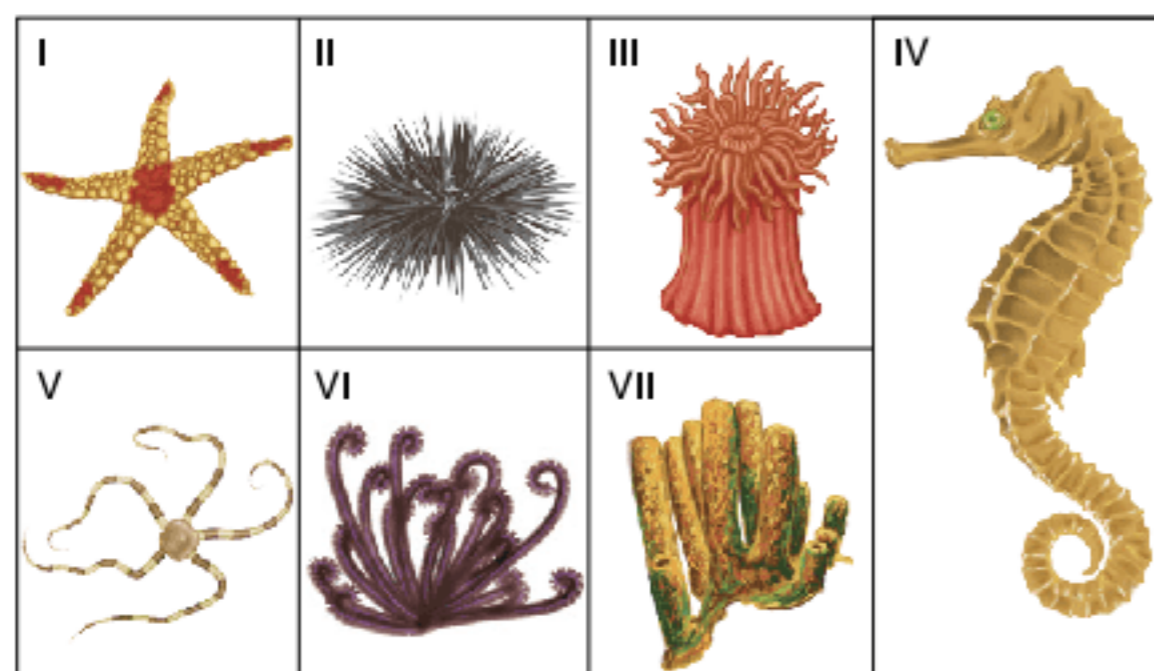
Legenda:

1 - Ostra 2 - Pécten 3 - *Mytilus*

- 01 Como características embrionárias são celomados, deutero-rostômios 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 2001 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.



Dentre os animais marinhos da figura acima, três dos representantes do filo *Echinodermata* estão indicados por:

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

19 UFMS 2008 Simetria pentarradial, sistema hidrovacular, presença de uma placa madreporíca e de pés ambulacrais são características do(a):

- (a) estrela-do-mar.
 (b) ácaro.
 (c) minhoca.
 (d) anêmona-do-mar.
 (e) sapo.

20 Unirio 1996 O sistema hidrovacular exclusivo de um determinado filo de invertebrados desempenha funções de locomoção, fixação e captura de alimento, além de contribuir decisivamente na respiração e na excreção.

O filo a que se refere a descrição anterior é:

- (a) *Nemathelminthes*
 (b) *Arthropoda*
 (c) *Echinodermata*
 (d) *Annelida*
 (e) *Mollusca*.

21 Das características a seguir, qual é exclusiva dos equinodermos?

- (a) Sistema nervoso ganglionar.
 (b) Aparelho digestório completo.
 (c) Sistema sensorial representado por antenas e olhos.
 (d) Sistema hidrovacular.
 (e) Presença de conchas em alguns representantes.

22 UFC 2002 O filo dos invertebrados mais relacionado ao homem é aquele que inclui as estrelas-do-mar, ou seja, os equinodermos. A justificativa para essa conclusão surpreendente foi baseada, principalmente, no estudo comparativo:

- (a) do desenvolvimento embrionário.
 (b) da simetria dos organismos.
 (c) do documentário fóssil.
 (d) da fisiologia.
 (e) do genoma.

23 UEL 1994 Entre os artrópodes, a presença de dois pares de antenas caracteriza os:

- (a) insetos.
 (b) crustáceos.
 (c) aracnídeos.
 (d) diplópodes.
 (e) quilópodes.

24 UEL 1999 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 2002 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 2003 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 2006 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 2006 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.

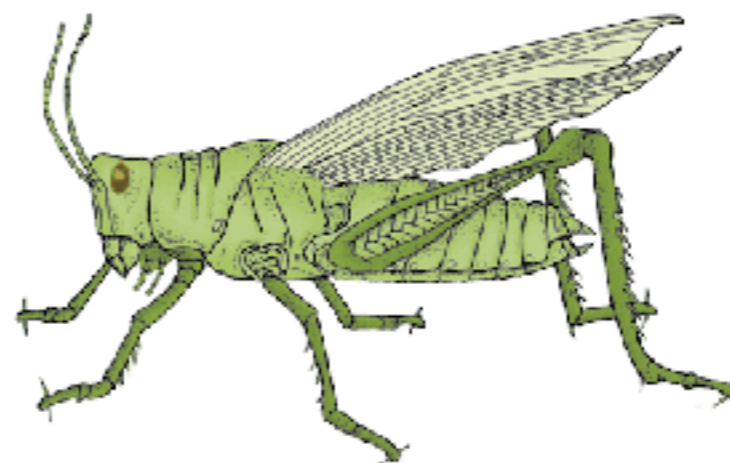


Fernando Gonsales. *Níquel Náusea: botando os bofes de fora*. Devir, 2002.

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 2006 Observe o animal a seguir e assinale a questão correta.



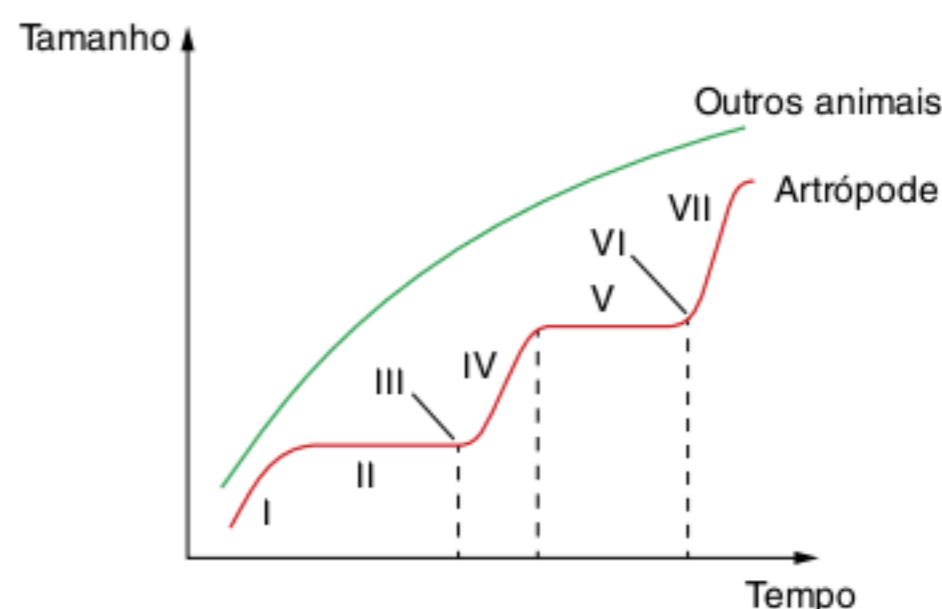
- (a) É um inseto, pois apresenta o corpo dividido em cefalotórax e abdome, e um conjunto de seis patas.
- (b) As suas antenas são olfativas, a sua respiração é traqueal, enquanto que sua circulação é do tipo aberta.
- (c) Esse animal apresenta um aparelho bucal do tipo picador, por isso é transmissor 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 2005 João deixou seus pais apreensivos, pois resolveu criar alguns animais nada convencionais, como tarântulas, escorpiões, piolhos-de-cobra e tatuzinhos-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 2007 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 spermateca 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.

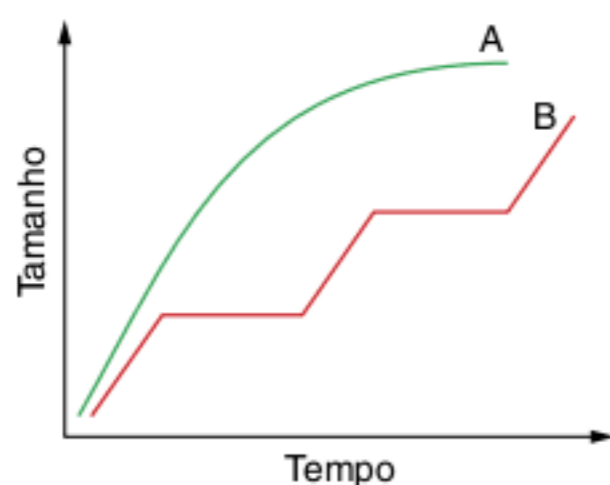
32 UFPI 2003 Analise as afirmativas a seguir sobre as prováveis causas do filo *Arthropoda* estar entre os organismos mais bem-sucedidos do planeta.

- 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 2005 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 CEFET-MG 2006 Com relação aos vários grupos de invertebrados, é correto afirmar que os:

- (a) platelmintos e nematelmintos possuem representantes de vida livre.
- (b) espongiários são móveis e sobrevivem em água salgada e doce.
- (c) moluscos, artrópodes e equinodermos possuem esqueleto externo.
- (d) anelídeos e platelmintos são os únicos que têm o corpo segmentado.

35 Puccamp 2005 Na escuridão, morcegos navegam e procuram suas presas emitindo ondas de ultrassom e depois detectando as suas reflexões. Estas são ondas sonoras com frequências maiores do que as que podem ser ouvidas por um ser humano.

Depois de o som ser emitido através das narinas do morcego, ele poderia se refletir em uma mariposa, e então retornar aos ouvidos do morcego. Os movimentos do morcego e da mariposa em relação ao ar fazem com que a frequência ouvida pelo morcego seja diferente da frequência que ele emite. O morcego automaticamente traduz esta diferença em uma velocidade relativa entre ele e a mariposa.

Algumas mariposas conseguem escapar da captura voando para longe da direção em que elas ouvem ondas ultrassônicas, o que reduz a diferença de frequência entre o que o morcego emite e o que escuta, fazendo com que o morcego possivelmente não perceba o eco.

Halliday, Resnick; Walker. *Fundamentos de Física*. 6 ed. Rio de Janeiro: LTC, 2002. p. 131. v.2.

O esquema a seguir representa o ciclo de vida das mariposas.

ovo → larva → pupa → adulto

Dos insetos a seguir, o que tem um ciclo de vida diferente das mariposas é:

- (a) a mosca.
- (b) a abelha.
- (c) a pulga.
- (d) o barbeiro.
- (e) o besouro.

36 Unesp 2010 Observe os quadrinhos.



Fernando Gonsales. *Folha de S.Paulo*, 18 jun. 2009.

Sobre o contido nos quadrinhos, os alunos em uma aula de biologia afirmaram que:

- I. O besouro, assim como a borboleta, apresenta uma fase larval no início de seu desenvolvimento.
- II. As lagartas são genética e evolutivamente mais aparentadas às minhocas que aos besouros.

III. Ao contrário dos besouros, que possuem sistema circulatório fechado, com hemoglobina, as borboletas e as minhocas possuem sistema circulatório aberto, sem hemoglobina.

É correto apenas o que se afirma em:

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

37 Unesp 2004 Considerando aspectos gerais da biologia de algumas espécies animais, tem-se o grupo A representado por espécies monoicas, como minhocas e caracóis; o grupo B, por espécies que apresentam desenvolvimento indireto, como insetos com metamorfose completa e crustáceos, e o grupo C, com espécies de vida livre, como corais e esponjas.

Pode-se afirmar que as espécies:

- (a) do grupo A são hermafroditas, do grupo B não apresentam estágio larval e do grupo C não são sésseis.
 (b) do grupo A não são hermafroditas, do grupo B apresentam estágio larval e do grupo C não são sésseis.
 (c) do grupo A são hermafroditas, do grupo B apresentam estágio larval e do grupo C não são parasitas.
 (d) do grupo A não são hermafroditas, do grupo B não apresentam estágio larval e do grupo C não são parasitas.
 (e) do grupo A são hermafroditas, do grupo B apresentam estágio larval e do grupo C não são sésseis.

38 PUC-PR 2007 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.
 (b) um ácaro.
 (c) um inseto.
 (d) uma aranha.
 (e) um diplópode ou um quilópode.

39 Unifesp 2009



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-MG 2001 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 2005 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 2003



Folha de S. Paulo, 21 maio 2002.

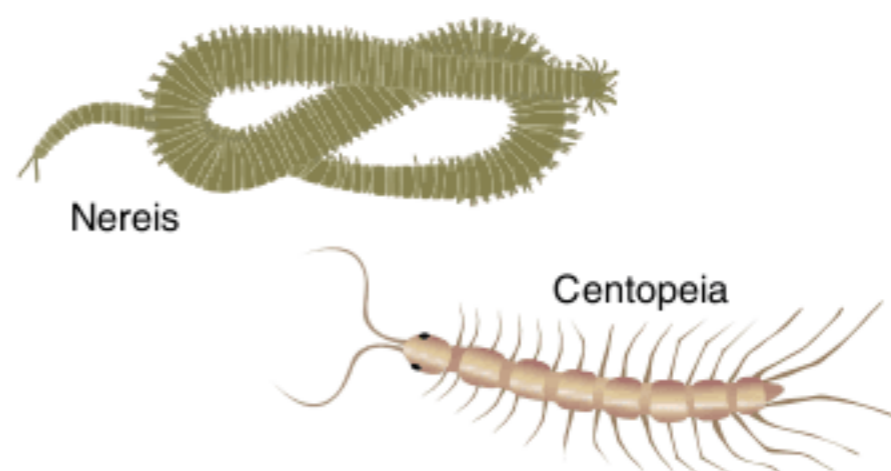
Diferente do que é observado nas diversas espécies da classe dos insetos, todas as espécies da classe das aranhas:

- (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 2001 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.
 (b) possuem três pares de patas.
 (c) apresentam excreção por nefrídios.
 (d) possuem quelíceras.
 (e) são monoicos.

44 Unesp 2003 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 2007 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 2000 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
- (b) 2
- (c) 4
- (d) 3
- (e) 5

47 FGV A tabela apresenta características de algumas classes do filo *Arthropoda*.

Classe	Características
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.
- (b) 1, 3 e 2.
- (c) 2, 3 e 1.
- (d) 3, 1 e 2.
- (e) 3, 2 e 1.

48 Mackenzie 1996 Considere o quadro a seguir sobre algumas características encontradas entre os artrópodos.

Animal	Divisão do corpo	Nº de antenas	Nº de patas	Tipo de respiração
A	cabeça, tórax, abdome	1 par	3 pares	traqueal
B	cefalotórax, abdome	ausente	4 pares	filotraqueal ou pulmões foliáceos
C	cefalotórax, abdome	2 pares	vários pares	branquial
D	cabeça e tronco	1 par	vários pares	traqueal

A, B, C e D podem ser, respectivamente:

- (a) cigarra, aranha, camarão e lagosta.
- (b) sarna, percevejo, lagostim e lacraia.
- (c) barata, piolho, cravo e piolho-de-cobra.
- (d) gafanhoto, carrapato, siri e lacraia.
- (e) escorpião, pulga, camarão e piolho-de-cobra.

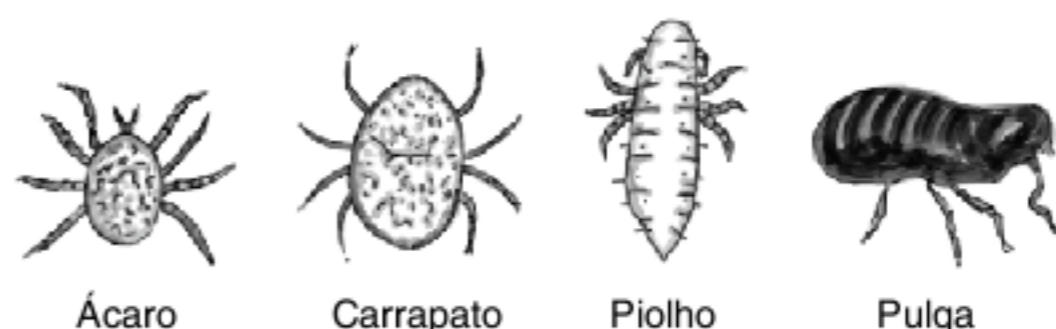
49 Mackenzie 2002

Classe	Fecundação	Desenvolvimento	Divisão do corpo
1	externa	direto ou indireto	cefalotórax e abdome
2	interna	direto ou indireto	cabeça, tórax e abdome
3	interna	direto	cefalotórax e abdome

1, 2 e 3 correspondem, respectivamente, a:

- (a) insetos, crustáceos e aracnídeos.
- (b) crustáceos, insetos e aracnídeos.
- (c) aracnídeos, insetos e crustáceos.
- (d) insetos, aracnídeos e crustáceos.
- (e) crustáceos, aracnídeos e insetos.

50 PUC-MG 2006 Observe as figuras.



Todos os animais da figura são:

- (a) insetos.
- (b) aracnídeos.
- (c) hematófagos.
- (d) artrópodes.

- 51 Uece 1996** Indique a opção correta, relativamente a algumas classes animais, o número de suas antenas e o tipo de respiração.
- (a) Classe: insetos; Antenas: um par; Respiração: traqueal.
 (b) Classe: crustáceos; Antenas: um par; Respiração: traqueal.
 (c) Classe: aracnídeos; Antenas: dois pares; Respiração: branquial.
 (d) Classe: diplópodes; Antenas: dois pares; Respiração: branquial.

- 52 UFC 2006** O filo *Arthropoda* apresenta uma enorme diversidade de espécies e abrange, entre outros, os táxons *Crustacea*, *Insecta* e *Arachnida*. Com relação a esses táxons, assinale a alternativa correta.
- (a) *Insecta* distingue-se pela presença de três pares de apêndices torácicos.
 (b) *Crustacea* distingue-se pelo modo de vida aquático.
 (c) *Arachnida* distingue-se pela presença de um exoesqueleto queratinizado.
 (d) *Crustacea* distingue-se por apresentar o corpo segmentado.
 (e) *Insecta* distingue-se pela presença de antenas.

- 53 Uece 1999** Relacione a coluna I (sistema respiratório) com a coluna II (classe de animais).

COLUNA I

- 1) Traqueias
 2) Brânquias

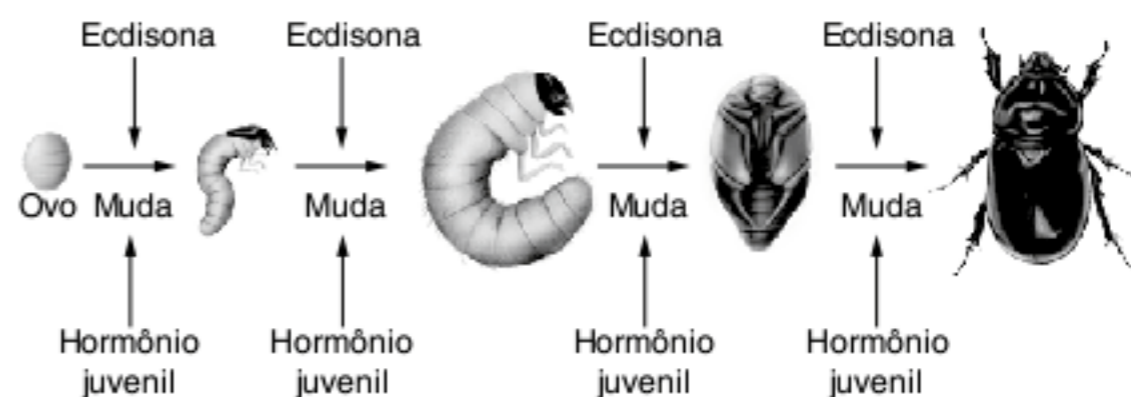
COLUNA II

- Chilopoda*
 Insecta
 Crustacea
 Diplopoda

Indique a opção que contém a sequência correta, de cima para baixo, na coluna II.

- (a) 1, 1, 2, 1
 (b) 1, 2, 2, 1
 (c) 2, 1, 1, 2
 (d) 2, 1, 2, 2

- 54 Enem 2005** 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.

TEXTOS COMPLEMENTARES

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 hemocèles; 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.



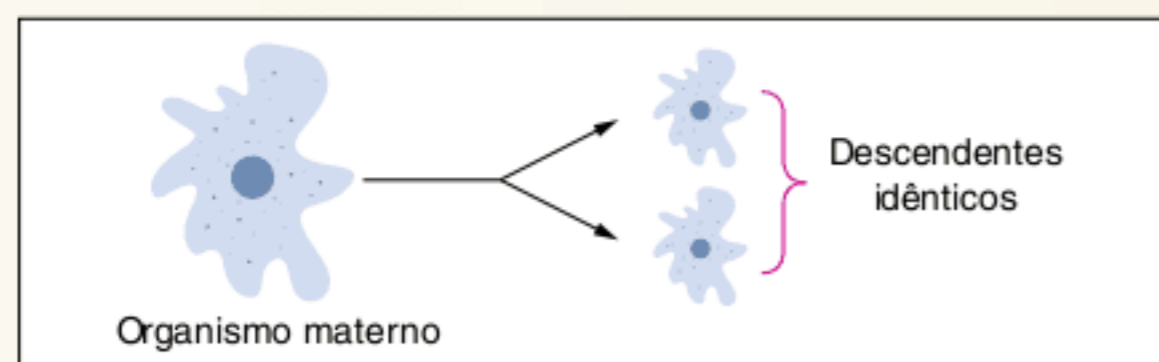
Exemplar de onicóforo.

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.

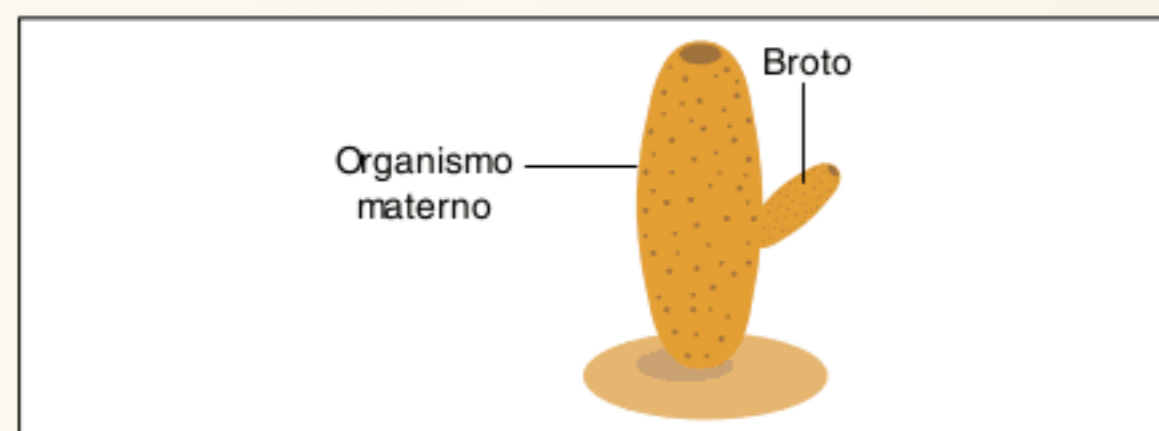


Representação da modalidade de reprodução assexuada do tipo bipartição em ameba.

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

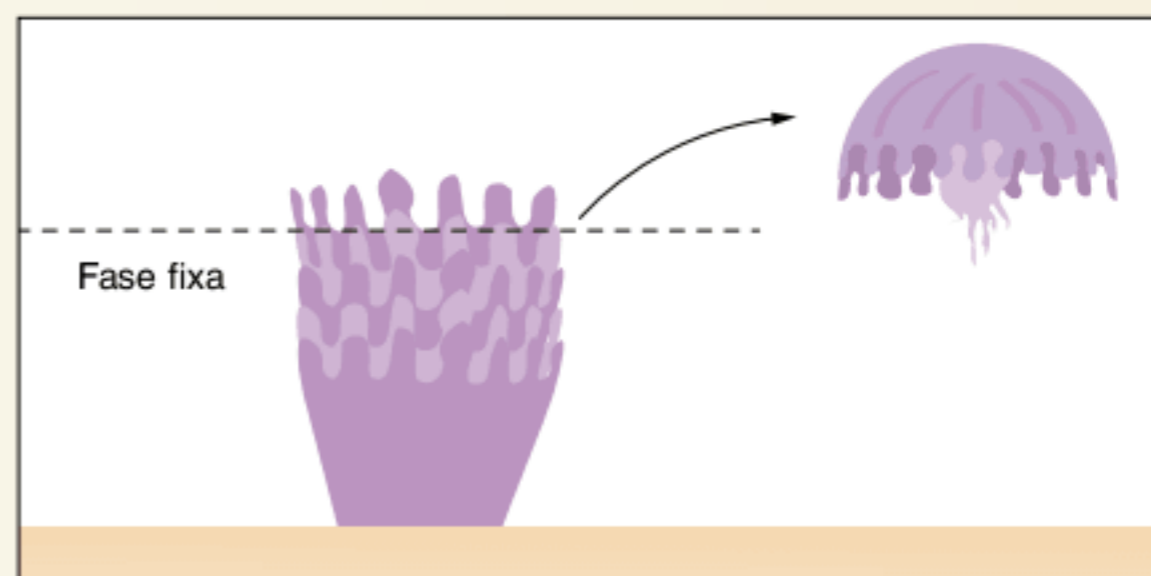
Esse processo é também denominado **gemiparidade**; ocorre, por exemplo, em esponjas e hidras. Um organismo materno apresenta uma parte do corpo gerando uma espécie de miniatura (broto) que fica ligada à sua lateral. Posteriormente, o broto pode se destacar, constituindo um organismo idêntico àquele 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.

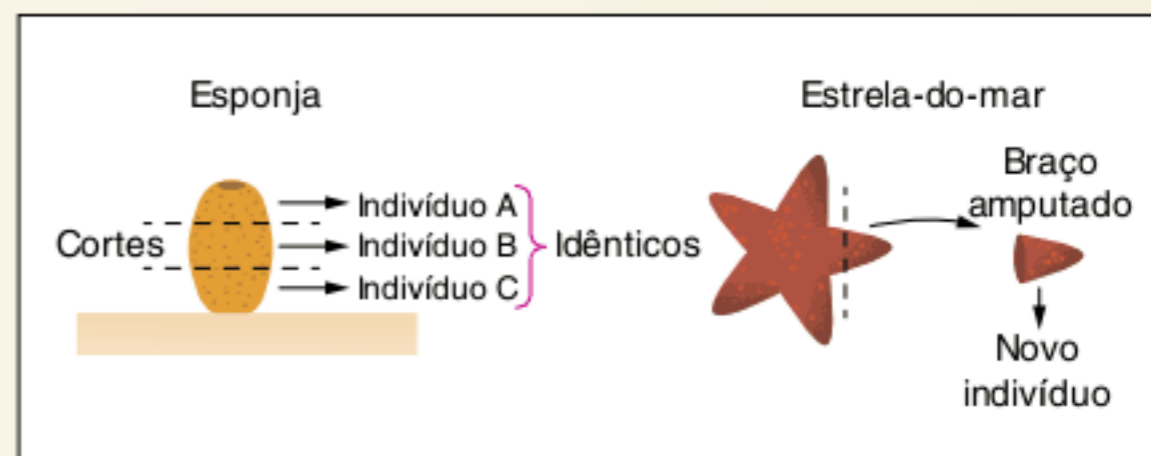


Representação da modalidade de reprodução assexuada do tipo estrobilização na espécie *Aurelia* sp.

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.



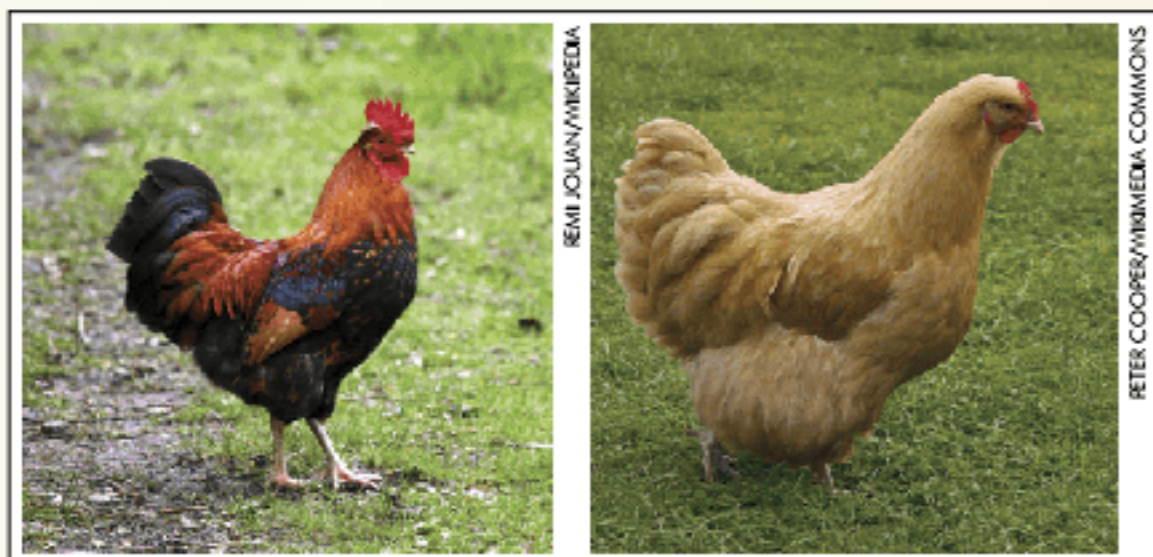
Representação da modalidade de reprodução assexuada do tipo regeneração em esponja e estrela-do-mar.

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, as 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**.



Animais dioicos. Cada indivíduo tem testículos ou ovários.



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.

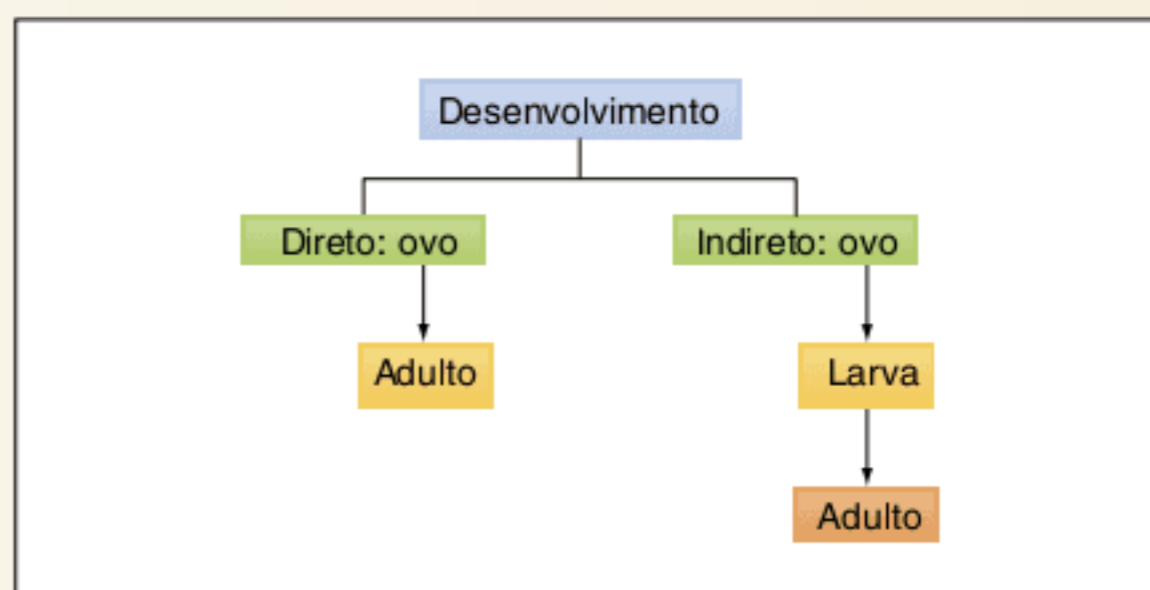


A solitária ou tênia é hermafrodita e tem autofecundação. O caracol é hermafrodita e apresenta fecundação cruzada.

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	Diblásticos, 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	Triblásticos, 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	Triblásticos, 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	Triblásticos, celomados, com corpo cilíndrico e segmentado; simetria bilateral. Presença de clitelo em alguns representantes.	Oligoquetos: minhoca, minhocoçu 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	Triblásticos, 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.	Gastropodes: 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	Triblásticos, 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 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.

■ QUER SABER MAIS?



SITES

■ Nematódeos e os artrópodes

<<http://faculty.clintoncc.suny.edu/faculty/michael.gregory/files/Bio%20102/Bio%20102%20lectures/Animal%20Diversity/Protostomes/Ecdysozoans/Ecdysozoans.htm>>.

■ Plelmintos, moluscos e anelídeos

<<http://faculty.clintoncc.suny.edu/faculty/michael.gregory/files/Bio%20102/Bio%20102%20lectures/Animal%20Diversity/Protostomes/Lophotrochozoans/Lophotrochozoans.htm>>.

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.
- (b) Homeostase.
- (c) Organogênese.
- (d) Ontogenia.
- (e) Etologia.

2 PUC-Rio 2006 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 2008 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.
- (b) homeostase.
- (c) homocinético.
- (d) organoléptico.
- (e) isonomia.

4 UFRS 2008 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 Puccamp 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 Unicamp 2003 Alguns hidrozoários coloniais, como a *Obelia sp.*, ocorrem na natureza sob a forma de pólipos e medusas.

- a) Como uma colônia destes hidrozoários se origina? E como esta colônia dá origem a novas colônias?
- b) Que estrutura comum aos pólipos e medusas é encontrada somente neste filo? Qual a sua função?

7 Unesp 2005 Divulgou-se recentemente (*Revista Pesquisa Fapesp* nº 100, junho de 2004) a identificação de uma nova classe dos *Cnidaria*, chamada de *Staurozoa*. A característica marcante das medusas adultas de uma das duas ordens desta nova classe é que elas vivem agarradas a rochas ou algas através de uma estrutura chamada pedúnculo. Antes da proposição de um sistema de classificação biológica por Lineu em 1758, alguns naturalistas consideravam os cnidários como plantas. A natureza animal destes organismos somente foi reconhecida no século XIX, quando alguns naturalistas os classificaram juntamente com as esponjas.

- a) Esta mudança proposta recentemente de uma nova classe para os cnidários altera ou fere de alguma forma os critérios gerais de classificação biológica propostos por Lineu em 1758? Justifique sua resposta.

- b) Considerando que a classificação biológica tem levado em conta as características dos organismos, por que foi sugerida uma nova classe e não um novo filo de animais, no presente caso?

8 Unicamp 2005 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 filios 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 Puccamp 2005 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 Dê exemplos representativos das seguintes classes do filo dos moluscos.

- a) Cefalópodes
- b) Gastrópodes
- c) Bivalves (ou lamelibrânquios)

11 Unesp 1999 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) A que classe pertence o animal que apresenta todas as características descritas? Cite um exemplo.
- b) Qual é a função do muco secretado pela glândula pedal? Cite uma classe, do mesmo filo, onde esta glândula não existe.

12 UFG 2006 (Adapt.) Durante trabalho de campo, um biólogo realizou coleta de invertebrados, obtendo os indivíduos relacionados a seguir:

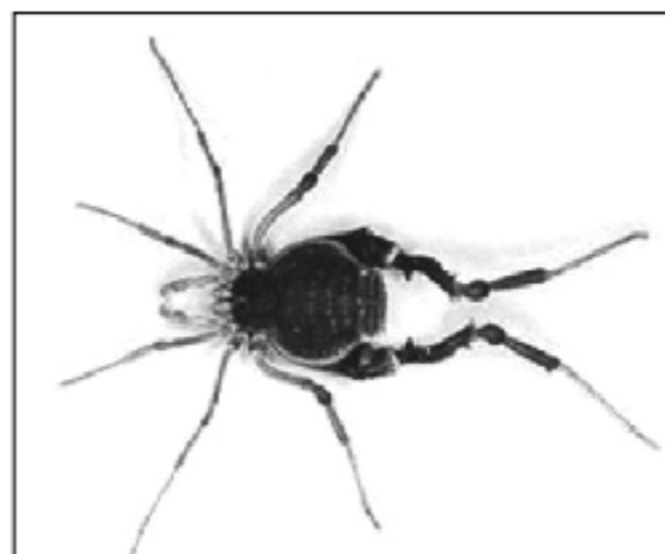
abelha, aranha, besouro, camarão, caranguejo, escorpião, formiga, grilo, lagosta e mosca.

Agrupe estes animais segundo a classe taxonômica a qual pertencem. Nomeie estas classes.

13 Unesp 1992 O camarão e a abelha são animais pertencentes ao mesmo filo, embora separados em classes distintas. Cite:

- a) duas características que permitam agrupá-los no mesmo filo.
- b) duas características que os separam em classes distintas.

14 Fuvest 2009 A figura mostra um artrópode.



- a) A que grupo de artrópodes pertence esse animal? Cite uma característica observável na figura e que permite chegar a essa conclusão.
- b) 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 UFG 2001 O laço de fita que prende os cabelos da moça no retrato mais parece uma borboleta.

“O laço de fita... parece uma borboleta...” que acabou de passar por profundas transformações, devido:

- ao exoesqueleto desse animal, que é permeável a gases e lhe permite mudar constantemente de forma.
- ao seu cefalotórax, que tem quatro pares de asas abdominais e garante o crescimento contínuo do corpo.
- ao seu processo de desenvolvimento indireto, que tem, no início da vida, uma forma larval voraz.
- à metamorfose completa, que altera a morfologia do corpo e termina na fase adulta.

16 Unesp 2009 Um aracnologista inglês, Dr. W. S. Bristowe, calculou que o peso dos insetos consumidos por aranhas anualmente, na Grã-Bretanha, excederia o peso da população humana da ilha. Duas características parecem contribuir para isso: produção de veneno e de seda.

David Wise. Spiders in ecological webs, 1995.

Explique como uma dessas características pode contribuir para essa predação tão eficiente. Que outro artrópode também produz veneno?

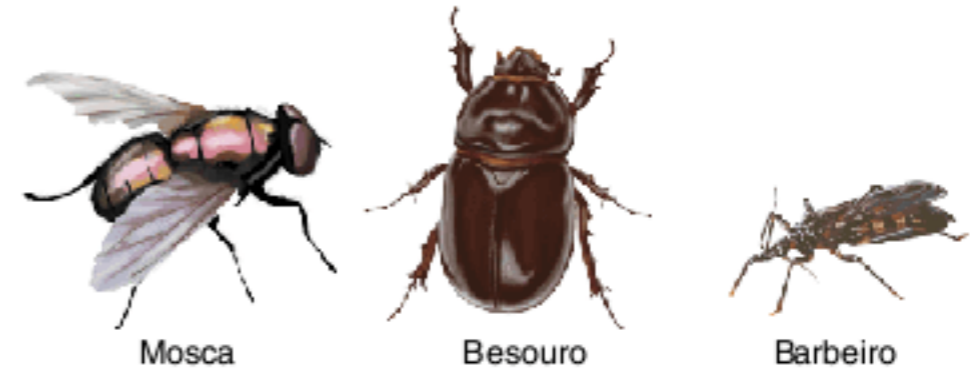
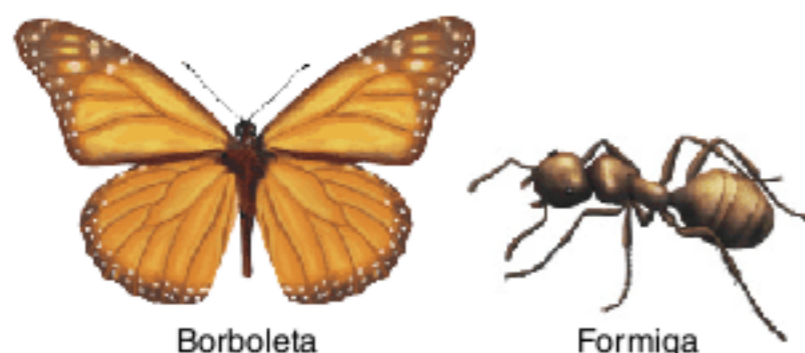
17 PUC-PR 2008 Após várias aulas teóricas de zoologia, o professor propõe a seguinte prática, muito comum em diversos colégios: no laboratório, são distribuídos vários animais (alguns vivos, outros conservados) nas equipes ou bancadas e é solicitado aos alunos que os classifiquem em seus respectivos 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 pólipó 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 UEL 2007 Leia o texto a seguir e assinale a alternativa correta. Animais com o corpo segmentado em cefalotórax e abdome, provido de exoesqueleto, com quatro pares de patas articuladas, dioicos, respiração “pulmonar” e líquido circulante com hemocianina, são classificados como:

- (a) aracnidas.
- (b) insetos.
- (c) crustáceos.
- (d) miriápodes.
- (e) equinodermos.

20 FURG 1997 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 2007 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 CEFET-MG Com relação aos vários grupos de invertebrados, é correto afirmar que os:

- (a) platelmintos e nematelmintos possuem representantes de vida livre.
- (b) espongiários são móveis e sobrevivem em água salgada e doce.
- (c) moluscos, artrópodes e equinodermos possuem esqueleto externo.
- (d) anelídeos e platelmintos são os únicos que têm o corpo segmentado.

23 Unesp 2010 *Moscas podem dizer onde, quando e como uma pessoa morreu. As moscas são as principais estrelas de uma área relativamente nova no Brasil, a entomologia forense. [...] A presença de insetos necrófagos em um cadáver pode dar pistas valiosas sobre a hora da morte ou o local do crime [...]*

"Insetos Criminalistas". Unesp Ciência, set. 2009. (Adapt.).

Três crimes foram cometidos, e os cadáveres foram encontrados pela polícia no mesmo dia. Assim que encontrados, sobre eles foram obtidas as seguintes informações:

Crime 1

O cadáver foi encontrado na zona rural, apresentava larvas, mas não ovos, de uma espécie de mosca que só ocorre na zona urbana. Apresentava também ovos e larvas de uma espécie de mosca típica da zona rural. No solo ao redor do cadáver, não havia pupas dessas espécies.

Crime 2

O cadáver foi encontrado na zona urbana, em um matagal. No corpo havia ovos e larvas de moscas comuns na região, e pupas estavam presentes no solo ao redor do cadáver.

Crime 3

O cadáver foi encontrado na zona urbana, em área residencial, em um terreno pavimentado. Sobre o cadáver, moscas e baratas, poucos ovos, mas nenhuma larva encontrada.

A partir dos dados disponíveis sobre esses três crimes, e considerando-se que nos três casos as moscas apresentam ciclos de vida de mesma duração, pode-se dizer que, mais provavelmente:

- (a) o crime 1 aconteceu na zona urbana, mas o cadáver foi removido para a zona rural vários dias depois de o crime ter sido cometido. O cadáver permaneceu no local onde foi encontrado por não mais que um dia.
- (b) os crimes 2 e 3 foram cometidos no mesmo dia, com intervalo de poucas horas entre um e outro. O crime 1 foi cometido dias antes dos crimes 2 e 3.
- (c) os crimes 1 e 3 foram cometidos no mesmo dia, com intervalo de poucas horas entre um e outro. O cadáver do crime 1 foi removido do local do crime e ambos os crimes foram cometidos no máximo no dia anterior ao do encontro dos corpos.
- (d) o crime 2 aconteceu vários dias antes de o corpo ser encontrado e antes de terem sido cometidos os crimes 1 e 3. Estes últimos aconteceram também a intervalo de dias um do outro, sendo que o crime 1 foi cometido antes que o crime 3.
- (e) o crime 3 foi cometido antes de qualquer outro, provavelmente em um matagal, onde o corpo permaneceu por alguns dias. Contudo, o corpo foi removido desse local e colocado no terreno pavimentado, poucas horas antes de ser encontrado.

Frente 1

1

Organização dos seres vivos e noções de bioenergética

Revisando

1. É o conjunto de todos os ecossistemas do planeta.
2. É o conjunto de indivíduos da mesma espécie que vivem no mesmo ambiente.
3. É o conjunto de todos os seres vivos de um ambiente. Também é conhecida como fatores biótico, biocenose ou cenobiose.
4. Fatores bióticos, que podem ser chamados de biótopo, e fatores abióticos.
5. Sistema – órgão – tecido – célula – organoide – molécula – átomo
6. Pluricelulares, com mais de uma célula; e unicelulares, com uma célula. Vírus não se encaixam nessa classificação já que são acelulares.
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. Carioteca, cariolinha, DNA e RNA (nucléolo).
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

Organização dos seres vivos

1. B
2. C
3. E
4. B
5. D
6. A
7. C
8. E
9. C
10. A
11. A

Energia

12. B
13. B
14. E
15. A
16. O metabolismo energético de fungos pode envolver a fermentação alcoólica, que gera o álcool etílico, componentes 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

Organização dos seres vivos

1. a) Comunidade
b) Ecossistema
2. 20
3. E
4. D
5. a) A carioteca é a estrutura presente em A e C, mas ausente em B.
b) Parede celular e cloroplasto.
6. D
7. Bactérias apresentam células procarióticas, desprovidas de envoltório nuclear. Os demais seres vivos têm células eucarióticas, com envoltório nuclear.
8. D

Energia

9. a) O camundongo morre devido à ausência de oxigênio, que é consumido pela respiração e não é repostado.
b) O camundongo e a planta fazem respiração aeróbia, que consome O_2 e libera CO_2 , e a planta realiza fotossíntese, que consome CO_2 e libera O_2
c) A respiração aeróbia é realizada na mitocôndria e a fotossíntese é realizada no cloroplasto.
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. B
12. B

2

Noções de material genético e núcleo

Revisando

1. DNA, carioteca, cariolinha 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. O gene, composto de nucleotídeos, é um segmento de DNA que comanda a síntese de uma proteína.

10. São alterações no material genético.
11. Em células germinativas, pois elas irão dar origem a gametas.
12. Não, mutações ocorrem espontaneamente ou são induzidas por agentes ambientais ou químicos.

Exercícios propostos

Núcleo e material genético

1. E
2. B
3. Não. Bactérias são procariontes: não possuem carioteca, mas apresentam DNA.
4. B
5. A
6. A
7. B
8. C
9. E
10. E
11. B
12. D
13. E
14. B
15. B
16. B
17. E
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 função a proteção.

Exercícios complementares

Núcleo e material genético

1. E
2. B
3. A
4. a) É a capacidade de replicação.
b) Sim. Mutações geram variabilidade genética e isso aumenta a probabilidade de sobrevivência da espécie diante de mudanças ambientais; apenas os indivíduos mais adaptados sobrevivem e se reproduzem.
5. C
6. O nucléolo é um reservatório de RNA ribossômico, matéria-prima para a síntese dos ribossomos. Estes organelos são os responsáveis pela produção das proteínas celulares. Sem o nucléolo não há ribossomos disponíveis para a síntese proteica.
7. D
8. D
9. O núcleo contém o material genético que é o responsável pelo controle de todas as atividades celulares.
10. D

3

Divisão celular: mitose e meiose

Revisando

1. 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.
2. Regeneração e crescimento.

- 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, metáfase, anáfase e telófase.
- Vimblastina e colchicina.
- É um processo de divisão celular que produz células com metade da ploidia da célula-mãe. Nos animais, gera gametas e nos vegetais, esporos.
- Reducional; acontece a separação dos homólogos.
- Equacional; ocorre a separação das cromátides-irmãs.
- Segregação independente e *crossing-over*.
- Célula germinativa (2n), gônia (2n), cito I (2n) e cito II (n).
- É a etapa onde as espermátides se diferenciam em espermatozoides.
- As outras três células (corpúsculos polares) degeneram, restando um óvulo funcional.

Exercícios propostos

Mitose

- A
- D
- D
- C
- C
- E
- E
- B
- V; V; F; V; V
- A
- A mitose será interrompida na metáfase, pois até essa fase os principais eventos da divisão ocorrem independentemente do fuso.
- A

Meiose

- C
- E
- E
- B
- E
- 75
- B
- D
- E
- C
- D
- A
- Meiose, pois há a separação das cromátides-irmãs de uma célula $2n = 6$. A célula está em anáfase II.
- B
- 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 profase I.
– Separação aleatória dos cromossomos homólogos na meiose I: os cromossomos não seguem um padrão de separação.

- D
- 86
- 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 desbocamento dos cromossomos-filhos para os polos opostos da célula.
- A
- A
- Incorreta, 1 terá maior variabilidade devido à permutação.
- 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.
- 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.

Gametogênese

- C
- E
- C
- 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).
- C
- A
- 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 ovogênese apenas uma.
- C

Exercícios complementares

Mitose

- Condensação dos cromossomos, desintegração da carioteca, formação do fuso, migração dos cromossomos.
- a) O número haploide é dois ($n = 2$). A célula diploide representada apresenta quatro cromossomos ($2n = 4$). Assim, o número haploide é $n = 2$.
b) A célula é animal, pois não apresenta parede celular, tem centríolos, possui áster e a citocinese é centrípeta.

- a) A célula vegetal típica, ao se dividir, apresenta todas as características citadas.
b) O termo “anastral” refere-se ao fato de que nestas células não há formação do áster, estrutura que aparece ao redor dos centríolos, organelo típico de células animais.
- E
- 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.

Meiose

- C
- B
- a) No início da fase M do gráfico I, há duas cromátides. No final da fase M2 do gráfico II, há uma cromátide.
b) No início da fase M do gráfico I, há duas moléculas de DNA. No final da fase M2 do gráfico II, há uma molécula de DNA.
- C
- A

Gametogênese

- C
- a) São células que vão gerar gametas.
b) Espermatogônias, que são encontradas nos testículos.
c) Não, a multiplicação no homem ocorre sem bruscas interrupções. Na mulher, a multiplicação cessa antes do nascimento.
- D

4

Origem dos seres vivos 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, diz que um ser vivo pode ter origem em algo não vivo.
- De acordo com o texto, 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

Biogênese e abiogênese

- B
- B
- a) Abiogênese.
b) Os ratos, que já estavam no porão, eram atraídos pelo alimento (grãos de trigo) que estava na camisa.
- C

Método científico

- C
- C

Exercícios complementares**Biogênese, abiogênese e método científico**

1. E
2. C
3. D
4. D
5. D
6. C
7. D
8. D
9. D

5

Composição química dos seres vivos**Revisando**

1. Substâncias inorgânicas (água e sais minerais) e substâncias orgânicas (carboidratos, lipídeos, proteínas, ácidos nucleicos e vitaminas).
2. Solvente, meio para reações, transporte e controle térmico.
3. A quantidade de água é diretamente proporcional à atividade metabólica dos tecidos e inversamente proporcional à idade do organismo.
4. A água é componente do sangue e do suor nos animais e da seiva nos vegetais.
5. A água transporta grande quantidade de energia devido a seu alto calor específico. Assim, quando um ser vivo elimina água, ele diminui a temperatura corpórea.
6. O cálcio dos ossos.
7. Coagulação do sangue: cálcio
ATP: fósforo
Hemoglobina: ferro
Clorofila: magnésio
Contração muscular: cálcio
8. Monossacarídeos, dissacarídeos e polisacarídeos.
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 flutuabilidade.
Ceras: Impermeabilização de estruturas.
Fosfolipídeos: Componentes da membrana plasmática e de membranas de organelas.
Esteroides: Função estrutural e de sinalização.

Exercícios propostos**Água e sais minerais**

1. C
2. C
3. A

Carboidratos

4. D
5. A
6. D
7. C
8. E
9. E

Lipídeos

10. C
11. B
12. D

Exercícios complementares**Água e sais minerais**

1. D
2. A

Carboidratos

3. B
4. C
5. D

Lipídeos

6. a) Animais: glicogênio.
Vegetais: amido.
b) Glicerídeos.
7. A
8. C
9. D
10. A
11. C

Frente 2

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, através da genética.

Exercícios propostos**Evolução: conceitos e evidências**

1. E
2. 10

Lamarckismo e darwinismo

3. C
4. E
5. C
6. C
7. B
8. C

Neodarwinismo

9. A
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. B
20. D
21. A
22. C
23. A
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. E
28. As borboletas escuras se adaptaram melhor ao ambiente escurecido pela fuligem. As variedades claras são alvos mais fáceis de seus predadores quando pousadas sob um fundo escuro.
29. E
30. C
31. D

Exercícios complementares**Evolução: conceitos e evidências**

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

Lamarckismo e darwinismo

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) Segundo a teoria lamarckista, os antibióticos induziram a resistência em algumas bactérias.
b) Segundo a teoria darwinista, os antibióticos agem como agentes selecionadores, portanto sobrevivem as bactérias resistentes.

9. Segundo Lamarck, os cactos conseguem se modificar para evitar os iguanas. Segundo Darwin, os iguanas selecionaram as variedades de cactos capazes de produzir flores acima do solo.
10. A frase 1 é lamarckista 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. a) Charles Darwin.
b) Lamarck acreditava que o ambiente determinava o rumo da evolução criando "necessidades" e os seres vivos se modificariam para atendê-las.
12. a) Os antibióticos selecionaram as bactérias naturalmente resistentes, eliminando as sensíveis.
b) Segundo a teoria sintética da evolução (neodarwinismo) surgem, naturalmente, como resultado de mutações, linhagens de bactérias resistentes aos antibióticos. Desse modo, após décadas de seleção, os medicamentos usualmente aplicados se tornariam inócuos, pois seriam preservados diversos tipos de microrganismos resistentes.
13. Os vegetais que produzem flores amarelas, entre outras variações, foram mais bem-sucedidos e puderam deixar maior número de descendentes, já que foram selecionados pelo tipo de polinizador. O Darwinismo é a teoria que explica todo o processo adaptativo desse tipo de plantas.
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. D
16. C
17. D
18. A

Neodarwinismo

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. D
22. C
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.

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 prezigótico 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

Especiação e seus desdobramentos

1. E
2. D
3. D
4. C
5. E
6. C
7. E
8. E
9. B
10. D
11. C
12. B
13. D
14. C
15. A
16. C
17. A
18. A
19. 28
20. E

Interações ambientais

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. E
23. E
24. B

Exercícios complementares

Especiação e seus desdobramentos

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 como 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. 5
9. C
10. 6
11. B
12. A
13. A

Interações ambientais

14. a) Aves e mamíferos geneticamente capazes de trocar, respectivamente, penas e pelos, têm maiores chances de sobrevivência em ambientes onde ocorrem grandes contrastes entre as estações primaveril e invernal.

- b) Cores e desenhos marcantes podem servir de advertência aos predadores pois indicam que a "possível" presa possui sabor desagradável ou veneno. É característica favorável, pois pode garantir a sobrevivência dos anfíbios e insetos que apresentam tais características.

3 Fundamentos da 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 um tipo de ecossistema, com semelhança de vegetação, distribuído em várias regiões do planeta.
- 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

Conceitos de ecologia: ecótono, habitat, nicho ecológico, biomas

- C
- D
- D
- B
- C
- D
- A
- C
- V; V; V; V
- B

Exercícios complementares

Conceitos de ecologia: ecótono, habitat, nicho ecológico, biomas

- C
- D
- A
- 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
- 14

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 após toda a água deste ser eliminada.

- Ambientes aquáticos, pois a massa de fitoplâncton pode ser menor que a de zooplâncton.
- Restos (como fezes) e calor.
- Vapor é formado pela evaporação de rios e lagos, já a água líquida é formada pela condensação do vapor atmosférico.
- Oceanos, com quase 97% da água, e neve e gelo, com aproximadamente 2,2%.
- Plantas obtêm água pela raiz e perdem por transpiração pelos estômatos e pela superfície da folha, além da exudação e fotossíntese. Animais obtêm água pela alimentação e perdem pela transpiração, excreção e fezes. A respiração celular também gera água.
- Fotossíntese e quimiossíntese.
- Pela decomposição e respiração.
- Biocombustíveis, considerados renováveis, e combustíveis fósseis, que são não renováveis.
- Produtores absorvem amônia (NH_3) e nitrato (NO_3^-).
- Aminoácidos e bases nitrogenadas.
- Amonificação: produção de amônia por decomposição.
Nitrificação: conversão de amônia em nitrato por bactérias, processo que libera energia a ser utilizada na quimiossíntese.
Desnitrificação: conversão de nitrato em gás nitrogênio.
Fixação biológica: conversão do gás nitrogênio em amônia.
- Elas formam nódulos com bactérias que facilitam a fixação biológica do gás nitrogênio.

Exercícios propostos

Teia alimentar

- B
- C
- 20
- B
- C

Pirâmides ecológicas

- B
- B
- D
- C
- C
- C
- B
- B
- C
- A
- A

Ciclo da água, ou ciclo hidrológico

- B
- B

Ciclo do carbono

- A
- E
- C
- B
- D
- B

Ciclo do nitrogênio

- C
- A
- B

- A
- B
- C
- D

Exercícios complementares

Teia alimentar

- 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.
- a) Sim, dependendo da alimentação que o organismo ingere. Exemplo: a cobra pode ser consumidor secundário ou consumidor terciário.
b) Decompositores, representados por fungos e bactérias. Eles realizam a decomposição e a reciclagem da matéria.
- B
- 41
- C

Pirâmides ecológicas

- B
- D
- A
- a) O oxigênio liberado na fotossíntese serve como parâmetro para se 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-se o teor de oxigênio nas duas garrafas, tem-se a medida da taxa de fotossíntese.
c) Algas microscópicas, componentes do fitoplâncton.
- B

Ciclo da água, ou ciclo hidrológico

- E
- E
- D

Ciclo do carbono

- a) Os fluxos B e D indicam o processo de fotossíntese, ou seja, a transformação de compostos inorgânicos em substâncias orgânicas. A eliminação de carbono pela respiração aeróbica está indicada pelos fluxos A e C. A fermentação, realizada pelos organismos decompositores, que resultou na formação de rochas e de combustíveis fósseis, está indicada pelo fluxo E.
b) O fluxo F, relacionado com a liberação de carbono para a atmosfera, reflete a atividade das usinas termoeletricas que produzem energia pela combustão do carvão mineral.
- a) Combustão. A queima de combustíveis fósseis transfere carbono do compartimento geológico para o compartimento atmosférico.

b) A emissão de carbono por queima de combustíveis fósseis provoca o aumento de CO₂ e outros gases-estufa na atmosfera. Como consequência, há a retenção de radiação infravermelha (calor) e aumento de temperatura do planeta (aquecimento global).

16. E
17. 61

Ciclo do nitrogênio

18. a) Ciclo do nitrogênio.
b) Fixado por bactérias e cianobactérias.
c) 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 CO₂ é feita pela atividade fotossintética da goiabeira, que transforma este gás em compostos orgânicos.
20. Corroboram. Na medida 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. a) Plantas são produtores, gafanhotos são consumidores primários, pássaros são consumidores secundários e os gaviões são consumidores terciários.
b) O aumento populacional dos gaviões acarretará, de imediato, uma diminuição no número de pássaros. Este fato tem como consequência o aumento no número de insetos herbívoros. O resultado esperado será uma diminuição na população de plantas da região.
c) 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.
d) 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. B
25. 27
26. A

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

Populações

- 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.
- D
- B
- 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.
- B

As relações interespecíficas

- D
- A
- C
- A
- D
- A
- B
- B
- A
- B
- B
- C
- C
- E
- B
- B
- D
- B
- D
- C
- C
- E
- A

Sucessão ecológica

- B
- B
- B
- B
- E
- E

Exercícios complementares

Populações

- Nesse período, ocorre um crescimento exponencial da população em consequência da abundância de alimentos e da ausência de predadores.
 - Nesse período, ocorre uma redução acentuada do tamanho da população, em consequência da degradação do ambiente, causada pelo excesso de renas.
- B

As relações interespecíficas

- E
- V; F; F; V; F
- 38
- Relação harmônica, interespecífica e obrigatória.
- O fungo é um organismo heterotrófico incapaz de produzir seu próprio alimento a partir de fontes inorgânicas. As algas são seres autotróficos capazes de produzir matéria orgânica a partir de substâncias inorgânicas pelo processo de fotossíntese. Essa matéria orgânica serve de nutriente para o fungo.
- Lesma-do-mar e alga: herbivorismo (predatismo). Ocorre entre um animal herbívoro e o vegetal do qual ele se alimenta.
Peixe-borboleta e parú: competição. Ocorre quando um mesmo recurso do meio ambiente é disputado por organismos pertencentes ao mesmo nicho ecológico.
- Competição interespecífica.
 - 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

Sucessão ecológica

14. a) Sucessão ecológica primária é o estabelecimento de uma comunidade em um ambiente que nunca fora habitado. São exemplos a transformação de uma lagoa em uma floresta e a formação de uma vegetação sobre uma rocha nua. Secundária é a sucessão que ocorre em áreas devastadas naturalmente, ou pela atividade humana. Exemplo: áreas reforestadas.
 b) Comunidade clímax é uma comunidade bem-desenvolvida, com o máximo de biomassa, e que apresenta produtividade líquida igual a zero.
 15. C
 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. A
 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.

Curvas de sobrevivência

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.

Controle biológico de pragas

22. B
 23. D
 24. D
 25. A

Frente 3

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 digestiva nem sistemas.
13. Essas estruturas são os cnidoblastos dotados de nematocistos. Como exemplos, podemos citar hidras e águas-vivas.
14. Plelmintos. 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. B
9. a) Seres procarióticos, que se podem ser encontrados no reino *Monera*.
 b) b.1) *Protoctista e Monera*.
 b.2) *Protoctista e Monera*.
 b.3) *Protoctista e Metaphyta (Plantae)*.
 b.4) *Metazoa (Animalia) e Fungi*.
10. B
11. 20
12. D
13. E
14. VI é parafilético em relação a VII, já que não inclui todos os descendentes provenientes do mesmo ancestral.

Grupos zoológicos

15. A
16. D
17. D
18. D
19. D
20. E
21. E
22. E
23. A
24. D
25. B
26. E
27. A
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. 15
5. E
6. C
7. 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 e possuem quitina na parede celular.
b) *Metazoa* (onça-pintada), *Metaphyta* (sambaíba), *Fungi* (cogumelos), *Protoctista* 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

Filogenia

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.

Grupos zoológicos

18. D
19. D
20. A
21. B
22. E
23. A
24. C
25. D
26. A
27. E
28. C
29. B
30. E
31. B

2

Protozoários e protozooses

Revisando

1. Núcleo e citoplasma.
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. Através das fezes.
12. Através 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*. Atinge células do fígado e hemácias.
16. Intermediário é o ser humano, o definitivo é a fêmea do mosquito-prego.
17. Pela picada da fêmea do mosquito-prego ou por transfusões de sangue.

Exercícios propostos

Protozoários

1. Locomoção através de pseudópodes (falsos pés) e alimentação por fagocitose com digestão intracelular.
2. a) Rizópodes (Sarcodíneos): *Amoeba proteus*, *Entamoeba histolytica*.
b) Flagelados (Mastigóforos): *Trypanosoma cruzi*, *Leishmania brasiliensis*, *Giardia lamblia*.
c) Ciliados: *Paramecium caudatum*, *Didinium*, *Vorticella*, *Stentor*.
d) Esporozoários: *Plasmodium falciparum*, *Toxoplasma gondii*.
3. C
4. A

Protozooses

5. E
6. C
7. B
8. C
9. C
10. D
11. B
12. D
13. D
14. A
15. A
16. C

Exercícios complementares

Protozoários

1. B
2. E
3. C

4. a) Em meio hipertônico os protozoários perdem água passivamente por osmose, desidratam e morrem.
b) Osmorregulação e eliminação de excretas dissolvidas na água.
5. V;V;F;V;F.

Protozooses

6. B
7. V;V;V;F;V.
8. E
9. 05
10. 22
11. E
12. D
13. D

3

Poríferos

Revisando

1. São animais aquáticos e sésseis.
2. Significa dizer que elas retiram alimentos do fluxo de água que passa por elas, "filtrando" pequenas partículas que essa água carrega.
3. 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.
4. Ocorre digestão intracelular.
5. Calcárea ou silicosa.
6. É uma proteína, semelhante ao colágeno.
7. Regeneração, brotamento e gemulação, sendo que o último é semelhante à formação de cistos em protozoários.
8. O desenvolvimento é indireto, pois há uma larva flagelada como forma intermediária.
9. Asconoide, siconoide e leuconoide.

Exercícios propostos

Poríferos: aspectos gerais

1. E
2. D
3. C
4. E

Exercícios complementares

Poríferos: aspectos gerais

1. C
2. C
3. C
4. 93
5. D

4

Embriologia

Revisando

1. Segmentação ou clivagem.
2. A posição do núcleo, a quantidade e a distribuição de vitelo.
3. São ovos com quantidade pequena de vitelo, uniformemente distribuído e com o núcleo em posição central. Também é conhecido como ovo isolécito ou alécito.

- São ovos com quantidade intermediária de vitelo, com o núcleo deslocado para o polo animal, onde fica a menor concentração de vitelo. Também são chamados de heterolécitos ou telolécitos incompletos.
- Possuem 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 possuem cavidade digestória, enquanto os enterozoários têm essa cavidade.
- Diblásticos possuem ectoderma e endoderma, enquanto triblásticos possuem 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

Etapas do desenvolvimento

- B
- C
- B
- A
- A
- D

Organogênese

- 30
- D
- A
- B
- A
- B
- C
- F;V;V;V;F
- C
- B

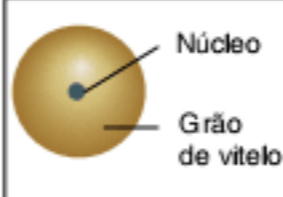
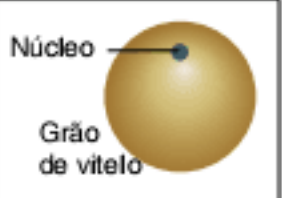
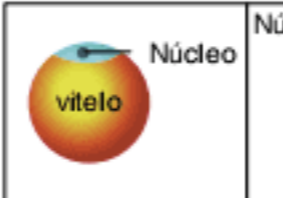

Classificação embriológica

- C
- F;F;F
- A
- A
- E

Exercícios complementares

Etapas do desenvolvimento

- D
- A
- B
- D
- B
- E
- E
- A blástula corresponde à figura E. Diferencia da mórula (D) por ter blastocele e da gástrula (F) devido à presença de arquêntura blastoporo ou tecidos embrionários.

	
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

Organogênese

- C
- a) 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.
b) Fertilização, zigoto, blastômeros, mórula, blástula, gástrula.
- V;V;V;V;V
- A
- A

Classificação embriológica

- 12
- E
- B
- Cavidade corporal completamente revestida por mesoderma: 3; três folhetos germinativos: 2; blastoporo que dá origem ao ânus: 4.

5 Organização funcional e classificação dos animais

Revisando

- Tubo digestório – sangue – fluido intersticial – células

- É a manutenção de condições adequadas para o funcionamento dos organismos, mantida através de um equilíbrio dinâmico das atividades do organismo.
- Trocias gasosas, nutrição, excreção e transporte.
- Sistema nervoso e sistema endócrino.
- Sistema muscular e sistema esquelético.
- O sistema endócrino, que emprega hormônios como mensageiros.
- 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.
- Sexuada e assexuada, que gera descendentes geneticamente idênticos.
- Possuem simetria radial.
- É uma cápsula do cnidoblasto, dotada de líquido urticante. Permite a captura de presas e a defesa contra outros organismos.
- Hidra e medusa.
- Plânula.
- Turbelários (planárias), trematódeos (esquistossomo e fasciola) e cestódeos (tênia).
- Platelmintos possuem corpos achatados, enquanto nematelmintos possuem corpos cilíndricos.
- Oligoquetos (minhoca), poliquetos (nereida) e hirudíneos (sanguessuga).
- Nematelmintos são pseudocelomados, enquanto anelídeos são celomados.
- Monoicos, fecundação cruzada e desenvolvimento direto.
- Larva trocófora.
- Corpo dividido em cefalotórax e abdome, com 2 pares de antenas.
- Insetos: corpo dividido em cabeça, tórax e abdome, com 1 par de antenas e 3 pares de patas. Aracnídeos: corpo dividido em cefalotórax e abdome, sem antenas e com 4 pares de patas.
- Inocular a peçonha na presa.
- Cabeça, pé e massa visceral.
- Gastrópodes: lesma, caracol e caramujo.
Bivalves: ostra e marisco.
Cefalópodes: lula, polvo e náutilo.
- Por serem deuterostômios.

Exercícios propostos

Organização funcional dos animais

- C
- A
- D

Cnidários

- B
- E
- E
- D
- E
- A

Platelmintos

- E

Anelídeos

- E
- E

Moluscos

- A
- E
- 03
- C
- 38

Equinodermos

- 18. A
- 19. A
- 20. C
- 21. D
- 22. A

Artrópodes

- 23. B
- 24. A
- 25. B
- 26. A
- 27. A
- 28. D
- 29. B
- 30. E
- 31. E
- 32. E
- 33. C
- 34. A
- 35. B
- 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. B
- 50. D
- 51. A
- 52. A
- 53. A
- 54. A

Exercícios complementares

Organização funcional dos animais

- 1. B
- 2. C
- 3. B
- 4. D
- 5. B

Cnidários

- 6. a) A colônia é originada por meio da reprodução assexuada, por brotamento, do pólip. Pólipos adultos, pelo mesmo processo, produzem as medusas. Estas são as formas livres e sexuadas, apresentando fecundação externa e desenvolvimento indireto. O desenvolvimento do zigoto forma a larva plânula livre. Após a fixação desta ao fundo oceânico, inicia-se, por brotamento, a formação de uma nova colônia de Obelias.
- b) Cnidoblasto. Sua função é defesa e captura de alimento.
- 7. a) Não, pois celenterados e poríferos continuam pertencendo ao Reino Animal e são animais dblásticos.
- b) Os animais citados possuem cavidade digestiva e cnidoblastos, portanto, devem continuar no mesmo filo.

Anelídeos

- 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, endoparasita, incluído no filo Platelminetos.
- 9. E

Moluscos

- 10. a) Polvo, lula, sépia e náutilo.
- b) Caracol, caramujo e lesma.
- c) Ostra e mexilhão.
- 11. a) Classe Gastrópodes do filo Moluscos. São representantes dessa classe as 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 as ostras, mariscos e vôngoles.

Artrópodes

- 12. Camarão, caranguejo e lagosta: classe dos crustáceos.
Abelha, besouro, formiga, grilo e mosca: classe dos insetos.
Aranha e escorpião: classe dos aracnídeos.
- 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 patas locomotoras. Abelha é inseto dividido em cabeça, tórax e abdome, possui 2 antenas e 6 patas locomotoras.
- 14. a) O animal pertence ao grupo dos aracnídeos. Apresenta quatro pares de patas.
- b) A proteção aumenta a probabilidade da perpetuação da espécie, pois maior será a adaptação dessa população em ambientes onde os ovos e descendentes desprotegidos são alvo de predadores naturais.
- 15. F; F; V; V.
- 16. A produção de seda permite às aranhas construir as teias, armadilhas extremamente eficientes para capturar insetos. O veneno inoculado nas presas causa paralisação ou morte. Assim, as aranhas podem estocar alimento. Outros artrópodes que produzem veneno são os escorpiões e as lacraias.
- 17. E
- 18. C
- 19. A
- 20. E
- 21. A
- 22. A
- 23. D